

**Neil deGrasse Tyson
y Avis Lang**

CIENCIA Y GUERRA

**El pacto oculto
entre la astrofísica
y la industria
militar**



Lectulandia

Del autor de *Astrofísica para gente con prisa* llega esta exploración de la milenaria complicidad entre los observadores del cielo y los combatientes de guerra.

En esta fascinante incursión en el antiquísimo vínculo entre la ciencia y el poder militar, Neil DeGrasse Tyson y Avis Lang examinan cómo se han empleado los métodos y herramientas de la astrofísica para la guerra. «Los puntos de coincidencia son fuertes [...] porque a los astrofísicos y a las fuerzas armadas les importan muchas de las mismas cosas: la detección multiespectral, la fluctuación, el rastreo, el escaneo, el terreno alto, la fusión nuclear y el acceso al espacio». Tyson y Lang hablan de una alianza curiosamente cómplice. «El universo [...] lo comparten tanto los científicos espaciales como los guerreros espaciales; para los primeros es un laboratorio; y para los segundos, un campo de batalla. El explorador lo quiere entender; el soldado lo quiere dominar. Pero sin la tecnología correcta —que para ambos grupos es más o menos la misma tecnología— nadie puede llegar a él, operar en él, escudriñarlo, dominarlo o sacarle ventaja en detrimento de otros».

Ciencia y guerra cubre desde la temprana navegación celestial hasta la guerra habilitada por satélites, en un examen provocador e intensamente investigado de la intersección de la ciencia, la tecnología, la industria y el poder.

Neil deGrasse Tyson
y Avis Lang

Ciencia y guerra

El pacto oculto entre la astrofísica y la industria militar

ePub r1.0
Titivillus 18.08.2022

Título original: *Accessory to War: The Unspoken Alliance Between Astrophysics and the Military*

Neil deGrasse Tyson y Avis Lang, 2018

Traducción: Sonia Verjovsky Paul, 2019

Diseño de cubierta: Hernán García Crespo

Editor digital: Titivillus

ePub base r2.1

Índice de contenido

Prólogo

CONCIENCIA DEL ENTORNO

1. Un tiempo para matar
2. El poder de las estrellas
3. El poder marítimo
4. Equipando al ojo

LA MÁXIMA INSTANCIA SUPREMA

5. Invisibles, indetectables, innombrables
6. Historias de descubrimiento
7. Hacer la guerra y buscar la paz
8. El poder del espacio
9. Tiempo para sanar

Agradecimientos

Bibliografía selecta

Sobre el autor

Notas

Para todo aquel que alguna vez se haya preguntado por qué tienen trabajo los
astrofísicos

¿Acaso no destruimos a nuestros enemigos cuando los hacemos
amigos nuestros?

—Abraham Lincoln

PRÓLOGO

A menudo resulta decisivo el papel de la ciencia y la tecnología en cuestiones de guerra, ya que proporciona una ventaja asimétrica cada vez que un lado explota este conocimiento y el otro no. Si alistan en la guerra a una bióloga, ella podría considerar convertir las bacterias y virus en arma: uno de los primeros actos de guerra biológica bien podría haber sido catapultar a un animal muerto y putrefacto sobre el muro de un castillo durante un sitio. También está la contribución de un químico, desde el envenenamiento de los pozos de agua de la Antigüedad hasta el gas mostaza y el gas cloro durante la Segunda Guerra Mundial, los defoliantes y las bombas incendiarias de Vietnam o los agentes nerviosos en conflictos más contemporáneos. Un físico en la guerra es un experto en la materia, el movimiento y la energía, y tiene una simple tarea: tomar la energía de aquí y ponerla allá. Las expresiones más potentes en este papel han sido las bombas atómicas de la Segunda Guerra Mundial, así como las bombas de fusión de hidrógeno, aun más mortíferas, que surgieron durante la Guerra Fría. Finalmente, tenemos a una ingeniera, quien hace que todo sea posible... permitiendo, además, que la ciencia facilite el conflicto armado.

Un astrofísico, sin embargo, no hace los misiles ni las bombas. Los astrofísicos no hacen ningún tipo de arma. Al contrario: resulta que tanto a nosotros como a las fuerzas armadas nos importan muchas de las mismas cosas: la detección multispectral, la medición de distancias, la obtención de imágenes, las tierras altas, la fusión nuclear, el acceso al espacio. Los puntos de coincidencia son fuertes, y el conocimiento fluye en ambas direcciones. Como comunidad, los astrofísicos somos (al igual que la mayoría de los académicos) abrumadoramente liberales y antiguerra. Y, curiosamente, aun así somos cómplices en esta alianza. *Ciencia y guerra. El pacto oculto entre la astrofísica y la industria militar* explora esta relación, desde los primeros tiempos de la navegación celeste al servicio de la conquista y la hegemonía, hasta la reciente explotación de los satélites en la guerra.

La idea de este libro surgió a principios de la década de 2000, durante mi misión como uno de los 12 miembros al servicio de la Comisión sobre el

Futuro de la Industria Aeroespacial de Estados Unidos con George W. Bush. Estar expuesto a miembros del Congreso, a generales de la Fuerza Aérea, capitanes de la industria y asesores políticos de los dos lados del espectro político fue un bautismo de fuego sobre los procesos internos de la ciencia, la tecnología y el poder dentro del gobierno estadounidense. Estas experiencias me llevaron a imaginarme cómo podría haber sido este tipo de encuentros en el transcurso de los siglos, en cada país que podría haber estado dirigiendo al mundo en el descubrimiento cósmico y en la guerra.

Avis Lang, mi coautora, es mi editora de toda la vida, desde los días en que yo colaboraba con ensayos mensuales en la revista *Natural History*. De profesión, Avis es historiadora del arte, y es además una investigadora consumada y ávida escritora, con un profundo interés en el universo. Este libro es una colaboración, una fusión de nuestros talentos. Cada uno subsana las debilidades del otro. Sin embargo, el libro se hizo gracias al compromiso continuo de Avis al examinar el rol de la ciencia en la sociedad, tal como se expresa en la palabra impresa.

Los lectores notarán que en ciertos pasajes utilizo la primera persona del singular (como es el caso aquí), en particular cuando relato historias personales. Sin embargo, el ocasional uso del *yo* o del *mi* no niega de ninguna manera la coautoría de Avis en cada página de este libro.

NEIL DEGRASSE TYSON Y AVIS LANG
Nueva York, enero de 2018

CONCIENCIA DEL ENTORNO

1

UN TIEMPO PARA MATAR

El 10 de febrero de 2009 chocaron dos satélites de comunicación, uno ruso y el otro estadounidense, a una distancia de 800 km sobre Siberia, con una velocidad de cierre de más de 40 000 km/h. Aunque sus precursores se construyeron con el ímpetu de la guerra, esta colisión fue pura y llanamente un accidente en tiempos de paz, la primera de su tipo. Algún día, uno de los cientos de fragmentos de escombros que resultaron de esto podrían chocar contra otro satélite o inutilizar a una nave espacial con personas a bordo.

Ese mismo día de invierno, en el suelo, el Promedio Industrial Dow Jones cerró en 7 888, superando de modo respetable los 6 440 de la caída de la década ocurrida en marzo de 2009, aunque no superaba por mucho la mitad de su punto máximo de 14 198 en octubre de 2007. En otras noticias del día, se declaró en bancarrota Muzak Holdings, el proveedor de la homónima «música de ascensor»; General Motors anunció el recorte de 10 000 empleos de cuello blanco; investigadores federales allanaron las oficinas de una empresa de cabildeo en Washington, cuyos clientes estaban entre los grandes contribuyentes a la campaña del jefe del Subcomité de la Cámara de Representantes en gastos en defensa; en un mitin para celebrar el trigésimo aniversario de la Revolución islámica de Irán, el incendiario presidente iraní declaró que su país «estaba listo para sostener pláticas basadas en el respeto mutuo y en un ambiente justo»; y el flamante secretario del Tesoro del flamante presidente estadounidense presentó un plan de 2 trillones de dólares^[*] para atraer a especuladores para que compraran las inestables acciones estadounidenses que habían colapsado la economía global. Ingenieros civiles anunciaron que 70 % de la sal aplicada sobre las carreteras congeladas del área metropolitana de Minneapolis-St. Paul acababa en la cuenca de ríos y otros cuerpos de agua. Un físico ambiental anunció que la tercera parte de las impresoras láser más vendidas generaba grandes

cantidades de partículas ultrafinas a partir de los vapores emitidos cuando la imagen impresa se fusionaba por medio de calor sobre el papel, y que estas dañaban los pulmones. Climatólogos anunciaron que los rangos de floración de casi 100 especies de la sierra de Santa Catalina en Arizona habían aumentado gradualmente, durante un período de 20 años, en sincronía con el aumento de las temperaturas del verano.

En otras palabras, el mundo estaba en un estado de fluctuación y bajo amenaza, como lo está con tanta frecuencia.

Diez días después, un grupo internacional de distinguidos economistas, funcionarios y académicos se reunió bajo los auspicios del Centro sobre Capitalismo y Sociedad de la Universidad de Columbia para discutir cómo el mundo podría lograr salir de esa crisis financiera que estaba peor de lo habitual. El director del centro, el premio Nobel de Economía Edmund Phelps, afirmó que se requerían algunas nuevas regulaciones financieras, pero enfatizó que no debía «disuadirse el financiamiento para invertir en la innovación en el sector comercial no financiero, que ha sido la fuente principal de dinamismo en la economía de Estados Unidos». ¿Cuál sería el sector comercial no financiero? Gastos militares, equipo médico, aeroespacio, computadoras, cine de Hollywood, música, y más gastos militares. Para Phelps, el dinamismo y la innovación iban de la mano con el capitalismo... y con la guerra. Cuando un entrevistador de la BBC le pidió un «gran pensamiento» sobre la crisis y si esta constituía una «denuncia permanente del capitalismo», respondió: «Mi gran pensamiento es que el capitalismo es vital para poder crear trabajos interesantes que la gente común pueda hacer... a menos que, tal vez, como alternativa, podamos declararle la guerra a Marte o algo así^[1]».

En otras palabras, una economía vibrante depende de al menos una de las siguientes cosas: el afán de lucro; la guerra en el mundo; o la guerra en el espacio.

El 14 de septiembre de 2009 (apenas unos meses después del choque satelital, y a pocas cuadras de donde ocho años y cuatro días antes todavía se alzaban las Torres Gemelas del World Trade Center), el presidente Barack Obama habló con los poderosos de Wall Street para marcar el primer aniversario de la caída de Lehman Brothers, esa empresa de inversión cuya bancarrota a menudo se presenta como el detonador de la avalancha de fracasos financieros de 2008-2009. Esa misma mañana, China colocó la piedra angular de su cuarto centro espacial en una isla cercana al ecuador (la latitud preferida para aprovechar la velocidad de rotación de la Tierra, lo que

minimiza el combustible necesario para el lanzamiento y maximiza la carga potencial). La construcción había terminado para finales de 2014, mucho antes de que se terminara de reconstruir el sitio del World Trade Center. Un reportero de la Associated Press mencionó las «ambiciones espaciales desorbitadas» de China y, tras presentar una lista abrumadora de los logros y ambiciones espaciales chinos, declaró que «China dice que su programa espacial tiene fines puramente pacíficos, aunque tanto sus antecedentes militares como el desarrollo de armas antisatelitales por Beijing ha llevado a que algunos lo cuestionen»^[2].

Podría decirse casi lo mismo de los antecedentes y el respaldo de los programas espaciales tan espléndidamente financiados y creados por las superpotencias de la Guerra Fría.

Si hoy viviera Christiaan Huygens, astrónomo y matemático holandés del siglo XVII, podría decirnos que sería una tontería creer que se pueden lograr emprendimientos ambiciosos en el espacio sin contar con un apoyo militar enorme. Allá por 1690, mientras Huygens reflexionaba sobre la vida en Marte y en los otros planetas que en ese entonces se sabía que poblaban el cielo nocturno, pensó en cuál sería la mejor manera de fomentar la inventiva. Para él y para su época, las ganancias económicas ofrecían un incentivo poderoso (el capitalismo todavía no tenía nombre), y el conflicto era un estimulante de la creatividad, respaldado por la divinidad:

A Dios le complació tanto ordenar así la Tierra... que esta mezcla de hombres malos con buenos, y las consecuencias de una mezcla tal como los infortunios, guerras, aflicciones, pobreza y similares, se nos diera para este muy buen fin, a saber: el ejercicio de nuestro ingenio, y el afilar de nuestras Invenciones, al obligarnos a proporcionar nuestra propia defensa necesaria contra nuestros enemigos.

Sí, hacer guerra requiere de pensamientos astutos y promueve la innovación técnica. No es algo controversial. Pero Huygens no puede resistirse a vincular la ausencia del conflicto armado con el estancamiento intelectual:

Y si los hombres fueran a llevar sus vidas enteras en una paz continua e ininterrumpida, sin temor a la pobreza, sin peligro de guerra, no dudo que vivirían poco mejor que los brutos, sin todo el conocimiento ni disfrute de todas esas ventajas que hacen que nuestras vidas transcurran con placer y beneficio. Nos habría hecho falta el maravilloso arte de la escritura de no ser que su gran uso y necesidad en el comercio y en la guerra no hubiera forzado su invención. Es a estos a quienes debemos nuestro arte de la navegación, nuestro arte de la siembra, y la mayoría de esos descubrimientos de los que somos maestros; y casi todos los secretos del conocimiento experimental^[3].

Así que es sencillo: no tener guerra equivale a no tener efervescencia intelectual. La guerra, de la mano con el comercio, dice Huygens, ha servido

de catalizador para el alfabetismo, la exploración, la agricultura y la ciencia.

¿Tenían razón Phelps y Huygens? ¿Debe ser la guerra y el beneficio económico lo que impulsa tanto a la civilización en la Tierra como a la investigación de otros mundos? La historia, incluyendo la historia de la semana pasada, dificulta responder que no. En el transcurso de los milenios, los estudios espaciales y la planeación de la guerra han sido socios comerciales en la perenne búsqueda de los gobernantes por obtener y conservar el poder sobre los demás. Los mapas celestes, los calendarios, cronómetros, telescopios, mapas, brújulas, cohetes, satélites, drones: estos no fueron emprendimientos civiles inspiradores. Su meta era el dominio, fue incidental el aumento de conocimientos.

Pero la historia no tiene por qué ser destino. Quizás el presente exija otra cosa: hoy enfrentamos a «enemigos e infortunios» jamás soñados por Huygens. Me parece que podríamos dirigir el «ejercicio de nuestro ingenio» hacia el mejoramiento de todos, en vez de al triunfo de pocos. No me parece que sea demasiado radical sugerir que al capitalismo no le quedará mucho con qué trabajar si desaparecen varios centenares de millones de especies debido a la falta de agua potable o de aire respirable, o quizás a los efectos secundarios de un asteroide en caída libre o de un ataque con rayos cósmicos.

Sin duda, mientras una persona racional observa a la Tierra desde una nave espacial en órbita, podría sentir que la «defensa necesaria» tendría más que ver con la vulnerabilidad de nuestro hermoso planeta azul, expuesto a todas las vicisitudes del cosmos, que con el poder transitorio de las armas, legisladores, nacionalistas o ideólogos de un solo país, por más virulentos que sean. A cientos de kilómetros sobre la superficie del globo terráqueo, la frase «Paz en la Tierra a los hombres de buena voluntad» podría sonar menos como la clásica frase de una postal navideña y más como un paso esencial hacia un futuro viable, en el que toda la humanidad coopera en la protección de la Tierra de los enemigos entre nosotros y de las amenazas sobre nosotros.

Durante una fresca tarde del 16 de enero de 1991, alrededor de mil científicos espaciales, yo incluido, alzamos nuestras copas y socializamos en torno a nuestros más recientes proyectos de investigación durante el banquete de clausura de la CLXXVII Reunión Semestral de la Sociedad Astronómica Estadounidense en Filadelfia. En algún momento después del plato fuerte y antes del postre, John Bahcall, el presidente de la organización, se puso de pie para anunciar que Estados Unidos estaba en guerra. La operación Tormenta

del Desierto, el bombardeo aéreo que dio inicio a la primera guerra dirigida por Estados Unidos en el Golfo Pérsico, había comenzado alrededor de las 18:30 horas en plena noche en Bagdad. Los periodistas de CNN reportaban el ataque aéreo, en vivo y sin censura, desde el noveno piso del hotel Al-Rashid, mientras que los cielos desérticos, despejados y llenos de estrellas, se cubrían de destellos de luz. Por primera vez en un conflicto armado, Estados Unidos exhibía sus bombarderos furtivos, virtualmente invisibles al radar enemigo e imposibles de ver en la ausencia de la luz de luna. No fue un accidente cósmico: el ataque se programó para que coincidiera con la luna nueva, la única fase que no es visible en ningún momento del día o de la noche.

No llegaría el conferencista programado para después del banquete, dijo Bahcall. No acompañaríamos el café con comentarios ingeniosos. Se cortarían las festividades para que pudiéramos volver nuestra atención a CNN o regresar a casa para estar con nuestros seres amados. El salón se quedó en silencio. No era sorprendente el sombrío humor colectivo: habían pasado menos de 20 años desde el final de la guerra de Vietnam, y las memorias de la participación estadounidense en el sureste asiático todavía perseguían a muchas personas en esa habitación, entre ellos a mí.

Mientras que la mayoría de mis colegas pasaban el resto de la noche en Filadelfia pegados a la televisión, yo me fui caminando solo desde el hotel para soltar un poco de energía confusa. A donde quiera que fuera, los televisores estaban sintonizados en CNN. Cuando pasé junto a un taller en donde un mecánico de veintitantos años trabajaba hasta tarde (un joven que seguramente estaba en maternal cuando Vietnam se estaba transformando en la pesadilla norteamericana), lo llamé: «¿Supiste que entramos?».

Me esperaba una o dos palabras de pesadumbre. Pero en vez de eso, el chico me gritó feliz: «¡Sí!». Y con un puño en el aire y un orgullo vertiginoso que yo nunca antes había asociado con la guerra, se puso a corear, «¡Genial! ¡Estamos en guerra!».

Sin duda me lo tendría que haber imaginado, tomando en cuenta el entusiasmo patriótico tan visible durante los desfiles del Día de los Caídos y los fuegos artificiales del 4 de julio, con sus trasfondos históricos de guerras, bombas, cohetes y sangre derramada. Al igual que cualquier otro estadounidense, yo también había cantado la estrofa tan majestuosa del himno nacional que hablaba del fulgor colorado de los cohetes y de las bombas que estallan en el aire. Sabía de los múltiples generales en tiempos de guerra que posteriormente se volvieron presidentes, y de tantos monumentos públicos a la guerra en donde se muestra al menos un cañón solitario, si no es que a uno

o más soldados uniformados, erguidos, parados con valentía, con orgullo, a veces sobre un caballo de guerra, estatuas de guerreros inmóviles que empuñan las armas de su tiempo: el sable, el mosquete, la carabina, el rifle de asalto.

Pero ninguna de estas expresiones de orgullo nacional y militarismo encajaban con mi sentido del conflicto armado: no entendía cómo se relacionaba una con otra. Pero el mecánico de veintitantos años sí lo entendía: estaba conectado con esa pasión primordial que había llenado de energía a tantas guerras durante milenios. Solo que no la guerra con la que yo crecí...

La participación estadounidense en Vietnam, Laos y Camboya desató un vehemente movimiento antiguerra de una fuerza y visibilidad sin precedentes, cuyos números se hincharon con decenas de miles de veteranos norteamericanos de vuelta en el país y soldados en activo asqueados por la guerra que habían ayudado a librar. Durante los primeros años después del tratado de paz de 1973 y de la partida de las tropas de combate, era posible que los oponentes de la guerra esperaran que el presupuesto militar estadounidense emprendiera una retirada. Sin embargo, las cifras de la Oficina de Administración y Presupuesto muestran solo un breve respiro antes de una escalada de gastos renovada, un aumento que se volvería dramático durante la siguiente administración.^[4] Pronto, prometió Ronald Reagan, quien estaba por volverse presidente, llegaría «nuevamente el amanecer a Estados Unidos»^[5]. El discurso de la primera investidura de Reagan en 1981 anunciaba oficialmente la llegada de la era del heroísmo ubicuo y del patriotismo insistente: uno podía encontrarse «todos los días... al otro lado del mostrador» con héroes cuyo «patriotismo es callado pero profundo»^[6]. La gente empezó a colgar la bandera de las barras y las estrellas en el pórtico de su casa. Se multiplicaron las señales explícitas de respeto por los militares y de amor por la patria. Se respiraba patriotismo en el aire. Una vez más, la guerra era gloria.

Al igual que la mayoría de mis compañeros astrofísicos, el prospecto de la guerra me hace respingar: la muerte, la destrucción, la desilusión. Como el patriotismo de los héroes de Reagan, llevo mi repulsión callada pero profunda. En los primeros días de la guerra de Vietnam, oía que todo el espectro político estadounidense del *mainstream* declaraba que teníamos que derrotar al comunismo, porque el comunismo representaba todo lo que era ruin y malo, mientras que nosotros representábamos todo lo que era bueno y que tenía temor de Dios. En ese entonces, yo era lo suficientemente mayorcito como para escuchar, aunque demasiado joven para entender. Sin embargo,

cuando llegó el momento en que comenzaron a publicarse semanalmente las listas y fotos de los soldados muertos, ya había comenzado a tener alguna idea ocasional relacionada con los eventos mundiales, y para mí el mensaje llegó fuerte y claro. Los vietnamitas estaban muriendo. Los estadounidenses estaban muriendo. Los soldados estadounidenses ametrallaban arrozales y aldeas. Las imágenes del sufrimiento se incrustaron en mi mente. Algunas persistieron ahí por décadas.

Ahora avancemos hasta el verano de 2005, tres décadas después del final de la guerra de Vietnam y días antes del noveno cumpleaños de mi hija: Miranda corre de la regadera hasta su habitación. Está desnuda, porque sin querer dejó la toalla de baño ahí. Mientras pasa corriendo junto a mí, con los brazos extendidos desde los costados y los codos ligeramente doblados, se congela el tiempo. Me pasa por la mente esa fotografía de una niña desnuda vietnamita que ganó el Pulitzer en 1972. Ya la conocen: la niña está escapando por una carretera después de que los jets estadounidenses empararan su aldea con una tormenta de fuego de napalm.^[7] Tiene el desarrollo físico y las proporciones de una niña de ocho o nueve años: tiene el desarrollo físico y las proporciones de mi hija. En ese momento fugaz, eran una y la misma.

Durante la primera guerra del Golfo (1990-1991), Estados Unidos se ofreció, junto con su coalición de naciones siempre dispuestas, como defensor del indefenso Kuwait en contra de Irak el invasor. La mitad de las veces, los manifestantes en las calles de Estados Unidos estaban allí para expresar modosas objeciones a la guerra, en vez de denunciarla directamente. Se había disipado la rabia de la era de Vietnam. Muchos activistas antiguerra adoptaron la postura conveniente de diferenciar entre la guerra y los guerreros. Era más probable que sus carteles mostraran un eslogan como APOYEMOS A NUESTRAS TROPAS, TRÁIGANLAS A CASA que NO MÁS SANGRE POR PETRÓLEO. Volvió a aparecer la canción *When Johnny Comes Marching Home Again* [Cuando Johnny vuelva marchando a casa], que data de la Guerra Civil. Reaparecieron los listones amarillos que simbolizaban fidelidad y bienvenida.

Una docena de años después, durante la guerra de Irak, Estados Unidos se volvió el agresor, armado con recursos espaciales actualizados que proporcionaban una ventaja abrumadoramente asimétrica: satélites climatológicos, satélites de espionaje, satélites de comunicaciones militares y

media docena de satélites GPS que orbitaban la tierra, mapeaban y escaneaban el campo de batalla. Abajo, en la Tierra, los jóvenes soldados conducían vehículos armados por caminos repletos de peligros. Y debido al acceso portátil a los satélites, en general sabían dónde estaban sus blancos, cómo llegar a ellos y qué obstáculos encontrarían en el camino. Mientras tanto, en Estados Unidos, cualquiera que criticara públicamente la manera en que se justificaba, financiaba o llevaba a cabo la guerra pronto sentía la presión para acompañar sus acusaciones con declaraciones fastuosas de apoyo por las tropas. A pesar de la presión, cientos de miles de civiles estadounidenses con visión de paz, acompañados de cientos de miembros de una nueva y feroz generación de veteranos antiguerra y de millones de europeos, volvieron a poner sus cuerpos en las calles y a registrar sus testimonios para exigir un veloz final de la invasión.^[8]

Como siempre, el Congreso no iba a la vanguardia de los batallones antibélicos. Durante más de medio siglo, no ha ejercido su derecho constitucional de declarar la guerra, ni ha retenido fondos para perseguir una guerra específica. Esta vez simplemente votó para decidir si podía dársele rienda libre al presidente de usar las fuerzas armadas estadounidenses contra Irak del modo «que determinara necesario y apropiado». En enero de 1991 —siguiendo con el patrón firme del siglo xx en donde los congresos controlados por los demócratas votaban por apoyar la guerra— un Congreso con sustanciales mayorías demócratas había votado 250 a 183 en la Cámara de Representantes y 52 a 47 en el Senado para autorizar que un presidente republicano manejara las tropas a discreción.^[9] Ahora, en octubre de 2002, un Congreso dividido de manera más pareja, aunque controlado por los Republicanos, votó 296 a 133 en la Cámara de Representantes y 77 a 23 en el Senado para darle una autorización parecida a otro presidente republicano. Así, pues, ostensiblemente para vengar los horrores del 11 de septiembre de 2001, entramos en guerra para liberar al mundo de las supuestas armas de destrucción masiva de Irak y liberar a los ciudadanos de Irak del tirano que había promulgado la tortura, la represión y los ataques de gas tóxico sobre su propio pueblo, pero quien también, resulta, los proveía de educación universitaria gratuita, atención universal a la salud, incapacidad por maternidad pagada, y una ración mensual de harina, azúcar, aceite, leche, té y frijoles.^[10]

Los primeros años después del 11 de septiembre resultaron ser un excelente momento para ser un mercenario o una empresa de ingeniería militar o compañía aeroespacial gigantesca. Vietnam se sentía como algo muy

muy lejano. Florecieron Blackwater, Bechtel, Halliburton, KBR y compañías similares; las ganancias de un índice global aeroespacial y de defensa crecieron en casi 90 %, comparado con el aumento de 60 % en el mercado de valores mundial.^[11] Con la sola mención de las palabras *terrorismo* o *seguridad nacional*, los demócratas liberales hacían causa común con los republicanos conservadores.

Con la llegada del fin de la Guerra Fría, la industria aeroespacial había experimentado una disminución y consolidación sin tregua. El día que se eligió a Reagan estaban en operación 75 empresas aeroespaciales, y para cuando cayó el Muro de Berlín ya se habían fusionado en 61; cuando las Torres Gemelas se desmoronaron en polvo tóxico, solo quedaban cinco titanes finalmente: Lockheed Martin, Boeing, Raytheon, Northrop Grumman y General Dynamics. Unos 600 000 trabajos científicos y técnicos se habían desvanecido en el transcurso de apenas una docena de años, junto con cantidades incalculables de experiencia y capital intelectual.^[12]

El terrorismo salió al rescate: quizás no para los trabajadores de la ciencia y tecnología, pero sin duda para los industrialistas estadounidenses. El rescate tuvo la hábil asistencia del informe final de 2001 de la Comisión para Evaluar la Gestión de la Seguridad Nacional Espacial de Estados Unidos, mejor conocida como la Comisión Espacial de Rumsfeld y por su agresivo director, quien estaba por comenzar a desempeñarse como secretario de Defensa de George W. Bush. El reporte invoca vulnerabilidades, actos hostiles, ataques, disuasiones, avances tecnológicos, la superioridad espacial, el estímulo del sector privado y la prevención de un «Pearl Harbor Espacial» (una frase recurrente). Pide una «proyección del poder dentro, desde y por el espacio» para garantizar que Estados Unidos «siga siendo la nación líder en la navegación espacial», y declara que Estados Unidos debe poder «defender sus recursos espaciales contra los actos hostiles y anular el uso hostil del espacio contra intereses estadounidenses», una orden del día que en general era grandilocuente e indefinida.^[13] El informe se publicó exactamente ocho meses antes del 11 de septiembre, y aunque menciona el terrorismo en múltiples ocasiones, a Osama bin Laden lo menciona solo una. Sin embargo, el nivel de amenaza que aparece en sus páginas consistentemente tiene un tono naranja-rojizo.

Un pilar *rumsfeldiano* de la gestión espacial era la defensa de misiles, esa tecnología de intercepción de misiles balísticos tan cuestionada, anunciada como una meta en 1983 por Ronald Reagan, y a la cual se apodó rápidamente como Star Wars. Con el presupuesto para la defensa de misiles desde 2001

hasta 2004 —el primer mandato de George W. Bush como presidente— se duplicaron los contratos de Boeing; los de Lockheed Martin fueron de más del doble; los de Raytheon casi se triplicaron; y los de Northrop Grumman se quintuplicaron.^[14] Al mismo tiempo, las contribuciones aeroespaciales corporativas a los dos partidos en las campañas electorales estaban en las decenas de miles de dólares, mientras que los contratos multianuales de las corporaciones para la defensa contra misiles estaban en los miles de millones: un rendimiento envidiable a cambio de una inversión modesta.^[15] De los 5.8 mil millones de dólares^[*] en 2001, el presupuesto del Departamento de Defensa para Star Wars alcanzó los 9.1 mil millones de dólares en 2004. Al principio de su mandato, la administración Bush se retiró del Tratado de Misiles Antibalísticos de 1972, eludiendo así las restricciones internacionales sobre las pruebas de tecnologías armamentistas en el espacio y haciendo posible que la Agencia de Defensa Antimisiles, como en ese entonces se conocía, ejecutara su mandato.

El panorama del gasto militar general para 2001-2004 fue tan expansivo como el panorama de Star Wars. La «autoridad presupuestaria» formal para la defensa nacional —el permiso otorgado al Departamento de Defensa, al Departamento de Energía, a la NASA y a otras agencias para firmar nuevos contratos y hacer nuevos pedidos— creció de 329 mil millones de dólares en 2001 a 491 mil millones de dólares en 2004. Mientras tanto, la línea de crédito militar estadounidense, junto con los pagos preautorizados, se orillaba hacia un billón de dólares al año, sin mencionar gastos adicionales como los miles de millones extraoficiales en fajos de billetes envueltos en plástico que se repartían en Bagdad.^[16] Es debatible que este gasto aumentara la seguridad nacional de Estados Unidos.

La gente a la que le importa la política —y la seguridad— apenas coincide en una definición básica de la *seguridad*, ya sea nacional, global u otra cosa. Según la declaración de misión del moderado Proyecto de Seguridad Estadounidense, por ejemplo:

Ya pasaron los días en que se podía medir la seguridad de una nación por medio de bombarderos y acorazados. En esta nueva era, la seguridad exige que se aprovechen todas las fortalezas de Estados Unidos: la fuerza de nuestra diplomacia; el poderío de nuestras fuerzas armadas; el vigor y la competitividad de nuestra economía, y el poder de nuestros ideales.^[17]

El Proyecto de Seguridad Nacional de la Unión Estadounidense por las Libertades Civiles (ACLU, por sus siglas en inglés), del centro-izquierda,

tiene otro sesgo:

Nuestra Constitución, leyes y valores son el fundamento de nuestra fortaleza y seguridad. Sin embargo, tras los ataques del 11 de septiembre de 2001, nuestro gobierno participó en políticas sistemáticas de tortura, asesinatos dirigidos, detenciones indefinidas, vigilancia masiva y discriminación religiosa. Violó la ley, erosionó muchos de nuestros valores más preciados, y nos hizo menos libres y menos seguros... Trabajamos para garantizar que el gobierno de Estados Unidos renuncie a las políticas y prácticas que ignoran el debido proceso, consagran la discriminación y convierten a todos en sospechosos. También buscamos la rendición de cuentas y las reparaciones para las víctimas de abusos perpetrados en nombre de nuestra seguridad nacional. Estas son las maneras de reconstruir la autoridad moral estadounidense y la credibilidad, tanto en casa como en el extranjero.^[18]

La Agencia de Seguridad Nacional del gobierno federal muestra un lema extremadamente general en su página principal: «Defendiendo nuestra nación. Asegurando nuestro futuro». Su declaración de misión en la era de Trump le debe más a la jerga de la defensa que a la filosofía política:

La Agencia de Seguridad Nacional / Servicio de Seguridad Central (NSA / CSS) dirige al Gobierno de Estados Unidos en la criptología que incluye tanto a los productos y servicios de la Inteligencia de Señales (SIGNINT) como a las Garantías de la Información (IA), y que posibilita las Operaciones de Redes de Computadoras (CON) para poder ganar ventaja en la toma de decisiones para la Nación y para nuestros aliados en todas las circunstancias.^[19]

Hablando de la Agencia de Seguridad Nacional, su informante [conocido como *whistleblower* en inglés] más famoso, Edward Snowden, siente mucha mayor afinidad con la visión de la Unión Estadounidense por las Libertades Civiles que con la de sus empleadores. En vez de invocar la seguridad nacional, lo acusaron rápida y ampliamente de haberle hecho un daño irreparable, Snowden invoca el interés público: no la libertad del gobierno para involucrarse en la vigilancia masiva y total de los individuos con la meta ostensible de la seguridad nacional, sino el derecho de los individuos de conocer, debatir, entender y consentir de manera significativa las acciones de su gobierno.^[20]

Tomando otro rumbo, el Proyecto de Prioridades Nacionales, con sede en Massachusetts, entiende la seguridad nacional en términos de los costos de varios componentes y distintos puntos de vida, haciendo hincapié en el hecho de que en 2016 los contribuyentes pagaron, por hora, 57.52 millones de dólares al Departamento de Defensa mientras se gastaban 11.64 millones en educación y 2.95 millones en el medioambiente.^[21]

Desplacémonos hacia afuera, de la nación al mundo. En el plano de la pura supervivencia humana, los científicos han citado la sobreutilización de antibióticos y el resultante aumento de microbios altamente resistentes como una amenaza a la seguridad nacional, y a fin de cuentas global; mientras que

el Pentágono junto con las Naciones Unidas y científicos por todo el orbe han identificado el cambio climático como una amenaza paralela: un detonante de conflictos regionales relacionados con el agua dulce, los alimentos y los refugiados; una condición que lleva a la sequía, a los incendios forestales y a las pandemias; y una causa del aumento del nivel del mar, lo que a su vez redibujaría las costas y sumergiría a los países que se encuentran a nivel del mar.^[22] La Unión Europea sostiene que en la era actual de «amenazas multifacéticas, interrelacionadas y transnacionales... los aspectos internos y externos de la seguridad están relacionados inextricablemente».^[23]

Se defina como se defina, para cualquier individuo y para cualquier nación, rica o pobre, la *seguridad* —en el sentido más básico de estar a salvo— es una, si no es que *la*, preocupación central. La supervivencia es apenas el primer paso. Más allá de eso está, como mínimo, el derecho a vivir sin temor y sin miseria. En cualquier escala —individual, familiar, social, nacional o global—, la seguridad también requiere prácticas viables a largo plazo. En el mundo tecnológicamente avanzado, una insuficiencia de comida, de agua o de educación crea condiciones inviables e insustentables. A fin de cuentas, no se puede lograr la seguridad en una escala más amplia sin acoger la coexistencia multilateral. Después de todo, desde unos pocos centenares de kilómetros en el espacio, cada nación es una masa de tierra entre masas de tierra —un collage, como los demás, de verde, café, azul y chispas cada vez más pequeñas de blanco— que señalan la unidad de la Tierra y la inescapable unión de sus habitantes. Es una señal que los astronautas captan fácilmente.
[24]

En los años posteriores al 11 de septiembre fui director del Planetario Hayden de Nueva York, participé en una comisión presidencial encargada de apuntalar los prospectos de la industria aeroespacial estadounidense, escribía una columna mensual para la revista *Natural History* y me apresuraba para poder completar la cantidad poco realista de proyectos adicionales que había asumido. Uno de mis compromisos más nuevos era el de formar parte de la junta directiva de la Fundación Espacial, con sede en Colorado.

Suena noble el acta constitutiva de 1983 de la Fundación Espacial, un grupo de abogacía sin fines de lucro:

Fomentar, desarrollar y promover, entre los ciudadanos de Estados Unidos de América y entre otras personas de mundo... una mayor comprensión y conciencia... del uso práctico y teórico del espacio... en beneficio de la civilización y del fomento de un mundo pacífico y próspero.
[25]

Dos piezas clave del trabajo de la fundación, dirigido a todo aquel que lleve a cabo negocios en el espacio, son la publicación anual de *El reporte espacial. La guía comprensiva a la actividad espacial global* (en papel couché y repleta de información) y el Índice de la Fundación Espacial de unas treinta empresas que cotizan en la bolsa. Pero el compromiso más longevo y animado de la fundación es su conferencia anual de amplio espectro: el Simposio Nacional Espacial, el cual es gigantesco, está atiborrado de gente y se lleva a cabo desde hace más de tres décadas.^[26]

El primer simposio al que asistí como miembro de la junta directiva era el décimo noveno de la Fundación Espacial y se llevó a cabo del 7 al 10 de abril de 2003. Como siempre, el recinto era el venerable Broadmoor Hotel and Resort de Colorado Springs, con sus hectáreas de salones abiertos y techos altos en donde las corporaciones, las agencias gubernamentales, las ramas de las fuerzas armadas y los vendedores exhiben sus mercancías aeroespaciales en *stands* comúnmente atendidos por jóvenes atractivas. Colorado Springs es una ciudad soleada y amigable, de tamaño mediano, que resulta ser la sede de una increíble serie de entidades militares, entre ellas la base de la Fuerza Aérea Peterson, la base de la Fuerza Aérea Schriever, la estación de la Fuerza Aérea Cheyenne Mountain, el Mando Norteamericano de Defensa Aeroespacial (NORAD), Fort Carson, la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el Comando Norte de Estados Unidos, el Mando Espacial de la Fuerza Aérea, el Comando Espacial y de Defensa Contra Misiles del Ejército de los Estados Unidos / Comando Estratégico de las Fuerzas Armadas, el Centro de Integración y Operaciones de Defensa contra Misiles, el Comando Funcional Conjunto para la Defensa Integrada contra Misiles, el Comando Funcional Conjunto de Componentes para la Defensa Integrada contra Misiles, la 21.^a Ala Espacial, la 50.^a Ala Espacial, la 302.^a Ala de Transporte Aéreo, la 310.^a Ala Espacial y el Instituto Espacial de Seguridad Nacional. También alberga las oficinas o sedes de más de cien contratistas aeroespaciales o de defensa, incluyendo a gigantes como Ball Aerospace and Technologies, Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman y Raytheon. La región presume además tres universidades con programas de posgrado en ciencias espaciales y, como habría de esperarse, alberga la oficina central de la Fundación Espacial, todo esto en un estado que ocupa el vigésimo segundo lugar en población pero que año con año se ubica entre el primer y el tercer lugar en términos de la actividad aeroespacial total.

Apenas tres semanas antes del comienzo de la conferencia de 2003, el segundo presidente Bush había anunciado desde la Oficina Oval el «ataque de

decapitación» que daba inicio a la Operación Libertad Iraquí, asegurándole al mundo que no sería una «campana de medias tintas» y que no sería aceptable «ningún otro resultado que la victoria».^[27]

Normalmente, entre los que se inscriben al Simposio Espacial Nacional se encuentran generales de la Fuerza Aérea, ejecutivos corporativos, directores de centros espaciales y administradores de la NASA y de otras agencias gubernamentales. También hay ingenieros, emprendedores, inventores, inversionistas, aviadores, vendedores de armas espaciales, especialistas en comunicaciones, expertos en turismo espacial y el ocasional astrofísico, así como miembros selectos del Congreso, representantes del gobierno estatal y diplomáticos y científicos de la creciente comunidad internacional de naciones que navegan por el espacio. Hay estudiantes. Hay maestros. La mayoría de los inscritos son hombres. Ese año, muchas de las cinco mil personas reunidas en el Broadmoor tenían algún vínculo profesional con la operación Libertad Iraquí, a los organizadores del simposio incluso les preocupaba que fueran a llamar a la guerra a la larga lista de oficiales militares programados para dar conferencias plenarias, lo cual impediría cualquier viaje al simposio y cualquier conferencia sobre futuras guerras. Pero aun así aparecieron en números mayores que nunca: 20 % más que el año anterior.^[28] En vez de concebir al simposio de varios días como un lugar que los alejaría de sus negocios espaciales, todos suponían que sería el mejor lugar para llevarlo a cabo... y tenían razón.

Todos van ahí, al mismo lugar, al mismo tiempo: el que necesita saber de los recursos espaciales estadounidenses o de las comunicaciones más avanzadas o del futuro de la guerra; el general que tiene que saber cómo la investigación y desarrollo corporativos podrían influenciar la visión del guerrero sobre las armas orbitales; el gerente de la industria que necesita saber qué dice la más reciente declaración de misión elaborada por los estrategas militares. Aunque los científicos académicos son una parte mucho menos prominente de la mezcla, desde hace mucho me ha quedado claro que la investigación espacial que llevamos a cabo mis colegas y yo se vincula de manera firme y fundamental con el poderío militar de la nación.

Sin embargo, no todos los que estaban en la propiedad de Broadmoor sentían ese entusiasmo por el control del espacio por parte de las fuerzas armadas estadounidenses. La primera mañana del simposio, mientras daba una breve caminata desde el hermoso gran hotel hasta el flamante centro de conferencias, me encontré frente a una docena de manifestantes que denunciaban que la conferencia era un bazar armamentista. Yo no soy

aficionado de la guerra: soy el tipo de persona que se imaginó a la niña vietnamita desnuda y cubierta de napalm corriendo desde el baño de su departamento. Y aun así, ese día, frente a los manifestantes en Colorado Springs, con un cambio de corazón y mente que no pude haber previsto, de repente sentí que yo los confrontaba a *ellos*.

Sí, Boeing construye sistemas antimisiles que destruyen objetivos a través del calor. Sí, Lockheed Martin construye misiles guiados por láser; Northrop Grumman construye interceptores de misiles que destruyen a través de energía cinética, Raytheon construye misiles teledirigidos y General Dynamics construye los sistemas de guía y control de armas utilizados en los misiles balísticos nucleares. Todos construyen armas que rompen cosas y matan gente. Algunos son terrestres; otros se basan en naves aéreas; otros más son espaciales. Sí, casi en cualquier lugar en donde pusieras la mirada en el Simposio Nacional Espacial de 2003 había ventas de armamento inspirado en el espacio. Pero para mí la conferencia tenía que ver principalmente con cosas pacíficas —cosas cósmicas—, así que no estaba listo para tachar de maligno a todo emprendimiento solo porque este facilitaba un poco de comercio de armas adicional. Me dije a mí mismo que la rendición de cuentas recaía sobre los votantes y sus oficiales electos, y no sobre las corporaciones.

Traté mi nueva visión como si fuera una convicción personal sostenida desde hace mucho, y para mis adentros tildé a los manifestantes de políticamente ingenuos, además de malagradecidos con los defensores de esa libertad que daban por sentada. Con un toque de indignación, atravesé su falange y entré al centro de eventos.

El salón de banquetes, el cual se adaptaba cada día para todas las pláticas plenarias, era tan grande que apenas y se podía ver el podio del conferencista desde las filas de atrás. El techo era alto, las miles de sillas tapizadas de rojo eran robustas, y había una gruesa alfombra cerúlea con flores rojas. El fondo del escenario parecía la cabina de mando de una nave espacial. Unas pantallas jumbo de video colgaban de cada lado del recinto, como a medio camino de la fila de atrás, de modo que cada uno de los miles de asistentes podía ver de cerca a los conferencistas y panelistas.

El general Lance W. Lord, el hombre alto, tranquilo y afable que encabezaba el Mando Espacial de la Fuerza Aérea, dio el discurso inaugural. «Si no tenemos un sueño, no podemos lograr que un sueño se haga realidad», declaró, logrando hacer eco del musical *South Pacific* y de la Guerra Fría a la

vez. «Si no estamos en el espacio, no estamos en la carrera».^[29] Fuera del escenario, el general Lord ofrecía un apretón de manos paternal y una cordialidad encantadora que no correspondían con ese nombre tan digno de película y ni con el estereotipo que yo tenía del comandante belicista de la época de Vietnam.

Durante un intermedio en el evento, abrí mi laptop y empecé a revisar mi mail pero, como todos los que me rodeaban, tenía la mente preocupada por la guerra. La batalla por Bagdad había comenzado el 5 de abril.^[30] El primer avión de transporte estadounidense cargado de tropas y equipamiento aterrizó en el aeropuerto de Bagdad el 6 de abril. Las tropas estadounidenses tomaron el palacio presidencial principal de Saddam Hussein el 7 de abril, el día en que se inauguró el simposio. Esa misma mañana había sido el lanzamiento desde Cabo Cañaveral de un gigantesco satélite Milstar, el quinto de una constelación de cinco satélites preparados para las comunicaciones militares, y el general Lord había aplaudido durante el despegue. Parecía estar teniendo éxito la campaña estadounidense de «shock y pavor». Y en el cielo se suspendía un tipo de luna distinta a la que había sido testigo del inicio de la guerra del Golfo: esta fase era visible, un cuarto creciente. Debido a que el comienzo de la Guerra de Irak fue sobre todo una invasión terrestre y no un bombardeo con aviones stealth, las fuerzas de la coalición no necesitaron la protección de una noche oscura y sin luna para ejecutar sus órdenes.

De repente, se remplazaron las diapositivas informativas en PowerPoint que normalmente cubren las grandes pantallas de exhibición con la cobertura de la guerra que hacía CNN: operación Libertad Iraquí, en vivo y a todo color. Había un intenso combate en el centro de Bagdad. Habían bombardeado la oficina de la agencia de noticias Al Jazeera. Habían bombardeado el Palestine Hotel, el hábitat predilecto de los medios internacionales. Los jets antitanques estaban atacando las posiciones iraquíes en un puente sobre el río Tigris. Las tropas británicas estaban tomando control de Basora, la segunda ciudad más grande de Irak. En pantalla, los reporteros y conductores y voceros y generales describían las armas y anunciaban los nombres de las corporaciones que las manufacturaban... los mismos nombres resaltados en los *stands* de exhibición del simposio e impresos en los gafetes de las personas que me rodeaban. Y cada vez que identificaban a una corporación como la productora de un instrumento de destrucción en particular, los empleados y ejecutivos de la empresa que estaban entre el público comenzaban a aplaudir.

Hasta ese punto me había sentido bien. Pero ahora me sentía angustiado. Una vez más, Estados Unidos estaba invadiendo el territorio de una nación soberana que no nos había atacado a nosotros. En los videojuegos se supone que debes echar porras cuando destruyes tus blancos virtuales y pasas al siguiente nivel, pero es difícil aceptar ese tipo de comportamiento cuando tus blancos son de verdad. Muere gente cuando un Boeing B-1 B Lancer suelta un cuarteto de bombas GBU-31 sobre un restaurante de Bagdad en donde reportan que entró Saddam Hussein. Muere gente cuando una lluvia de misiles Hellfire Lockheed Martin AGM- 114 ataca a un convoy en el que se sospecha que está Saddam Hussein.

Mientras contenía las lágrimas y luchaba por guardar la compostura, pensé en dejar la conferencia. Comencé a coreografiar mi renuncia de la junta directiva de la Fundación Espacial. Pero al mismo tiempo sentía que no podía simplemente salirme del santuario de la guerra y enterrar la cabeza en la arena. Es mejor ver que no ver, me dije. Es mejor saber que no saber; es mejor entender que no entender. En ese preciso momento entendí el hecho poco atractivo e innegable de que sin el Simposio Espacial, sin muchos simposios como este, sin todos sus predecesores y contrapartes a lo largo de la cultura y el tiempo, sin el poder que buscan sus participantes —tanto para ellos mismos como para las naciones que representan— y sin las inversiones conjuntas en tecnología fomentadas por esa búsqueda de poder, no habría astronomía, no habría astrofísica, no habría astronautas, no habría exploración del sistema solar, y apenas si habría la menor comprensión del cosmos.

Así que me quedé ahí y decidí explorar otras maneras de reconciliar mis emociones con las historias, contradicciones, prioridades y posibilidades inherentes a ese día.



El universo es la última frontera y a la vez el más alto de los terrenos altos. Lo comparten tanto los científicos espaciales como los guerreros espaciales; para los primeros es un laboratorio; y para los segundos, un campo de batalla. El explorador lo quiere entender; el soldado lo quiere dominar. Pero sin la tecnología correcta —que para ambos grupos es más o menos la misma tecnología— nadie puede llegar a él, operar en él, escudriñarlo, dominarlo o sacarle ventaja en detrimento de otros. Sin esa tecnología, ninguno de los dos lados puede lograr sus metas. En palabras del informe de la Comisión Rumsfeld, «Estados Unidos no seguirá siendo la nación líder en la navegación espacial si depende de la tecnología de ayer para cumplir con los requisitos de

hoy a los precios de mañana».^[31] Todos los lados buscan la tecnología de punta que a la vez sea, en potencia, de doble uso.

Así que, ya sea que uno sea un astrofísico que busca de modo pacífico mirar detenidamente los aros de Saturno o un general del ejército que busca de modo agresivo tener información satelital en alta resolución sobre un búnker que se encuentra dentro de una montaña, se depende del mismo grupo de ingenieros. Algunos de ellos trabajan con las corporaciones o son sus consultores; otros enseñan en universidades; otros más hacen las dos cosas. La mayoría de los contratos con los que trabajan, además de la mayoría de los contratos para los aclamados proyectos de ciencia espacial, se financian con dólares de los contribuyentes. La NASA es una de las financiadoras principales de la investigación espacial académica, y la mayoría de las corporaciones líder contratan a la NASA de una manera u otra. El contrato podría llegar desde una variedad de fuentes: del Mando Espacial de la Fuerza Aérea, la Agencia de Proyectos Avanzados de Defensa, el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea, la Oficina Nacional de Reconocimiento, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, de una empresa privada como SpaceX: no importa mucho. No importa quién celebre el contrato: tanto los científicos espaciales como los guerreros espaciales utilizarán los resultados.

¿De dónde vienen estos ingenieros aeroespaciales, astrofísicos, físicos y genios informáticos, y en dónde terminan trabajando? ¿Cómo los atraen esas agencias y empresas? Para hacerlo, no ensalzan sus contratos de defensa de misiles, sin duda: esta gente quiere hacer ciencia. Quieren trabajar en lo espacial.

Basta echarle un ojo a un *Informe Espacial* reciente de la Fundación Espacial o a los *Indicadores de Ciencia e Ingeniería* de la Fundación Nacional para la Ciencia para notar las tendencias estadísticas deslumbrantes: en Estados Unidos, las industrias basadas en el conocimiento y en la alta tecnología componen casi el 40 % del producto interno bruto, el más alto del mundo desarrollado, lo que hace que la economía de este país dependa profundamente de una fuerza laboral altamente educada. Los empleos en la ciencia y la ingeniería como porcentaje del empleo total se duplicaron entre 1960 y 2013, y los inmigrantes formaron una parte sustancial de esa duplicación.

Mientras que en todo el siglo el promedio de residentes estadounidenses que son inmigrantes es de alrededor del 10 %, se han otorgado 33 % de todos los Premios Nobel estadounidenses en las ciencias a inmigrantes. Casi la

mitad de los trabajadores con doctorados en las ciencias físicas, y más de la mitad con doctorados en las ciencias informáticas, matemáticas o ingeniería nacieron fuera de Estados Unidos. Mientras tanto, otros países —más notablemente China y la India— ya están superando con creces a Estados Unidos en la cantidad de primeros grados universitarios otorgados en estos campos, y disminuirá la porción de estudiantes de posgrado en Estados Unidos nacidos en el extranjero, ya que muchos de esos otros países han estado construyendo asiduamente su propia infraestructura académica. Al paso que vamos, Estados Unidos pronto dejará de ser uno de los destinos principales de los jóvenes científicos en ciernes provenientes de naciones «en vías de desarrollo»... lo que nos priva aún más de ese sueño que tenemos de reclamar nuestra grandeza. ¿Qué sucederá cuando a mediano y a largo plazo se vean las ramificaciones de la xenofobia y de la contracción del apoyo público a la educación universitaria? La totalidad de este reto no se refleja con el simple cálculo de las cantidades de estudiantes que están haciendo un posgrado. En términos del espacio, durante la última década, cada año se ha ido encogiendo la fuerza laboral civil estadounidense, incluso mientras se ha seguido disparando la actividad espacial global. La fuerza laboral espacial civil de Japón ha crecido dos terceras partes desde su punto bajo en 2008, y la de la Unión Europea ha aumentado en un tercio.^[32]

Sin importar los números absolutos en Estados Unidos, el astrofísico con doctorado tiene pocas dificultades para encontrar trabajo. Los astrofísicos son programadores expertos y están entrenados para resolver problemas. Tenemos fluidez en múltiples lenguajes informáticos y nos sentimos cómodos con el análisis de grandes cantidades de datos, además de que nuestra habilidad con las matemáticas supera lo que exigen la mayoría de las descripciones de cargo. A los que no se vuelven profesores o educadores los pesca rápidamente Wall Street, la NASA, el Departamento de Energía de Estados Unidos o cualquiera de muchas ramas del Departamento de Defensa de Estados Unidos, o las industrias de tecnologías de la información o aeroespaciales... y a cada paso ganan más que sus contrapartes académicas.

Una empresa a la que podrían decidir unirse es Northrop Grumman. Su legado es profundo: en los años sesenta, la parte Grumman de la fusión construyó el módulo que llevó a la superficie lunar a todos los astronautas que caminaron en la Luna. Y desde 2012 hasta 2016, a Northrop Grumman le fue sustancialmente mejor que al índice Standard & Poor's 500. Los contratos del gobierno, principalmente con las agencias de inteligencia y el Departamento de Defensa norteamericanos, son su pan de cada día. Durante el período de

tres años comprendido de 2014 a 2016, el gobierno de Estados Unidos representó cinco sextas partes de sus ventas totales. Del sexto remanente, la mayoría comprendía ventas militares extranjeras, contratadas por medio del gobierno estadounidense. Aunque Northrop Grumman se califica a sí misma como una «empresa líder de seguridad global» y pone en primer plano su trabajo militar («Proporcionamos productos, sistemas y soluciones en sistemas autónomos; cibernética; comando, control, comunicaciones y computadoras, inteligencia, vigilancia y reconocimiento [C 4 ISR]; ataques; y logística y modernización»), también es el contratista principal del telescopio espacial James Webb de la NASA, un observatorio infrarrojo de vanguardia con tecnología científica de punta diseñado para orbitar el Sol a un millón y medio de kilómetros de la Tierra mientras que, junto con otros objetivos, rastrea el nacimiento de las galaxias en el universo temprano. Concebido en 1996 como una continuación del Hubble, el telescopio Webb —llamado así por el administrador de la NASA durante gran parte de la era Apollo— representa un costo total de unos 9 mil millones de dólares, alrededor de 375 millones al año si se distribuye desde su nacimiento hasta su lanzamiento. Se percibe como mucho, pero es menos de 2 % de las ventas totales anuales de Northrop Grumman.

Sin duda, al astrofísico de nuevo ingreso le emocionaría trabajar en el mismo telescopio Webb o en la pantalla en forma de flor, conocida como Starshade, que se diseñó para volar a miles de kilómetros de distancia frente a cualquier telescopio espacial, bloqueando la luz de varias estrellas para poder estudiar sus sistemas planetarios. Además, trabajar en la industria significa un salario más alto que el que puede ofrecer una universidad. Así que es muy atractivo. Sin embargo, después de volverse uno de los 67 000 empleados de Northrop Grumman, podrían estacionar a nuestro científico soñador en proyectos aeroespaciales relacionados con lo militar: sistemas de antenas radar; imágenes multiespectrales de alta resolución; defensa de misiles balísticos; láseres de alta energía; sistemas de comunicación protegida de Frecuencia Extremadamente Alta (EHF); vigilancia infrarroja espacial, tal vez incluso bombarderos furtivos.^[33] Quizá la exploración espacial atrae al talento, pero la guerra paga las cuentas.

El 14 de abril de 2003, el día en que las fuerzas armadas estadounidenses aparentemente lograron afianzar su control sobre la ciudad de residencia de Saddam Hussein, el director de operaciones del Jefe de Estado Mayor Conjunto dijo: «Pienso que ya terminaron las principales acciones de combate». Estaba terminando la operación Libertad Iraquí, un asedio de

27 días. Dos semanas después, el presidente Bush, ataviado con un uniforme de piloto cubierto de arneses y hablando desde la cubierta de vuelo del portaaviones USS Abraham Lincoln, que navegaba cerca de San Diego, California, hizo eco de la evaluación del jefe del Estado Mayor Conjunto:

En la Batalla de Irak, prevalecimos Estados Unidos y nuestros aliados... En esta batalla, luchamos por la causa de la libertad y por la paz del mundo... Con nuevas tácticas y armas de precisión, podemos lograr objetivos militares sin dirigir violencia contra civiles... No ha acabado la guerra contra el terror, pero no es interminable. No sabemos cuál será el día de la victoria final, pero hemos visto el cambio de las mareas. Ningún acto de los terroristas cambiará nuestro propósito, ni debilitará nuestra determinación, ni alterará su destino. Su causa está perdida. Las naciones libres perseverarán hasta la victoria.

En el transcurso de la historia, otras naciones han luchado en tierras extranjeras y se han quedado para ocupar y explotar. Los estadounidenses, después de una batalla, solo anhelan volver a casa.^[34]

Como ya lo sabemos, ni el de los terroristas era un caso perdido ni Estados Unidos había prevalecido. Todavía habría de dirigirse mucha violencia contra los civiles. Volver a casa tampoco estaba en las cartas ese año, ni esa década. Pero la ocupación sí lo estaba.

Tres abrils después, en 2006, mientras se acercaba el tercer aniversario de la declaración prematura de Bush, asistí a otro Simposio Nacional Espacial en el Broadmoor. Las condiciones en Irak eran funestas: conflictos civiles, ataques insurgentes casi todos los días; la infraestructura seguía en ruinas; todavía eran precarios los prospectos de un gobierno nacional estable y efectivo, a pesar de una participación alentadora en las elecciones nacionales unos dos meses antes. Muchos soldados estadounidenses estaban en su tercera o cuarta gira de servicio.^[35] Unos 100 000 contratistas privados bien pagados —proporcionados por empresas como Halliburton y Blackwater USA— estaban trabajando al lado de tropas en servicio activo en una proporción de casi 1:1.^[36] Las muertes militares estadounidenses habían superado las 2 000; las muertes civiles iraquíes habían excedido las 30 000 según algunas estimaciones, y 600 000 según otras. El número oficial de heridos militares estadounidenses se acercaba a los 20 000.^[37] Una media docena de generales jubilados estaban por expresarse públicamente contra el manejo de la guerra hecho por la administración Bush. Y el dinero estaba fluyendo: los costos directos de la guerra en 2006 se acercaban a los mil millones de dólares al mes, mientras que los costos completos de la guerra excedían los 15 mil millones de dólares al mes.^[38]

Los negocios prosperaban en el simposio y había más de siete mil participantes y más de cien empresas y organizaciones relacionadas con el espacio que presentaban sus mercancías, extendidas sobre muchos más

metros cuadrados de los que habían ocupado en el centro de exhibiciones el año anterior. El tema era «Una industria: ¡listos para el lanzamiento!», frase que sugería la combinación de intereses militares, científicos, tecnológicos, corporativos y políticos en una estructura unificada de mando. Un boletín de prensa emitido después de la conferencia mostraba una reseña muy favorable escrita por Elliot Pulham, el fallecido presidente y CEO de la Fundación Espacial: «En el aire se percibía la emoción y la impresión de unidad de la industria... Toda la comunidad espacial civil, comercial, de seguridad nacional y empresarial convergía desde todas partes de la nación y del mundo, y se tenía la sensación de que la humanidad estaba lista para dar los próximos pasos audaces en la aventura más grandiosa de todas».^[39] Emoción, la unión de la industria, la humanidad lista para la audacia y la aventura. Pero ¿estaba toda la humanidad igual de preparada?

Tres boletines de prensa que aparecieron en mi buzón más adelante, durante ese mismo mes de abril, señalan algunas respuestas. Uno era un boletín de políticas del Instituto Estadounidense de Física sobre una audiencia a finales de marzo del Subcomité de Ciencia, Estado, Justicia y Comercio de la Cámara de Representantes de Estados Unidos. El boletín resumía declaraciones de Michael Griffin, quien en ese entonces era el administrador de la NASA, sobre las dificultades de repartir los fondos disponibles de un modo que satisficiera a todos, y cita su opinión de que la capacidad de enviar gente al espacio es uno de los elementos que «definen a una nación como superpoder».^[40] En otras palabras, hay una fuerte correlación entre el dominio en el espacio y el dominio en la Tierra.

No hay que ser director de la NASA para tener esa opinión, por supuesto; los diseñadores de políticas de la nación más poblada del mundo piensan lo mismo. En 2003, China se volvió la tercera nación en mandar humanos al espacio sin ayuda de nadie. Para finales de 2005, dos terceras partes del electorado norteamericano veían a China como el superpoder inminente más probable.^[41] Y durante el Simposio Espacial Nacional de abril de 2006 en el Broadmoor, la contraparte de Griffin en la Administración Espacial Nacional de China presentó una lista bastante impresionante de los logros, proyectos y metas de su agencia ante una multitud enorme y sumamente atenta, la cual parecía ser la personificación misma de la «unidad industrial» (muchos uniformes azules y trajes de calidad, con una pizca de ingenieros con moda casual). Solo que, más que emoción, esta multitud parecía irradiar consternación.

«La unidad de la industria», por cierto, es simplemente una forma más exquisita de referirse al emergente complejo espacial-industrial, parecido al tan mentado complejo militar-industrial, bautizado así por el general Dwight D. Eisenhower en su discurso presidencial de despedida. Reflexionemos, entonces, sobre el segundo de mis correos electrónicos en ese abril de 2006. En este, Michael Griffin anunciaba el nombramiento de Simon P. «Pete» Worden, general de brigada jubilado de las fuerzas aéreas de Estados Unidos y profesor investigador de astronomía en la Universidad de Arizona, como el siguiente director del Centro de Investigación Ames de la NASA en California.^[42] Worden tiene pedigrí: un doctorado en astronomía; exdirector del Mando Espacial de la Fuerza Aérea; comandante de la 50.^a Ala Espacial del Mando Espacial de la Fuerza Aérea; oficial de la Organización de Iniciativas de Defensa Estratégica, sede de la defensa antimisiles Star Wars; y director de la sonda lunar Clementine de 1994, una colaboración entre la NASA y el Departamento de Defensa. Es toda la unidad de la industria en una sola persona: transiciones perfectas y movimientos sin fricciones entre el poder, la guerra y la ciencia espacial.

Pero es posible que no haya suficientes Petes Worden allá afuera como para tener un abasto constante. Consideremos el tercero de mis correos electrónicos de abril que valen la pena compartir. En este, un boletín de noticias de la Universidad de Arizona distribuido a través del portal de noticias de la Sociedad Astronómica Estadounidense resumía una encuesta de opiniones de científicos planetarios residentes en Estados Unidos respecto de las prioridades para la exploración del sistema solar. Más de mil personas respondieron —en total la mitad de la comunidad— y su perspectiva era casi unánimemente que la investigación y el análisis son mucho más importantes que las misiones. También se incluía un comentario del director del Laboratorio Lunar y Planetario de la Universidad de Arizona, a quien le preocupaba algo todavía más básico que la investigación básica: su preocupación era que, basándose en líneas de tendencias en la demografía estadounidense, «el tema real es que la mitad de la fuerza laboral estadounidense se habrá jubilado en 10 años».^[43] La mitad de la fuerza laboral significa la mitad de los astrofísicos, la mitad de los contadores, la mitad de los farmacéutas, maestros, carpinteros, periodistas, cantineros, pescadores, mecánicos, productores de manzanas, ingenieros de naves espaciales, *todos*. Representa una impactante profundidad y variedad de *expertise*.

Así que, o Estados Unidos invierte para animar, educar, apoyar y utilizar a los científicos actuales y futuros, o se evaporará la ciencia estadounidense junto con todos los trabajos, hallazgos, misiones espaciales, descubrimientos, poder y dinero que fluyen de esta. Ya es visible esa evaporación si se observan las pérdidas de trabajos. La conclusión del programa de transbordadores espaciales tuvo un impacto enorme: de un punto cumbre de 32 000 en la década de los noventa, la fuerza laboral del transbordador cayó a 6 000 para mediados de 2011 (aunque algunas personas tuvieron la suerte de que los reasignaran). De modo más general, en términos de los primeros años de nuestro siglo ya no tan nuevo, los empleos permanentes en la industria espacial estadounidense cayeron de una máxima de 266 700 empleados en 2006 a 216 300 a principios de 2016. Es una caída del 19 % en el transcurso de una década en la que, según la Oficina de Estadísticas Laborales, el total de mano de obra no agrícola aumentó en 6 % (a pesar la bajada-caída-lenta recuperación durante 2008-2010). La situación del empleo espacial en Estados Unidos luce incluso más desalentadora cuando se contrasta con la de Europa y Japón durante el mismo período.^[44]

Hoy, mientras que las empresas privadas con fines de lucro perfeccionan un taxi espacial que podría remplazar el programa de transbordadores, Rusia, nuestro socio intranquilo, transporta a los astronautas norteamericanos de ida y vuelta a la Estación Espacial Internacional por una tarifa exorbitante: alrededor de 71 millones de dólares por asiento para un viaje redondo en 2016, aumentando a 82 millones bajo el siguiente contrato.^[45] Puesto que Rusia es, por ahora, la única alternativa, el aumento de precio no es ninguna sorpresa. Solo está en función de la oferta y la demanda.

Hoy, a menos que tengan la suerte de que los contraten ahí o de tener colaboradores europeos, los físicos en partículas elementales estadounidenses miran melancólicamente al otro lado del Océano Atlántico y sobre los Alpes hasta el Gran Colisionador de Hadrones cerca de Ginebra, Suiza, el acelerador más poderoso que se haya construido jamás, en donde las condiciones controladas rivalizan con los primerísimos momentos de alta energía del Big Bang y han producido evidencia de la partícula subatómica por tanto tiempo buscada conocida como el bosón de Higgs. Sienten melancolía porque el colisionador de Europa tiene solo una quinta parte del poder que habría tenido el Supercolisionador Superconductor estadounidense, de no ser que el Congreso hubiera cortado el proyecto completo en 1993, unos breves años antes de que se desatara la paz entre Estados Unidos y la Unión Soviética... una historia que vale la pena contar.

En la década de 1970, los astrofísicos se dieron cuenta de que se podrían recrear dentro de un acelerador de partículas las condiciones densas y calientes del universo primitivo, catorce mil millones de años en el pasado. Cuanto más alta la energía lograda por el acelerador, más se podrían acercar los científicos al Big Bang mismo.

La clave para lograr energías cada vez mayores es generar campos magnéticos cada vez más fuertes, que aceleran a las partículas cargadas hasta velocidades estupendamente altas. El anillo de este acelerador se vuelve una pista de carreras de las partículas. Si las partículas chocan unas contra otras desde direcciones opuestas, se generan partículas nuevas... algunas previstas, otras jamás imaginadas. Para la década de 1980, la introducción de materiales superconductores permitió que los aceleradores generaran campos magnéticos significativamente más fuertes, y así colisiones más salvajemente energéticas.

En la actualidad, el Departamento de Energía de Estados Unidos controla 17 laboratorios científicos nacionales. A menudo aliados con las universidades, algunos tienen aceleradores de partículas, cada uno más poderoso que sus predecesores. Los laboratorios notables de esta lista incluyen el Laboratorio Nacional de Aceleradores SLAC en California y el Laboratorio Nacional Fermi en Illinois, así como el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, administrado por la Universidad de California; el Laboratorio Nacional Oak Ridge, administrado por la Universidad de Tennessee; y el Laboratorio Nacional Brookhaven en Nueva York, asociado con Stony Brook University. Estas instituciones emplean a grupos de ingenieros y equipos de físicos de partículas de alta energía que están al acecho de la estructura fundamental de la materia.

¿Estados Unidos habrá financiado y se habrá involucrado en este tipo de investigación solo por el placer de descubrir? Lejos de eso: la mayoría de los aceleradores estadounidenses se construyeron durante la Guerra Fría, cuando el físico de partículas era un recurso vital para aumentar la letalidad de las armas nucleares. Así es como la astrofísica —en especial la física de astropartículas, una rama de la cosmología— se volvió un beneficiario secundario de las prioridades científicas de la Guerra Fría. Están unidas la astrofísica y las fuerzas armadas, aunque su boya compartida salga a flote o se hunda en las mareas de la política.

En el otoño de 1987, a más de la mitad de su segundo período, el presidente Ronald Reagan aprobó la construcción del Supercolisionador Superconductor (SSC), descrito por el jefe del Comité del Congreso para la Ciencia, el Espacio y la Tecnología como «el proyecto de obras públicas más

grande en la historia de Estados Unidos». Con 87 km de circunferencia, para el SSC era necesario un lugar que fuera lo suficientemente amplio, con grandes extensiones de zonas relativamente poco pobladas y cuya geología profunda pudiera tolerar excavaciones. Texas —específicamente el pueblo de Waxahachie, situado sobre la formación geológica conocida como el Austin Chalk— ganó la licitación entre ocho estados. Con veinte veces la energía de cualquier colisionador previo o planeado en el mundo, el SSC sería una maravilla de la ingeniería que garantizaría el liderazgo estadounidense en la física de partículas por muchas décadas más. Y con un precio inicial de 4.4 mil millones de dólares, sería el acelerador más caro jamás construido.^[46]

Dos años después, cayó el Muro de Berlín; dos años después de eso, se disolvió la Unión Soviética. Se evaporó el entusiasmo por financiar la Guerra Fría. Cuando llegó febrero de 1993, la Oficina General de Contaduría de Estados Unidos había preparado un documento para el Congreso titulado sencillamente: «El súper colisionador excede el presupuesto y tiene retrasos».^[47] En junio de 1993, convocaron a los directores de proyecto frente el Subcomité de la Cámara para Supervisión e Investigaciones no para que defendieran el valor del colisionador en términos de sus contribuciones a las fronteras de la física, sino (cosa mucho más importante para los miembros del subcomité) para defenderlo contra las acusaciones detalladas de malos manejos.^[48] En tiempos de paz, el rebasamiento de costos y la mala administración se percibían como golpes fatales al proyecto, en vez de considerarse como obstáculos normales al crear algo que nunca antes se había hecho.

La decisión tomada por el Congreso en octubre de 1993 de cancelar el financiamiento para el SSC, dos años después de que comenzara la construcción, no decía explícitamente: «Ganamos la Guerra Fría, así que ya no necesitamos a los físicos y sus juguetes caros». En vez de eso, citaron como justificaciones al rebasamiento de costos y los cambios en las prioridades nacionales. Además, con un precio comparable, Texas estaba recibiendo la nueva estación espacial, con sede en el Centro Espacial Johnson de la NASA en Houston. Era difícil vender dos proyectos significativos y aprobados por el Congreso en un solo estado y en tiempos de paz.^[49]

Los cosmólogos, puestos al margen durante todo este proceso de supervisión, fueron las víctimas ocultas de la paz. Se vio frustrada la comprensión que tiene nuestra especie de la explosión más grande que ha existido jamás, del evento que creó al universo mismo, porque terminó un

enfrentamiento de medio siglo de duración que tenía a la humanidad a merced de las armas más explosivas del mundo.

Solo porque Estados Unidos suspende un proyecto científico no quiere decir que la investigación, la planeación y la esperanza se detienen por completo en otras partes del mundo. Otras naciones desarrolladas y en vías de desarrollo han comenzado a retomar lo que dejó Estados Unidos. China lidera el camino, y entre los años 2000 y 2015 contribuyó más de 31 % al crecimiento en los gastos en investigación y desarrollo en todo el mundo, mientras que Estados Unidos contribuyó 19 %.^[50]

Pulida por las ambiciones, la creatividad y las innovaciones inspiradas por la guerra durante el siglo xx, la brillante imagen tecnológica y científica que tiene Estados Unidos de sí mismo nos ciega a la realidad Dorian Gray de nuestros tiempos. Las jerarquías ya se han reorganizado antes, ha sucedido en el arte, en el comercio, en la exploración, en los deportes; ¿por qué no habría de suceder en el espacio? Algunos comentaristas presumen que ya sucedió, y que de ahora en adelante Estados Unidos no tendrá miras más altas que la creación y venta agresiva de productos de consumo menores que replacen a productos de consumo similares y perfectamente satisfactorios. «Estados Unidos podrá estar perdiendo la ventaja competitiva en muchos emprendimientos, desde los automóviles hasta el espacio», bromeó Scott Simon, conductor de la National Public Radio, en el verano de 2010, «pero mientras podamos desarrollar un rastrillo de cinco hojas saturado de aceites minerales, enfrentaremos el futuro bien afeitados».^[51] El país que quieren la mayoría de los estadounidenses no es el Estados Unidos que algún día pudiera ser una nación secundaria y suplicante que tiene que rogar para que le den un lugar en la mesa de decisiones de Europa o de China. Para el patriota, la idea es repugnante.^[52] Para el autor de políticas, es aterradora. Para el estudiante, es desmoralizante. El informe de febrero de 2001 de la Comisión Hart-Rudman para la seguridad nacional, por ejemplo, no escatima palabras sobre el tema:

Más allá de la detonación de un arma de destrucción masiva en una ciudad estadounidense, no se nos ocurre nada más peligroso que la falta de una gestión correcta de la ciencia, la tecnología y la educación para el bien común durante el próximo cuarto de siglo... La reputación internacional de Estados Unidos, y por lo tanto un aspecto significativo de su influencia global, depende de su reputación de excelencia en estas áreas. El desempeño de Estados Unidos no está siguiendo el ritmo de su propia reputación. Otros países se están esforzando mucho, y con disciplina nos superarán.

Esta no es meramente una cuestión de orgullo nacional o de imagen internacional. Es un asunto de importancia fundamental para la seguridad nacional... Dormirnos en los laureles de nuestros logros actuales de riqueza nacional y poder internacional pondrá en riesgo todo esto.^[53]

Media década después, también sonó la alarma en el Índice de competitividad. En dónde está parado Estados Unidos, una revisión de 21 años publicada por el Consejo de Competitividad. Al mismo tiempo que subrayaba la posición de Estados Unidos como la economía más grande del mundo y, entre otros logros, lo responsabilizaba de una tercera parte del crecimiento económico global de 1986 a 2005, el reporte reunía pilas de estadísticas que mostraban que el futuro podría no ser tan brillante como el pasado. «Estados Unidos sigue liderando al mundo en ciencia y tecnología, pero esa ventaja se está reduciendo», dice uno de los títulos. Debajo de este, una gráfica de barras marcaba el declive durante dos décadas en la porción estadounidense de la actividad global total en muchas categorías, que van desde grados otorgados en ciencias e ingeniería —una caída de 10 puntos en licenciaturas, una caída de treinta puntos en doctorados— hasta la caída de 12 puntos en investigadores científicos.^[54]

En cuanto al prospecto del perdurable dominio estadounidense del espacio, Joan Johnson-Freese, profesora de estudios de seguridad nacional en el US Naval War College, prevé solo incertidumbre: «No hay solución mágica, no hay un descubrimiento repentino de propulsiones por curvatura o pistolas láser o cañones de iones que nos lleven a un futuro tan seguro».^[55]

No cabe duda de que el programa espacial estadounidense ha tenido algunos éxitos recientes importantísimos. Pero lo mismo se puede decir de los programas de China, India, Canadá y Corea del Sur. La Agencia Espacial Europea, el Roskosmos de Rusia y el JAXA de Japón son centrales para el emprendimiento espacial colectivo. Llevan varias décadas operando programas espaciales en Azerbaiyán, Bulgaria, Egipto, Israel, Indonesia, Corea del Norte, Pakistán, Perú, Turquía, Uruguay y la mayoría de los países de Europa occidental. Bahrein, Bolivia, Costa Rica, México, Nueva Zelanda, Polonia, Sudáfrica, Turkmenistán y los Emiratos Árabes Unidos se unieron a la lista durante la segunda década del siglo actual. Australia y Sri Lanka pronto lo harán también. En total ya hay más de setenta agencias espaciales dirigidas por gobiernos. Unas cuatro docenas de países operan satélites. Más de una docena tienen instalaciones para lanzamientos.

El programa espacial chino es intensivo y exitoso, y se puede comparar fácilmente con los de Estados Unidos y la Unión Soviética en sus mejores años. El 11 de enero de 2007, cuando China mandó un vehículo que destruye con energía cinética a más de 800 km en el espacio para que eliminara con un golpe directo a uno de sus propios satélites climatológicos ya viejos, en efecto

anunciaba su estatus como un poder espacial con capacidades potencialmente letales. Ahora podría negarle a otro país la libertad de operar en el espacio.

El golpe dejó decenas de miles de fragmentos de larga vida en la alta órbita terrestre, agregándolos a los peligros de por sí considerables colocados ahí por los escombros generados previamente por otros países, notablemente el nuestro. Otras naciones navegadoras del espacio criticaron rotundamente a China por hacer tal desastre; doce días después, su Ministerio de Relaciones Exteriores declaró que la acción «no estaba dirigida contra país alguno ni constituye una amenaza contra país alguno». Mmm. Es un poco como decir que el lanzamiento soviético del primer satélite del mundo, Sputnik, en octubre de 1957, no era una amenaza, aunque el cohete propulsor del Sputnik era un misil balístico intercontinental; aunque los Guerreros Fríos estaban sedientos de un vehículo de reconocimiento basado en el espacio desde finales de la Segunda Guerra Mundial; aunque la investigación espacial soviética de la posguerra se estaba concentrando en lanzar una bomba nuclear hasta el otro lado del Pacífico; y aunque el transmisor de radio del Sputnik, que pulsaba pacíficamente, estaba acomodado en donde de otro modo habría estado una cabeza nuclear.

Por supuesto, entre las múltiples implicaciones del exitoso destrozamiento de China, una parecía imperdible: con la misma facilidad podría haber sido el blanco un satélite de espionaje norteamericano o un poco de *hardware* de defensa contra misiles norteamericano que orbitara a la misma altitud. El general T. Michael Moseley, jefe de Gabinete de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, llamó el logro chino un «evento estratégicamente dislocante». Si se le puede dar a un objeto de dos metros de largo ubicado a 800 km de distancia, dijo, se podría «sin duda darle a algo a más de 32 000 km de distancia. Solo es un problema de física».^[56]

Desde entonces, el espacio solo se ha abarrotado, militarizado y globalizado más. Parece que es inevitable más dislocación, y esencial más cooperación.

Hace casi tres mil años, arquitectos, canteros, escultores y esclavos construyeron un asombroso complejo palaciego para el gobernante asirio Assurnasirpal II en la ciudad ancestral de Kahlu, a unos 300 km al norte de lo que hoy es Bagdad. Los paneles de los murales del Palacio del Noroeste ahora cuelgan en el Museo Británico de Londres y el Museo Metropolitano de Arte en la ciudad de Nueva York. Sobre los paneles, tallados en bajorrelieve, se

perciben arqueros musculosos, carrozas que embisten, leones golpeados, suplicantes que llevan tributo y otras iteraciones de la victoria. Un texto cuneiforme recorre el centro de cada panel en el Museo Británico, la llamada Inscripción Estándar de Assurnasirpal, que proclama la invencibilidad del gobernante:

... el gran Rey, el poderoso Rey, Rey de Asiria; el hombre valiente, quien actúa con el apoyo de Ashur, su señor, y sin parangón entre los príncipes de los cuatro rincones del mundo; ...el Rey que hace que los que no están sometidos a él sean sumisos; quien ha subyugado a toda la humanidad; el grandioso guerrero que aplasta el cuello de sus enemigos, pisotea a todos sus rivales, y quiebra las fuerzas de los orgullosos; el Rey que actúa con el apoyo de los grandes dioses, y cuya mano ha conquistado todas las tierras, quien ha subyugado a las montañas y recibido su tributo, tomando rehenes y establecido su poder sobre todas las naciones...^[57]

Sin embargo, la invencibilidad tiene sus límites. Los parientes de Assurnasirpal II gobernaron el norte de Mesopotamia por dos siglos. El imperio asirio y los grandes palacios de Kalkhu, después llamado Nimrud, duraron por un siglo más. Hoy, la gloria de Nimrud existe solo dentro de los confines de los museos occidentales. En 2007, con el arranque del «aumento de tropas» estadounidenses, la ciudad iraquí de Mosul, el vecino más cercano a Nimrud, se volvió un lugar en donde en un solo día podía haber hombres armados que disparaban contra una procesión de bodas y podían depositarse en la morgue nueve cadáveres sin identificar. En 2014, con el avance del Estado Islámico de Irak y Siria Mayor, Mosul se volvió una ruina de la que tuvieron que escapar los habitantes y en donde el ejército iraquí, entrenado por Estados Unidos, se esparció como polvo en el viento. En julio de 2017, cuando el primer ministro iraquí llegó a la ciudad deshecha para declarar la victoria sobre ISIS, los titulares del *New York Times* anunciaban: «Civiles emergen de los escombros de Mosul hambrientos, heridos y traumatizados» y «La reparación básica de la infraestructura de Mosul costará más de 1 000 millones de dólares: Naciones Unidas». Y en su mayoría los tesoros arqueológicos que ISIS no había saqueado estaban hechos añicos.

Los elogios de Assurnasirpal eran elogios del imperio. La inscripción lo pinta como un «comandante no comandado», si me permiten usar una frase de John Horace Parry, el distinguido historiador británico del imperio europeo. En 1971, Parry subrayó que en la segunda mitad del siglo xx, «algunos estados occidentales importantes, notablemente Estados Unidos de América, cuyas tradiciones políticas solían incluir una profunda suspicacia del imperialismo, se descubrieron atraídos, con mucho recelo, a amplios emprendimientos y responsabilidades de naturaleza casi imperial».^[58] Sin embargo, mientras el siglo se acercaba a su fin, muchos pensadores políticos

y comandantes renunciaron a sus recelos, y en efecto le quitaron el *casi al imperial*. Adquirieron la costumbre de proclamar la capacidad de Estados Unidos de subyugar a sus enemigos en la Tierra y transmitir sus intenciones de suprimirlos en el espacio: Parry bien podría haber aplicado la palabra *dominio*, acepción original de la palabra *imperium*.

Hoy, son principalmente los soñadores los que alaban el imperio, y los *gamers* quienes lo ansían. El fallecido ensayista político y novelista estadounidense Gore Vidal, ingenioso patricio de la izquierda, hizo del imperio estadounidense un blanco primordial, evidenciado por títulos como *The Last Empire* (2001)^[*] e *Imperial América: Reflections on the United States of Amnesia* (2004). El fallecido politólogo Chalmers Johnson, especialista en el Lejano Oriente y quien nos dio el útil término *blowback* (contragolpe),^[*] es otro autor cuyas obras mostraron desilusión con el curso de la política extranjera estadounidense: *The Sorrows of the Empire* (2004)^[**] y *Dismantling the Empire* (2010). J. M. Coetzee, escritor sudafricano que ganó el Premio Nobel de literatura en 2003, presentó una perspectiva particularmente trágica del imperio en su novela de 1980 *Esperando a los bárbaros*. Cerca del final de la novela, el personaje principal, un funcionario menor desacreditado que alguna vez supervisó un puesto de avanzada amurallado y sin nombre, acusa al imperio de estar preocupado con un solo pensamiento: «cómo no llegar al fin, cómo no morir, cómo prolongar su era».
[59]

En una descripción menos literaria de los mecanismos del imperio, Ron Suskind, periodista ganador del Pulitzer, relató su reunión con un asesor de rango superior en 2002 para George W. Bush, quien primero reprendió al autor por un artículo reciente y luego desestimó su trabajo de una manera que, como Suskind apenas habría de darse cuenta después, capturaba «el corazón mismo de la presidencia Bush»:

El ayudante dijo que los tipos como yo estábamos «en lo que nosotros llamamos la comunidad basada en la realidad», a la que definió como gente que «cree que las soluciones surgen de su estudio juicioso de la realidad discernible». Asentí y murmuré algo sobre los principios de la Ilustración y el empirismo. Me interrumpió. «En realidad ya no funciona así el mundo», prosiguió. «Ya somos un imperio, y cuando actuamos, creamos nuestra propia realidad. Y mientras ustedes estudian esa realidad —juiciosamente, si quieres— nosotros actuaremos de nuevo, creando otras nuevas realidades, que ustedes podrán estudiar también, y así se organizarán las cosas. Somos los actores de la historia... y a ustedes, a todos ustedes, solo les quedará estudiar lo que nosotros hacemos».^[60]

A pesar de tanta bravata, los estadounidenses bien podrían correr la misma suerte que los asirios, y ni hablar de los romanos o de los mayas o de los

otomanos. Para finales de la primera década del siglo XXI, se habían vuelto comunes las referencias al imperio estadounidense en vías de desaparición en plataformas que abarcan gran parte del espectro político. La columnista de opinión del *New York Times* Maureen Down observó con tono mordaz el 11 de octubre de 2008, después de la peor semana de la vida del Dow hasta entonces: «Con el desmoronamiento de la modernidad, nuestros pensamientos se vuelcan a la antigüedad. La decadencia y caída del imperio estadounidense hace eco de la experiencia de los romanos, quienes también cayeron en la trampa de volverse las mujercitas endeudadas del imperio».^[61] Mucho antes de que la palabra *imperio* empezara a aparecer en el *Times*, los periodistas, académicos, jefes de oficina de Bagdad, los antiguos altos mandos de la CIA, expertos en contraterrorismo, historiadores y comentaristas políticos de toda calaña comenzaban a esparcirla por sus escritos y títulos, ocasionalmente vinculándola con la palabra *soberbia*. Estos términos se volvieron tan generalizados que, a mediados de 2008, un blog de acciones de Yahoo! mostraba a los inversionistas preguntándose si «el vahído del dólar indica un desplazamiento mucho más prolongado del imperio global estadounidense», y proponía «ajustes de portafolio para la Caída del Imperio Norteamericano».^[62]

¿Qué se necesita para construir un imperio? ¿Qué recursos se deben consumir para sostenerlo? ¿Por qué algunas personas están sedientas de poder mientras que otras lo rehúyen? ¿Qué naciones, si es que las hay, deben ser inculcadas o invadidas por otras naciones para lograr la seguridad, ya sea real o imaginaria? ¿Qué gente, si es que la hay, debe ser aplacada o silenciada para evitar levantamientos? ¿Qué debe romperse y quién debe morir para lograr estas metas?

Hace siglos, Christiaan Huygens afirmó que la guerra y el comercio habían «expelido... la mayoría de estos Descubrimientos de los que somos Amos; y casi todos los secretos de Conocimiento experimental». Salvo raras excepciones, la historia muestra que, aunque la estrategia y la bravura puedan ganar una batalla, deben explotarse las fronteras de la ciencia y de la tecnología para poder ganar una guerra. Aunque el mismo cielo nocturno es la frontera por excelencia, el astrofísico no declara la guerra ni hace enemigos internacionales: las naciones logran eso sin ayuda de los científicos. Pero en cada imperio que el mundo ha conocido han estado presentes los observadores del cielo, ofreciendo arcanos conocimientos cósmicos vueltos posibles, y también reforzados, gracias al poder ejercido por los líderes...

líderes que buscaron el suelo más alto y que juzgaron, una vez más, que era hora de matar.

2

EL PODER DE LAS ESTRELLAS

En el transcurso de gran parte de la historia, el conocimiento de los cielos fue marcando los ritmos de la vida y el dominio del territorio. La astronomía avanzaba de la mano con la agricultura, el comercio, la migración, el imperio y la guerra: creaba y marcaba el tiempo; registraba el lugar en la Tierra. Era un misterio sagrado y a la vez una inversión segura. Los astrónomos ejercían el poder y servían a los poderosos.

Milenios antes de que alguien dibujara mapas utilizables de los continentes, la gente ya se memorizaba mapas imaginados de los cielos. Mucho antes de que hubiera astrolabios o sextantes o relojes portátiles de precisión para establecer distancias, latitudes y longitudes, la gente medía su posición no con herramientas sino con los ojos y el cielo. Era necesario tener guías para poder alcanzar lugares a los que nadie había podido llegar, para saber cuánto tomaba llegar allí, y volver si es que a uno le gustaba lo que encontraba. El cielo era bueno, especialmente si el camino se extendía por un océano inexplorado, dunas inestables, praderas extensas o áridas tundras. El cielo mismo era brújula y reloj a la vez, buscador de direcciones y cronometrista. Para muchos, también era causa máxima, bola de cristal y hogar de las deidades: astronomía, astrología, historia, folclore, religión, psicología y poesía, todo en uno. Conocer los ritmos del cielo era un medio para conocer el carácter y el destino de todas las cosas.

Imposible saber cuándo y dónde fue que por primera vez un cronista de la comunidad, o tal vez algún insomne, decidió rastrear los ciclos de cambio en el disco iluminado de la Luna, o los alargamientos y acortamientos alternos del arco que trazaba el Sol por el cielo, o el periódico ir y venir de Venus. Ese seguimiento habría precedido a las primeras herramientas de piedra. Tal vez algún antecesor del *Homo sapiens* fuera el primero en hacerlo. Fuera quien fuera y pasara cuando pasara, eso marcó el nacimiento de la astronomía, fuente de asombro y poder para nuestra naciente especie.

Consideremos las unidades de tiempo. Si el Sol nunca se pusiera y la Luna nunca se desvaneciera, nuestras medidas del tiempo podrían basarse solo en la biología: el corazón palpitante, los ritmos circadianos, la menstruación, porque «la periodicidad es parte de lo que somos».^[1] Pero el Sol sí se pone, y la Luna pasa por cuartos crecientes y menguantes de modo predecible. Las transiciones se repiten sin cesar en los cielos que nos cubren. Los ciclos celestes se ofrecen como una medida natural de tiempo en unidades que nos interesan.

Las culturas tempranas de la Tierra, los centros de población y los gobiernos centrales requerían métodos oficiales para organizar el tiempo, especialmente cuando necesitaban planificar por adelantado. Los sacrificios, los festivales, la siembra, la cosecha, la recaudación de impuestos, los turnos de trabajo diarios y las oraciones diarias ocurrían en intervalos predecibles. En el Alto Egipto, para los agricultores era necesario saber cuándo aparecería Sirius, la deslumbrante Estrella Perro —el astro más brillante del cielo nocturno— en la alborada, justo antes de que saliera el sol, porque ahí era cuando también el Nilo crecería. Los cazadores, recolectores, pastores y nómadas también requerían una planificación anticipada: sus vidas dependían de saber cuándo se secarían los pozos de agua de la región, cuando daría a luz el ganado, o las gacelas o bisontes, y cuándo podrían ser robados los huevos del faisán australiano, cuándo visitar los fresales silvestres y cuándo sacar los camotes de la tierra. Era útil saber cuántos días se necesitaban para llegar al oasis más cercano; era útil monitorear la fertilidad. Todos necesitaban maneras de rastrear el paso de los días.

Hace más de 20 000, la gente tallaba huecos en los huesos de los animales y pintaba hileras de puntos en las paredes de las cuevas para marcar los días del ciclo lunar.^[2] Pero no hay un número redondo de ciclos lunares que coincida con la duración del año solar (discrepancia que dio lugar a la constante preocupación con los calendarios). Varias culturas tempranas seguían un año de 12 meses; algunas agregaban un decimotercer mes de vez en cuando, o un bloque de cinco días para mantenerlo todo en orden. A pesar de las discrepancias, en algún momento a mediados del quinto milenio antes de Cristo, los egipcios contaron el número entero y correcto de días completos en un año. También idearon un calendario solar de 365 días que comenzaba con el ascenso de Sirius el 19 de julio de 4236 a. C., posiblemente la primera fecha confiable de la historia.^[3]

A diferencia del día solar, del mes lunar, el año terrestre o de los otros ciclos celestes que pudieron observar nuestros ancestros, las subunidades del tiempo como la hora, el minuto y el segundo son cuestiones de gusto cultural y matemático. En términos sociológicos, sugieren el surgimiento de la supervisión, el trabajo, la estandarización y la penalización: esclavos y prisioneros en cuadrillas de construcción; sacerdotes que recitan oraciones a intervalos fijos; centinelas apostados para llevar a cabo una guardia fija; y, más recientemente, trenes que viajan a tiempo, trabajadores que marcan tarjeta y sistemas de naves espaciales sincronizados para su lanzamiento. En un nivel más personal, sugieren aspectos prácticos y molestias como esperar a que el pan termine de hornearse o que nuestra pareja vuelva a casa. Y así llega el reloj, basado en una sombra en movimiento (el obelisco o el reloj de sol), en agua que fluye (la clepsidra), un engranaje que avanza, un péndulo oscilante o en la transición de un electrón en un átomo de cesio.

Los sumerios dividían el día en doceavos, y cada doceavo en treintavos. Los egipcios dividían el día y la noche en doceavos y, *voilà*, el día de 24 horas. A los babilonios se les ocurrió la hora de 60 minutos y el minuto de 60 segundos. Pero no todas las unidades de tiempo son tan prácticas como el minuto o el mes. Platón, por ejemplo, escribió sobre el «año perfecto», el período necesario para que todos los planetas regresen a su configuración inicial. Un esquema ideado por los antiguos hindúes empleaba unidades incluso más vastas, como la *kalpa*, la duración de un solo día o una sola noche en la vida de Brahma, quien hace nacer al universo cada vez que sueña con él. Cuando despierta, el universo comienza de nuevo; 4.32 mil millones de años más tarde, cuando se vuelva a dormir, desaparecerá. Los mayas también formularon una visión general del tiempo basada en ciclos atenuados de creación; el ciclo más reciente, expresado por medio de su complicada «cuenta larga», comenzó el 12 de agosto de 3114 a. C.^[4] Estas concepciones imaginativas tampoco cesaron en el mundo moderno. Un cuasimentor místico de Adolf Hitler, por ejemplo, predijo que, debido a la entrada de Júpiter en Piscis, la «semana cósmica» de 730 años que comenzó en 1920 lograría el triunfo milenario de los cristianos rubios bajo el gobierno tan sabio y afable de los aristócratas, sacerdotes y *führers*.^[5]

Además de marcar el tiempo, estaba el desafío de mapear los cielos. Si el cielo era la fuente de la fortuna y el desastre, la prudencia exigía que las estrellas y las constelaciones que estas trazaban fueran demarcadas y vigiladas. Algunos de los primeros astrónomos chinos dividieron el cielo en Cinco Palacios; otros lo dividieron en Nueve Campos o en Doce Ramas

Terrestres o en Veintiocho Mansiones Lunares. Los primeros astrónomos mesopotámicos dividían el horizonte oriental en los senderos de tres dioses, con 60 estrellas y constelaciones fijas que se alzaban dentro de los senderos; los astrónomos mesopotámicos posteriores (babilonios) dividían el cielo en 12 segmentos, cada uno asociado con una constelación, en donde cada segmento encerraba 30 grados del paso del Sol por el cielo en el transcurso de un año, lo que dio lugar a las clásicas 12 constelaciones del zodiaco occidental.

Las referencias al cosmos aparecen inevitablemente en el arte y la arquitectura de la Antigüedad. Las tabletas cuneiformes inscritas hace 5 000 años en Mesopotamia mencionan al Toro (Tauro), el León (Leo) y el Escorpión (Escorpio). Una tableta inscrita hace casi 4 000 años en la ciudad mesopotámica de Nínive enumera las apariciones de Venus durante el reinado del rey Ammi-Saduqa. El techo arqueado de una tumba de la dinastía Han del siglo I a. C., descubierta en el campus de la Universidad Jiaotong de Xi'an, China, presenta un diagrama pintado de los cielos que muestra al Sol y la Luna rodeados por una banda circular llena de figuras simbólicas que representan las 28 «mansiones lunares» que marcan el camino de la Luna.^[6]

Desperdigadas por todo nuestro planeta hay enormes ruinas de templos de piedra y se elevan monumentos de piedra cuya estructura revela un conocimiento bien establecido de los patrones del cielo. En el mundo antiguo—debido en parte al gasto, la mano de obra y el tiempo necesarios para construir— la arquitectura era la encarnación misma del poder estatal y religioso. Entre los monumentos indiscutiblemente más antiguos que tienen un dejo celeste se encuentran las «tumbas de corredor» del condado de Meath, Irlanda, hechas de piedra y que remontan al cuarto milenio antes de Cristo: bajos túmulos funerarios en los que, durante el solsticio de invierno, la luz del sol se cuelga por un vano sobre la entrada e ilumina un largo pasillo que conduce a una gran cámara.^[7]

Hay puertas y líneas de visión de enormes mamposterías de piedra—en algunos casos sus componentes de muchas toneladas se extrajeron, transportaron, moldearon y posicionaron sin la ayuda de herramientas metálicas— que se alinean (quizá no de manera precisa pero aún así convincente) con el Sol al salir o ponerse durante el equinoccio de primavera o en el solsticio de invierno; con la luna llena al ponerse durante el solsticio de verano; con los puntos cardinales; cuando algún planeta aparece; o con la Estrella Polar que nunca se pone. Entre la vasta cantidad de ejemplos se encuentran las pirámides de Giza, los círculos de piedra en todas las Islas

Británicas, los complejos de templos techados en Malta, los octágonos de la región vasca, el Caracol en Chichén Itzá, el Templo Mayor en Ciudad de México y las Trece Torres de Chankillo en Perú, que consisten en una hilera de torres que se extienden por una cresta, más dos estructuras de observación, una al oeste y otra al este. Otras construcciones más modestas encarnan los mismos principios: Nabta Playa, en el sur de Egipto, dos «puertas» de piedra verticales en un pequeño círculo de losas de arenisca, similares a un pequeño Stonehenge, se alinean con lo que habría sido la posición del Sol naciente en solsticio de verano.^[8]

Dando tumbos y tropezones, la astronomía se convirtió en una ciencia. Durante el primer milenio antes de Cristo, los astrónomos de Mesopotamia y China, que estaban al servicio de los gobernantes hereditarios, reyes guerreros y sacerdotes eminentes, compilaron registros sistemáticos de lo que sucedía frente a sus ojos y desarrollaron sistemas e incluso instrumentos para predecir lo que sucedería. Hasta la fecha, se han encontrado alrededor de 1 500 tablillas de arcilla babilónicas tardías, en forma de diarios que relatan observaciones rutinarias. Las tablillas abarcan ocho siglos y enumeran cosas como eclipses lunares, condiciones climáticas, intervalos entre la salida de la Luna y la salida del Sol y entre la puesta de Sol y la puesta de la Luna en diferentes momentos de cada mes, y las posiciones cambiantes de los planetas en relación con 31 estrellas de referencia. Alrededor del 500 a. C., los astrónomos babilónicos ya habían ideado formas matemáticas de predecir las fechas de las lunas nuevas y llenas. El registro más antiguo conocido en el mundo de una serie de eclipses solares, de entre aproximadamente 720 y 480 a. C., proviene de China. Al llegar el 200 a. C., los astrónomos de la corte china ya habían comenzado a narrar la mayoría de los fenómenos celestes visibles a simple vista, tanto los cíclicos como los episódicos, ya fuera que comprendieran lo que vieron o no: auroras, cometas, meteoritos, manchas solares, novas y supernovas, así como los caminos de los planetas mes a mes. La presunta relación entre el universo que se desarrolla arriba y los asuntos del estado más abajo hizo de este registro una actividad protegida. Como diríamos hoy, era información clasificada.^[9]

Cuando hacía mi posdoctorado en la Universidad de Princeton a principios de los noventa, un estudiante de posgrado que se especializaba en cultura china antigua pasó por mi oficina para consultarme sobre una fecha histórica determinada. En algún momento alrededor de 1950 a. C. (no podía

señalar el año exacto), ocurrieron los eventos más importantes de China, y sospechaba que los había precedido algún tipo de evento celestial. Tenía razón.

Saqué rápidamente mi software planetario para hacer búsquedas celestes y descubrí que el 26 de febrero de 1953 a. C., correspondía con la conjunción más estrecha de planetas jamás presenciada por la civilización: Mercurio, Venus, Marte y Saturno se reunieron en el cielo en la mitad del área de la uña del meñique, si se mantiene a la distancia del brazo (medio grado), con Júpiter a dos dedos de distancia (cuatro grados y medio), creando una conjunción de los cinco planetas entonces conocidos. Cuatro días más tarde, la delgadísima luna menguante se uniría al jolgorio. Los seis objetos ya estaban bien contenidos dentro del área que va desde arriba hasta abajo del puño sostenido a la distancia del brazo (10 grados). Otros obsesionados con el espacio que tuvieran el mismo acceso a herramientas informáticas descubrirían esta alineación de modo independiente.

Aunque abundan las incertidumbres cuando se busca ponerle fecha a eventos de la historia temprana, resulta que es posible que 1953 a. C., coincida con la fundación de la dinastía Xia por su primer gobernante, Yu, de quien se tiene el siguiente registro en el *Xiaojing Gouming Jue*: «En el momento de Yu, los planetas estaban en fila como perlas ensartadas». Aún más importante, el *Hong Fan Zhuan* («recuento del gran plan») del siglo I a. C., ya perdido, declaraba que había comenzado un nuevo calendario una mañana de primavera en aproximadamente el 2000 a. C., durante una conjunción de cinco planetas con la luna nueva. Todo esto hace que la conjunción de febrero de 1953 a. C., sea un candidato convincente para la fecha de inicio de lo que se convertiría en el calendario chino moderno.^[10]

Mientras los chinos se ocupaban de observar y registrar el comportamiento de los objetos, los griegos ampliaban el alcance de la astronomía, haciéndola más conceptual, más práctica y más accesible. Facultados por la geometría, comenzaron a medir y mapear el universo como no lo había hecho antes ninguna civilización. La triangulación, una noción establecida en los *Elementos* de Euclides (ca. 300 a. C.), como una afirmación matemática pura, resultó útil para estimar la distancia entre la Tierra y el Sol. Varios siglos después de que los *Elementos* saliera al mercado, un experto fabricante de herramientas —quizás en la isla de Rodas, probablemente en colaboración con un astrónomo— construyó un sofisticado calendario/computadora astronómica/almanaque/planetario, conocido hoy

como el mecanismo de Antikythera, posiblemente el objeto científico más debatido proveniente del mundo antiguo.

Alexander Jones, clasicista e historiador de las ciencias matemáticas, propone que al mecanismo Antikythera se le llame *cosmochronicon*. El mecanismo se encontró junto con otros cargamentos de lujo en un gran naufragio en el Mediterráneo, a una profundidad de 55 metros; era del tamaño de una caja de zapatos y estaba equipado con docenas de engranajes de bronce, una manivela, varios diales y múltiples inscripciones, y podía calcular las fases de la luna, las longitudes cambiantes del Sol, la Luna y los planetas, el ritmo de los eclipses, los solsticios y los equinoccios, y varios ciclos prolongados de tiempo. Los investigadores obtienen su fecha (probablemente del siglo I a. C., y, sin duda no más tardía que del siglo I d. C.), a partir de factores como el vocabulario y las letras del período helenístico que aparecen en las inscripciones, el estado del conocimiento astronómico que se incorpora en el objeto y los montones de monedas encontradas cerca, en el naufragio. Aunque es de una sofisticación casi estremecedora, el mecanismo tiene varios antecedentes conocidos. También tiene un contexto cultural: la astronomía se trataba como un tema que era apto para popularizar (pensemos en *Cosmos* y *StarTalk* más que en los secretos cósmicos bien guardados de la antigua China imperial), y tanto los espacios públicos como los privados del mundo mediterráneo estaban generosamente salpicados de objetos relacionados con la astronomía, como por ejemplo relojes de sol grandes y pequeños, esferas armilares, globos celestes y tabletas de piedra llamadas *parapegma*, que tenían clavijas móviles que se metían en los agujeros al lado de cada día numerado, y que servían de almanaques públicos.

El mecanismo Antikythera, cuyo complejo funcionamiento interno se reveló recientemente a través de la tomografía computarizada (TC) de rayos X, y cuyos detalles superficiales se han vuelto más legibles gracias a imágenes de reflectancia, ejemplifica de manera sorprendente el concepto griego del «tiempo que fluye uniformemente y que se puede medir con instrumentos».^[11]

La física también pasaba a primer plano. Desde el siglo II a. C., se relata la historia de Arquímedes, militar, matemático e inventor griego, quien, se dice, hacia el año 213 ideó un «espejo ustorio» para redirigir y centrar los rayos del sol en una flota de naves romanas ancladas en el puerto de Siracusa, con lo que, en palabras de Luciano, «incendió los trirremes del enemigo mediante el arte». Pero incluso antes de que Arquímedes lo hiciera (o no lo hiciera), matemáticos e ingenieros ya habían empezado a considerar cómo sería un

espejo ustorio viable. Los primeros análisis detallados llegaron a la conclusión de que tendrían que ser cóncavos, quizás parabólicos, y formados por una serie de al menos dos docenas de espejos móviles articulados, en lugar de uno solo. Presuntamente, los espejos serían grandes y estarían fundidos en bronce pulido. Hoy en día, hay ingenieros mecánicos, adolescentes de los que van a ferias científicas y equipos de televisión que realizan la ocasional simulación del emprendimiento de Arquímedes; algunos resultan en fracasos totales, y otros tienen éxito limitado.^[12]

Aunque la astronomía era cada vez más práctica, los eventos celestiales todavía podían proporcionar un poderoso efecto mágico. A veces incluso desviaban el curso de la historia: podía destronarse a gobernantes debido a un cometa o una supernova; se iniciaban, ganaban, perdían o abandonaban batallas debido a un eclipse. El día en que Odiseo se reunió con su esposa, quien lo esperaba, presuntamente viuda, y asesinó a las hordas de pretendientes que habían estado pasando el rato en su casa, bien pudo haber coincidido con un eclipse un mediodía de 1178 a. C.^[13] Y Heródoto, aquel escritor de viajes, historiador de guerras y reportero investigador del siglo V a. C., relata el efecto de un eclipse durante el sexto año de batalla entre los lidios y los medos. Los participantes, escribe, se sorprendieron tanto de ver que «el día se convertía repentinamente en noche» que ambas partes dejaron de pelear y comenzaron a negociar.^[14] Los cálculos modernos para los eclipses, basados en la mecánica celeste, arrojan la fecha precisa de ese armisticio: 28 de mayo de 585 a. C., alrededor de las 19:30 h. Aunque a menudo es incierto el tiempo de un evento antiguo, la ubicación suele estar bien documentada. Por esta razón, los eclipses solares totales han servido como un tipo de laboratorio, lo que permite una comparación entre el lugar donde se esperaría haber visto un eclipse determinado, basándose en el supuesto de que la velocidad de rotación de la Tierra ha sido constante en el transcurso de los milenios, y el lugar en donde en realidad se observó el eclipse en la Tierra. El hecho de que estas dos ubicaciones terminen por ser distintas sobre la superficie de nuestro planeta ofrece evidencia incontrovertible de que la velocidad de rotación de la Tierra se ha estado desacelerando, principalmente debido a la fricción de las mareas oceánicas contra nuestras plataformas continentales. En tiempos modernos, este fenómeno es bien conocido y medido, lo que ha llevado a la adición ocasional de un «segundo bisiesto» al calendario.

Si bien muchos escritores antiguos, quienes no eran ajenos a la guerra, discutieron la ventaja militar que ofrecía la astronomía, Sócrates la descarta.

En la *República* de Platón, escrita hace 24 siglos (antes de Arquímedes y sus espejos), Sócrates y Glaucon debaten qué ramas del conocimiento serían útiles para los gobernantes de Atenas. En el Libro 7, Sócrates sostiene que las ramas más valiosas «tienen un doble uso, militar y filosófico» y que es esencial un dominio firme de la aritmética y la geometría, tanto para la guerra como para el alma. Glaucon responde que la astronomía (con la que se refiere a la observación de las estaciones, los meses y los años) es igual de útil para el general que para el campesino o el navegante, pero Sócrates no coincide. Para él, la astronomía está demasiado ligada a la observación; depende demasiado de los sentidos y es, por lo tanto, antitética a la noble filosofía.

Dos siglos más tarde, en la sección de sus *Historias* titulada «Digresión acerca de los primordiales elementos del arte militar»,^[15] el político e historiador griego Polibio clasifica a la astronomía a la par de la geometría. Al explicar la importancia de conocer los movimientos y las posiciones del Sol, la Luna y las constelaciones del zodiaco, escribe:

Todas las acciones humanas penden de la ocasión, pero mayormente las de la guerra. Por eso el general debe tener suma facilidad en conocer los solsticios del verano y del invierno, los equinoccios y las crecientes y menguantes de los días y de las noches que entre estos median. Este es el único modo de medir justamente el tránsito de una parte a otra, bien sea por mar, bien por tierra. Es también preciso conocer las diversas partes del día y de la noche, para saber a qué hora se debe levantar y a cuál ha de echar a andar. Porque sin buen principio no es posible conseguir el fin.^[16]

Polibio advierte que, de abandonarse estos asuntos, se armará un lío. Un momento inoportuno es fatal. Para demostrar que estaba en lo cierto, citaba varios ejemplos, incluida una decisión precipitada tomada el 27 de agosto del 413 a. C., durante el sitio de Siracusa, una de las campañas principales de la Guerra del Peloponeso (aunque no el sitio de Siracusa en el que se dice que Arquímedes utilizó sus espejos):

Nicias, general de los atenienses, pudo muy bien salvar el ejército que tenía delante de Siracusa, y tomar durante la noche el tiempo oportuno para engañar al enemigo y ponerse a salvo. Pero habiéndose eclipsado entonces la luna, la superstición le hizo recelar no fuese presagio de alguna desgracia, y suspendió la marcha. De que se siguió que levando el campo la noche siguiente, los soldados y los jefes tuvieron que rendirse a los siracusanos, que ya estaban advertidos. Bien que si sobre esto hubiera consultado solo a los peritos, hubiera podido, no digo no dejar pasar la ocasión oportuna por tales accidentes, pero aun servirse de la ignorancia de los contrarios en su provecho.^[17]

Es difícil evitar los eclipses lunares. Cuando ocurren, en promedio cada dos o tres años, duran horas, y los presencia la mitad completa de la Tierra con vista a la Luna. Esto se debe a que, a diferencia de un eclipse solar total (un evento que ocurre en la superficie de la Tierra), el eclipse lunar total se produce en el

espacio, en donde la luna llena entra en la sombra de la Tierra. De hecho, en la antigua Grecia y Roma, los intelectuales ya entendían que, como lo afirma Alan Bowen, historiador de las ciencias exactas del mundo clásico, «el antídoto contra el miedo inducido en el ignorante por el hecho de un eclipse es aprender que los eclipses ocurren en el curso normal de la naturaleza, y que no son presagios o señales de los dioses».^[18]

Durante su cuarto viaje al Nuevo Mundo, a Cristóbal Colón se le ocurrió que el eclipse lunar que estaba por suceder sería una buena manera de amenazar a los habitantes de *Hispaniola*, quienes, debido a que casi no producían alimentos de más, no habían podido suministrar suficientes provisiones a Colón para garantizar que su tripulación le guardara lealtad. Advirtió a los lugareños que Dios castigaba a los malhechores y haría desaparecer a la Luna si no le entregaban más comida. Incluso especificó cuándo sucedería. Dejando de un lado la ira divina, Colón —familiarizado con las tablas de eclipses compiladas recientemente— sabía que la astronomía respaldaría su amenaza. La noche fue el 29 de febrero de 1504. El historiador británico del siglo XVIII Edward Drake relata el incidente:

Consciente de que habría un eclipse de luna en tres días, [Colón] envió a un indio que hablaba español a reunir a la [comunidad] por un asunto de la mayor importancia para su bienestar: al ser recibidos el día antes del eclipse, el indio les dijo que los cristianos creían en Dios, quien hizo el cielo y la tierra [y que] estaba enojado con ellos por no proporcionarles provisiones a Sus sirvientes afligidos, y que por lo tanto los castigaría con la hambruna y otras calamidades y que, como prueba de que lo que les decía era verdad, esa misma noche, observarían cómo la Luna salía con un aspecto sangriento, como una advertencia del castigo que Dios infligiría sobre ellos.

Ya que el eclipse comenzó tan pronto como subió la Luna, y la oscuridad siguió aumentando, esto provocó en ellos un estado de consternación tal, que se apresuraron a [suplicarle] al Almirante para que le rezara a Dios para que ya no estuviera enojado con ellos, y que traerían todas las provisiones que pudiera necesitar.

Cuando regresaba a su cabaña, [Colón] se encerró hasta que el eclipse llegó a su cénit, momento en que salió y les dijo que había orado por ellos, prometiendo que serían buenos...; y que entonces Dios los había perdonado, y que ellos verían que la Luna recuperaba su apariencia habitual poco a poco.^[19]

Catorce siglos antes de Colón, Ptolomeo había proporcionado las matemáticas necesarias para calcular el tiempo, la magnitud y la duración de los eclipses. Sin embargo, para los iletrados, seguían pareciendo especiales y portentosos. De hecho, todo evento y característica de los cielos, ya sea especial u ordinaria, se ha considerado relevante o incluso directamente causal en los asuntos de los humanos en la Tierra, de tan solo poder adivinarse su significado.

Y entra en escena la astrología.

Para los mesopotámicos, la astrología y la astronomía eran más o menos lo mismo. Para los emperadores de la antigua China, al igual que para los antiguos griegos, la astrología y la astronomía estaban entrelazadas. Los cielos hablaban; el observador de los cielos escuchaba y traducía. Copérnico hacía astrología; Tycho Brahe hacía astrología; el gran Galileo hacía astrología. Johannes Kepler, aunque crítico de muchos aspectos de la astrología y consciente de su uso cínico, escribió centenares de horóscopos. En 1601, justo después de haber sido nombrado matemático imperial de Rodolfo II del Sacro Imperio Romano Germánico, Kepler publicó un tratado titulado *Sobre los fundamentos más ciertos de la astrología*; un cuarto de siglo después, se desempeñó como astrólogo del general Albrecht von Wallenstein.^[20]

En cierto momento, la distinción moderna que existe entre la astronomía y la astrología era confusa e irrelevante, al igual que la distinción entre la alquimia y la química o la magia y la medicina. Promover lo propicio, evitar las calamidades y predecir la muerte sugieren interpretaciones astrológicas. Sin embargo, con el practicante adecuado, la predicción (que es una derivación del análisis) puede ser rigurosa y científica. La piedra angular de ambas es la observación precisa de los cielos, combinada con un conocimiento de la física y una cartografía del cosmos.

Claudio Ptolomeo, renombrado matemático alejandrino del siglo II, abordó todo lo anterior. Además de escribir el formidable documento fundacional de la astronomía, el *Almagesto*, escribió la compilación influyente de los conocimientos geográficos y cartográficos de su época, la *Geographike Hyphegesis* y el *Tetrabiblos*, obras de astrología igualmente influyentes. Comienza el *Tetrabiblos* afirmando un vínculo entre el cielo y la Tierra y la naturaleza dual de los estudios del cielo:

De los medios de predicción por medio de la astronomía... dos son las más importantes y válidos. Uno, que es primero tanto en orden como en efectividad, es el hecho de que captamos los aspectos de los movimientos del Sol, la Luna y las estrellas en relación entre sí y con la Tierra, mientras van ocurriendo de vez en vez; la segunda es aquella en la que, por medio del propio carácter natural de estos mismos aspectos, investigamos los cambios que producen en lo que rodean.^[21]

Ptolomeo no dudaba de que el cosmos fuera un sistema unificado y armonioso (la palabra griega *kosmos* significa «orden» y también «mundo») o que lo celeste afectara a lo terrestre. Trazó una progresión natural desde las configuraciones celestiales, dentro y entre las constelaciones zodiacales, hasta

las distintas intensidades de su influencia en diferentes sectores de la Tierra, hasta el temperamento general de las personas nacidas en esos sectores, hasta el temperamento particular de las personas nacidas en momentos particulares en que eran prominentes las influencias particulares. El cielo era el sello que estampaba la cera.^[22]

Al calcular en qué parte del cielo estaba, está y estará todo, el astrólogo podría asignar la causa del efecto (preferiblemente antes, pero a veces después). Podían atribuirse a una fuente los excesos del cuerpo, los defectos y alegrías del carácter, las angustias del alma, y las irrupciones de la sociedad y la naturaleza: Júpiter y Venus templaban y humedecían, y por lo tanto eran fértiles, activos y benéficos; Saturno y Marte enfriaban y secaban, y por lo tanto eran destructivos. Leo el León, el Sol; Marte, Saturno y Júpiter encarnaban la masculinidad; Virgo, la Virgen, la Luna y Venus encarnaban la feminidad. Europa, el cuadrante noroeste del mundo conocido, estaba familiarizada con Leo, Aries el carnero y Sagitario el arquero centauro, y estaba gobernada por Júpiter y Marte; por lo tanto, escribió Ptolomeo, allí los hombres eran guerreros, comandantes, limpios, aficionados a la libertad e indiferentes a las mujeres. Los habitantes de Gran Bretaña y Alemania, agregó, eran especialmente feroces debido a su mayor familiaridad con Aries y Marte.^[23]

Nuestros horóscopos (*hora*, «hora»; *skopos*, «observador»), derivados de la ubicación del Sol entre las estrellas en el momento de nacer, delineaban nuestras tendencias individuales básicas. Además, los cielos cambiantes provocaban cambiantes efectos. Al conocer las propensiones propias y las de los planetas, uno podía prepararse con calma para lo que le esperaba y, de ser necesario, controlar sus peores tendencias para reducir el riesgo personal. Los eventos y las ciudades estaban sujetos a influencias similares: mientras que las configuraciones celestes predisponían a un individuo a la violencia o la aquiescencia, y a un estado a la paz o al conflicto interminable,^[24] también podían señalar un naufragio próximo, un terremoto o un robo, o sugerir el momento más ventajoso para un matrimonio, una coronación, una oración o una invasión.^[25]

Duró siglos la influencia de la astrología clásica. Se elaboraron horóscopos no solo para Jesús y el papa Urbano VIII, sino también para el destino de Florencia y Roma y para las partes beligerantes en la Primera Guerra Mundial. Predecían o explicaban retroactivamente el asesinato de monarcas, el éxito de los imperios, el nacimiento de las religiones, incluso el final de la historia.^[26] Aunque no todos pensaban que el legado de Ptolomeo

era algo bueno: los astrólogos, afirmaban los críticos, usurpaban el poder que por derecho pertenecía a los demás; los horóscopos eran demasiado persuasivos. Incluso el propio Ptolomeo tenía reservas.^[27] Apenas se había secado la tinta del *Tetrabiblos* cuando los astrólogos comenzaron a ser expulsados de Roma. La práctica de la astrología fue restringida o incluso prohibida por los emperadores Augusto, Diocleciano, Teodosio y Justiniano. San Agustín dijo que era insostenible proponer que las estrellas, cuyo poder derivaba de Dios, pudieran causar el mal. Martín Lutero señaló que numerosos astrólogos habían predicho un Gran Diluvio en 1524, cosa que no sucedió, mientras que ninguno predijo la enorme Guerra de los Campesinos de 1524-25, cosa que sí sucedió. Urbano VIII, cuya muerte había sido mal pronosticada en 1630 por un reconocido abad astrólogo, emitió una bula papal contra los astrólogos en 1631.^[28]

Pero hasta los opositores vocales de la astrología a veces se iban a lo seguro: Francesco Guicciardini, un político de la Florencia renacentista que ridiculizaba la tendencia generalizada de recordar los éxitos de los astrólogos mientras se olvidaban sus errores mucho más numerosos, mandó a elaborar su propio horóscopo a un asesino. Y la astrología tampoco desapareció con el surgimiento del racionalismo o el creciente interés en la astronomía observacional o la difusión del telescopio, a pesar de la repentina aparición de nuevas estrellas brillantes (supernovas) en 1572 y 1604, por no mencionar los descubrimientos de Galileo, en 1609 y 1610, de las montañas y los cráteres de la Luna, los cuatro satélites más grandes de Júpiter y los dos compañeros aparentes de Saturno... y todos estos hicieron temblar los cimientos de la astrología. De repente se tuvo que revisar el mapa del cielo y, en consecuencia, el análisis de las influencias celestes. El descubrimiento de William Herschel en 1781 de que Urano era un planeta confundió aún más la profesión.

Sin embargo, las creencias son algo a lo que se aferra con ganas. Aunque muchos europeos educados llegaron a rechazar el determinismo celestial en las vidas de los individuos, muchos siguieron aceptando la idea de que las estrellas y los planetas afectan el curso más general de la naturaleza. Los diplomáticos aconsejaban que se dependiera de manera más limitada de la astrología, y no tanto un rechazo total de la misma, especialmente en tiempos de guerra.^[29] El filósofo y científico inglés Francis Bacon descartaba la doctrina de los horóscopos y sentía que la astrología estaba «tan llena de

supersticiones, que apenas se puede descubrir algo sensato en ella», pero declaró que era preferible purificarla a descartarla por completo.^[30] El primer Astrónomo Real de Gran Bretaña, John Flamsteed, se metió un poco con los astrólogos: haciendo referencia a la rara tríada de conjunciones de Saturno y Júpiter entre 1682 y 1683, escribió que mientras que los astrólogos habían «asustado» a la «Gente Común» con «Predicciones terribles de eventos terribles...», los más Juiciosos están deseosos de saber con qué frecuencia y en qué momento suceden sus Conjunciones».^[31] Galileo también quedó atrapado entre lo nuevo y lo viejo: él mismo elaboró horóscopos para sus amigos, sus hijas, sus patronos, para él mismo. La dedicatoria de su *Sidereus Nuncius*, destructora de paradigmas publicada en marzo de 1610, incluye un panegírico a Júpiter y a su mecenas Cosme II de Médici, cuyo horóscopo Galileo manipuló un poco para lograr que el majestuoso planeta quedara dominante al máximo.^[32]

La pronosticación astrológica se mantuvo hasta bien entrado el siglo XVII. Después de sobrevivir algunos fuertes golpes en el siglo XVIII, ganó terreno en el siglo XIX, sobrevivió al siglo XX, y está vivo y coleando por todo el mundo en el siglo XXI, en especial entre los que tienen alfabetización científica limitada.^[33] Pocas personas, incluidas las que tienen poder, son inmunes a la sospecha de que la astrología podría tener algo que ofrecer o algo por lo que se pueda jurar.

Tomemos de ejemplo Estados Unidos: durante gran parte de los últimos 30 años, la porción de la población que acepta la astrología se ha mantenido estable en una cuarta parte de la población total, pero ahora comienza a crecer (aproximadamente la misma porción cree en la reencarnación, mientras que el doble ha tenido algo a lo que se refieren como una «experiencia mística»). Mientras era presidente Ronald Reagan, él y su esposa Nancy consultaron a una astróloga graduada de Vassar que prescribía el momento (a veces hasta el segundo) de los debates para las elecciones presidenciales, el anuncio del nombramiento del juez Anthony Kennedy a la Suprema Corte de Justicia, conferencias de prensa, los despegues del Air Force One, los discursos sobre el Estado de la Unión y mucho más. Justo después del 11 de septiembre, recorrió internet una «profecía» supuestamente escrita por Nostradamus, el astrólogo ilustre, oscurantista y vidente del siglo XVI, aterrizando a las masas de estadounidenses ya aterrorizadas y preparándolos para las represalias. En realidad, el cuarteto era una invención deliberada, escrita para el ensayo de un estudiante del siglo XX: «Dos hermanos desgarrados por el Caos, / mientras la fortaleza perdura, / el gran líder sucumbirá, / La tercera

gran guerra comenzará cuando la gran ciudad se esté quemando». Pronto se incluyeron adornos como: «El día 11 del noveno mes / dos pájaros de metal se estrellarán contra dos altas estatuas» y «En la ciudad de York habrá un gran colapso». En 2004, tras varios años de intensa promoción del miedo por parte de los medios de comunicación y de funcionarios públicos por igual, la palabra más buscada en AOL fue *horóscopo*. La noche del 4 de septiembre de 2008, mientras un video en una enorme pantalla presentaba a John McCain a los fieles del partido en la Convención Nacional Republicana, acompañado por aplausos y música *in crescendo*, una sonora voz en *off* proclamaba: «Las estrellas están alineadas; el cambio vendrá».^[34]

O tomemos a la India, en donde la astrología es védica en lugar de ptolemaica, y la Luna es una figura más prominente que el Sol en los horóscopos. Hoy, como en el pasado, pocos hindúes se casan sin consultar, y obedecer, a un astrólogo. Como lo expresó el diplomático, periodista y escritor Khushwant Singh: «La armonía astronómica era la única garantía de felicidad». El 27 de noviembre de 2003, 12 000 parejas se casaron en Nueva Delhi porque esa noche se mantendrían a raya las «travesuras planetarias» de Júpiter. A finales de octubre y principios de noviembre de 2006, Delhi volvió a estar inundada de bodas, esta vez porque se le aseguraba un resultado feliz hasta a las parejas cuyos horóscopos desencontrados normalmente descartarían la posibilidad de un casamiento. Pero los asuntos matrimoniales distan mucho de ser la única esfera en la que rige la astrología: los documentos de nominación de los candidatos políticos se registran y los ganadores rinden protesta en momentos astrológicamente oportunos. En 2001, con el partido Bharatiya Janata en el poder, se instó a las universidades indias financiadas con fondos públicos a ofrecer cursos de astrología védica. Muchos científicos y académicos de la India vilipendiaron esa política: «Que nuestro gobierno envíe satélites al espacio y al mismo tiempo permita que se enseñe la astrología con fondos públicos es una contradicción demasiado grande como para que se vuelva a mencionar», pero el Tribunal Supremo de la India lo ratificó.^[35]

En su novela panorámica *Juegos sagrados* de 2007 (ahora una serie de Netflix), Vikram Chandra, escritor y genio informático estadounidense de origen indio, ofrece una extraordinaria representación de la astrología relacionada con la aniquilación. Uno de sus personajes es un gurú cuyo objetivo es diseñar la aniquilación nuclear de la ciudad para reiniciar de cero el ciclo de tiempo y vida de la Tierra. Mientras habla con un pandillero que se convirtió en su discípulo, dice:

Piensa en la vida misma. ¿Crees que no tiene violencia? La vida se alimenta de la vida, Ganesh. Y el comienzo de la vida es la violencia. ¿Sabes de dónde viene nuestra energía? Del Sol, dices. Todo depende del Sol. Vivimos por el Sol. Pero el Sol no es un lugar tranquilo. Es un lugar de increíble violencia. Es una gran explosión, una cadena de explosiones. Cuando cesa la violencia, el Sol muere, y nosotros morimos... ¿Acaso no han peleado antes hombres santos? ¿No instaron ellos a los guerreros a la batalla? ¿El avance espiritual significa que no debes tomar armas cuando te enfrentas al mal?... . Debemos resistirnos a esta llamada paz, que emascula la espiritualidad y la debilita.^[36]

El dinero, fuente abrumadoramente obvia de poder, es otro de los asuntos en los que trabajan arduamente los astrólogos. Basta leer la prensa de negocios, y lo más probable es que uno se encuentre una cita del economista John Keneth Galbraith: «La única función de los pronósticos económicos es hacer que la astrología parezca respetable». Pero mucha gente parece sentir que el dinero es poder, y que la astrología es control y, que si juntamos las dos, obtenemos control sobre el dinero. John Pierpont Morgan, magnate bancario de la Edad Dorada estadounidense, decía: «Los millonarios no contratan astrólogos, pero los multimillonarios sí». Tanto Morgan como Seymour Cromwell, presidente de la Bolsa de Nueva York de 1921 a 1924, consultaban a una astróloga preeminente llamada Evangeline Adams, que recibía a sus clientes en una suite arriba de Carnegie Hall.^[37] Los lemas y títulos de libros de astrólogos financieros más recientes podrán dar qué pensar a los escépticos («Cómo adelantarse al mercado por medio de ciclos planetarios y análisis técnico»; *Las armonías planetarias de los mercados especulativos*), pero los inversionistas, administradores de fondos, banqueros y ejecutivos corporativos siguen buscando su consejo. Estadísticamente, por supuesto, en medio de todas las fallas hay un golpe ocasional: un astrólogo pronosticó que el mercado de valores se desplomaría en octubre de 1987; otra previsión dijo que el oro llegaría a los 487 dólares por onza en 2005. Se pueden preparar horóscopos (y lo hacen) para bonos, letras de cambio del Tesoro, compañías o incluso la bolsa de valores, en función de la hora de su primera oferta o su incorporación o el inicio de la negociación.^[38]

Sin duda, los astrólogos se sintieron alentados por los hallazgos de dos profesores de negocios que encontraron que en el transcurso de la historia total del Promedio Industrial Dow Jones, el S & P 500, la NYSE y el NASDAQ, los rendimientos de las acciones han sido hasta 8 % más altos (aproximadamente el doble) en los 15 días más cercanos a la luna nueva que durante los 15 días cercanos a la luna llena. En otras partes ha sido aún más pronunciado el «efecto del ciclo lunar»: durante las últimas tres décadas del

siglo xx, en las bolsas de valores de todo el mundo, los rendimientos fueron hasta un 10 % más altos.^[39] Mientras tanto, el medio mes que encierra a la luna nueva genera, en promedio, la misma gravedad y las mismas fuerzas de marea que el medio mes que encierra a la luna llena.

Hay un «astrólogo científico clásico» y comentarista financiero que ha enfatizado los tránsitos y oposiciones planetarios en lugar de las fases de la Luna: Theodore White, al publicar sus análisis a finales del verano de 2007 en medio de la creciente crisis crediticia, de la avalancha de ejecuciones hipotecarias y quiebras bancarias, y de los signos omnipresentes (aunque generalmente ignorados) de la inminente crisis económica global, advirtió que estallaría la burbuja inmobiliaria, afirmando que Júpiter había ayudado a inflar los valores y que Saturno había comenzado a desinflarlos. «El largo tránsito de Virgo por Saturno (26 meses) y otros cuatro meses retrógrados en el año 2010, ocurre en un signo regido por Mercurio», escribió. «Este tránsito tendrá un efecto devastador, casi deprimente, sobre aquellos gravemente afectados por la desaceleración del mercado inmobiliario en todo el país». Además, Saturno estaría «saliendo en las hojas planetarias diurnas, y será el Señor de los meses de octubre y noviembre, con la continuación de fuertes influencias hasta diciembre de 2007». El tránsito de este último cerca del Nodo Lunar Sur apuntaba a que la crisis de las hipotecas de alto riesgo «se cristalizara en un importante llamado a la regulación en torno al clima económico de los Estados Unidos».^[40]

Es fácil obtener revelaciones posteriores al hecho cuando se consulta la casi ilimitada cantidad de fenómenos cíclicos. No es difícil encontrar uno que se ajuste a sus necesidades o expectativas. Está el ciclo de 11 años de las manchas solares, el ciclo de 26 meses de la Tierra y Marte en el espacio, el ciclo de 18.6 años de los eclipses lunares. También está el ciclo anual de los meses: en 1907, 1929, 1987 y 2008, el mercado de valores sufrió grandes éxitos en octubre. Otros meses de octubre experimentaron retrocesos. ¿Eso significa que el «efecto octubre» sea algo real? No. Sin embargo, si un número significativo de compradores y vendedores creen que las fuerzas cósmicas derribarán el mercado, se producirá una venta masiva, cumpliendo así su predicción. Además, habría que tener en mente todas las predicciones *fallidas*.

La prosecución de la guerra es una búsqueda al menos tan duradera y testaruda como la de la adquisición de una fortuna, y a ciertos guerreros de la

vida real les ha interesado la astrología tanto como les interesaba a los gobernantes de Mesopotamia y de la antigua China. La Alemania nazi ofrece un estudio de caso impresionante, narrado en detalle por Ellic Howe, escritor, historiador y experto falsificador que durante la Segunda Guerra Mundial trabajó para una agencia británica llamada la Oficina de Guerra Política.^[41]

El interés por la astrología aumentó rápidamente en una Alemania derrotada y ampulosa después de la Primera Guerra Mundial, escribe Howe, con más velocidad que en el resto de Europa. Una grafóloga y periodista llamada Elsbeth Ebertin se estaba convirtiendo rápidamente en astróloga profesional, bien pagada y muy leída, y en la primavera de 1923 un seguidor de Adolf Hitler, con la esperanza de conocer más sobre el horóscopo de su líder, le envió a Ebertin la fecha de nacimiento del político en ascenso (aunque no la hora exacta, un detalle crucial). Ebertin decidió publicar el horóscopo en la edición de 1924 de su almanaque anual, *Un vistazo al futuro*. No nombró a Hitler, pero no fue necesario que lo hiciera:

Un hombre de acción nacido el 20 de abril de 1889, con el Sol en 29° Aries en el momento de su nacimiento, puede exponerse a un peligro personal por medio de una acción excesivamente imprudente, y muy probablemente podría desencadenar una crisis incontrolable. Las constelaciones de este hombre muestran que hay que tomarlo muy en serio; está destinado a desempeñar un «papel de Führer» en futuras batallas. Parece que el hombre que tengo en mente, con esta fuerte influencia de Aries, está destinado a *sacrificarse por la nación alemana*; también a enfrentar todas las circunstancias con audacia y coraje, incluso cuando sea una cuestión de *vida o muerte*; y a dar un impulso, que brotará de manera bastante repentina, a un Movimiento de Libertad alemán. Pero no anticiparé el destino.^[42]

El pronóstico de Ebertin, calculado a partir de la suposición de un nacimiento a mediodía, apareció en julio de 1923. En noviembre, Hitler participó en lo que podría fácilmente calificarse como una «acción excesivamente imprudente»: el Putsch de Múnich. Cuando llegó a la cárcel por la parte que desempeñó en el golpe, Ebertin ya se había enterado de que había nacido a las 6:30 de la tarde. No importa: la estrella de la astrología estaba en ascenso en Alemania, resplandeciente con la rápida multiplicación de sociedades, editores, manuales, conferencias y adeptos de todo tipo. Más de cien *Herren Doktoren* (filósofos, paleontólogos, médicos, incluso un astrónomo que trabajó en problemas de balística y posiblemente en el temido cohete V-2) se unieron públicamente a sus filas. Como lo expresó Howe: «En Alemania, entre las dos guerras, había más astrólogos por milla cuadrada que en cualquier otra parte del mundo».^[43] Con todo y su popularidad, la astrología también generó poderosos oponentes.

Con el nombramiento de Hitler como canciller del Tercer Reich el 30 de enero de 1933, su horóscopo se volvió un asunto de interés más amplio. Con el objetivo de justificar diversas caracterizaciones del Führer, algunos astrólogos incluso «corrigieron» su hora de nacimiento, acomodando el Sol en Tauro en lugar de Aries y, en algunos casos, cuestionando sus capacidades. Para las autoridades ese fue el límite. En la primavera de 1934, la policía de Berlín prohibió la actividad astrológica en la mayoría de sus formas, y para finales de año, el Ministerio del Reich para la Ilustración Pública y Propaganda, encabezado por el doctor Paul Joseph Goebbels, había silenciado la especulación pública sobre la suerte del Tercer Reich y los horóscopos de nazis destacados. Se confiscó la literatura astrológica, tanto la popular como la de difícil comprensión, tanto a editores como librerías. Se registraron hogares, se arrestaron personas. La última gran conferencia astrológica anual tuvo lugar en 1936. Una tras otra, las publicaciones periódicas dejaron de hacerse entre 1937 y 1938.^[44]

Avanzada la tarde del 10 de mayo de 1941 (por casualidad, unas horas antes de la noche más terrible del *Blitz* de Londres), el mentalmente inestable Rudolf Hess, quien ocupaba el tercer puesto de mayor liderazgo en el Tercer Reich y que, como tantos de sus compatriotas, era una especie de aficionado a la astrología, se subió a un avión de combate Messerschmitt-110 y se dirigió a Escocia. Había decidido lanzarse en secreto a una misión de paz peculiar y sin aprobación oficial: tratar de convencer a los altos funcionarios británicos de que aceptaran la supremacía alemana en Europa y así salvaran a su país de una devastación mayor. Los aspectos prácticos pronto intervinieron: el avión no tenía suficiente combustible para el viaje, por lo que tuvo que abortar la misión y dejar que se estrellara contra el campo de un granjero cerca de Glasgow mientras él se lanzaba en paracaídas, se rompía el tobillo y terminaba en un hospital militar británico. Los oficiales del Reich, al tener que dar una explicación del vuelo sorpresa que de alguna manera satisficiera no solo al pueblo alemán, sino al resto del mundo, decidieron atribuirlo a una combinación de locura y astrología. Volaron rumores por toda Europa; el *Times* de Londres postuló que Hess era el astrólogo personal y secreto de Hitler. Los propagandistas de ambos bandos empezaron a trabajar a toda marcha.^[45] Al paso de un par de días, la Gestapo ya había arrestado e interrogado a varios astrólogos; al mes ya habían arrestado a cientos más, principalmente aquellos que pertenecían a sociedades astrológicas y que habían publicado sus análisis, junto con muchas más personas involucradas en actividades con tintes ocultistas. A partir del 24 de junio se prohibieron las

conferencias y exhibiciones públicas sobre astrología, clarividencia, telepatía y otras prácticas esotéricas. El 3 de octubre se extendió la prohibición a los medios impresos. Algunos astrólogos terminaron en campos de concentración.

Sin embargo, a pesar de la considerable censura, la astrología y el ocultismo florecieron tras puertas cerradas y abiertas, apoyados en parte por Goebbels. El 22 de noviembre de 1939, en una de sus conferencias ministeriales casi diarias (convocadas para que los asistentes asintieran, y no para que las aprobaran), decretó que se preparara rápidamente un folleto de operaciones psicológicas basado en la profecía de Nostradamus sobre el futuro lejano, para distribuirse en Francia.^[46] En 1940, el Ministerio de Propaganda contrató a Karl Ernst Krafft, un ferviente astrólogo suizo con inclinaciones por la estadística, para que anotara selecciones de Nostradamus.^[47] Entre 1942 y 1943, se reclutó a Krafft y a otro astrólogo notable, aunque más pragmático, llamado F.G. Goerner (escarmentados con unos cuantos meses de cárcel después del caso Hess) para que pasaran sus días buscando extractos de Nostradamus y preparando los horóscopos de los generales de las fuerzas aliadas. Otros astrólogos que habían sido arrestados recientemente fueron reclutados junto con astrónomos, matemáticos y psíquicos para el Instituto Pendulum, en donde, durante la primavera de 1942, bajo la dirección de un capitán de la marina alemana, el personal profesional osciló péndulos asiduamente sobre mapas del océano Atlántico, en busca de las posiciones de las naves enemigas.^[48]

Con los cambios de fortuna del Reich, fue aumentando la redacción de profecías y el estudio en privado de los horóscopos.^[49] En público, la predicción se volvió la orden general del día, al menos mientras seguía siendo útil, y la radio era el medio preferido de los propagandistas. Desde septiembre de 1942 hasta marzo de 1943, el segundo invierno de la campaña en Rusia, casi uno de cada ocho artículos en los boletines de noticias alemanes era una predicción explícita.^[50] Los intelectuales alemanes refugiados describían la aproximación de los nazis a la predicción y la profecía:

Los gobiernos beligerantes invariablemente predicen la victoria. Las apuestas son altas y, naturalmente, el público está ansioso. No predecir es alentar la suspicacia y destruir la confianza. Predecir el fracaso final es rendirse moralmente. Así, los propagandistas predicen la victoria, porque es lo único que pueden hacer... Sobre todo, el Líder se ve obligado a profetizar para demostrar su don carismático...

Las victorias iniciales brindaron consuelo. Sin embargo, con el paso del tiempo, el propagandista... encontró conveniente lidiar con el aumento de tensión del pueblo alemán mediante un mayor uso de las predicciones. [Hay una] mayor necesidad de predecir en tiempos de angustia que en tiempos de comodidad. Durante mucho tiempo, las predicciones tomaron el

lugar de las buenas noticias. [Pero] cuando... la fuerza de Rusia permaneció inquebrantable, la política cambió repentinamente, y la predicción se volvió infrecuente. Fue en este momento cuando Goebbels comenzó a decirle al pueblo alemán con tantas palabras que este era un mundo en el que no se podía predecir y que la guerra era simplemente «el enigma de los enigmas[»].^[51]

Sin embargo, la forma de predicción específicamente astrológica mantuvo su atractivo. Desde fines de la década de 1930 en adelante, se multiplicaron los rumores sobre una conexión entre Hitler y astrología. Un escritor de sofisticación astrológica —Louis de Wohl, un berlinés de ascendencia judía que salió de Alemania en 1935 y deseaba sobrevivir con estilo en Londres y Nueva York— descubrió que la astrología era una manera conveniente de facilitar esta supervivencia, por lo que hizo que se pasara la voz de que Krafft era el astrólogo personal de Hitler. El presidente de la Universidad de Columbia pronto anunció que Hitler tenía un equipo de cinco astrólogos. El *Evening Standard* de Londres nombró a Elsbeth Ebertin como la astróloga favorita del Führer.^[52]

De hecho, ni Hitler ni la mayoría de sus colegas nazis más cercanos^[53] acudían a los astrólogos para pedirles consejos sobre qué hacer y cuándo, a pesar de que el nacionalismo rabioso y el racismo ardiente de los nazis los ponían del mismo lado que a muchas otras personas que no solo acogían la misión política de un futuro ario racialmente puro y redentor, sino también la visión fantástica de un pasado ario dorado, lleno de espiritualismo, identidad folclórica, misterios cósmicos y construcciones astrológicas. Sin embargo, como lo expresó Goebbels, «los tiempos desquiciados requieren medidas desquiciadas», y las últimas semanas del Tercer Reich deben haber sido intensamente locas, entre otras cosas porque sus líderes aún no lograban comprender que su nanosegundo de supremacía ya había pasado.^[54] Y esas fueron las semanas en que Hitler acudió a la profecía.

Gracias al diario de abril de 1945 del ministro de finanzas de Hitler, el conde Lutz Schwerin von Krosigk (un exbecario Rhodes en Oxford), nos enteramos que a mediados de mes, más o menos, Goebbels y Hitler decidieron que había llegado el momento de examinar dos horóscopos: el del mismo Führer, sacado en 1933, y el de la Gran Alemania, sacado en 1918. Las revelaciones deben haber sido emocionantes. Como escribe el diarista:

Ambos horóscopos habían predicho por unanimidad el estallido de la guerra en 1939, las victorias hasta 1941 y luego la serie de derrotas que culminaron en los peores desastres de los primeros meses de 1945, especialmente la primera mitad de abril. Luego habríamos de tener una victoria abrumadora en la segunda mitad de abril, el estancamiento hasta agosto, y en agosto, la paz. Después de la paz habría un momento difícil para Alemania durante tres años;

pero a partir de 1948 volvería a la grandeza... Ahora espero con ansiedad que llegue la segunda mitad de abril.^[55]

A primeras horas del viernes 13 de abril de 1945, el secretario de Estado del Reich llamó al ministro de finanzas para anunciar que el presidente Roosevelt había muerto el día anterior. «Sentimos el susurro de las alas del Ángel de la Historia por la habitación», escribe Schwerin von Krosigk. “¿Podría ser este el cambio de fortuna tan deseado?”. Goebbels pensó que sí. Cuando un reportero le contó la noticia, pidió una botella del mejor champán y llamó por teléfono a Hitler para decirle que un punto de inflexión como ese estaba «escrito en las estrellas». Goebbels estaba extático.^[56]

Menos de cuatro semanas después, los nazis se rindieron.

Para los partidarios del nacionalsocialismo, el descubrimiento del pequeño y gélido Plutón en 1930 parecía tener muchas implicaciones. Los astrólogos integraron rápidamente a Plutón en sus horóscopos y, en 1935, dos años después de que Hitler se convirtiera en canciller del Tercer Reich, un astrólogo alemán, Fritz Brunhübner, publicó un breve pero detallado libro sobre el recién llegado, *Der neue Planet Pluto*. Según Brunhübner, Plutón es «el fin del viejo mundo y el ascenso de una nueva época espiritual». Es «un maléfico en su forma más grande», «el planeta que trae la muerte», «el instigador del cambio en los acontecimientos mundiales». Su «destino es limpiar lo viejo y marchar frente a la nueva era con nueva forma».^[57]

Pero la conexión más espeluznante que hace entre Plutón y la Alemania de Hitler es la siguiente:

Además, creo que Plutón es el planeta del nacionalsocialismo y el Tercer Reich. Adolf Hitler y casi todos los líderes que ahora están en el gobierno, también el Partido Nazi y el horóscopo del Tercer Reich (30 de enero de 1933, el día de Potsdam, las elecciones del Reichstag del 5 de marzo y 12 de noviembre de 1933) muestran, además de un Urano muy dominante, un fuerte Plutón.

Tiene que ser así. Plutón es el planeta del punto de inflexión. El movimiento nacionalsocialista, en cuyo horóscopo Plutón se eleva sobre todos los demás planetas, provocó, de acuerdo con las leyes de Plutón, un cambio en la historia alemana. ¿Y qué dice el horóscopo de Adolf Hitler? En ese momento, cuando el presidente Hindenburg del Reich le entregó a Adolf Hitler el destino de los alemanes, Plutón se encontraba en tránsito en el Zénit, atado a los lugares más importantes de la carta astral... una prueba de fuerza, una toma del poder, un punto de inflexión, una crisis.^[58]

Los «puntos de inflexión» siguen haciendo inflexiones. Al final de la guerra, los aliados disolvieron y prohibieron el Partido Nacionalsocialista Obrero Alemán, y hoy en día la propia Alemania considera que hacer el saludo nazi

es un delito penal. En las décadas posteriores a la guerra, los astrónomos descubrieron que Plutón no solo es más pequeño que nuestra propia luna, sino también que otras seis lunas de nuestro sistema solar, y la Unión Astronómica Internacional ya no lo clasifica como un verdadero planeta. La búsqueda de fuentes de poder celeste, de conquista y de «nuevas eras» deberán dirigirse a otra parte.

EL PODER MARÍTIMO

La visión que impulsó a los nazis era la de una Alemania expandida y étnicamente purificada, la *Grossdeutschland*. Las tierras que pretendían conquistar ya estaban exploradas, colonizadas y disputadas desde hacía mucho; ya estaban establecidas sus latitudes y longitudes; sus mapas estaban trazados, sus ríos perfilados; sus habitantes estaban identificados y nombrados. No fue una visión parecida la que impulsó a los primeros pueblos valientes, curiosos o desesperados que caminaron por el gran valle del Rift, que remaron y navegaron por zonas inexploradas del océano Pacífico, o que cabalgaron por las tierras baldías y desconocidas del desierto de Taklamakán. No tenían la menor idea de lo que les esperaba.

No obstante, hace 40 000 años, hordas de humanos anatómicamente modernos se habían transportado desde África hasta algún lugar del sudeste asiático, viajando hasta Sri Lanka y la costa oriental de China y cruzando el mar hasta llegar a lo que entonces era el continente de Sahul, una fusión de Australia y Nueva Guinea.^[1] Esos primeros exploradores, recolectores, exiliados, vagabundos marinos, comerciantes e invasores no tenían ni brújulas ni mapas. La geografía y la navegación eran prácticas nacientes. Por tierra, los viajeros podían seguir un río, un paso de montaña o un sendero de animales; por mar, podían tratar de permanecer a la vista de la tierra, pero tenían que evitar la subsuperficie, los escabrosos peligros de ir pegados a la orilla.

Los buscadores de caminos por alta mar catalogaban y memorizaban puntos de referencia: consultaban las nubes, los vientos y los sonidos para obtener pistas adicionales. Se familiarizaban con los oleajes y las corrientes, con las fosforescencias, las mareas, las implicaciones de las frondas de palmera y cáscaras de coco flotantes, las plantas y los peces que moraban en distintas profundidades, las variaciones en el color del agua y el olor y sabor de las muestras extraídas del sedimento bajo el bote.

El vuelo de un ave podía confiablemente indicar la existencia de tierra más allá del horizonte. Un marinero podía llevar a bordo un cuervo, un pájaro bobo o pájaro fragata, un «avistador de costas» metido en una jaula, y liberarlo periódicamente para ver si volvía a la seguridad seca del bote o se dirigiría hacia la preferible seguridad de la tierra. Génesis 8:11 nos dice que Noé envió una paloma que regresó con una ramita de olivo en el pico. Los antiguos polinesios, al ver que el koel colilargo migraba hacia el suroeste cada año, se habrían dado cuenta de que se dirigía hacia una invisible *terra firma*, porque el koel es marinero de agua dulce. Los polinesios llegaron a Nueva Zelanda siguiendo el ejemplo del koel, dirigiéndose hacia el sudoeste en sus canoas de doble casco. Los monjes medievales irlandeses veían enormes bandadas de gansos que iban soltando graznidos mientras se dirigían hacia el norte cada primavera desde el estuario de Shannon y al regresar cada otoño; así, navegaron hacia el norte en sus *currach* y llegaron a Islandia. Colón, al ver pelícanos en camino a lo que esperaba que fueran las Indias, anotó en su bitácora que esta ave no se aventura a más de 20 leguas de la tierra.^[2]

Una vez en mar abierto, empero, los marineros podrían depender del cielo para decirles en dónde estaban. Además de anunciar las estaciones, la proximidad de la tierra y el tiempo atmosférico, el cielo señalaba la ubicación y la dirección: dónde estaba el barco y hacia dónde debía dirigirse. En otras palabras, el cielo transformó la búsqueda de caminos en la navegación, ese «arte de llegar a buen puerto»^[3] tan valorado en Europa a fines del siglo XVI, época en la que en Amberes un fabricante de instrumentos con mentalidad matemática escribió esta definición:

Este arte se divide en dos, a saber, la navegación común y la gran navegación... La ciencia completa de la navegación común no es más que conocer perfectamente a primera vista todos los cabos, puertos y ríos, cómo aparecen desde el mar, qué distancia hay entre ellos y cuál es el curso de uno a otro; también al conocer las posiciones de la luna en las que se producen las mareas altas y bajas, el flujo y reflujo de las aguas, la profundidad y la naturaleza del fondo... La gran navegación, por otro lado, emplea, además de las prácticas antes mencionadas, varias otras reglas e instrumentos muy ingeniosos derivados del arte de la astronomía y la cosmografía.^[4]

Un siglo más tarde, John Seller, quien fuera el primer hidrógrafo de varios reyes británicos (inspector oficial de ríos, lagos y mares de la nación) describió cómo la navegación «guía a la nave en su Curso a través del Inmenso Océano a cualquier parte del Mundo conocido; cosa que no se puede hacer a menos que se determine en qué lugar se encuentra la Nave en todo momento».^[5] Y, de hecho, en su día, ya era bien conocida la inmensidad del Océano y del Mundo. Los libros de viajes, tanto los basados en hechos como

en fantasías, eran éxitos perennes. Debido a una potente combinación de astronomía, matemáticas, cartografía, alfabetización, armamento, instrumentación, navegación e intimidación, Océano y Mundo se habían descubierto, explorado, cartografiado, inventariado, ficcionalizado, comprado, vendido, colonizado, apropiado, plantado, cosechado y minado, y muchos millones de sus residentes cristianizados o esclavizados por la fuerza.

Pero hay una historia de fondo.

Para determinar la ubicación precisa de su nave, el navegante temprano necesitaba objetos confiables con los que comparar su posición. Pero incluso en un determinado tramo de mar, una característica que estaba allí en la primavera podría estar ausente en el otoño. Y como el navegador se estaba moviendo, en lugar de estar estacionado, y navegaba, en lugar de estar parado, el factor de confiabilidad cambiaba mes con mes, semana con semana, incluso día con día.

Dado que la Tierra gira alrededor del Sol una vez al año, un observador de estrellas que mira hacia arriba desde el mismo techo una vez al mes a la misma hora de la noche ve un cielo que se ha desplazado hacia el oeste una doceava parte de 360 grados, o 30 grados, en comparación con el cielo del mes anterior. Los primeros astrónomos rastrearon este ciclo cuidadosamente. *Shangshu*, o *El libro de la historia*, escrito en China en el primer milenio a. C., afirma que Tauro se eleva en el este en el Sexto Mes (del año chino), alcanza su cénit en el Octavo Mes y se pone en el oeste en el Décimo Mes; todos, implícitamente, a la misma hora de la noche. *Kitab al-Fawa'id fi usul al-bahr wa-l-qawa'id*, o *El libro de información útil sobre los principios y reglas de navegación*, compilado en el siglo xv en lo que hoy es los Emiratos Árabes Unidos, afirma que la estrella brillante de Canopus se pone en el oeste al amanecer del día 40 (del año islámico) y sale al este al amanecer el día 222. [6]

Otra manera de pensar acerca de este ciclo es que, día tras día, década tras década, un observador de estrellas verá cómo las mismas estrellas se levantan en el mismo punto en el horizonte, pero que lo hacen cuatro minutos antes cada día. Ahora, agreguemos un factor mucho más pequeño, pero muy real, a los cambios diarios de cuatro minutos y a los mensuales de treinta grados: el bamboleo de la inclinación del eje de rotación de la Tierra, a razón de una revolución completa cada 25 700 años. Descubierta por los antiguos, ese bamboleo, llamado *precesión de los equinoccios*, tiene el efecto de cambiar a

través de los siglos las posiciones de las estrellas con respecto al mes del año. También afecta a la Estrella del Norte. En la época de Homero, esa estrella, que hoy llamamos Polaris, estaba a una docena de grados del Polo Norte; en tiempos de Colón se encontraba a tres grados y medio de distancia; en la época de Sputnik, estaba justo al lado del polo. Alrededor de 15000 d. C., a medida que la Tierra siga bamboleando como trompo, Polaris se ubicará a 45 grados de distancia.^[7]

Cuando se navega en alta mar, es irrelevante el lento cambio de Polaris a través de los siglos. Pero no saber diferenciar entre el norte y el este puede ser fatal. La dirección es clave. Afortunadamente, hay arquetipos de direccionalidad como la aparición y desaparición del Sol, las sombras de mediodía, así como los caminos tomados por otras estrellas y los lugares desde donde soplan vientos de distinto carácter. Por ejemplo, una estrella brillante llamada Alnilam, que corresponde al centro del Cinturón de Orión, sale justo al este y se pone justo al oeste. En cuanto a encontrar el norte en el hemisferio norte, uno podría mirar más o menos hacia donde *Ursa Major*, la Osa Mayor —con sus siete estrellas brillantes, el gran Cazo—^[8] gira alrededor de un eje, sin ascender, culminar ni descender. El bardo Homero, quien supuestamente era ciego, aunque confundido en cuanto al cielo nocturno del norte, sabía que la navegación estelar habría sido importante para cualquier viajero, por lo que escribe que Odiseo, deseando volver a casa, recibió instrucciones de la ninfa Calipso de mantenerse a la derecha de la Osa Mayor, la constelación «única entre todas que jamás se baña en el mar».^[9]

Las lenguas indoeuropeas han distinguido durante mucho tiempo a oriente (levante/este) de occidente (poniente/oeste). Los griegos diferenciaban entre el amanecer y el atardecer durante los solsticios y durante los equinoccios, creando seis direcciones a partir de dos. Los vikingos, que navegaban desde Escandinavia hacia el mar, diferenciaban tierra adentro de mar adentro: tierra-sur y tierra-norte eran direcciones hacia el este; fuera-sur y fuera-norte hacia el oeste. Para los primeros navegantes en latitudes bajas, como el Mediterráneo y el Mar Árabe, los puntos en los que el sol salía y se ponía eran útiles indicadores de dirección durante todo el año; mientras que para los vikingos, que vivían en latitudes altas, esos puntos cambiaban de manera demasiado drástica entre mes y mes como para serles de ayuda. Cuanto un marinero más se acercaba al Polo Norte, más difícil era orientarse por medio del sol o las estrellas, y más tenía que confiar en los vientos, las aves y las mareas, aunque podía consultar a Polaris como un aproximado indicador fiable del norte. Los nativos de Polinesia tomaron otro rumbo: al viajar por

Oceanía, marcaban su curso por medio de las *kavengas* o senderos de estrellas: los arcos descritos por las salidas y puestas sucesivas de una serie de estrellas familiares. Estos arcos los guiaban de una isla conocida a otra.^[10]

Hace tres, cuatro y cinco milenios, un gran número de naves mercantes lentas y barrigonas entrecruzaban las vías navegables del Viejo Mundo, transportando tanto lujos como necesidades.^[11] Pero los mercaderes no tenían para sí ni los mares ni los puertos. En 2400 a. C., ya se estaban transportando a los ejércitos egipcios a lo que hoy es la costa de Líbano. En el año 2000 a. C., ya se había construido una armada, la primera potencia marítima verdadera del Mediterráneo, los minoicos, habitantes de la isla de Creta. Hacia 1300 a. C., ya había flotas de nortehños merodeadores que tomaban barcos y bloqueaban las bases navales que el faraón Tutmosis III había establecido a lo largo de la costa libanesa.

Desde los primeros siglos del comercio marítimo, escribe el historiador Lionel Casson, «el carguero tuvo que compartir los mares con el buque de guerra».^[12] La piratería, el saqueo y la captura de esclavos aumentaron en proporción directa al comercio, los viajes, y la toma de tierras. Se volvieron comunes las incursiones marítimas, tanto de buques como de asentamientos costeros; las batallas navales aumentaron en escala y complejidad. Mientras tanto, aumentaba la sed por los bienes extranjeros. El «talón de Aquiles» de Atenas, explotado en la guerra por Esparta y Macedonia, era su dependencia del grano enviado desde Egipto, Sicilia y el sur de Rusia.

Por los mares se transportaba una increíble variedad y cantidad de cargamentos en tiempos antiguos. En el tercer milenio antes de Cristo, en el puerto de Byblos en el Mediterráneo oriental, en el puerto de Bahrein en el Golfo Pérsico y en las bocas de río Indo del sur de Asia, cambiaban de manos el oro, el marfil, la cornalina y el lapislázuli del Asia meridional; el cedro libanés; y el cobre omaní y chipriota. El incienso y la mirra del Cuerno de África se transportaban por el Mar Rojo a Egipto; el lapislázuli de los asentamientos harapanos en el valle del Indo también llegaba hasta Egipto. Aparecen fragmentos de teca india en las ruinas de la ciudad sumeria de Ur; los artesanos minoicos trabajaban con ámbar del Báltico; los frascos micénicos llegaron hasta el palacio del faraón Akhenaton; la seda china se entrelazaba en el cabello de las momias egipcias; la corteza de la canela de Sri Lanka perfumaba a las mujeres de Arabia; el oro de Zimbawe cruzó el océano Índico mucho antes de que los europeos reclamaran sus partes en el sur de

África; los gobernantes de la etnia china de los Han tenían tanta necesidad de caballos de guerra que los importaban por tierra y por mar. Cada año, los cargueros transportaban cientos de toneladas de trigo, aceite de oliva, mármol y salsa de pescado con infusiones herbales a Atenas, a Roma, a Alejandría. Por el Mar de la China Meridional se abrieron paso versiones locales de la pasta de gambas fermentada, un condimento básico para las cocinas del sureste asiático. Un único barco mercante que naufragó en el siglo I a. C., cerca de Albenga, en la costa italiana entre Génova y Mónaco, contenía entre 11 000 y 13 500 ánforas de vino.^[13]

La Edad de Bronce hizo del estaño un producto preciado. El bronce, usualmente una aleación de cobre y estaño, fue un invento brillante, un material fuerte y resistente a la corrosión que se podía fundir a temperaturas relativamente bajas para hacer armas, recipientes para rituales, adornos, estatuas y herramientas. Los amenazadores carneros en las proas de los buques de guerra que mantenían abiertos los mares para los buques mercantes estaban hechos de bronce. Pero dado que el cobre y el estaño rara vez se encuentran en la misma zona de la corteza terrestre, era esencial el comercio a larga distancia para su unión. Y dado que el estaño podía alcanzar muchas veces el precio del cobre,^[14] para un comerciante bien valía el tiempo y el esfuerzo.

Llegado el siglo VIII a. C., la búsqueda de estaño, además de la plata y el oro, había llevado a los fenicios a través de las Columnas de Hércules y el estrecho de Gibraltar en la salida occidental desde el Mediterráneo hasta el lado atlántico de la Península Ibérica, a un área llamada Tartessos.^[15] Se podía extraer cierta cantidad de estaño localmente, pero se transportaba mucho más por tierra desde las principales fuentes más al norte, incluyendo Cornualles, en el extremo sudoeste de Gran Bretaña, a la que Heródoto parece haberse referido cuando escribió a mediados del siglo V a. C., sobre las «Islas de Estaño, de donde viene el estaño que utilizamos». Para Heródoto, esos lugares jamás vistos por él ni por nadie que hubiera conocido jamás eran «los confines de la tierra». Una de las razones por las que ninguno de sus conocidos había visto esas fuentes de estaño de primera mano era que la marina de Cartago, la fuerte colonia norafricana establecida por los fenicios, había bloqueado el estrecho de Gibraltar. Sin embargo, poco más de un siglo después de que Heródoto escribiera esas palabras, es muy posible que un osado griego de Masilia llamado Piteas se haya abierto paso hacia el océano Atlántico, las minas de estaño de Cornualles, y mucho más.^[16]

Masilia (Marsella) era la colonia de una colonia, una de tantas ciudades marítimas griegas y fenicias que brotaron a lo largo y ancho de todo el Mediterráneo desde principios hasta la mitad del primer milenio antes de Cristo. En esos siglos, la fundación de colonias y la creación de rutas comerciales iba de la mano con el desarrollo de los buques de guerra y el establecimiento de armadas.^[17] Junto a todo ese comercio y conflicto, también florecieron la investigación y el aprendizaje. Ocurrían intercambios en todas las costas; la información llovía desde todas las direcciones. Anaximandro, residente de la próspera ciudad griega de Mileto, dibujó el primer mapa de las regiones habitadas de la Tierra. Poco después, Hecateo de Mileto mejoró el mapa de Anaximandro y produjo una geografía completa del mundo conocido: un *collage* en forma de rosquilla de masas terrestres, un mapa plano de una Tierra plana, con el *Medi-te-rráneo* (literalmente, «Tierra Media») en su corazón y el océano continuo en su límite exterior. Poco después, un matemático-astrónomo trotamundos llamado Eudoxo de Cnido escribió su propia obra geográfica y también ideó un modelo de movimiento planetario, presentado como un sistema interconectado de 27 esferas, cada una de las cuales giraba sobre un eje que pasaba por el centro de la Tierra.

De este modo, Piteas creció en un mundo cosmopolita, polémico e intelectualmente activo que cada día se iba haciendo más grande, más ávido y más hambriento de datos. Es tema de debate cómo logró pasar más allá de las Columnas de Hércules; es comúnmente aceptado que lo hiciera, al igual que la afirmación de que vio Cornualles y siguió la costa oeste de Gran Bretaña hacia el norte hasta las Islas Orcadas, con escala en la Isla de Man. Lo que algunos estudiosos cuestionan es si el propio Piteas luego viajó seis días al norte a un lugar que los antiguos llamaban Thule (que podría ser Islandia), y desde allí casi hasta el Círculo Ártico.^[18]

Seamos creyentes. Digamos que Piteas hizo todas las cosas que sus defensores dicen que hizo. Así que, durante su viaje, además de buscar estaño, periódicamente medía la altura del Sol; registraba las sombras proyectadas por un gnomon en varios lugares; se quedaba sin aliento ante las prodigiosas mareas del estrecho de Pentland Firth; contaba el número de islas en el grupo de las Orcadas; y tomaba nota de las casas, cosechas y bebidas de las comunidades que visitaba. En Tule, en las afueras del Círculo Polar Ártico, fue testigo de fenómenos extremos: «El lugar donde el sol se pone [y] se vuelve a levantar de inmediato» y el «mar coagulado» que yace a un día de viaje de la tierra, una región «en donde ni la tierra existía por sí misma, ni el mar ni el vapor, sino una especie de combinación de estos... [en donde] la

tierra y el mar y todas las cosas estaban suspendidas juntas... existiendo de una forma impasable a pie o en barco». Desde Thule viajó al este en busca de ámbar y luego al sur, completando su circunnavegación de Prettanikē (de ahí *Britannia*) y magistralmente calculando su perímetro aproximado como el equivalente a 7 000 km modernos.^[19] Al regresar a Masilia, escribió un *periplus* (navegación), un tratado llamado *Sobre el océano*, del cual no sobrevive ni una sola copia; solo paráfrasis respetuosas y repudios escépticos.^[20] Piteas no fue el primer marinero mediterráneo quien se dice que entrara al Atlántico Norte; simplemente fue más aventurero y científico que sus antecesores.

Tradicionalmente, los universos conceptuales de navegantes y estudiosos no coincidían. Los marineros no tenían mucho que ver con las determinaciones de los científicos, ni los científicos con los hallazgos de los marineros. Pero los datos de Piteas se utilizaron por astrónomos y geógrafos durante siglos después de su muerte, y se volvieron igual de útiles para saqueadores y conquistadores que para mercaderes y diplomáticos. Hiparco, el matemático y astrónomo que desarrolló el marco de grados, paralelos y meridianos que todavía se utiliza para describir la latitud y la longitud, tradujo en grados de latitud las cuidadosas medidas tomadas por Piteas de las sombras de gnomon, las horas de luz del día, las alturas solares y las distancias viajadas. Así sabemos que Piteas colocó a Masilia a 43° 3' N (solo le faltaba un cuarto de grado) y se detuvo en su viaje hacia el norte en 48° 40' N (noroeste de Bretaña, probablemente la isla de Ushant en el canal de la Mancha), 54° 14' N (la Isla de Man), 58° 13' N (la isla de Lewis en las Hébridas Exteriores), aproximadamente 61° (las islas Shetland), y aproximadamente 66° (norte de Islandia).^[21] Hiparco, que tampoco era nada deleznable como autoridad, invocaba la autoridad de Piteas cuando corregía los errores de otros científicos:

De hecho, en relación con el polo norte, Eudoxo... ciertamente no sabe de qué está hablando cuando dice: «Hay una cierta estrella que permanece siempre en el mismo lugar; esta estrella es el polo del cosmos», ya que no hay una sola estrella en el polo, sino un lugar vacío [en su lugar], cerca del cual se encuentran tres estrellas. El punto que marca el polo, ayudado por estas [estrellas] encierra una figura muy parecida a un cuadrilátero: exactamente, de hecho, como dice Piteas de Marsella.^[22]

Se dice que los primeros viajeros ambiciosos también fueron en la otra dirección: hacia el sur. Uno de esos viajes, una circunnavegación de África que tomó varios años, en el sentido de las manecillas del reloj, emprendida por marineros fenicios en aproximadamente 600 a. C., se inició a instancias

del rey egipcio Neco II, quien tenía inclinaciones militares. Un siglo o más después, Hannón, rey de Cartago, tomó una ruta en sentido contrario a las manecillas del reloj con miles de colonos y grandes cantidades de barcos. ¿Qué tan lejos llegaron esos viajes? Es difícil decirlo con certeza.^[23]

El sistema de 360 grados de latitud y longitud de Hiparco, y los cálculos que este hizo posibles, dieron un gran impulso a las ciencias de la geografía, la cartografía y la astronomía. Los términos *latitud* y *longitud* se derivan del griego para *amplitud* y *longitud*, respectivamente, que denotan una direccionalidad binaria en los primeros mapas del mundo conocido. Pero la diferencia entre los dos es muy profunda. El historiador estadounidense Dava Sobel lo describe de esta manera:

El paralelo de cero grados de latitud está fijado por las leyes de la naturaleza, mientras que el meridiano de cero grados de longitud se desplaza como las arenas del tiempo. Esta diferencia hace que encontrar la latitud sea un juego de niños, y convierte la determinación de la longitud, especialmente en el mar, en un dilema para adultos: dilema que dejó perplejas a las mentes más sabias del mundo durante la mayor parte de la historia humana.^[24]

Aunque Polaris aún no estaba lista para servir como una conveniente Estrella del Norte, los griegos entendieron que si la misma estrella o estrellas apenas rozaban el horizonte en dos ciudades diferentes, esas ciudades estaban en la misma latitud. La latitud podía calcularse a partir de la mayor altitud alcanzada por ciertas estrellas catalogadas. Una que podía consultarse sola, o como parte de un par, era Canopus, una brillante estrella del sur conocida en árabe como Suhail. Eudoxo sabía que Canopus-Suhail apenas podía verse en Rodas, pero alcanzaba un ángulo de 7.5 grados en Alejandría. El poeta y navegante árabe medieval Ahmad ibn Mājid, quien medía en grados y también en *isba* (el ancho del nudillo del dedo medio, sostenido con el brazo extendido contra el horizonte), aconsejaba a sus lectores que cuando la estrella Aldebarán alcanzara su punto de ascensión más alto, el ángulo de Suhail sería de seis grados en Sindabūr (hoy Goa) y 7.75 *isba* en Cabo Madraka, en lo que hoy es Omán. «El mejor método para medir latitudes es usar a Suhail», escribió ibn Mājid, «y no se volverá a ver otro como este en toda la eternidad».^[25]

La eternidad es mucho tiempo. De hecho, Polaris tardaría menos de 1000 años en hacer a Suhail a un lado y convertirse en la mejor herramienta del siglo actual para encontrar la latitud. En todos los lugares al norte del

ecuador, la elevación de Polaris sobre el horizonte nos ubica actualmente dentro de un grado de nuestra latitud real en la Tierra.

La brillante estrella meridional Sulbār (también llamada Achernar, *final del río* en árabe) servía como otro punto de referencia para los cálculos de latitud; según ibn Mājīd, los *mu'allim* (navegantes) que pasaban semanas cruzando el océano Índico al unísono con los monzones dependían mucho de ella:

Por tu vida, si no hubiera sido por Sulbār, los nautas
Del higo, el dátil y el betel jamás habrían sido guiados.
No hay instrumento alguno que se utilice sobre Madwara que sea como este.
Como guía ...^[26]

A pesar de los elogios de Ibn Mājīd a las observaciones a simple vista, desde hace mucho los instrumentos especializados han demostrado ser valiosos en la navegación. Algunos, incluyendo el cuadrante y el astrolabio, comenzaron su vida como apoyos terrestres, ideados por astrónomos y matemáticos, y luego se simplificaron para hacerlos aptos para navegar.

Por supuesto, entre los dispositivos de medición de longitud fácilmente disponibles se encuentran las partes independientemente móviles del cuerpo humano: los dedos, las manos, los brazos, el pie zancudo del marinero de agua dulce. Alrededor de 1150, un islandés que acababa de visitar Tierra Santa declaró que había un hombre que podía determinar la altitud de la Estrella Polar acostado en el suelo, apoyando el puño sobre la rodilla levantada y levantando el pulgar de su puño. Un veneciano que navegaba alrededor de 1450 para la corona portuguesa describió la altitud de la Estrella Polar en un cierto lugar de la costa de África occidental como «la altura de un hombre sobre el mar». En la década de 1950, un comodoro de la Marina Real Británica todavía se sentía con la libertad de declarar que hasta un navegante moderno podría aproximarse a la altura de una estrella si consultaba el ancho de la muñeca (ocho grados) o de la mano (dieciocho grados) con el brazo extendido.^[27] Hoy, también, cualquier astrónomo aficionado sabe que el puño sostenido a la distancia de un brazo abarca diez grados en el cielo. Este sistema funciona porque las personas con manos grandes tienden a tener brazos más largos, y eso preserva los ángulos de medición estandarizados.

Los primeros navegantes del océano Índico consultaban el ancho del nudillo típico, pero también el *kamal*. En su forma más elegante, el *kamal* es una pieza de madera con forma de naipe por cuyo centro pasa un tramo de cuerda, anudado a intervalos iguales que representan unidades de latitud. Un extremo de la cuerda se sostiene entre los dientes y el otro en una mano. Se

marca la altitud tirando de la cuerda para tensarla, paralela al suelo, y moviendo el naipe con la otra mano hasta que su parte superior se alinee con la estrella objetivo, Polaris, y su parte inferior se alinee con el horizonte; el número resultante de nudos entre los dientes y el naipe se traduce en la latitud. Utilizado en todo el océano Índico hasta bien entrado el siglo XIX, el *kamal* se aprovechó nuevamente a finales del siglo XX en un viaje recreado de Omán a China, y se volvió a confirmar su efectividad. Marco Polo menciona que los navegantes chinos confiaban en un instrumento similar, el *qianxingban*, «placas que apuntan a la estrella polar», que son una serie de placas de diferentes tamaños que se sostienen a la distancia del brazo, de modo tal que las partes superiores e inferiores se alinean con la estrella y el horizonte, respectivamente. La elección de la placa dependía de la altitud de la estrella. Un milenio antes, los chinos estimaban la latitud con el *liangtianchi*, la «regla de medición de estrellas».^[28]

El verdadero cambio en la navegación vino con la rápida propagación de la brújula magnética de aspecto casi mágico. Ahora se podía tener un sentido de dirección instantáneo, con nubes o sin nubes, con estrellas o con sol, de día o de noche.

Muchos países han reclamado la autoría o, al menos, la conciencia de los componentes cruciales de la brújula. Tanto los antiguos griegos como los antiguos chinos habían notado que ciertas piedras de color marrón atraían el hierro hacia ellas; en anglosajón, *lode* significa camino, y forma parte de la palabra *lodestone*: la piedra calamita o forma magnética del mineral magnetita, rico en hierro. Algunos eruditos aplican con confianza el término *brújula* a los objetos que comenzaron a usar los navegantes chinos alrededor del año 500 a medida que iban estableciendo rutas marítimas a Japón, y la primera mención de una aguja que apunta al sur a bordo de una nave aparece en un texto chino de navegación escrito en el año 1100 d. C. A un residente de Amalfi, una potencia marítima del sur de Italia en el siglo XII, tradicionalmente se le atribuye la invención de la brújula náutica que apunta hacia el norte, y un cronista contemporáneo describió que la misma Amalfi medieval era famosa por mostrar a los marineros los caminos por mar y cielo. El primer texto árabe que menciona una brújula, escrito en el siglo XIII, llama al instrumento por su nombre italiano. Para algunos historiadores, el hecho de que los chinos hicieran referencia a agujas que buscaban el sur y los italianos

a agujas que buscaban el norte sugiere la probabilidad de invenciones independientes.^[29]

Independientemente de sus orígenes, las brújulas funcionaban, y la forma en que funcionaban ya se entendía bien en el Mediterráneo para 1200, cuando un escritor francés describió en detalle cómo confiar en una brújula para navegar por «la estrella que nunca se mueve»:

Esta es la estrella que los marineros miran siempre que pueden, ya que con ella mantienen el rumbo. [M]ientras que todas las demás estrellas giran, esta se queda fija e inmóvil. En virtud de la piedra magnética, practican un arte que no puede mentir. Al tomar esta piedra oscura y fea, a la que el hierro se adhiere solo, encuentran el punto correcto en ella que tocan con una aguja. Luego acomodan la aguja en una pajita, y simplemente la colocan en el agua, donde la pajita la hace flotar. Su punto entonces gira exactamente hacia la estrella. Jamás cabe duda alguna al respecto; jamás engañará. Cuando el mar está oscuro y brumoso, de modo que ni la estrella ni la luna se puedan ver, ponen una luz junto a la aguja, y luego conocen su camino. Tiene la punta hacia la estrella, por lo que el marinero sabe cómo navegar. Es un arte que nunca falla.^[30]

En otras palabras, al hacer flotar una aguja de hierro magnético fijándola a algo flotante, invariablemente se detendrá a lo largo del eje magnético norte-sur de la Tierra, con la punta hacia el norte.

Pronto llegó la aguja giratoria de la brújula y el compañero esencial de la brújula: un diagrama radial llamado rosa náutica o rosa de los vientos, dividido en hasta 74 direcciones. En el mar, una dirección significaba un viento, y cada viento llevaba un nombre. Con la ayuda de esta nueva tecnología, el piloto que supiera leer y tuviera conocimientos de aritmética que navegara por el Mediterráneo o el Mar Negro a principios del siglo XIII podría determinar con confianza no solo cuándo se dirigía a Tramontana (norte) u Ostro (sur), Gregal (noreste) o Siroco (sureste), sino también cuando se dirigía al cuadrante de Tramontana con un viento Gregal, y podía seguir su curso por navegación a estima, una técnica por lo general confiable basada en conocer las posiciones relativas del punto de partida y el destino específico o general, así como la dirección del movimiento del barco y la distancia recorrida, ambas determinadas a intervalos regulares. Los hijos y nietos del piloto que siguieran en la profesión familiar tendrían aún más apoyos: cartas de navegación en escala y una guía náutica repleta de instrucciones detalladas de navegación.

Imagínese que es el capitán de una embarcación veneciana en el año 1320. Acabas de traer un cargamento de grano de Egipto y ahora se dirige a la costa este de España con algunos preciados quesos sardos y otra carga de grano, este recogido en Constantinopla. En el viaje de regreso llevará lana española. Hasta ahora, sus señores, y las armadas que ellos apoyan, han mantenido a los

barcos portugueses fuera del camino, y todavía no llegan al suelo europeo ni la Muerte Negra ni los turcos otomanos montados. Su sobrino excepcional en la Universidad de Bolonia le contó sobre dos libros innovadores que, según él, son relevantes para su profesión, aunque no tiene la intención de leerlos: *El libro del cálculo* de Fibonacci y *El tratado de la esfera* de Sacrobosco. El primero incluye una introducción fácil de leer a los numerales indoarábigos, incluyendo el indispensable cero; este último es el texto preferido de la época para la introducción a la Astronomía. Lo que lee con atención y le acompaña a bordo es una copia escrita a mano de *Lo Compasso da Navigare*, que le dirige en un circuito en sentido horario del Mediterráneo, y una *Toleta de Marteloio*, una serie de tablas que muestran cómo corregir el rumbo a medida que avanza con el viento. También tiene una exquisita carta portulana de todo el mar, que muestra las distancias, los puertos y los principales puntos de referencia; está hecha cuidadosamente a escala e incluso firmada por un ilustre cartógrafo judío de Mallorca. Sobre su mesa de roble hay un par de compases geométricos y una regla de plata para descifrar la carta. La brújula de su barco, con su aguja que gira libremente adjunta a una rosa de los vientos, está bien guardada dentro de una caja metálica circular; sus relojes de arena (guardan algunas piezas de repuesto) los soplaron en Venecia.^[31] Gracias a todos estos equipos de última generación, puede averiguar hacia dónde se dirige la nave; puede monitorear cómo avanza y mengua la noche y, por lo tanto, las horas del reloj; y conoce la distancia al puerto más cercano, cuántos días de navegación tomará para llegar allí y qué buscar al aproximarse. A diferencia de sus contrapartes árabes, indias, polinesias y chinas, casi no extrae información de las estrellas, y como se queda dentro de los confines del mar de su patria, el Mediterráneo, encuentra pocas razones para prestar atención a las latitudes y mucho menos a ponderar la longitud.

Pero el mundo conocido ya había llegado más allá del Mediterráneo y el cambio se estaba produciendo rápidamente. Habían transcurrido siglos desde que los vikingos comenzaran a enviar bacalao seco a Gran Bretaña, desde que los islandeses pasaran una temporada en Vinlandia (Terranova), desde que los polinesios se asentaran en Nueva Zelanda y los chinos cruzaran el mar Árabe y se enteraran de que ciertos habitantes de África oriental bebían sangre fresca de buey mezclada con leche. Unos cuantos mapas recientes dibujados en Europa habían comenzado a mostrar la mitad del sur de África, la que más de un milenio antes había insinuado Ptolomeo que se extendía muy por debajo del ecuador. Plutarco sabía que África era circunnavegable, y Alejandro Magno sabía que se podía llegar por mar desde la boca del

Éufrates. Pero en el ínterin había desaparecido, por así decirlo. A finales del siglo XIII, un veneciano ya había acompañado a una princesa mongola desde el mar de la China Meridional hasta el golfo Pérsico, y un genovés había construido un castillo en las islas Canarias. Para finales del siglo XIV, los comerciantes árabes e indios se habían establecido a lo largo de la costa del este de África hasta el sur de lo que hoy es Mozambique. Para principios del siglo XV, una flota armada hasta los dientes de más de 300 embarcaciones chinas, comandada por el formidable almirante eunuco Zheng He, y que transportaban a casi 28 000 soldados y media docena de astrólogos, había navegado para impresionar e intimidar a los vecinos del sur de China con una espléndida exhibición de los tesoros y el poderío militar Ming.^[32] Por último, pero no menos importante desde la perspectiva de Europa occidental, los portugueses habían comenzado a navegar a lo largo y ancho del Atlántico.

El príncipe Enrique de Portugal, nacido en 1394 y apodado *El Navegante*, se dedicó al descubrimiento del «Río de Oro» de África, a la eliminación del islam, a la recolección de esclavos y pimienta y, según el cronista de la corte de su época, al cumplimiento de su horóscopo: la «inclinación de las ruedas celestiales» que lo inclinaban a conquistar nuevas tierras:

Su ascendente era Aries, que es la casa de Marte y la exaltación del sol, y su señoría está en la casa XI, en compañía del sol. Y debido a que el susodicho Marte estaba en Acuario, que es la casa de Saturno, y en la mansión de la Esperanza, significaba que el Señor [Enrique] deberá esforzarse por las conquistas grandes y poderosas, especialmente en la búsqueda de cosas que le estaban ocultas a otros hombres, y secretas, según la naturaleza de Saturno, en cuya casa se encuentra. Y el hecho de que lo acompañara el sol, como dije, y que el sol estuviera en la casa de Júpiter, significaba que todo su tráfico y sus conquistas se realizarían fielmente.^[33]

Hay muchas razones racionales y estratégicas por las que uno podría invocar el universo en nombre de la conquista. Es posible que se desee organizar un ataque nocturno durante la luna nueva, para brindar la máxima oscuridad, como se hizo al inicio de la Operación Tormenta del Desierto en 1991. Quizá se deban monitorear las mareas lunares cuidadosamente durante una invasión naval, para asegurarse de que las naves no encallen en aguas poco profundas. Es posible que se decida invadir durante una fase de alta actividad auroral, la cual destruiría la comunicación por radio del otro lado. Las razones atribuidas al príncipe Enrique, ancladas en la pseudociencia de la astrología, no eran ni racionales ni estratégicas.

En su propia época, se sabía bien que el príncipe Enrique, gobernador de la acaudalada Orden de Cristo que había reemplazado a los Caballeros

Templarios de los siglos anteriores, estaba emprendiendo una cruzada, una fusión por excelencia de la guerra, el lucro, la exploración y la imposición de ideas extranjeras. En sus escritos del siglo XX sobre la exploración espacial, el periodista estadounidense William E. Burrows la calificó de «un impulso que fue definido y atemperado por la política y la competencia en todos los niveles», lo que también podría decirse con mucha facilidad del programa del príncipe Enrique. Como dice Burrows, «la exploración siempre se hizo por las razones equivocadas. Pero se hizo».^[34] A lo que se refiere, por supuesto, es que no importa si el explorador es o no un explorador: la exploración casi nunca está motivada por el deseo de explorar. Si nos asomamos detrás de las bambalinas de la curiosidad, veremos individuos con hambre de dominio político, cultural o económico que financian la expedición.

Enrique y sus navegantes no podrían haberse aventurado sin la astronomía, un hecho que se vuelve explícito en la florida decoración de las obras nobles de arquitectura portuguesa ejecutadas durante y poco después de su vida. Los marcos de ventanas y arcos esculpidos de forma exuberante, los mosaicos del piso y las pinturas del techo del vasto Convento de Cristo y otras partes presentan en repetidas ocasiones la esfera armilar del astrónomo vinculada con la cruz del Cruzado, así como con la vegetación de tierras exóticas. El historiador Jorge Cañizares-Esguerra captura la asociación entre el conocimiento astronómico y la conquista, encarnada por el príncipe Enrique y las generaciones sucesivas de colonizadores ibéricos: «[E]l cosmógrafo como caballero, o el caballero como cosmógrafo, fue un sello distintivo de la expansión colonial portuguesa y española de los siglos XV y XVI». La recopilación de conocimientos, argumenta, fue «una expansión de las virtudes cruzadas». Un libro influyente de mediados del siglo XVI escrito por un cosmógrafo real, *El arte de navegar*, presentaba a los pilotos de los barcos como «los nuevos caballeros, cuyos caballos eran sus naves y cuyas espadas y escudos eran sus brújulas, cartas, varas de Jacob y astrolabios».^[35]

La primera conquista del príncipe Enrique fue Ceuta, una ciudad mediterránea en lo que hoy es Marruecos identificada con la Columna de Hércules meridional y repleta de productos africanos de gran belleza y valor. Bajo el patrocinio y la dirección de Enrique, muchas islas del Atlántico, incluidas las Azores, Canarias y Madeiras, fueron cultivadas y usadas para pastar. Los navegantes empleados por el príncipe dominaron una ruta alrededor del temido Cabo Bojador, adentrándose en el mar y bajando por los vientos y las corrientes del cabo, y rodearon el punto más occidental de África, llegando hasta Sierra Leona. En el camino, los capitanes registraron

las altitudes de las estrellas en cabos, islas y bocas de río notables, que los astrónomos allá en Portugal traducían en tablas de latitud. Durante el quincuagésimo año de cumplimiento del destino de Enrique, su hermano, el rey de Portugal, le otorgó derechos de monopolio sobre las tierras descubiertas y todas las personas esclavizables en ellas. La muerte de Enrique en 1460 apenas interrumpió los viajes de los portugueses. En 1473 Lopes Gonçalves cruzó el ecuador; en 1488, Bartolomeu Dias rodeaba el «cabo de las tormentas» en el extremo sur de África; en 1498, Vasco da Gama llegó al sur de la India por mar; en 1500, ocho años después del primer viaje de Colón para cruzar el Atlántico, Pedro Álvares Cabral llegó a Brasil. Sus objetivos, como los de Enrique y de los conquistadores que los siguieron, eran los de «servir a Dios y a su Majestad, y dar luz a los que estaban en tinieblas, y también por haber riquezas, que todos los hombres comúnmente venimos a buscar».^[36] En pocas palabras, estaban colocando las piedras angulares del imperio.

No es que el comercio no hubiera enriquecido ya a muchas personas, además de construir una economía global en todo el Viejo Mundo. Consideremos esto: los soldados musulmanes que lucharon en Oriente Medio contra los cruzados llevaban cota de malla del Cáucaso y empuñaban espadas de acero fundidas en el sur de Asia a partir de hierro subsahariano. A medida que los califas otomanos extraían impuestos y los emperadores chinos obtenían tributos (e inventaban el papel moneda), los comerciantes transportaban el producto del mercado al puerto y del puerto al mercado. Gran parte del comercio intercontinental era panasiático, privado y estaba conducido por diásporas de sangre, dialecto o fe: judíos, hindúes, musulmanes, armenios, libaneses, fujianos, guyaratíes. El océano Índico era el cruce de una red de centros comerciales que se extendía por miles de kilómetros, y los señores locales desde el mar de la China Oriental hasta la costa este de África generalmente permitían que los mercaderes de todas las estirpes y orígenes ingresaran a sus puertos. Pero las redes comerciales medievales de Oriente Medio y Asia, no importa cuán extensas, no eran imperios coloniales. El califato musulmán se conformaba con la recaudación de impuestos lo suficientemente altos como para financiar el ejército que protegía las carreteras, lo que permitía el comercio que brindaba los lujos de la vida. Y el estado chino, que cultivaba gran cantidad de azúcar y otras delicias tropicales dentro de sus propias fronteras, tenía pocos motivos para poner dinero, personal y esfuerzos para crear colonias en el extranjero.^[37]

Los portugueses, por otra parte, en representación de rey, país y Dios, buscaban tanto el control como las colonias. Les daba una ventaja tener buenas naves y armas novedosas, ya que reavivaron las prácticas de construir fortalezas, bloquear rutas comerciales, reclamar monopolios comerciales, abordar embarcaciones extranjeras y, en general, tratar de dominar las olas y los puertos. Una parte clave de su programa era encontrar rutas que estuvieran libres del control otomano y, por lo tanto, libres de los recaudadores de impuestos otomanos.^[38]

Los portugueses se aventuraron a través de los océanos Atlántico e Índico en el siglo xv, y necesitaban conocimientos e instrumentos más elaborados que los utilizados por el capitán promedio que cruzaba el Mediterráneo o exploraba la costa este de África o que hacía sondeos para conocer las profundidades, tomaba muestras del limo de fondo o monitoreaba las mareas en el canal de la Mancha, siempre envuelto en neblina, o en el Báltico. Los marineros portugueses podrán haber desconfiado de los conceptos desconocidos y las nuevas técnicas, pero a los navegantes portugueses que se dirigían al océano no les quedaba otra opción que utilizar las cantidades cada vez mayores de cartas, guías náuticas y reglas matemáticas. Consultaban las estrellas y la brújula mucho más que sus predecesores. Tras haber dominado el arte de la navegación a estima, verificaban continuamente su rumbo contra la altura del Sol o la Estrella Polar, medida con un cuadrante o astrolabio de mariner, y utilizaban la aritmética y la geometría para recalcular ese rumbo cuando los vientos y las corrientes amenazaban con sacar a la nave de su curso. Las instrucciones para el uso del cuadrante advertían que la Estrella Polar no estaba completamente estacionaria y que debería observarse solo cuando sus dos Guardias se encontraban al este y al oeste. Las compilaciones de tablas, conocidas como efemérides, enumeraban la posición diaria prevista de los principales ocupantes del cielo. Las tablas que medían la altitud solar a mediodía en diversas ciudades ayudaban a los navegantes a zarpar a la latitud correcta y luego a mantenerla mientras su barco se dirigía hacia el este o el oeste, lo que se conoce como correr por la latitud.^[39]

Seguía acelerándose el impulso de acumular información de navegación que otorgara una ventaja sobre los adversarios marinos, y las apuestas seguían aumentando. La fe, la gloria y el comercio, escribe la historiadora Emilia Viotti da Costa, fueron los motivos impulsores. El propio papa declaró que el proyecto africano de Portugal era una «guerra justa», y se emitieron tres bulas papales al respecto durante los últimos 10 años de vida del príncipe Enrique. La primera, en 1452, proclamó el derecho del rey portugués de atacar y

esclavizar a los no cristianos y de confiscar sus bienes y tierras. La segunda, en 1455, especificó que este derecho se aplicaba a los africanos desde Marruecos hasta Cabo Bojador, quienes:

habían vivido en la perdición del alma y el cuerpo: de sus almas en el sentido de que aún eran paganos sin la costumbre de seres razonables... y lo peor de todo, a través de la gran ignorancia que había en ellos, en el sentido de que no entendían el bien, y que solo sabían cómo vivir en una pereza bestial.

Traducción: si desprecias la forma en que viven ciertas personas, tienes derecho a tomar todo lo que tienen, y oficialmente eres libre de usar la fuerza para hacerlo.^[40]

Un cuarto de siglo después de la muerte de Enrique, el rey Juan II de Portugal (conocido como *o Príncipe Perfeito*) retomó donde su tío lo había dejado. En 1484 convocó a un grupo de sabios de toda Europa para elaborar reglas para calcular la latitud basándose en la observación directa de la altitud del sol a mediodía. Sus hallazgos se publicaron en un manual completo de navegación llamado *Regimento do astrolabio e do quadrante*. Incluye una lista de latitudes que abarcan el territorio desde Lisboa hasta el ecuador, casi todas de ellas correctas dentro de medio grado. Incluso incluye una traducción del *Tratado de la esfera* de Sacrobosco. Se corrió la voz de nuevo: el mundo no era plano. Los geógrafos comenzaron a envolver sus mapas alrededor de globos terráqueos, mientras que los astrónomos-astrólogos se mantenían ocupados refinando las coordenadas de los objetos y fenómenos astronómicos naturales.^[41]

Además de buscar esclavos, conversos y conocimientos, las expediciones del siglo xv —la primera parte de lo que el historiador marítimo J. H. Parry llama la Era del Reconocimiento— buscaban gemas y metales preciosos, especias y medicamentos, buena tierra para el cultivo de la caña de azúcar, uvas, café y tabaco, nuevos caladeros, nuevos pastizales para las ovejas, nuevas fuentes de madera de tamaño adecuado para mástiles y palacios.^[42] Pero a medida que la bodega de cada barco se iba llenando con los productos de lugares lejanos, y que el capitán de cada barco regresaba para contar sus historias a los entusiastas oyentes, se volvía cada vez más obvio que todas estas aventuras, conquistas, colonizaciones, mercantilizaciones y especulaciones también requerían que todos los capitanes fueran expertos en determinar la ubicación exacta de su embarcación, de su destino y de su hogar.

La navegación del siglo xv era todavía un gran desafío. Pocos navegantes podían dominar los contenidos del *Regimento*. No había una línea de base

norte-sur que fuera ampliamente aceptada y con la cual se pudieran medir las distancias al este u oeste. No había cronómetros en condiciones de navegar y nada que se acercara a un odómetro o velocímetro. Los cuadrantes y los astrolabios, que dependían de un vector de gravedad estable para mantenerse en posición vertical, no eran apropiados para los mares abiertos y agitados. Había que remagnetizar la aguja de la brújula periódicamente.

Y los problemas no terminaban ahí. Los marineros sospechaban una variación magnética, pero no tenían medios confiables para aislarla, por lo que jugaban con los hallazgos de sus brújulas de maneras poco útiles. Al no tener estándares internacionales de medición, utilizaban unidades en conflicto como la milla, la liga, el estadio y el grado, por lo que terminaban por asignar equivalentes variables a las distancias anotadas en la literatura antigua. Sus antiguas cartas marítimas planas sufrían no solo por falta de información actualizada, sino también por una indiferencia a la redondez de la Tierra. Esa redondez produce una convergencia (en ese entonces misteriosa) de meridianos a medida que uno se va acercando a los polos, lo que significa que dirigirse sesenta leguas al este a lo largo del ecuador lo lleva a uno a un meridiano diferente que dirigirse sesenta leguas al este a lo largo del trópico de Cáncer. Sin embargo, incluso hasta finales del siglo XVII, un navegante podía confiar en una carta plana, perder su nave y de todos modos convertirse en miembro de la Royal Society.^[43]

En cuanto a las cuestiones del hambre y la salud, una expedición bien surtida podía llevar suficiente carne de cerdo en escabeche, pescado salado, galletas de munición, queso, cebollas y frijoles secos para llenar los estómagos de los marineros, y suficiente vino para darle a cada hombre un litro y medio al día, pero las barricas de agua pronto se ensuciaban, y el escorbuto causaba estragos.^[44]

A pesar de todas las desventajas, con cada viaje, los navegantes y viajeros de Portugal sumaban al conocimiento empírico de lo que había en el océano al este y oeste, y lo que se veía en el cielo al estar arriba o debajo del ecuador. Con cada año que pasaba, sus hallazgos y narraciones revelaban más errores en los mapas y coordenadas que acompañaban a la muy leída traducción al latín de la *Geographike* griega del siglo II de Ptolomeo que había aparecido en la primera década del siglo XV, y cada ronda de errores desencadenaba otra ronda de mapas y tratados geográficos actualizados.

A la respetable edad de 41 años, después de haber navegado por el Atlántico, al norte hasta Islandia y al sur hasta Ghana,^[45] Cristóbal Colón se dirigió hacia el oeste desde las islas Canarias el 3 de agosto de 1492, esperando que él y su flota de tres barcos llegarían a Japón dentro de varias semanas, a una distancia de unos 4 000 kilómetros, y que posteriormente llegarían a las legendarias Indias. Los monarcas de Portugal, España, Francia e Inglaterra, y probablemente también las ciudades-estado de Génova y Venecia, habían rechazado su propuesta al menos una vez. Pero después de reflexionar sobre el tema una segunda, tercera y cuarta vez, y después de convocar a un grupo de expertos, quienes vieron que Colón había usado la versión incorrecta de la milla para calcular la circunferencia de la Tierra redonda y que, por lo tanto, había calculado la distancia errónea a su destino, Isabel I y Fernando II, ya gobernantes de Castilla, León, Aragón, Mallorca, Menorca, Cerdeña, Sicilia y otros lugares, finalmente le dieron el visto bueno «para descubrir y conquistar algunas islas y tierras del océano» en su nombre.^[46]

Que Colón y su tripulación de 90 miembros en tres barcos no fueran los primeros europeos en cruzar el Atlántico no disminuye la ambición de su plan, la extensión de sus desafíos de navegación o la magnitud de su impacto final, sin importar los errores de cálculo o la incapacidad de llegar a su destino previsto. Casi todos los hombres a bordo eran marineros; ninguno era soldado, y las armas eran pocas. Aunque luego se quejara de que «ni me aproveché razón, ni matemática, ni mapamundis», Colón había consultado mapas, cartas, globos, libros e instrumentos, especialmente la brújula. Leyó los *Viajes* de Marco Polo y la *Historia rerum ubique gestarum* del futuro papa Pío II, basada en la *Geografía* de Ptolomeo. Leyó y copió una carta de junio de 1474 al rey de Portugal del cosmógrafo italiano Paolo dal Pozzo Toscanelli, quien declaró que la ruta más corta para llegar de Lisboa a China era dirigirse hacia el oeste, a través de un Atlántico prácticamente vacío, en lugar de dar la vuelta alrededor de África, y que la distancia en línea recta era casi una tercera parte de la circunferencia de la Tierra. Él, y quizás también su hermano Bartolomé, cartógrafo respetado, leyó y anotó ampliamente la cosmografía de Pierre D'Ailly, *Imago Mundi*. Al igual que muchas personas de su tiempo, ya fueran cultos o meramente que supieran leer, es casi seguro que ambos hubieran leído el popularísimo *Los viajes de Juan de Mandeville*, una mezcla de hechos, ficción y fe de mediados del siglo XIV. Estudiaron mapamundis recientes que sugerían la posibilidad de dirigirse hacia el oeste para llegar al este. Los propios mapas de Bartolomé de finales de la década de 1480, de hecho, muestran que los hermanos pueden haber alterado e

inventado una geografía más atractiva para persuadir más efectivamente a sus patrocinadores reales para financiar la expedición de las Indias.^[47]

Colón consultaba los apoyos para el reconocimiento por voluntad propia. Los capitanes y pilotos de sus barcos se habrían resistido tanto a la lectura como al cálculo; sus conocimientos provenían de la experiencia práctica, ganada con esfuerzo, maniobrando embarcaciones verdaderas a la vista de las costas verdaderas del Atlántico oriental. Sin embargo, aunque todos los hombres a bordo hubieran sido matemáticos y eruditos literarios, ¿de qué servían las cartas, los manuales y las direcciones de navegación en aguas desconocidas? Por lo tanto, Colón se volvió hacia la navegación a estima, a la Estrella Polar y a la brújula.^[48]

Sin embargo, la estrella y la brújula tienen lecturas diferentes en lugares diferentes. La estación, la hora del día y la latitud afectan a la primera, y la variación magnética afecta a la segunda, como habría de descubrir Colón, muy a su pesar: «hallaron que las agujas noruesteaban una gran cuarta [...]. Mandó que tornasen á marcar el Norte en amaneciendo, y hallaron que estaban buenas las agujas. La causa fue porque la estrella que parece hace movimiento y nos las agujas».^[49] Además, para el navegante (o topógrafo) tenía sus límites conocer únicamente la distancia relativa hacia el este y hacia el norte. Si deseaba registrar exactamente dónde se encontraba una impasable alfombra de algas, una exuberante pesquería de perlas o un promontorio fortuito que ayudara en la defensa, tenía que saber exactamente qué tan al este y al norte estaba, y qué tan al norte y al este de qué. Un navegante sofisticado bien podría saber cómo calcular la relación geométrica de su nave con los habitantes más destacados del cielo, pero para poder tomar nota de una posición de manera que se comprendiera de forma inequívoca y automática, necesitaba un punto de referencia estándar: dos, de hecho. Necesitaba coordenadas, una retícula, una cuadrícula que tuviera un ecuador y también un primer meridiano en ángulo recto.

El antiguo mapa del mundo de Eratóstenes, con su paralelo principal y su primer meridiano que se cruzaban en la isla de Rodas, en el mar Egeo, tenía una cuadrícula que Hiparco consideraba arbitraria. El mapa de Ptolomeo, con su primer meridiano que pasaba por las islas más occidentales del Atlántico, tenía una cuadrícula de inspiración más astronómica. Los mapas de la época de Colón (hechos para eruditos y reyes, y tratados como información clasificada) tenían cierta cuadrícula, mientras que las cartas náuticas (hechas

para marineros) no tenían ninguna. En el primer globo terráqueo en existencia, «Erdapfel» (*manzana de la Tierra*) de Martin Behaim, completado en 1492, hay una cuadrícula mínima que incluye el ecuador, los trópicos y un meridiano.^[50] Cuando el Nuevo Mundo entró en escena, la cuestión de los paralelos y los meridianos se volvió más complicada.

Cuando se arrebatan tierras, no es un asunto menor saber quién tiene derecho a qué y quién lo decide. Para las coronas de Portugal, España y el mundo cristiano, la elección de los que decidían era obvia: ellos mismos. Después de todo, los habitantes actuales de esos bienes inmobiliarios tan atractivos del Nuevo Mundo «vivían en la perdición de alma y cuerpo», estaban llenos de «gran ignorancia» y «no entendían el bien»,^[51] así que por qué preguntarles. En 1493, el papa emitió la primera de una nueva serie de bulas papales destinadas a regular las incautaciones de tierras de los exploradores, y dándole a España la mejor parte. Como era de esperarse, a Portugal no le gustó. Como resultado, en 1494 España y Portugal, ambas naciones católicas, negociaron y firmaron el Tratado de Tordesillas, que fue reforzado por una bula papal una docena de años más tarde. El tratado fundamentalmente dividía en dos el mundo occidental: todo al este de una línea norte-sur que estaba a 370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde pertenecería a Portugal, y todo el oeste de la línea pertenecería a España. En 1529, en el tratado complementario de Zaragoza, los dos se dividieron el otro lado del mundo siguiendo una línea de 297.5 leguas o 17 grados al este de las Molucas, las llamadas *Islas de las Especias*, de donde viene el preciado árbol de clavo. Portugal terminó con aproximadamente 191 grados de la circunferencia del mundo, y España con aproximadamente 169 grados. Y así continuaron los conflictos.

Las líneas divisorias que adoptaron España, Portugal y el papa no tenían nada que ver con la astronomía, las matemáticas o la ciencia de la geografía. Eran marcadores territoriales, líneas de batalla, cercas privadas, anuncios de lo tuyo y lo mío. Ninguno de los tratados presentaba un primer meridiano universal. Mientras tanto, las expediciones ibéricas avanzaban a buen ritmo.

En septiembre de 1522, un navegante portugués llamado Juan Sebastián del Cano, quien tres años antes, como parte de una expedición de cinco naves y casi 300 tripulantes bajo el mando de Fernando de Magallanes, había navegado desde el puerto de Sanlúcar, al sur de España, regresó a ese país con 18 hombres (sin el mismo Magallanes, que habían muerto en la batalla) en el único barco superviviente, el *Victoria*. Esos 18 habían completado así la primera circunnavegación del globo. En el camino, los hombres de

Magallanes descubrieron inadvertidamente la línea internacional de cambio de fecha, o más bien, descubrieron la necesidad de tenerla. Antonio Pigafetta, un noble y caballero italiano que se unió a la expedición como voluntario, se desempeñaba como diplomático ocasional y mantenía un diario de «todas las cosas que ocurrían día a día durante nuestro viaje», describió «el error de un día que descubrieron nuestros hombres» en su último puerto de escala en Portugal antes de regresar a casa a España:

Para ver si nuestros diarios habían sido llevados con exactitud, hicimos preguntar en tierra que qué día de la semana era. Se nos respondió que era jueves, lo que nos sorprendió, porque según nuestros diarios sólo estábamos a miércoles, y a mí, sobre todo, porque habiendo estado bien de salud para llevar mi diario, marcaba sin interrupción los días de la semana y los del mes. Después supimos que no existía error en nuestro cálculo, porque navegando siempre hacia el oeste, siguiendo el curso del sol y habiendo regresado al mismo punto, debíamos ganar veinticuatro horas sobre los que permanecían en el mismo sitio; y basta reflexionar para convencerse de ello.^[52]

Tres siglos y medio después, se establecería formalmente la línea internacional de cambio de fecha, junto con el primer meridiano correspondiente, durante la Conferencia Internacional de Meridianos en Washington, D.C. La línea de cambio de fecha sería una línea que iría desde el polo norte hasta el polo sur, cruzando la mitad del océano Pacífico exactamente a la mitad del mundo, 180 grados, desde el primer meridiano a cero grados de longitud. El primer meridiano en sí pasaría de polo a polo justo a través del Real Observatorio de Greenwich, cerca de Londres.

Aunque las cartas náuticas portuguesas del siglo xv todavía no se hubieran visto afectadas por los meridianos principales y los días faltantes, las cartas náuticas portuguesas del siglo xv comenzaron a parecerse más a los mapas: aunque aún eran de un plano, muchas muestran un meridiano marcado con latitudes y trazados de norte a sur por el Cabo de San Vicente, la punta más meridional de Portugal. Pronto los mapas, si no las cartas, mostrarían las masas terrestres y costas de la Tierra con proporciones y detalle razonables. A menudo, la cartografía está adornada con referencias a la propiedad y la lealtad: banderas nacionales, escudos de armas, iconografía religiosa.^[53]

La cartografía ayudó a conceptualizar y mostrar el «teatro del mundo», y el escenario en sí iba aumentando constantemente. El mapa era la expresión portátil preeminente de la comprensión geográfica y cosmográfica. Durante el siglo xvi, como lo señaló el geógrafo histórico británico Denis Cosgrove, «la escala y la maravilla de la diversidad global —fisiológica, climática, biótica,

etnográfica— desbordó la episteme europea». Cómplice de la expansión oceánica europea, el mapa también defendía la ciudadanía mundial, al mismo tiempo que allanaba el camino para los sueños occidentales de subyugación e imperio. Si bien era probable que el cartógrafo o cosmógrafo fuera un estudioso humanista y cosmopolita que acogía la tolerancia religiosa, sus patronos reales ibéricos habrían estado empeñados en el engrandecimiento y la hegemonía religiosa.^[54]

En 1569, uno de esos humanistas, el cartógrafo flamenco Gerardus Mercator, produjo un mapa del mundo, un *mappa mundi*, al que llamó una «descripción nueva y aumentada de la Tierra corregida para el uso de la navegación», con meridianos, paralelos y rutas marítimas, todas proyectadas sobre un enorme rectángulo que comprendía 24 hojas de papel separadas. Mientras tanto, Iberia perseveraba en su búsqueda de consenso cartográfico, llegando al punto de enviar cuestionarios a los pilotos de sus barcos con la esperanza de determinar las latitudes y longitudes de sus conquistas en el Nuevo Mundo.^[55]

En la última década del siglo XVI, a medida que los barcos se iban ampliando y rediseñando para llevar más artillería, y más pesada, y sus capitanes estaban aprendiendo a sobresalir tanto en combate como en navegación, un matemático-astrónomo-cartógrafo británico en Cambridge llamado Edward Wright se dedicó a dominar de los mapas de Mercator y producir cartas prácticas adecuadas para los marineros.^[56] Otros estados-nación siguieron su ejemplo, desarrollando sus armas y flotas y cultivando cartógrafos para poder disputar los reclamos de territorio de España y Portugal y acumular fondos suficientes para eludir a los financieros genoveses y venecianos.^[57] Los barcos de los navegantes tradicionales del océano Índico no lograban mantener el paso. A finales del siglo XVII, los europeos ya habían llegado navegando y pisoteado y confrontado a los habitantes y extraído los productos y personas de casi todas las masas terrestres de la Tierra, haciendo cartografías a medida que avanzaban.

La astronomía y las ciencias naturales eran indispensables para los voraces y marítimos constructores de imperios de Europa. Los «monarcas del siglo XVIII», escribe la historiadora Joyce E. Chaplin,

enviaron a hombres de ciencia hasta los confines de la tierra no solo para reclamar su soberanía sobre tierra y mar, sino su supremacía cultural mediante el ejercicio del aprendizaje y la recolección de conocimientos en el otro lado del mundo. Estos objetivos combinaban a la perfección en los tres viajes del capitán James Cook al océano Pacífico.^[58]

Financiado por la Royal Society de Gran Bretaña, el primer viaje de Cook se programó para coincidir con un evento poco común: el tránsito en 1769 de Venus sobre la faz del Sol, visible solo desde el Pacífico Sur. Una de las mayores incógnitas científicas de la época era el tamaño físico del sistema solar. Aunque los astrónomos habían descifrado las separaciones de los planetas, medidas en unidades de distancia entre la Tierra y el Sol, no conocían la distancia entre la Tierra y el Sol en sí. Pero si había observadores en más de un lugar, separados por distancias conocidas, que pudieran cronometrar con precisión la duración del tránsito de Venus, podrían calcular la distancia entre la Tierra y el Sol por medio de la triangulación y, de este modo, deducir las distancias a todos los demás planetas del sistema solar.

El tránsito era una buena historia principal para el viaje, pero no era la única directiva del capitán Cook. Luego de dirigirse a Tahití, descubierto recientemente, y establecer un observatorio allí para monitorear el tránsito, Cook y su tripulación de 85 (más 10 civiles, entre ellos cuatro artistas y un astrónomo)^[59] debían buscar y registrar otras islas en la zona y, lo más importante, descubrir la *Terra Australis Incognita*, un continente mítico que se escondía en los confines del sur del mundo. Si no encontraban la Terra Australis, debían buscar y explorar otras tierras en su lugar. En otras palabras, su otro trabajo era aumentar los mapas existentes.^[60]

Pero ¿con qué fin?

Al igual que el calendario, el mapa, aunque formado por el pensamiento científico, es una declaración de poder político y social. Poco después de la Segunda Guerra Mundial, la historiadora británica de la navegación E. G. R. Taylor comentó que «durante las guerras europeas del siglo XVIII se descubrió que un mapa preciso es un arma de guerra. Y sigue siéndolo». Cuarenta años y varias guerras después, el historiador británico de la cartografía J. Brian Harley ofreció una articulación posmodernista de una idea similar, enfatizando la idea de Foucault sobre el poder-conocimiento: «la cartografía es principalmente una forma del discurso político preocupado por la adquisición y el mantenimiento del poder». David Turnbull señaló que los mapas «conectan el territorio con el orden social» y, por lo tanto, citando a Pierre Bourdieu, «naturalizan lo arbitrario». El novelista Vikram Chandra también ha opinado sobre el significado de los mapas: «Un mapa es una especie de conquista, el precursor de todas las demás conquistas... [U]n tipo de conocimiento puede ocultar otro. La información se anida dentro de la información».^[61] Y si el «espacio de conocimiento» que un mapa representa es indispensable para los belicistas y otros practicantes del poder, el mapa

carece de valor en tiempos de paz, a menos que sus mediciones y delineamientos surjan de un conocimiento compartido y vinculante internacionalmente a la vez. Para el monarca, el navegante, el almirante y el general, la cartografía imperfecta era un peligro.

Durante su primer viaje al Pacífico Sur, James Cook cartografió con cuidado la costa este de Australia y rápidamente la declaró propiedad de la corona británica. En dos décadas, Gran Bretaña ya había establecido una colonia penal en Sydney Cove: la Colonia de Nueva Gales del Sur. Los convictos, algunos con grilletes en las piernas, otros en grupos de encadenados, se convirtieron en la fuerza laboral de la colonización británica en Australia. Gran Bretaña no fue la única potencia interesada en obtener una imagen precisa de la costa de Australia. Los holandeses, que buscaban especias que pudieran ayudar a financiar sus operaciones militares contra España, ya habían pasado el siglo y medio anterior trazando las costas norte, sur y oeste. Los franceses también exploraron y cartografiaron las masas de tierra del Pacífico Sur. Sin embargo, una cosa es segura: sin las intenciones hegemónicas de los constructores del imperio británico, nadie habría medido el tránsito de Venus en 1769.

Antes de la Conferencia Internacional del Meridiano en octubre de 1884, e incluso durante décadas después, el mundo estaba confundido en cuanto al asunto de determinar el tiempo y el lugar.

El tiempo había servido desde hace mucho para marcar la distancia, si no es que el lugar. La unidad utilizada por los antiguos griegos para medir distancias en tierra era el «día de camino», y en el mar abierto, los «días de viaje por mar». A los marineros medievales ingleses se les aconsejaba que fueran «al sur por un vidrio o dos», en otras palabras, que navegaran hacia el sur el tiempo necesario para vaciar un reloj de arena.^[62] Los navegantes árabes medievales marcaban las distancias recorridas en *zams*, equivalentes a tres horas de navegación. Incluso hoy en día, en un lugar tan amante de los autos como en Los Ángeles, los lugareños te dicen que el aeropuerto está a 30 minutos del Staples Center.

Los científicos convirtieron las unidades de tiempo en unidades de medida angular: el grado dividido en minutos y segundos. Para todos los demás, las unidades de todo tipo siguieron siendo un asunto local, sujetas a grandes variaciones. La distancia representada, por ejemplo, por el antiguo estadio griego (la longitud de una carrera a pie) variaba tanto de una región a otra que

apenas podía servir a los viajeros como una unidad de longitud, por lo que los romanos conquistadores lo reemplazaron con la milla. Mientras tanto, el ancho del dedo medio de un marinero sostenido al alcance de su mano, fuera gordo o delgado, marcaba un ancho de dos grados.^[63]

Sin embargo, seguía siendo elusivo el lugar, al igual que el problema de encontrar la longitud, la cual era indispensable para determinar el lugar. Desde Hiparco en el siglo II a. C., hasta Kepler, Galileo, Newton y otras luminarias desde el siglo XVI hasta el XVIII, nadie pudo descubrir cómo lograrlo con precisión. Esto implicaba idear un sistema riguroso y una buena instrumentación con la cual medirla; elegir un punto cero, o meridiano, que fuera ampliamente aceptable, desde el cual comenzar a medirlo; y convencer a todos los demás para que adoptaran medidas y meridianos. De hecho, «encontrar la longitud» se volvió parte del argot para describir la búsqueda de una tarea increíblemente difícil o simplemente absurda.^[64]

Pero la dificultad no obviaba la necesidad, y la fundación de la Real Academia de las Ciencias de Francia y el Observatorio de París durante el reinado de Luis XIV, y del Observatorio Real de Greenwich en Gran Bretaña durante el reinado de Carlos II, tuvo mucho que ver con la necesidad de resolver el problema. Las rutas marítimas más conocidas se estaban llenando de barcos enormes, colmados de cargamento y cañones. Los mercaderes buscaban su fortuna, los reyes perseguían sus imperios y los corsarios y piratas los perseguían a todos. En ausencia de un sistema de precisión para la longitud, no solo era valiente sino también temerario, codicioso y suicida buscar nuevas rutas a nuevos lugares. Y así, en marzo de 1675, un diácono ordenado de 28 años, John Flamsteed, fue elegido como el primer Astrónomo Real de Gran Bretaña, a quien se le encomendó «inmediatamente que se aplicara con el cuidado y la diligencia más exactos para rectificar las tablas de los movimientos de los cielos y los lugares de las estrellas fijas, a fin de descubrir la longitud tan deseada de los lugares para el perfeccionamiento [del] arte de la navegación».^[65]

Entre los múltiples lugares utilizados por filósofos y astrónomos a lo largo de los siglos para marcar el meridiano de cero grados de longitud se encuentran Ferro, en las islas Canarias; Ujjain, en el estado indio de Madhya Pradesh; la «línea agónica» (una línea a lo largo de la cual coinciden el norte verdadero y el norte magnético, aunque no para siempre) que pasaba por las Azores; el Observatorio de París; el Real Observatorio de Greenwich; la Casa Blanca; y la Iglesia del Santo Sepulcro en Jerusalén. Entre los criterios propuestos para determinar los grados al este y oeste de cero se encuentran un

eclipse de la Luna o del Sol; un eclipse de los cuatro satélites galileanos de Júpiter; la ocultación de una estrella por la luna; una excelente brújula, insensible a las variaciones en el magnetismo terrestre; y los esfuerzos conjuntos de un excelente reloj, una flota de aviones de combate y una flota de barcos equipados para un espectáculo de luz y sonido.^[66]

Si uno confiaba en un evento astronómico, consultaba las efemérides precisas y exhaustivas de un meridiano conocido y luego las comparaba con sus propias observaciones, realizadas donde quiera que uno estuviera, calculando 15 grados de longitud por cada hora de diferencia horaria, ya que 24 horas de 15 grados equivalen a un giro completo de 360 grados de la Tierra.

Más fácil dicho que hecho.

Por un lado, las efemérides seguían siendo inexactas. Por otra parte, se necesitaría un telescopio largo y poderoso, ¿y cómo lograr que un objeto tan engorroso no se dañara con el aire salado y quedara estable en una nave agitada? El reverendo Nevil Maskelyne, autor de la *Guía del marinero británico* y del primer *Almanaque náutico*, se enfrentó a estas dificultades en 1764 cuando intentaba observar los satélites de Júpiter en el mar, y opinó: «Temo que el Manejo completo de un Telescopio a bordo permanecerá para siempre como un Desiderátum».^[67]

Seguramente un reloj portátil confiable sería una mejor solución. «Permitiría que los marineros», escribe Dava Sobel, «llevaran el tiempo del puerto de origen con ellos, como si fuera un barril de agua o un corte de carne». El problema era la fiabilidad. En 1500, incluso un buen reloj que estuviera colocado firmemente en tierra firme generalmente iba acumulando un error de 10 o 15 minutos con cada día que pasaba. Pero eso no desconcertó a Regnier Gemma Frisius, matemático holandés que propuso que un buen reloj, puesto a la hora exacta cuando un barco abandonaba el muelle, podría servir como un punto de comparación estable para la hora local que se comprobara en el mar por medio del sol, una estrella o algún otro medio, suponiendo que la exactitud del reloj se pudiera conservar a pesar de la humedad, el frío, el calor, la sal, la gravedad y el tumulto.^[68] Vaya tarea. No fue hasta 1759, después de 30 años de esfuerzos, que un artesano provincial inglés llamado John Harrison logró implementar la propuesta de Gemma.

Harrison emprendió el proyecto, no por el entusiasmo que le provocara el reto o por alguna preocupación por sus compatriotas naufragados, sino porque en el verano de 1714 el parlamento británico había presentado, en su desesperación, una serie de importantes premios en efectivo por una solución

al problema de la longitud. España había sido la primera en ofrecer un premio, en 1598; Portugal, Venecia y Holanda habían seguido su ejemplo, pero sin ningún resultado; razón por la cual Francia y Gran Bretaña pronto recurrieron a la fundación de academias científicas, la construcción de observatorios y a atraer a los astrónomos estrella de Europa, aún sin éxito. En el transcurso del siglo XVII, ni los naufragios ni las recompensas llevaron a la certeza longitudinal. Mientras tanto, la construcción del imperio se aceleraba y las tragedias marítimas se multiplicaban.

Y entonces, en 1707, Gran Bretaña sufrió un naufragio particularmente horrible: una flota de buques de guerra de Su Majestad bajo el mando del almirante sir Cloudesley Shovell (el nombre aparece escrito de diversas maneras) se hundió en las islas Sorlingas, ocasionando la pérdida de cuatro buques y la muerte de 2 000 hombres. Consternados, una coalición de capitanes de barcos, comandantes navales y mercaderes londinenses pronto solicitó al gobierno que ofreciera el «Estímulo debido» para que «algunas personas se ofrezcan» a la tarea del «Descubrimiento de la Longitud». No se especificaba ni el método ni el mecanismo. El Parlamento consultó a Newton, Halley y otros científicos notables, redactó la Ley de la Longitud y estableció la Junta de la Longitud para examinar propuestas y resultados. Las pautas eran claras: 20 000 libras para una precisión que estuviera dentro de un margen de error de medio grado, 15 000 para dos tercios de un grado y 10 000 para un grado. La precisión se evaluaría en un viaje entre la patria y las Indias Occidentales a bordo de un barco británico. Dado que tal viaje tomaría seis semanas, cualquier mecanismo que perdiera o ganara más de dos minutos, el tiempo equivalente a medio grado, durante el transcurso del viaje no podría alcanzar el premio máximo.^[69] Suena estricto, hasta que se toma en cuenta que un error de medio grado sería como dirigirse a Times Square en el corazón de Manhattan y terminar cruzando el río Hudson en Plainfield, Nueva Jersey, o como decirle al GPS que uno quiere ir a Fort Worth, Texas, y acabar en Dallas.

John Harrison creó no solo uno, sino varios cronómetros, cuya precisión superó la exigencia más estricta de la Ley de la Longitud. El primero, completado en 1735 y conocido como H-1, era un intrincado artilugio de latón para poner en la mesa que funcionaba con resortes, ruedas, varillas y balancines; el cuarto, el H-4, completado en 1759, era un exquisito reloj de gran tamaño que quedaba en posición supina en una caja acolchada y funcionaba con diamantes y rubíes. De este último declaró su creador: «Creo que me atrevería a decir que no hay ninguna otra cosa Mecánica o

Matemática en el Mundo que tenga una textura más bella o curiosa que este, mi reloj o Cronómetro para la Longitud».^[70]

Sin dejarse engañar por la belleza de H-4, los poderosos miembros de la Junta de Longitud (fervientes defensores de la búsqueda de la longitud por medio de la comparación entre la distancia angular observada de la Luna y las estrellas principales, y las distancias enumeradas en tablas que se actualizaban continuamente, compiladas por los mejores astrónomos del mundo) lucharon durante décadas para que Harrison no recibiera el dinero y el reconocimiento que le correspondían. En vez de eso, le iban presentando gotitas de fondos provisionales, nuevas condiciones, nuevos insultos y, finalmente, la confiscación directa de sus creaciones por parte de su enemigo más dedicado: el reverendo Nevil Maskelyne, un partidario de la distancia lunar y ahora Astrónomo Real de Gran Bretaña. El rey Jorge III (el mismo monarca cuyas «injusticias y usurpaciones» se enumeran en la Declaración de Independencia de Estados Unidos) finalmente entró en la acción por parte del relojero anciano en 1772, y al año siguiente el Parlamento decidió en su favor. Lo que nunca hizo la misma implacable Junta de Longitud, eso sí, fue darle el premio principal a Harrison, y nunca recibió las 20 000 libras que le correspondían.^[71]

Sin embargo, lo que Harrison recibió fue la reivindicación de James Cook, quien llevó una réplica exacta de H-4 en su segundo viaje al Pacífico, de 1772 a 1775. Tan valioso para la navegación como tener una persona de vista aguda que escudriña las aguas desde la proa del barco, el cronómetro de Harrison le dio un nuevo significado a la palabra *watch* (que en inglés significa «reloj» y también «observar»). Este reloj, escribió Cook, «superó las expectativas de su defensor más ferviente y... ha sido nuestro guía fiel en todas las vicisitudes de los climas». Se refería a él como «nuestro fiel amigo, el Reloj», «nuestro guía infalible, el Reloj», y afirmaba que «de hecho, nuestro error (de longitud) nunca podrá ser grande, siempre y cuando tengamos un guía tan bueno como [el] Reloj».^[72] Con su ayuda, cruzó el Círculo Antártico, refutando de manera concluyente la existencia de un gran continente del sur que se extendiera hacia el norte de la Antártida; reclamó algunas islas álgidas para Gran Bretaña; y cartografió las regiones del Pacífico Sur con tanta precisión que los marineros del siglo xx seguían dependiendo de sus hallazgos.

John Harrison murió en 1776, pero no lo habían ni enterrado, cuando un hábil asistente ya había comenzado a hacer imitaciones del H-4: el K-2 y K-3, más baratas y menos funcionales. Comenzaba la carrera por un cronómetro

asequible. En aproximadamente una década, la competencia entre los diseñadores de cronómetro ya se había vuelto casi tan feroz como la carrera original para descubrir la longitud. Al servicio tanto del comercio como de la conquista, tanto en nombre de la East India Company como de la Marina Real Británica, los capitanes de los barcos gastaban su propio dinero para comprar, no solo uno, sino a menudo varios cronómetros, para poder verificar unos con otros. Versiones más pequeñas y más baratas de la invención de Harrison se convirtieron en equipo esencial. La marina tenía una reserva de ellos en Portsmouth. En 1737 había un único cronometrador marino en existencia; para 1815 había unos 5 000. El HMS *Beagle*, cuya tarea de 1831 a 1836 consistía en levantar un círculo de longitudes alrededor de la Tierra, llevaba 22 cronómetros, además de un naturalista de veintitantos años, entonces desconocido, llamado Charles Darwin.^[73]

Pero hasta 1884, el mundo no había logrado ponerse de acuerdo sobre una hora oficial para la medianoche en toda la Tierra, en la cual comenzaría un día para toda la Tierra en un lugar acordado, por lo que no había un punto cero reconocido desde el cual se originaría el este y oeste geográfico. Las preferencias con respecto a la designación de longitud cero grados dependían más de la nacionalidad, la religión y el patriotismo que de la obvia utilidad de tener un estándar internacional común para tiempo y lugar. Los astrónomos del Observatorio Real de Greenwich habían obtenido y mantenido durante mucho tiempo datos precisos sobre las coordenadas celestes de las estrellas que pasaban arriba, coordenadas basadas en un primer meridiano que atravesaba el sitio de su propio telescopio. Los europeos de principios del siglo XVIII solían usar el Observatorio de París como su referencia de cero grados para la longitud en tierra; los europeos del siglo XIX solían usar el observatorio de Greenwich para la longitud en el mar.^[74] Para fines del siglo XIX, los capitanes de barco, magnates ferroviarios, ejércitos, armadas, astrónomos, geógrafos e hidrógrafos ya no podían esperar a que hubiera una consistencia absoluta. Se tenía que llegar a un acuerdo.

Por fin, obligada por una ley del Congreso de los Estados Unidos, se celebró una conferencia en 1884 en el Departamento de Estado; 25 naciones enviaron representantes; 16 enviaron diplomáticos en lugar de científicos, lo que señalaba la falta de una intención seria. Una de las primeras resoluciones tenía que ver con que un grupo de astrónomos invitados, en representación de los intereses generales de la ciencia, tendría la libertad de contribuir con sus pensamientos a la discusión como lo consideraran oportuno. Esto fracasó.^[75] Después de soportar las primeras sesiones, el reportero del semanario *Science*

se quejó: «El tiempo se ha dedicado principalmente a la diplomacia y al sentimiento político». Un representante británico irritado, el teniente general R. Strachey, tras encontrar resistencia a la posibilidad de un pleno acuerdo y precisión internacional, declaró que «la longitud es la longitud, y como geógrafo se debe repudiar la idea de longitudes de primera clase con fines astronómicos y longitudes geográficas de segunda o tercera clase». Un representante estadounidense igualmente irritado, el astrónomo Lewis Rutherford, señaló que «los delegados deberían de haber estudiado el asunto antes de venir aquí; y que nadie viniera a menos que supiera, o creyera saber, algo sobre el tema».^[76] En conjunto, fue un asunto polémico: un precursor de lo que habrían de ser las conferencias climáticas de principios del siglo XXI.

Al final, el 22 de octubre de 1884, los delegados reunidos se resignaron ante lo inevitable y reconocieron los beneficios de adoptar «un primer meridiano único para todas las naciones, en lugar de la multiplicidad de meridianos iniciales que ahora existen». Acordaron que este dividiría en dos la base de un telescopio muy especial en el observatorio de Greenwich. De ahí en adelante, habría un día «universal», «que comenzaría para todo el mundo en el momento de medianoche, tiempo medio del meridiano inicial», y que se acomodarían «los días astronómicos y náuticos para que comenzaran» en ese mismo momento.^[77] Sin embargo, no fue hasta 1911 que Francia accedió oficialmente al meridiano con sede en Greenwich.

Muy a lo lejos, en el futuro previsible, incluso mientras los continentes se desplazan y las fronteras nacionales se vuelvan a dibujar por la fuerza o la justicia, el sistema de coordenadas de latitud y longitud de la Tierra, que tanto esfuerzo costó, persistirá como marco de referencia. Pero no para todos, y no para todos los fines. Un siglo después de la Conferencia Internacional de Meridiano de 1884, el primer meridiano de Greenwich, basado en cielo y telescopio, perdió su autoridad general ante un meridiano más refinado, basado en el campo gravitacional global de la Tierra y establecido por pulsos de luz láser dirigidos contra satélites reflectantes. Debido a la distribución desigual de la masa en la corteza y el manto de la Tierra, si uno baja directamente desde el primer meridiano original, no intersectará con el centro de nuestro planeta. Pero si uno sigue al meridiano advenedizo, el «geodésico» —102 m al este del tradicional primer meridiano de Greenwich— pasará justo a través del centro de masa exacto de la Tierra.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos había estado trabajando en un meridiano geodésico desde principios de la Guerra Fría. Para la década de 1980, las nuevas técnicas y mayores cantidades de datos hicieron

posible que los científicos de la Tierra y el espacio se pusieran de acuerdo sobre un sistema viable e internacionalmente consistente que, tras haber sido adoptado por la Agencia de Defensa en Cartografía de Estados Unidos en 1984 e incorporado a la constelación GPS del país, se ha vuelto el estándar global para la navegación por satélite y la base del Tiempo Universal.^[78] Una vez más, con un esquema tan antiguo como la civilización, se unieron las estrellas y las barras para lograr una exactitud cada vez mayor: explotar las necesidades mutuas, logrando así de manera pasiva y activa los fines mutuos.

EQUIPANDO AL OJO

Ver sin ayuda es una forma débil de interactuar con las glorias del universo. Sin todos los apoyos ópticos que salvan todas esas distancias físicamente insalvables, no podemos ni acercarnos a saber qué hay ahí fuera. Los seres humanos necesitan enormes cantidades de ayuda solo para reconocer lo que ocurre en el cosmos visible, y ni hablar de los eventos multitudinarios que ocurren en las bandas de luz no visibles.

Por sí solo, el ojo humano es bueno para detectar, aunque no excelente: tiene la capacidad de resolver los datos visuales de apenas un sesentavo de grado en un círculo completo de 360 grados. Con ese rango de longitud de onda tan vergonzosamente estrecho (comprendido entre las 400 y las 700 000 millonésimas de metro), la retina humana detecta una mera tajada del espectro electromagnético. A esa tajada se le asignó un nombre evidente: luz visible. Si se piensa en la luz como una onda que viaja a través del espacio, la longitud de onda es simplemente la distancia entre dos crestas consecutivas. Si se registra cuántas crestas pasan por segundo, se obtendrá la frecuencia. Sea cual sea la velocidad de la onda que pasa, cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor será la frecuencia de la onda.

El espectro electromagnético completo podría extenderse para siempre en ambas direcciones: hacia longitudes de onda cada vez más largas, quizás limitadas por el tamaño del universo mismo, o hacia longitudes de onda cada vez más cortas, tal vez limitadas por la física cuántica. En la actualidad tenemos la tecnología para detectar longitudes de onda que van desde menos de una cien mil millonésima parte de un metro (rayos gamma de alta frecuencia) hasta muchos cientos de kilómetros (ondas de radio de frecuencia extremadamente baja). Es un factor de cuatrillones.

Hace milenios, si uno quería mirar al cielo o al otro lado de un amplio valle, podría haber usado un largo tubo de observación para enfocar la atención y reducir el resplandor, así como lo hizo Aristóteles y probablemente

sus predecesores. Pero ningún tubo vacío, por largo que fuera —ya sea que lo hubiera fundido en oro un obrero asirio en la Antigüedad o tallado en jade un antiguo artesano chino, o que un papa medieval con astucia matemática lo hubiera sujetado a una esfera armilar—^[1] mejoraría la capacidad fisiológica para detectar el planeta Neptuno o evaluar el tamaño de un ejército o armada rival amontonándose en una orilla distante.

Sin embargo, con colocar un par de lentes en el tubo, se tiene un telescopio óptico.

El telescopio, una herramienta para potenciar los sentidos, permite que *detectemos* cosas demasiado desvanecidas como para verlas, y que *resolvamos* los detalles en donde los ojos de otro modo fallarían. Primero, nos muestra que un objeto existe; luego, al revelar la forma, el movimiento y el color del objeto, alude a lo que podría ser el objeto. La tarea del telescopio es recopilar a cierta distancia la mayor cantidad de información visual que pueda, y alimentar a nuestro cerebro a través de los ojos.

Ya sea que uno esté escudriñando al enemigo o escudriñando los cielos, cada trocito de información entregada por el telescopio lleva un rayo de luz. Estructuralmente, un telescopio es poco más que una cubeta para atrapar fotones. Ya sea que nuestro objetivo sea la detección o la resolución, cuanto mayor sea el diámetro de nuestra cubeta de luz, más fotones capturaremos. El área de recolección va aumentando como el cuadrado del diámetro; en otras palabras, si se triplica el diámetro, se aumenta nueve veces la capacidad de detección del telescopio. La resolución depende del diámetro de nuestro telescopio dividido entre la longitud de onda de la luz que se está observando. Para maximizar la resolución, queremos una cubeta mucho mucho más ancha que la longitud de onda elegida. Para la luz visible, con sus longitudes de onda que se miden en cientos de nanómetros, una cubeta de varios metros de ancho lo logra estupendamente. Y así como el amante del vino desea tener una copa tan delgada que el límite entre los labios y el vino casi esté ausente, el astrofísico quiere que las limitaciones de diseño del telescopio, las susceptibilidades del observador humano y las distorsiones de la atmósfera de la Tierra estén lo más ausentes posible de los datos.

La ayuda para ver a distancia llegó apenas hace cuatro siglos, en forma de un par de lentes del tamaño de una galleta firmemente fijados dentro de un tubo y presentados por un fabricante de anteojos llamado Hans Lippershey en septiembre de 1608 —justo en medio del conflicto entre la iglesia católica y

la protestante, conocido como la Guerra de los Ochenta Años— al príncipe Mauricio de Nassau, comandante en jefe de las fuerzas armadas de las Provincias Unidas de los Países Bajos. Este tubo fue el primer telescopio como Dios manda, históricamente fundamentado, aunque abundan las alusiones a otros anteriores. En medio año, Galileo ya se había enterado del instrumento indispensable de Lipperhey y había construido uno mejor de su propio diseño.

Los primeros telescopios reunían poca luz y sus imágenes de objetos distantes, ya fueran celestes o terrestres, eran borrosas, distorsionadas y apenas visibles. Las lentes eran pequeñas y gruesas, hechas de vidrio imperfecto, imperfectamente curvadas y pulidas. En los días en que, a pesar de los panegíricos de los primeros escritores, un telescopio ofrecía apenas más datos de los que darían un par de lentes de ópera comunes, sus logros generalmente se describían en términos de ampliación, más que resolución. El primer telescopio de Galileo, un tubo de plomo con dos lentes para gafas compradas en la tienda, y ensamblado a principios del verano de 1609, hacía que los objetos parecieran estar tres veces más cerca. Al igual que con la aritmética que aplicamos al área de recolección de los telescopios, cuando cuadramos el factor de tres, obtenemos objetos que son nueve veces más grandes de lo que aparecerían con el ojo desnudo. Para finales del otoño, Galileo se había construido un telescopio en el que los objetos parecían 60 veces más grandes.^[2]

Por supuesto, los astrónomos del siglo XVII no sabían lo mal que estaban sus telescopios; solo sabían lo buenos que eran comparados con la visión humana. Así lograron descubrir algunas cosas maravillosas. En el verano de 1609, el astrónomo inglés Thomas Harriot, asesor científico de sir Walter Raleigh, vio a la luna creciente con suficiente claridad como para dibujar algunas de sus características superficiales: la representación más antigua conocida de la Luna vista a través de un catalejo.^[3] Ese otoño, Galileo, con un telescopio mucho mejor a su disposición, observó y dibujó las montañas y cráteres de nuestra Luna, así como otras «vistas muy grandiosas y maravillosas»: un cuarteto de lunas que circundaban a Júpiter; estrellas adicionales en la nebulosa de Orión y el cúmulo de Pléyades; y un par de compañeros intermitentes cerca de Saturno. Medio siglo después, mientras miraba por un telescopio aún más grande y mejor, Christiaan Huygens observó que los compañeros de Saturno eran en realidad dos arcos de un anillo. Apenas 20 años después, a través de un telescopio aún mejor, Giovanni Cassini detectó dos anillos concéntricos, separados por un hueco.

Durante milenios antes de los bombardeos aéreos, el cielo era el dominio del aire, la luz, la lluvia, el viento y las deidades. No había ninguna razón para imaginar que los peligros militares pudieran evitarse con mirar hacia arriba. Los ejércitos avanzaban en oleadas sobre el suelo. La noción de que el cielo es un lugar que hay que vigilar para protegerse de adversarios humanos es una perversión del siglo xx. Sin embargo, monitorear el lejano paisaje terrestre era un sueño largamente anhelado por generales, oculistas, navegantes y topógrafos por igual.

Sucede que cuando Hans Lipperhey llegó a La Haya en septiembre de 1608 para presentar lo que su carta de presentación llamaba «un determinado dispositivo por medio del cual todas las cosas a una distancia muy grande se pueden ver como si estuvieran cerca», se estaban llevando a cabo intensas negociaciones de paz, y la ciudad estaba atiborrada de delegaciones de diplomáticos. Los franceses estaban mediando entre los representantes holandeses y sus adversarios españoles y belgas, y ambas partes estaban divididas internamente sobre la sensatez de seguir luchando. En medio de todo esto entró ese agradable hombre de Middelburg con su invención óptica, en busca de promesas de una patente y una pensión. No solo obtuvo lo que quería, sino que su invento parece haber jugado un papel sorprendente en las negociaciones.

De acuerdo con el relato de una persona enterada, escrito a principios de octubre, en donde describía las maravillosas capacidades del invento, apenas unos días después de que el comandante en jefe de las fuerzas armadas españolas abandonara La Haya, «desde la torre de La Haya, uno ve claramente, con dichos lentes, el reloj de Delft y las ventanas de la iglesia de Leiden, a pesar de que estas ciudades están a una hora y media, y tres horas y media por carretera, respectivamente, de La Haya». El parlamento holandés quedó tan impresionado con el dispositivo de Lipperhey que le enviaron el instrumento al príncipe Mauricio, diciendo que «con estos lentes verían los trucos del enemigo». El comandante en jefe español, igualmente impresionado, le dijo al príncipe Enrique, pariente de Mauricio: «De ahora en adelante yo ya no podría estar a salvo, porque me verán desde lejos». A lo que Enrique respondió: «Prohibiremos a nuestros hombres que os disparen».

El escritor luego elabora sobre el potencial del instrumento:

Dichos lentes son muy útiles en asedios y ocasiones similares, ya que desde una milla y más de distancia se pueden detectar todas las cosas de forma tan clara como si estuvieran muy cerca de nosotros. E incluso las estrellas que normalmente son invisibles para nuestra vista y para

nuestros ojos, debido a su pequeñez y a la debilidad de nuestra vista, pueden verse por medio de este instrumento.^[4]

Desde su nacimiento, el telescopio representó la convergencia de la guerra y la astronomía. Era, obviamente, un instrumento de doble uso. Cualquier cortesano podía ver que revolucionaría tanto la recopilación de inteligencia como la observación del cielo. Es por eso que Lipperhey obtuvo su dinero, el príncipe Mauricio recibió sus «lentes» y España firmó la Tregua de los Doce Años con la joven nación holandesa el 9 de abril de 1609.

Al Vaticano también se le advirtió de las sofisticadas implicaciones de la invención. En una carta escrita al cardenal Scipione Borghese justo antes de la firma de la tregua, el arzobispo de Rodas dedica tres párrafos completos a describir la nueva posesión de Mauricio y anunciar que un objeto similar se dirige a Su Santidad en el próximo correo. El comandante español, escribe el arzobispo, pensaba que Mauricio «había adquirido este instrumento en tiempos de guerra para reconsiderar a distancia, u observar lugares que pudiese querer asediar, sitios de campamentos o fuerzas enemigas que avanzaban, o situaciones similares que podrían aprovecharse para su ventaja». Habiendo probado él mismo uno de esos instrumentos e impresionado por lo que se veía a 15 km de distancia, el arzobispo estaba seguro de que «proporcionará mucho regocijo [y] placer» a sus superiores.^[5]

Cinco meses después, a finales de agosto de 1609, Galileo Galilei, quien se describía a sí mismo como un «patricio florentino y matemático público de la Universidad de Padua», ascendió al campanil de San Marcos en la República de Venecia, acompañado por los senadores de la República, para demostrar su propio catalejo mejorado significativamente. Al haber cumplido su misión, donó el catalejo al senado y solicitó un patrocinio (con éxito) al *dogo*, el principal magistrado de la república. Otros emprendedores-inventores habían estado ocupados trabajando y demostrando versiones de este nuevo instrumento tan apetecible, del cual se había difundido la noticia a lo largo y ancho de Europa. Uno de esos inventores parece haber hecho su petición a los senadores de Venecia antes de que lo hiciera Galileo, pero Galileo tenía una poderosa conexión veneciana que allanó el camino para él y que, incluso, posiblemente le permitiera examinar la versión de su competidor.^[6]

Junto con la donación de Galileo venía una propuesta de negocios escrita para el *dogo*:

Galileo Galilei, el más humilde servidor de Vuestra Alteza Serena... aparece ahora frente a Usted con un nuevo artilugio de anteojos, extraídos de las especulaciones más recónditas de

perspectiva, que hace que los objetos visibles estén tan cerca del ojo y los represente tan claramente que aquellos que están distantes, por ejemplo, a 9 millas, aparezcan como si estuvieran a solo una milla de distancia. Esto es algo de inestimable beneficio para todas las transacciones y empresas, marítimas o terrestres, que nos permiten descubrir en el mar a una distancia mucho mayor que la habitual los cascos y velas del enemigo, de modo que durante dos horas o más podamos detectarlo a él antes de que él nos detecte a nosotros y, al distinguir el número y el tipo de embarcaciones, juzgar su fuerza, para prepararnos para la persecución, el combate o la fuga; y de igual manera, permitiéndonos en tierra mirar dentro de las fortalezas, barracones y defensas del enemigo desde alguna prominencia, aunque alejados, o también en campaña abierta para ver y distinguir en detalle, para nuestra gran ventaja, todo sus movimientos y preparaciones; además de muchos otros beneficios, claramente manifiestos a toda persona juiciosa.^[7]

¿Qué podría ser más útil militarmente para una república marítima del siglo XVII que la capacidad de monitorear los buques enemigos? En efecto, pocas cosas podrían ser más útiles para cualquier tipo de república, en cualquier siglo, que la capacidad de controlar los movimientos del enemigo en cualquier lugar: tierra, mar, aire, espacio o en línea. Con el tiempo, los satélites —descendientes del catalejo— les permitirían hacerlo.

En el año de 1267, más de tres siglos antes de que Hans Lipperhey pusiera dos lentes en un tubo y se dirigiera al general más cercano, un fraile franciscano estudioso llamado Roger Bacon envió al papa Clemente IV un importante tratado científico. Algunas de sus ideas estaban adelantadas a su tiempo:

[P]odemos así formar cuerpos transparentes, y organizarlos de modo tal con respecto a nuestra vista y objetos de visión, que los rayos se refracten y se doblen en cualquier dirección que deseemos, y bajo cualquier ángulo en que deseemos veremos el objeto cerca o a la distancia... Por lo tanto, un pequeño ejército podría parecer muy grande y, a cierta distancia, podría parecer estar muy cerca, y al revés. Así también podemos hacer que el sol, la luna y las estrellas en apariencia descendan aquí abajo, y de manera similar, aparezcan por encima de las cabezas de nuestros enemigos...

Nadie, posiblemente incluido el propio Bacon, le dio seguimiento a su sugerencia, ya sea porque el concepto de Bacon era demasiado espeluznante para su época o porque los fabricantes de vidrio aún no estaban a la altura de la tarea o porque los doctos señores tenían poco interés en asuntos prácticos. Para el siglo XVI, sin embargo, se habían desempolvado sus escritos y revivificado sus ideas.

Uno de esos que resucitó a Bacon fue John Dee, erudito matemático, astrónomo y experto en ciencia de Oxford, quien poseía al menos una de las obras de Bacon. En su «preámbulo muy fructífero» a una traducción al inglés de la *Geometría* de Euclides en 1570, Dee decía a sus lectores que cualquiera

que deseara «hacer un informe verdadero... de los números y sumas, de los lacayos o jinetes, en los enemigos que se ordenan... se verían maravillosamente servidos, por los Anteojos de perspectiva». Menos de una década después, en un libro titulado *Invencciones o dispositivos. Muy necesarias para todos los generales y capitanes, o líderes de hombres, tanto por mar como por tierra*, un tal William Bourne escribió que un par de anteojos correctamente colocados «es muy necesario en diversos aspectos, como la visión de un ejército de hombres, y otras causas similares». Y en 1589, en su gran éxito *Magia naturalis*, Giovanni Battista Della Porta habló del antiguo «vidrio» de un rey egipcio, «por medio del cual, a 600 millas, vio venir las naves enemigas».^[8]

El horizonte real de la Tierra se encuentra a una distancia de unas pocas docenas de kilómetros de cualquier observador, pero las exageraciones de la distancia al enemigo sin duda son perdonables dada la efervescente anticipación de lo que harían los lentes de vidrio algún día. No es de extrañarse, entonces, que cuando Lipperhey demostró su ayuda óptica en La Haya en el otoño de 1608 ante un grupo de militares, ministros y mediadores, comprendieron al instante su utilidad militar. El principal negociador francés no perdió tiempo en obtener dos para la corte francesa. La primavera siguiente, Galileo no solo se había enterado de la invención, sino que el archiduque de Austria y el papa poseían cada uno un telescopio, se vendían catalejos que medían un pie de largo en las calles de París y Milán, y se había declarado la paz entre la España católica y los Países Bajos protestantes.^[9]

La tregua duró hasta 1621. Con la reanudación de la guerra, el comandante en jefe español Ambrogio Spinola retomó su mando. El asedio y la rendición de la ciudad fortificada de Breda entre 1624 y 1625 llevaron a la muerte al príncipe Mauricio y le dieron la victoria transitoria a Spinola, a quien el pintor español Diego Velázquez retrató en un imponente lienzo recibiendo con toda gentileza la llave de la ciudad. Empuñado en la mano izquierda enguantada de Spinola y posicionado cerca del punto focal de la pintura, como para enfatizar su papel en la victoria, hay un catalejo de casi dos pies de largo.^[10]

En la historia, son pocas las personas que han llegado al final de su vida sin haber sido testigos de alguna guerra, y los europeos del siglo XVII no fueron la excepción. Lo que distingue a ese capítulo es el nivel sin precedentes de comercialización y burocratización de su búsqueda. Los empresarios,

comerciantes y gobernantes europeos dedicaron enormes cantidades de dinero y esfuerzo a la mejora de las armas y a la institucionalización de fuerzas activas y pagadas que ascendían a las decenas de miles. Muchos de los mejores científicos e inventores de Europa, además de considerar cuestiones relacionadas con el comercio, la minería y el transporte marítimo, abordaron cuestiones relacionadas directa o indirectamente con la tecnología militar: explosivos, balística, velocidad, resistencia del aire, impacto, armamentos innovadores, nuevos métodos de cronometraje, nuevos medios de medir para crear mapas y, por supuesto, una serie de nuevos instrumentos de avistamiento.^[11] En palabras de William Molyneux, experto irlandés en óptica en el siglo XVII, utilizar un instrumento de avistamiento era, en efecto, armarse:

Se manifiesta en los Experimentos, que el Poder Ordinario del Ojo del Hombre no se extiende más allá de percibir lo que subyace a un Ángulo de aproximadamente un Minuto, o menos. Pero cuando un Ojo está armado con un Telescopio, puede discernir un Ángulo en menos de un Segundo.^[12]

Los bardos y escribas tampoco fueron inmunes a la fiebre de la guerra. En Inglaterra, asolados en el siglo XVII por 55 años de guerra real y muchos años adicionales de estar prácticamente en guerra, los escritores inventaron una gran cantidad de metáforas militares. Mientras la Marina Real se preparaba para la guerra con los holandeses, ordenando cientos de cañones y miles de granadas de mano,^[13] el poeta Samuel Butler componía una larga sátira sobre los astrónomos de la Royal Society mientras observaban la luna llena, describiéndolos como hambrientos de conquista cósmica:

Y ahora ese noble tubo, esa escala
Con la que el cielo mismo se asalta,
Estaba de lleno contra la Luna montada;
Y todos se aprestaron para arrojarse,
Impacientes por saber de quién sería el honor
De plantar en ella la primera enseña.^[14]

Pensemos en el telescopio naciente como el emblema de toda una sociedad que se está preparando para la expansión, no de la mente, sino de la billetera, la caja de joyas, la mesa y el vestuario. Los comerciantes estaban buscando oportunidades. Ejércitos y armadas estaban en movimiento. Se estaba volviendo estratégicamente necesario conseguir una buena vista no solo de los cielos, sino también de las colinas, bosques, puertos, palacios y rutas marítimas.

A un siglo de su invención, el telescopio ya venía en muchos modelos: algunos con espejos, algunos con dos lentes, otros con tres lentes, algunos destinados a apoyarse en soportes, algunos lo suficientemente pequeños como para llevarlos en el bolsillo y sin duda en la mano, otros más cuyos tubos eran tan grandes como un edificio, y otros cuyos componentes estaban muy separados y suspendidos en el aire sin el beneficio de un tubo.^[15] Algunas de las versiones más tempranas eran binoculares, incluidos tres encargados por el gobierno holandés a Hans Lipperhey y entregados en condiciones operativas en febrero de 1609.

Aunque ninguno de los telescopios del siglo XVII estaba a la altura de los de los siglos posteriores, y no todos pudieron dominar la habilidad de ver a través de ellos, el telescopio y su primo, el binocular, de todos modos rebosaban de potencial astronómico y militar. Pero la amplitud de las posibilidades astronómicas fue surgiendo solo de manera gradual e incidental. Apenas existieron telescopios astronómicos de campo amplio que fueran aceptables hasta la segunda mitad del siglo, momento en el que el némesis de Isaac Newton, el talentoso científico británico Robert Hooke, tendría una buena razón para especular que «aún podrían inventarse varias otras ayudas para la vista, excediendo por mucho las ya encontradas, así como estas exceden a la simple vista, de modo tal que podamos quizá ser capaces de descubrir *Criaturas vivas* en la Luna, u otros planetas [cursivas en el original]». Sin embargo, al principio, en lugar de mirar una sección no cartografiada del cielo para ver qué podían ver y así hacer sus propios descubrimientos, los observadores del cielo generalmente apuntaban sus telescopios hacia arriba solo para observar algunos de los descubrimientos de Galileo: los cuatro satélites principales de Júpiter, la superficie texturizada de la Luna, los dos «sirvientes» de Saturno «que lo ayudan a caminar y nunca se apartan de su lado» (los anillos de Saturno que apenas se distinguían y se extienden de ambos lados del planeta, el segundo más grande del sistema solar).^[16]

Así que no, los descubrimientos astronómicos apenas si eran la orden del día principal. Los primeros telescopios se consideraron principalmente como ayuda para el reconocimiento: dispositivos terrestres destinados a volverse hacia el mar en lugar de al cielo, y a utilizarse durante el día y no la noche. Anunciados como para los Chiang Kai-shek y los Benito Mussolini de su época, y no para los Carl Sagan o los Stephen Hawking, los mejores de estos instrumentos habrían sido la posesión preciada de solo un puñado de oficiales selectos.

Hasta las décadas de 1630 y 1640, el catalejo galileano, liviano, portátil y de dos lentes —el lente que estaba cerca del ojo era cóncavo, y el que estaba más cerca del objeto era convexo— tenía el mercado prácticamente para sí. Sus imágenes, aunque relativamente pequeñas y difusas, al menos llegaban al ojo sin estar de cabeza. Como lo describió más adelante Johannes Kepler, una versión alternativa —con dos lentes convexos— ofrecía un campo de visión más amplio, pero la imagen llegaba al revés. Para los astrónomos sin prisas que estudian el espacio, en donde no hay arriba ni abajo, una imagen invertida no es una desventaja devastadora. Pero para los generales y los almirantes, que suelen hacer su reconocimiento bajo presiones de tiempo y posición, es crucial la rapidez de lectura, ya sea en el campo de batalla, las almenas, la cubierta o el promontorio.

A pesar de toda la publicidad anticipada en torno al catalejo, algunos planificadores militares permanecieron ciegos a sus beneficios.^[17] Sin embargo, en general, la evidencia de todo el mundo muestra que los telescopios terrestres pronto aparecieron en una variedad de situaciones militares, especialmente la vigilancia y el reconocimiento.

En 1615, por ejemplo, tras el hundimiento del navío español Santa Ana por parte de la Compañía Neerlandesa de las Indias Orientales, cerca de Lima, Perú, un capitán español que había sido capturado y detenido hasta que los holandeses llegaron a Acapulco, México, informó a los funcionarios mexicanos que, mientras los holandeses estaban anclados cerca de un puerto peruano, habían «avistado un barco a través de unos tubos que transportan, por medio de los cuales pueden ver más de seis leguas», o unos 30 km. En 1620, el gobernador colonial inglés de las islas Bermudas informó haber pasado varias horas mirando por su «lente de perspectiva» desde el fuerte de Warwick, monitoreando cómo se acercaba una nave extraña. En 1626, antes de ingresar al puerto de La Habana, el comandante de una flota de la Compañía de las Indias Occidentales se basó en su propio «anteojo de larga vista» para examinar la situación. Los observadores a bordo de las numerosas embarcaciones holandesas que navegan los mares década tras década, desde Java y Nueva Ámsterdam hasta Sudáfrica y Sudamérica, utilizaban sus telescopios para explorar el horizonte en busca de corsarios. En el Japón del siglo XVII, cuando se prohibió el cristianismo y se entendió a los misioneros cristianos como agentes del colonialismo europeo, se permitía que los buques mercantes extranjeros ingresaran al país solo a través de dos puertos, uno de los cuales era Nagasaki, donde las estaciones de vigilancia costera estaban equipadas con telescopios para observar las aguas.^[18]

En tierra, los comandantes que tenían telescopios descubrieron que ahora podían ejercer un grado de control sobre los frentes de varios kilómetros de ancho, en lugar de correr de un lado a otro para ver de cerca pequeños segmentos del campo de batalla. A mediados del siglo XVIII, Federico el Grande, el formidable rey de Prusia —quien valoraba enormemente los mapas detallados, pero creía que «cuando podemos hacer uso de nuestros propios ojos, nunca deberíamos confiar en los de otras personas»— adoptó la costumbre de que le instalaran su campamento en un mirador, donde podría usar su propio telescopio a su conveniencia.^[19] Mientras tanto, a 6 000 km al oeste, un virginiano educado llamado George Washington hacía un pedido de telescopios de Londres para ayudarse en su trabajo como topógrafo público y cartógrafo, y en sus esfuerzos por asegurarse de que los veteranos de Virginia de la guerra franco-india obtuvieran las «tierras de recompensa» que les habían prometido.^[20]

En las colonias norteamericanas, casi todos los que quisieran un telescopio —o, de hecho, prácticamente cualquier instrumento científico— lo habrían pedido a Londres o París. Muchos de los hombres que gastaban libras esterlinas en un telescopio construido por los estimados fabricantes de instrumentos ingleses John y Peter Dollond habían nacido en Gran Bretaña o habían sido educados ahí, o se identificaban con los intereses británicos en las colonias. Otros eran rebeldes, miembros del Congreso Continental, oficiales del Ejército Continental, firmantes de la Declaración de Independencia. En 1776 en King's College (precursor de la Universidad de Columbia en la ciudad de Nueva York), por ejemplo, mientras que el presidente, la mayor parte del profesorado y la mitad de los estudiantes se declararon lealistas, el bibliotecario y tutor irlandés de la universidad, Robert Harpur, astrónomo, se unió a los rebeldes.

Gradualmente el estudio de la astronomía, la geografía, las matemáticas y la física fue ganando terreno en las colonias. La utilidad («la *Inclinación* se unió con la *Capacidad* de servir a la Humanidad, al País, a los Amigos y a la Familia», como lo expresó Benjamín Franklin),^[21] se volvió un objetivo importante de la educación y la investigación científica. En 1743, en Filadelfia, Franklin y otros investigadores fundaron la Sociedad Filosófica Estadounidense, dedicada a la búsqueda de «todos los Experimentos filosóficos que dejan entrar la Luz a la Naturaleza de las Cosas, tienden a aumentar el Poder del Hombre sobre la Materia y multiplican las

Conveniencias o Placeres de la Vida». Cuatro décadas más tarde, en Massachusetts, un equipo similar fundó la Academia Estadounidense de las Artes y las Ciencias (cuyo sello muestra a Minerva, diosa romana de la guerra y la sabiduría) para «promover el interés, el honor, la dignidad y la felicidad de un pueblo libre, independiente y virtuoso». Franklin, Washington y otros padres fundadores pronto se unieron a sus filas.^[22] Y si todo eso no nos hiciera añorar las épocas pasadas, consideremos esto: en la cuarta elección presidencial de los Estados Unidos, en 1800, el presidente en ejercicio de la Sociedad Filosófica Estadounidense se enfrentó contra el presidente en ejercicio de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias.

Antes de eso, por supuesto, tuvo que haber una primera elección presidencial, que fue precedida por la toma de mando del Ejército Continental por George Washington en 1775. Una de las primeras iniciativas de Washington fue la recolección de equipo militar para su uso en el campo. La indumentaria y las carpas eran grandes preocupaciones; los catalejos para sus oficiales también. A medida que se acercaba la campaña por el control de Nueva York, también contempló conseguir un telescopio potente para observar los campamentos británicos en Long Island y las naves británicas en el río Hudson. El único que conocía en cualquier parte de las colonias estaba en King's College.

Los neoyorquinos estaban contentos de cooperar. Las actas de la Convención de Nueva York de agosto de 1776, un mes después de que se reuniera el Segundo Congreso Continental en Filadelfia y ratificara la Declaración de Independencia, incluyen la siguiente resolución:

Considerando que su Excelencia el General *Washington* necesita un buen Telescopio; y puesto que es absolutamente necesario un buen Telescopio para que el Comandante en Jefe del Ejército Continental descubra los arreglos y las operaciones del enemigo:

Se resuelve, Que el Presidente del Comité General de la Ciudad de *Nueva York*, junto con otros miembros de ese Comité que considere apropiados, lleve y entregue a Su Excelencia el General *Washington*, para su uso, el Telescopio que pertenece a y forma parte del aparato del Colegio de Nueva York.

No. 2. *Se resuelve*, Que la Convención de este estado de Nueva York indemnizará a los gobernadores del Colegio en Nueva York, por cualquier golpe, pérdida o daño que pudiese ocurrirle al Telescopio propiedad de dicho Colegio.^[23]

Para el 7 de agosto, el instrumento ya había sido entregado a la sede de Washington en la ciudad de Nueva York. Poco después, Washington le escribió al general de brigada George Clinton (quien pronto sería el gobernador del estado de Nueva York y, tiempo después, vicepresidente de Jefferson y Madison): «Por la inteligencia recibida y los movimientos

observados del enemigo, tenemos mucha razón para creer que se llevará a cabo un ataque general en el transcurso de unos días».

Por supuesto, la simple posesión de un telescopio para proporcionar inteligencia no es garantía de victoria. A finales de agosto, los británicos derrotaron al Ejército Revolucionario en Long Island, y los soldados que quedaban escaparon a la isla de Manhattan en medio de la noche. El 5 de septiembre, Washington le escribió al general de división William Heath, aconsejándole cómo llevar a cabo sus operaciones tomando en cuenta las condiciones peligrosas a mano:

Puesto que todo depende de algún modo de la obtención de inteligencia sobre los movimientos del enemigo, os ruego encarecidamente a usted y al general Clinton que se esfuercen para lograr este fin tan deseable. No escatiméis esfuerzos ni gastos para que esto suceda...

Mantened, además de esta precaución, vigilantes constantes (con buenos anteojos [es decir, catalejos]) en algunas alturas dominantes que tengan buena vista de la otra orilla (y especialmente hacia las bahías, en donde se pueden ocultar barcos), para que puedan observar, más particularmente en la noche, si hay algún movimiento raro... Yo aprobaría muchísimos de pequeños destacamentos de hostigamiento, que entraran a hurtadillas, por así decirlo, durante la noche, ya que podrían mantener al enemigo alarmado, y es más que probable que pudiesen sacar a un prisionero, de quien se puede obtener información valiosa.^[24]

El consejo fue excelente (la CIA y varios escritores consideran a George Washington como un jefe de inteligencia y de espías de primera clase), pero los resultados fueron variados. Para mediados de noviembre, los británicos y sus mercenarios ya se habían apoderado de todo Manhattan, y las fuerzas de Washington se habían retirado a Nueva Jersey. Para mediados de diciembre, el Ejército Revolucionario, muchas veces derrotado, se estaba quedando sin recursos, soldados, tiempo y moral. Sin embargo, bajo el mando de Washington, 5 000 o más hombres y un puñado de mujeres, hambrientos y muchos de ellos enfermos, algunos descalzos, alcanzaron el lado de Pensilvania del río Delaware antes de que llegara la peor parte del invierno. Para hacer el viaje, se habían apoderado de todas las barcazas de madera para carga pesada que pudieron. Pronto se les unieron los que quedaban de un par de divisiones más.

Una noche de viento y aguanieve, el 25 de diciembre de 1776, más de 2 000 soldados lograron regresar al lado del río que está en Nueva Jersey. Tomaron por sorpresa al enemigo en Trenton, al amanecer. Fue un giro radical. La pintura heroica de Emanuel Leutze, *Washington cruzando el Delaware* —en honor de la inminente victoria y la flamante nación— representa una fila de botes de remos que se extienden casi hasta el horizonte, con Washington de pie, decidido, en el barco que está en primer plano, con la pierna derecha apoyada en la proa, mientras que la tripulación multiétnica de

revolucionarios batalla con los remos y palas en el río atascado de hielo y la luz se empieza a colar por el cielo de la madrugada. Del lado izquierdo del comandante cuelga un sable; en la mano derecha tiene un telescopio.^[25]

Para finales del siglo XVIII, el telescopio ya tenía un papel reconocido para librar guerras. Ningún estratega de primer nivel habría atacado al enemigo sin uno. La opción de una sección media plegable —un refinamiento del tubo hueco estándar con sus lentes en cada extremo— aumentó la portabilidad del instrumento. Una firma óptica británica anunciaba que su telescopio refractario había sido «favorecido con la Aprobación de los mejores Jueces de la Teoría, así como con aquellos Caballeros cuya capacidad naval o militar les ha dado una familiaridad más que ordinaria con el Uso del mismo».^[26] Hoy en día, los escritores de historia espolvorean sus relatos de batallas pasadas con referencias a algún coronel, general, capitán de barco o ciudadano preocupado —ya muerto desde hace mucho— que observa alarmado por un telescopio mientras se materializa en el horizonte un bosque de mástiles o mientras pasa lentamente el telescopio a lo largo de un paisaje, como si fuera un pedrero, o asomándose murmurando por un telescopio, o cerrando su telescopio con decisión una vez que vio lo que necesitaba ver.

El telescopio también sirve como soporte clave para un cuento apócrifo que involucra al almirante más famoso de Inglaterra, el manco y tuerto Horacio Nelson. En 1801, durante la batalla de Copenhague —justo después de haber impedido que Napoleón ejecutara sus planes para Egipto e India— Nelson fue el segundo al mando del almirante sir Hyde Parker. Su objetivo era romper una alianza de libre comercio y paso libre en el norte de Europa, la cual Gran Bretaña consideraba demasiado ventajosa para Francia. Se despachó a Parker, a Nelson y a su flota para convencer a Dinamarca, por cualquier método posible, de que se retirara de la alianza. Parker (quien prefería la precaución y la negociación) posicionó sus naves al norte de Copenhague y envió a Nelson (quien prefería la intimidación al punto de la aniquilación) y sus naves para que atacaran desde el sur. Con una batalla feroz y humo espeso, Nelson no retrocedió. Dos horas después del ataque, cuando el buque insignia de Parker dio señal de que se detuviera el bombardeo británico, Nelson levantó el catalejo a su ojo ciego y anunció que simplemente no veía la señal. A pesar de ser tan cauteloso, Parker murió en la batalla, mientras que el beligerante de Nelson prevaleció. Los daneses

firmaron una tregua y entró al idioma inglés la frase *turn a blind eye* [«mirar con el ojo ciego», en el sentido de hacerse de la vista gorda].

Pero el telescopio terrestre portátil, incluso en manos de un comandante brillante, no podía revolucionar la guerra por sí solo. George Washington, por ejemplo, valoraba a los espías incluso más que a los catalejos, como lo demuestra una carta del 10 de julio de 1779, en la que escribe a un general de brigada: «Los hombres solos en la noche tendrán más posibilidades de comprobar los hechos que los mejores anteojos del día».^[27] Un telescopio podría facilitar la recopilación de datos sobre las fuerzas enemigas cercanas, las fuerzas propias, el terreno local, el clima y las carreteras locales. Podría facilitar el rechazo de algunas tácticas y la adopción de otras. Pero lograr la victoria en una sola batalla seguía siendo un proceso tan abrumador, multifacético, engorroso y difuso como siempre. Un comandante con un catalejo podría observar el contingente de avanzada de una caballería enemiga que estaba más allá de la próxima colina o al otro lado del río, para así idear rápidamente un método para matarlos a todos, pero sería tarea de sus tenientes y soldados implementar sus órdenes. Y si las armas más letales son efectivas solo cuando se disparan a corta distancia y es escasa la caballería disponible, el telescopio puede contribuir casi nada en la planeación estratégica, y muy poco a las tácticas en el momento. En términos de «quién ordenó a quién hacer qué, cuándo, por qué medios, sobre la base de qué información, para qué y para qué efecto», como el historiador militar Martin van Creveld describe los parámetros del comando militar, el telescopio podría jugar tan solo un papel limitado. De hecho, algunos prominentes historiadores de la guerra y la tecnología no conceden al telescopio función militar alguna durante su primer siglo o dos de vida.^[28]

Para empezar, habría que considerar cómo se libraba la guerra terrestre en el siglo xvii y en gran parte del siglo xviii en Europa. Era difícil obtener buena información y no existía la comunicación rápida. Los caminos decentes eran contados. Era una rareza tener mapas de cualquier tipo; eran aún más escasos los mapas de todo el país que representaran ciudades, carreteras y distancias en una escala adecuada; y eran inexistentes los mapas que representaran la topografía. La información general sobre los habitantes, las costumbres y las características de los territorios extranjeros provenía de unos cuantos libros, algunos periódicos, censos poco fiables, de los relatos de peregrinos, comerciantes y diplomáticos. La información de mayor relevancia táctica podría provenir de soldados espía o de declaraciones de desertores, prisioneros o campesinos; el espía, disfrazado de obrero o sirviente, podría

ingresar a un campamento enemigo acompañado de un campesino que vendía nabos o textiles. Para garantizar la utilidad del campesino, podrían haber tomado como rehén a algún miembro de su familia.^[29] La mayor parte de la información que no derivara de las propias observaciones del comandante viajaba de un lado a otro sin superar el galope de los caballos más veloces. Lo mismo iba para la velocidad de las órdenes del comandante. No existían las decisiones rápidas basadas en información al minuto; era improbable que se ejecutaran las órdenes que se improvisaban sobre el momento, si es que alguna vez se emitían. La mayoría de las órdenes eran verbales y no escritas, aunque, antes de emitir las, era posible que el comandante hubiera tenido que enviar informes al rey y esperar un par de semanas para recibir instrucciones.

Ya sea que su ejército pasara por los campos o sitiara una fortaleza, los mayores dolores de cabeza del comandante tenían que ver con asegurar suficiente pan, cerveza y carne para sostener a sus tropas, y con proporcionar a sus múltiples mercenarios paga y refugio, asegurándose de que los caballos recibieran agua y comida, y conseguir suficientes armas y municiones. Gracias a las innovaciones del príncipe Mauricio, cuando las tropas no estaban saqueando a los lugareños o en plena batalla, sus actividades incluían entrenamiento, marchas y la excavación de zanjas. Van Creveld ofrece una descripción resumida de la empresa: «En el siglo XVIII, la batalla y la guerra eran casi idénticas... la guerra, más allá de la batalla, era casi indistinguible de una forma de turismo un tanto violenta acompañada del robo a gran escala».^[30]

Las armas de fuego portátiles eran relativamente nuevas. Por cada batalla a campo abierto se llevaban a cabo tres o cuatro sitios contra las murallas de las fortalezas de Europa, desde donde un cañón de sitio montado sobre una carreta disparaba bolas de cañón de hierro pesado contra el objetivo.^[31] Con miles y, a veces, decenas de miles de soldados que gritaban al entrar y salir de la formación, el ruido de las armas de fuego y los cañones, las nubes de humo de las explosiones de pólvora y las llamas de las torres de asedio, y los dispositivos incendiarios arrojados sobre las almenas, hasta el telescopio de primera clase tendría un impacto limitado sobre el resultado.

En el mar, un telescopio podría ser más útil. El comercio marítimo en todas las temporadas se había estado extendiendo por toda Europa desde el siglo XIV y, a falta de protección armada, ya fuera a bordo o navegando a un lado, no había buque mercante ni convoy con cargamento que pudiera esperar llegar a su destino tranquilamente. Los viajes a lugares lejanos habían aumentado en popularidad a medida que iba creciendo el hambre de café, oro,

especias, azúcar, esclavos, tabaco, té, textiles e ingresos tributarios. La mayoría de las batallas navales se llevaban a cabo cerca de las líneas costeras, a corta distancia; desde ahí, una de las carabelas totalmente equipadas disparaba 100 o más cañones gigantes. Los barcos eran de madera, y más vulnerables al impacto y a las llamas que la muralla de una fortaleza. Debido a la cercanía de los enfrentamientos y al número más limitado de escondites para un convoy de navíos grandes, un telescopio podría ser más útil de lo que lo era en tierra, siempre y cuando el comandante tuviera la suerte de encontrar un respiro entre la neblina, el humo, el fuego, las cañonadas y el tumulto.

A pesar de todas las limitaciones mostradas durante su primer siglo y medio en batalla, el telescopio permitía cierto reconocimiento y seguía prometiendo ventaja militar. Los inventores estaban lejos de renunciar a él.

Si combinamos un buen telescopio de finales del siglo XVIII, un sistema de señalización basado en elementos fácilmente visibles, un código amplio y una serie de estaciones de retransmisión que se extienden de un condado a otro, obtenemos el «telégrafo óptico», una innovación militar de gran utilidad para la señalización, y además la tecnología de comunicaciones más avanzada de principios del siglo XIX. No importa que lo haya superado el telégrafo eléctrico a mediados del siglo. Antes de extinguirse, desde Estocolmo a Sídney, desde Curazao a Crimea se habían construido versiones locales del telégrafo óptico (conocido también como *semáforo*). Algunos banqueros utilizaban el telégrafo para adelantarse en las cotizaciones de la bolsa. Originalmente, sin embargo, estaba destinado a almirantes y generales.

El envío de mensajes urgentes por medio de relevos en movimiento, ya fueran corredores o mensajeros montados, es una manera tradicional de comunicarse a distancia. Hace 25 siglos, por ejemplo, Darío el Grande organizó un relevo de hombres cuyos gritos se transmitían a grandes distancias. Existe una amplia gama de trucos visuales y acústicos que pueden trascender el tiempo y el espacio: hogueras, humo y antorchas; banderas, espejos, y escudos pulidos; trompetas, tambores, cuernos de animales y caracoles. El uso de códigos visuales extremadamente simples y preestablecidos, especialmente códigos de antorchas, para las contingencias más comunes en tiempos de guerra también se remonta a unos 25 siglos. Como escribe en el siglo II a. C., el historiador griego Polibio en sus *Historias*: «Todos saben que la ocasión tiene una buena parte en las empresas,

pero sobre todo en las que conciernen a la guerra, y para su consecución ningún invento más eficaz que el de los fuegos». El problema es que, señala:

Antes de que sucedan estas particularidades, no se pueden prever, como ni tampoco estar de acuerdo en las señales, y entre tanto esto es lo principal del asunto. Porque, ¿cómo se ha de consultar de enviar el socorro si no se sabe el número de enemigos que ha llegado, ni a qué parte? ¿Cómo confiar o desconfiar en sus fuerzas y, en una palabra, cómo tomar sus medidas sin saber el número de navíos, ni la cantidad de víveres que ha venido de parte de los aliados?
[32]

Queda claro que el siguiente paso, dice Polibio, es desarrollar un código visual mucho más potente y flexible, que pueda captar la esencia de un mensaje importante. Para los grandes pensadores de su época, la elección obvia era un código basado en el alfabeto, aunque todavía transmitido mediante antorchas. ¿Y cuál era la mejor manera de ver esas señales de fuego a la distancia? A través de los tubos de observación de la época, aún vacíos.

Dos mil años más tarde, y menos de un siglo después de que esos tubos comenzaran a utilizarse con lentes, John Wilkins —que pronto se convertiría en maestro de Trinity College, en Cambridge— publicó un tratado titulado *Mercurio: o el mensajero secreto y veloz. En el que se muestra cómo un hombre puede con privacidad y rapidez comunicar sus pensamientos a un amigo a cualquier distancia* (1641). En este, describe una forma de codificación, y cómo los mensajes codificados podían cifrarse y transmitirse astutamente mediante señales de antorcha. Menos de medio siglo después, en una conferencia de 1684 a la Royal Society titulada «Mostrar una forma de dar a conocer el pensamiento a larga distancia», el brillante Robert Hooke propuso un matrimonio entre el telégrafo óptico de los antiguos, el telescopio moderno y una valla cambiante.

Hooke describió un sistema con múltiples estaciones, cada una equipada con un telescopio y cada una ubicada en un lugar alto y aislado, muy por encima de la oscura niebla de una típica mañana británica, «para transmitir Inteligencia desde cualquier Lugar alto y eminente, a cualquier otro que yace a la Vista, a unas 30 o 40 millas de distancia, casi en un Tiempo tan breve, como en el que un Hombre podría haber escrito lo que enviaría». Incluso mencionó la «Cruptografía». Junto con lo que ahora llamaríamos *códigos de control*, el sistema utilizaría 24 símbolos grandes hechos de madera liviana, levantados en sucesión rápida por medio de una polea hasta la cima de un poste alto.^[33]

En los últimos años del siglo XVIII, varios inventores —estimulados en parte por la calidad de imagen que se podía obtener con los telescopios más nuevos— experimentaron con la comunicación a larga distancia. Intentaron la

sincronización, golpeando ollas o pasando de grandes superficies negras a blancas. Probaron con humo, fuego, péndulos, persianas, molinos de viento, relojes sincronizados y paneles deslizantes. Entre esos inventores se encontraban los cinco hermanos Chappe, descendientes de un barón francés y, hasta finales de 1789, desempleados debido a la Revolución.

El 24 de marzo de 1792, Claude Chappe, sacerdote y aficionado a la física, y el más comprometido y persistente de los hermanos, se dirigió a la legislatura francesa en un intento por obtener el apoyo del gobierno para una demostración oficial de su telégrafo óptico, el *tachygraphe*.^[34]

He venido a ofrecer a la Asamblea Nacional el tributo de un descubrimiento que creo que será útil para la causa pública... Puedo, en 20 minutos, transmitir por una distancia de 8 a 10 millas, la siguiente frase o cualquier otra similar: «Lukner ha salido hacia Mons para sitiar esa ciudad. Bender avanza en su defensa. Los dos generales están presentes. Mañana comenzará la batalla». Estas mismas frases se comunican en 24 minutos a través de una distancia que es el doble que la de antes; en 33 minutos cubren 50 millas.^[35]

Mientras la propuesta languidecía en una serie de comités, Francia fue declarada república, Luis XVI fue decapitado, la república declaró la guerra contra sus vecinos monárquicos y los experimentos de Chappe fueron destruidos dos veces por ciudadanos que sospechaban que el aparato se usara para ponerse en contacto con los enemigos del estado. Finalmente, el éxito: el 12 de julio de 1793 (un día antes de que el médico y periodista radical Jean-Paul Marat, defensor vocal de la guillotina, fuera apuñalado en la tina), Claude Chappe, en presencia de miembros de la legislatura, emitió un mensaje de dos oraciones desde una torre cerca de París. Once minutos después, lo recibió uno de sus hermanos; es decir, lo vio a través de su telescopio, en una torre a 25 km de distancia. Chappe había superado fácilmente el tiempo y la distancia de su propia estimación original. El 26 de julio (un día antes de que el abogado y filósofo radical Robespierre fuera elegido para formar parte del poderoso Comité de Seguridad Pública), Chappe recibió el rango de militar y el título de ingeniero telegráfico. El 4 de agosto, el Comité de Seguridad Pública ordenó que empezara la construcción de una línea telegráfica de 200 km entre París y la ciudad de Lille, al norte. El proyecto fue puesto bajo la autoridad del ministro de guerra.

En total se construirían 18 torres altas. El mensaje codificado se transportaría encima de un poste por medio de una barra móvil larga y dos barras más pequeñas con bisagras, unidas de cada extremo: tres líneas que podrían manipularse rápidamente desde abajo con cables, poleas y varillas. De las 98 señales que podían configurarse mediante las tres barras, seis se reservaron para instrucciones especiales. Las 92 restantes transmitían el

mensaje por medio de un par de señales. La primera dirigía al operador del telescopio al número de página del libro de códigos que lo acompañaba, en donde cada página enumeraba 92 palabras o frases. La segunda señal dirigía al operador al número de artículo en la página. En total, era un compendio de casi 8 500 fragmentos de mensajes.^[36]

El entusiasmo se multiplicó. La *Enciclopedia Británica* de 1797 presentó el telégrafo como portador de la paz: «Las capitales de las naciones distantes podrían ser unidas por cadenas de postes [telegráficos], y la solución de aquellas disputas que en la actualidad toman años o meses podrían así realizarse en horas». El mismo Napoleón recibió el telégrafo óptico con los brazos abiertos; este era un hombre que quería que todo se hiciera desde ayer y que quería estar en todas partes a la vez. Calculaba que, por medio del servicio de correo real, la información solo podía moverse unas dos veces más rápido que en la época de Julio César; como dijo un especialista en historia de Francia, «la comunicación más veloz de todas no podría ser más rápida que un jinete montado o que una vela frente al viento».^[37] No solo era demasiado lento eso para los estándares de Napoleón, sino que, debido a las incautaciones de correo por parte de personas como el almirante Nelson, enviar una carta no era garantía de su llegada. El telégrafo óptico, por otro lado, prometía instantaneidad y una ausencia de interferencia a la vez.

Una noticia que tuvo que difundirse con la mayor velocidad y amplitud posible fue el golpe de Estado que comenzó el 18 brumario del año VIII de la República Francesa (9 de noviembre de 1799). Sobrevive una copia oficial del despacho, en letra cursiva florida con membrete oficial. «Bonaparte es nombrado Comandante de París», declara. «Todo está en calma y feliz».^[38] Vale la pena mirar bien el membrete: arrodillado a la base de una imponente pirámide de piedra rematada por los símbolos del telégrafo óptico de Chappe está el dios de pies alados, Mercurio, a punto de terminar de grabar sobre la pirámide un verso de la *Eneida* de Virgilio: HIS EGO NEC METAS RERUM NEC TEMPORA PONO. Basta agregar las siguientes palabras de la famosa cita (las palabras de Júpiter, rey de los dioses) y se resumen los objetivos de Chappe y Napoleón: «Y yo no pongo a estos ni meta ni límite de tiempo: les he confiado un imperio sin fin».^[39]

El telégrafo óptico ha sido llamado el primer sistema de telecomunicaciones práctico, la primera red de datos a nivel nacional, el primer internet. Al propio Claude Chappe se le ha llamado el primer magnate de las telecomunicaciones. Sin embargo, a fines de la primera década de 1700, la electricidad se había convertido en la favorita de los

experimentadores, alimentada en parte por *Experimentos y observaciones sobre la electricidad*, tratado de 1751 de Benjamín Franklin que fue leído internacionalmente, y para la década de 1830 los inventores habían comenzado a experimentar con el telégrafo eléctrico. Sin perder tiempo, en la década de 1840, Francia comenzó a reemplazar su sistema óptico por uno eléctrico. A principios de septiembre de 1855, durante la Guerra de Crimea, las noticias de la caída de Sebastopol llegaron a través del telégrafo de Chappe; poco después, la red quedó en silencio.

Pero la idea de un sistema óptico aún no estaba muerta. Todavía se podía usar para mirar por encima del campo de batalla, monitorear la aproximación del enemigo o evadir las fuerzas enemigas en condiciones cercanas: pero si y solo si el sistema era de baja tecnología y portátil, si el señalizador estaba en la línea de visión del receptor, si el humo de la batalla no se tragaba todas las señales, si el clima cooperaba y el enemigo no tenía un sistema similar o no lograba descifrar el código del remitente. Esa lista de calificadores podrá parecer increíblemente larga, pero en algunas ocasiones durante la Guerra Civil de Estados Unidos se cumplieron todos o casi todos. Estas fueron las ocasiones en que los oficiales del Cuerpo de Señales, montando guardia y observando por sus telescopios, influyeron en el curso de la batalla junto con los abanderados que comunicaban las advertencias y peticiones de los oficiales.

Para 1862, Estados Unidos tenía tres entidades separadas responsables de las comunicaciones militares: una organizada por un cirujano del Ejército de los Estados Unidos llamado Albert J. Myer; la segunda organizada por un graduado de West Point llamado Edward Porter Alexander; y la tercera, un recurso de guerra llamado el Telégrafo Militar de Estados Unidos, que dependía principalmente de operadores civiles profesionales y de líneas de telégrafo eléctricas propiedad de empresas privadas.^[40] Como resultado hubo batallas territoriales, lealtades en conflicto, desconfianza y espionaje.

Myer, un norteamericano, fue la persona justa en el momento justo. Después de haber trabajado en la New York State Telegraph Company, estaba familiarizado con la nueva tecnología eléctrica y con los conceptos básicos de codificación. Ya había adaptado un código de telégrafo popular para usarlo como lenguaje de señas: deletrear palabras letra por letra, en un código binario, dándole golpecitos a una superficie cercana. Cuando se unió al Ejército, readaptó el código para que cada letra pudiera ser comunicada con

una sola bandera por un solo señalizador y vista por un observador distante que se asomaba por un telescopio.

En 1856, Myer presentó su sistema al secretario de guerra, Jeffer Davis, de Misisipi, quien no le dio seguimiento. Unos años más tarde, un nuevo secretario de guerra, junto con un comité encabezado por otro sureño, Robert E. Lee, de Virginia, dio el visto bueno a Myer para que pidiera prestado personal y realizara algunas pruebas. El más asiduo de los asistentes prestados fue un tercer sureño, el segundo teniente Edward Porter Alexander, nacido en Georgia. Las pruebas salieron mejor de lo esperado, y en la primavera de 1860 el Congreso nombró a Myer como el primer oficial de señales del Ejército de los Estados Unidos.

Cuando los enviaron a Nuevo México a finales de 1860 para ayudar a acabar con la resistencia de los navajos a la expansión al oeste sobre tierras nativas, Myer y sus comunicadores hicieron reconocimiento y comunicación. No sería la primera vez que las innovaciones tecnológicas ayudarían a desplazar a una población residente.

Pronto llegó la secesión y la guerra civil. En febrero de 1861, Jefferson Davis se convirtió en presidente provisional de los recién nacidos Estados Confederados de América. En abril las fuerzas confederadas dispararon contra Fort Sumter. A Myer se le ordenó que fuera al este en mayo; en junio comenzó a entrenar a oficiales de señales y abanderados de la Unión. En julio, durante la Primera Batalla de Bull Run —mientras Myer y 20 miembros de la 26.^a Infantería de Pensilvania se enredaban en un árbol al viajar en un globo de reconocimiento— el antiguo colaborador de Myer, Edward Alexander, ahora capitán del Ejército Confederado, hizo un uso brillante de su propio telescopio y del código de Myer para advertirle a su lado que se acercaban las tropas de la Unión.^[41] En agosto, Myer se convirtió en el jefe de señales del Ejército de Potomac. Menos de un año después, el Congreso de la Confederación votó para crear un cuerpo de señales hecho y derecho; un año después, el congreso federal votó por hacer lo mismo.

El sistema de Myer era más simple y más lento que el de Chappe. Más importante, debido a que era completamente portátil, podía usarse para comunicaciones desde y hacia el campo de batalla.^[42] También era asequible y flexible. Pero todos los participantes de una comunicación tenían que estar en la misma página. Necesitaban un libro de texto común y, a principios de 1864, Myer publicó la primera de sus muchas ediciones. El texto deja poco espacio para adivinar: incluso le dice al lector que sostenga los binoculares con las dos manos cuando mira por ellos.^[43]

El señalizador, conocido como *wigwagger*, se colocaba en la cima de una colina, en una torre, en un árbol aislado, en la cabecera del barco o en cualquier otro lugar que permitiera una buena vista. Sosteniendo una gran bandera pegada a un palo, comenzaba con los brazos en posición vertical. Barría rápidamente la bandera hacia abajo por la derecha para señalar «1», la regresaba a la vertical y la barría hacia abajo por la izquierda para indicar «2». Cuatro barridas a lo sumo se ocupan de todo el alfabeto. Un solo giro hacia adelante señalaba el final de una palabra, dos el final de una oración, tres el final de un mensaje.^[44] Una selección de banderas (blancas, rojas y negras, cada una con un centro contrastante) hacía visibles los movimientos durante el día en cualquier entorno.

El vigía era el superior del señalador. Llevaba las ayudas ópticas y evaluaba las circunstancias, usando binoculares para leer las señales a menos de 8 km de distancia y un telescopio portátil para distancias mayores. Para evitar su detección, los telescopios plegables estándar del Cuerpo de Señales se camuflaban; Myer describe el tiro de cuatro articulaciones color «negro bronceado, para que no haya brillo que atraiga al enemigo, ni resplandor que moleste al ojo del observador».^[45] A veces, un oficial actuaba como señalizador y vigía. A veces, la ayuda óptica sin las banderas proporcionaba la principal ventaja: observar sin que alguien los observara. En estaciones de señales bien ocultas, los vigías a veces rastreaban los movimientos del enemigo con sus telescopios, mientras que los abanderados no levantaban una sola bandera, ya que la comunicación por señales anunciaría la posición de la estación, y ese sería el fin de su ventaja.

Myer deja absolutamente claro que el telescopio es una cosa preciosa:

Nunca se debe permitir que los telescopios caigan en manos del enemigo. Los oficiales en estaciones peligrosas deben ocultar sus anteojos cuando no estén en uso. Cuando se debe ocultar un antejo por precaución, el lente objetivo, o una junta del telescopio, deben ocultarse por separado del cuerpo del telescopio. Una sola articulación o un lente es un objeto tan pequeño, que se puede ocultar casi más allá de la posibilidad del descubrimiento. Si un oficial está en peligro de ser capturado, y no hay medios para ocultarlos, habrá que hacer añicos los lentes de los telescopios o dejarlos sin valor, antes que entregarlos.^[46]

Tanto el Norte como el Sur utilizaban el mismo sistema de señalización binario básico. Como resultado, ambas partes podían leer al menos algunos de los mensajes de la otra parte, incluso después de que los códigos se volvieron a cifrar. El trabajo de señalizador acarreaba muchas críticas, pocas medallas y una probabilidad desproporcionada de morir.^[47] Sin embargo, los señaladores y los cifradores de ambos lados mostraron un ingenio y una firmeza notables, y ciertas batallas podrían haber tenido resultados distintos de no ser por los

oficiales encaramados en árboles, cúpulas y torres de 30 m de altura construidas expresamente para proporcionarles el terreno elevado.^[48]

Consideremos Gettysburg, el campo de batalla del sur de Pensilvania, donde unos 50 000 soldados perdieron la vida en los primeros tres días de julio de 1863. En la última semana de junio, una docena de oficiales de señales se instalaron cerca de la frontera de Maryland con Pensilvania, en espera del avance del Ejército de Virginia del Norte. Al llegar la mañana del 30 de junio, era evidente para los nortños que las columnas confederadas, casi todo el ejército de Lee, estaban convergiendo en Gettysburg. Los generales del sur no esperaban ser recibidos por una fuerza masiva de la Unión.^[49]

El 1 de julio, mientras pasaba de un campanario a una cúpula en Gettysburg, un oficial de señales de la Unión llamado Aaron B. Jerome alertó a su comandante general que había detectado a los rebeldes cerca. A falta de hombres, el comandante solo pudo reunir a dos brigadas por el camino para interceptarlos. A las pocas horas, Jerome le señaló los detalles del progreso de los Confederados a un colega en una colina cercana: «Una división de los rebeldes está haciendo una maniobra de flanco a nuestra derecha; la línea se extiende más de una milla, y avanza, con escaramuzas. Solo hay caballería para oponerse a ellos».^[50]

Ese día, los confederados tomaron Gettysburg. Sin embargo, los señalizadores de la Unión lograron llegar a Little Round Top, una colina, ahora famosa, ocupada y abandonada en turnos por las tropas de la Unión en los siguientes dos días. Al mediodía del 2 de julio, el teniente Jerome, de nuevo en el meollo de la acción, envió este mensaje desde Little Round Top al cuartel general: «Los rebeldes llegan en bloque y nuestros escaramuzadores ceden. A una milla al oeste de la estación de señales Round Top, los bosques están repletos de ellos».^[51] Por muy numerosas que fueran, las fuerzas confederadas se vieron limitadas debido a que tenían que evitar que los señalizadores de la Unión las vieran. Con el tiempo, a pesar del fuego intenso, las fuerzas de la Unión tomaron Little Round Top. Como habría de quejarse más tarde el antiguo protegido de Myer, Edward Alexander (ahora un brigadier general que se desempeñaba como comandante de artillería de los rebeldes en Gettysburg): «Esa miserable torrecita de señales en Round Top ese día ocasionó que una de nuestras divisiones perdiera más de dos horas, y probablemente retrasó nuestro asalto casi la misma cantidad de tiempo».^[52]

El 3 de julio, el intenso fuego de la Confederación desde el pie de la colina expuesta hizo que fuera imposible que los señaladores de la Unión

usaran sus banderas, por lo que empezaron a enviar a sus ordenanzas a caballo cada tantos minutos para entregar mensajes al cuartel general.^[53] Los señaladores que estaban en otras estaciones alrededor de Gettysburg mostraron su determinación de otras maneras. Un capitán que estaba destacado cerca de Cemetery Hill se quedó atrás después de que fueran expulsados todos los demás oficiales y tropas de la Unión, quienes se llevaron consigo el equipo de señales. Sin inmutarse, bajo fuego enemigo y con necesidad de enviar unos cuantos mensajes importantes, rápidamente cortó un palo para usar y le colocó una sábana para que le sirviera de bandera.^[54]

A la mañana siguiente, los confederados empezaron a retirarse, su misión fue socavada en parte por el ingenio de los señaladores.

El tema de la comunicación había sido un eslabón débil en la estructura de mando desde hace mucho tiempo. Myer y sus señaladores ayudaron a cambiar eso, por un tiempo. Los generales no dejaron de usar exploradores, espías y mensajeros. Tampoco dejaron de mirar a través de sus propios telescopios para obtener información de primera mano. La rápida mejora del telégrafo eléctrico pronto eliminó la necesidad del telégrafo óptico. Pero habrá que dar crédito a quien lo merezca: al combinar las prácticas históricas de cifrado y la señalización aérea con el oficio de la fabricación de telescopios que mejoraba rápidamente, el sencillo método de Myer vinculaba a los comandantes y tropas que estuvieran dispersos, además de los que estaban vulnerables por su cercanía, permitiendo no solo el rápido intercambio de información sino también una rápida intervención.

Después de la Guerra Civil, a medida que el paradigma de la seguridad nacional pasaba de la conquista a la prevención de la pérdida de vidas y bienes, el Cuerpo de Señales del Ejército de los Estados Unidos —todavía dirigido por Myer— comenzó a realizar el trabajo de un servicio meteorológico nacional. Entre sus innovaciones se encuentran los boletines meteorológicos diarios, telegrafados a todo el país para que se exhibieran en las oficinas de correos locales, y la publicación diaria de un mapa meteorológico internacional. La colaboración científica se convirtió en un rasgo clave de ese trabajo. El sucesor de Myer estableció la División Científica y de Estudios de ese cuerpo, solicitando aportes de consultores como Alexander Graham Bell y el astrónomo Samuel Langley, y patrocinó un libro de texto sobre meteorología. La metamorfosis de la identidad y actividad

del cuerpo desde tiempos de guerra hasta tiempos de paz es un estudio de caso sobre la adaptabilidad.^[55]

Además de volverse el meteorólogo del mundo después de la Guerra Civil, el Cuerpo de Señales del Ejército de Estados Unidos ayudó a iniciar muchas otras prácticas que ahora son parte integral de las operaciones militares: la fotografía de combate, los radioteléfonos aeronáuticos, el fotorreconocimiento y la cartografía aérea, los satélites de comunicaciones, e incluso (con la ayuda de Wilbur Wright) los vuelos militares. Durante la Primera Guerra Mundial, el cuerpo asumió la responsabilidad de la fotografía de vigilancia y de combate, tanto extranjera como doméstica, en el suelo y en el aire, produciendo decenas de miles de fotos y cientos de miles de metros de películas cinematográficas.^[56] Como dice el historiador de comunicaciones Joseph W. Slade, para finales del siglo xx, el Cuerpo de Señales se había convertido en «*Ma Bell* con pistolas» [*Ma Bell* era como se apodaba a la compañía telefónica].^[57] Telescopios y binoculares, aviones de reconocimiento, bombas, satélites y telecomunicaciones: la intersección de la guerra y la astrofísica se encarna perfectamente en los deberes cambiantes del cuerpo.

Hablando de *Ma Bell*, el antiguo conglomerado telefónico de América del Norte: durante la Primera Guerra Mundial, su empresa matriz de ese momento, AT&T, proporcionó su ingeniero en jefe al Cuerpo de Reservas de los Oficiales de Señales del Cuerpo de Señales.^[58] Desde entonces, los gigantes corporativos se han vuelto una parte esencial de cada esfuerzo de guerra. Algunas de estas corporaciones, de hecho, surgieron de la previsión, anticipación e implementación de la guerra; esto también ha multiplicado las ganancias de otras. Hoy en día no hay armamentos estandarizados sin fabricantes, no hay invenciones sin patentes, no hay reservas sin proveedores: son redes globales de interdependencia, beneficios y responsabilidad. La eliminación de un solo proveedor, la repentina indisponibilidad de un solo producto, puede paralizar un país o ayudar a cambiar el curso de una guerra.

Al igual que en muchos sectores de lo que hoy es un mercado industrial global, la industria de la óptica de precisión comenzó con un puñado de individuos asiduos e independientes. Por ejemplo, un abogado y aficionado que trabajaba solo en el laboratorio de un caballero en Essex descubrió un principio fundamental para el diseño de los lentes de refracción: cómo minimizar la apariencia espuria del color en la imagen, pero no buscó

reconocimiento por ello. Simplemente estaba resolviendo un intrigante acertijo por placer personal.^[59]

La curva de un lente determina el ángulo en el que los rayos de luz se doblarán a medida que pasan a través de él, y por lo tanto la distancia sobre la cual se enfocan o divergen. Si la curva sobresale como una panza cervecera, el lente es convexo y enfocará los rayos. Si la curva se hunde hacia adentro, como una palma ahuecada, el lente es cóncavo y obligará a los rayos a divergir. Si un lado es plano y el otro curvo, el lente se llama planoconvexo o planocóncavo. Y si ambos lados son curvos, tenemos un lente biconvexo o bicóncavo.

El problema del color en los lentes de óptica se deriva de una característica simple del ángulo del vidrio. Un prisma triangular, por diseño, divide la luz blanca en sus colores componentes, en donde cada color emerge desde el otro lado del prisma con un ángulo ligeramente diferente de todos los demás. Un lente biconvexo, elemento indispensable de los telescopios, no es tan distinto de dos prismas que están pegados entre sí en la base. Si bien no produce efectos colorísticos tan extremos como dos prismas puros, este lente enfocará diferentes colores de luz a distintas distancias dentro del tubo del telescopio, creando aberraciones coloridas no deseadas, a menos que se agreguen lentes correctivos al sistema. Cuanto más grueso sea el lente biconvexo, más corto puede ser el tubo del telescopio, pero más grave es el problema. Los telescopios reflectores no crean ese problema, porque todos los colores de la luz se reflejan en el mismo ángulo.

El principio del fin para los problemas de color llegó en 1758, cuando sucedieron dos cosas. La primera fue que John Dollond, un antiguo tejedor de seda con inclinaciones matemáticas que residía en Londres, publicó en *Philosophical Transactions* un recuento de sus experimentos con capas de lentes de dos tipos diferentes de vidrio (*crown* y *flint*) que muestran diferentes cualidades refractivas. La segunda fue que John Dollond solicitó una patente británica para su invento, llamándolo el Lente Acromático, «por el que los errores que surgen de la diferente refrangibilidad de la luz, así como los que se producen por las superficies esféricas de los vidrios, se corrigen perfectamente».^[60]

Por derechos, esa patente (de solo 14 años de duración) debería haber pertenecido al abogado Chester Moor Hall. Pero él no la había buscado, y Dollond sí. En la siguiente década, el hijo de John Dollond, Peter, agregó un tercer lente, eliminando las aberraciones residuales y creando el club sándwich perfecto. Nunca más un telescopio tendría que medir 15 metros de

largo para obtener resultados claros y nítidos. Pronto, los marineros de la Marina Real comenzaron a decirle *dollond* al telescopio,^[61] y los descendientes de los *dollond* de Dollond se volvieron el equipo de campo estándar para los combatientes en constante movimiento. Tanto George Washington como Napoleón (sin mencionar al capitán Cook, a Federico el Grande, a una larga lista de miembros de la realeza británica, al padre de Wolfgang Mozart e incontables más) habrían estado perdidos sin J Dollond & Son o, posteriormente, P & J Dollond Instrument Makers, los principales proveedores de una variedad de ópticas de precisión durante la mayor parte del siglo XVIII y gran parte del XIX.

Ni los Dollond ni Gran Bretaña se mantuvieron firmes sin enfrentar oposición. En 1846, un tecnólogo y óptico de 30 años llamado Carl Friedrich Zeiss abrió un taller en la pequeña ciudad de Jena, Alemania, que pronto se convertiría en el poder corporativo dominante en la industria de la óptica. Y justo antes de la Guerra Civil, la compañía estadounidense Alvan Clark & Sons se estableció en Massachusetts. La mayoría de los observatorios estadounidenses construidos en la segunda mitad del siglo XIX, cuando el entusiasmo por la astronomía aumentaba, dependían de uno o más de los telescopios de Clark, magníficamente hechos a mano; y, durante la guerra misma, la empresa le vendió a la Marina de los Estados Unidos casi 200 catalejos caros.^[62]

Un elemento requerido por todos los fabricantes de óptica de precisión era vidrio óptico fino, claro y homogéneo: placas en blanco listas para ser esmeriladas y pulidas por artesanos exigentes como Alvan Clark, quien las terminaba de pulir con los pulgares desnudos, en lugar de recurrir a un paño que no fuera lo suficientemente suave.^[63]

El vidrio, material al menos tan antiguo como los faraones, está hecho principalmente de arena fundida y enfriada de tal manera que se evita la fase de cristalización. Pero el vidrio óptico dista mucho del vidrio utilizado para las botellas y los abalorios, y ningún taller de faraón podría haberlo producido. Siglos más tarde, tampoco era un negocio suplementario sencillo para los productores de vidrios para ventanas, aunque algunos intentaron hacerlo. Como escribió el astrofísico estadounidense Heber D. Curtis al final de la Primera Guerra Mundial, es «una sustancia que se diferencia del vidrio ordinario casi tanto como el diamante del grafito».^[64] (Un año después, Curtis apostaría por el caballo perdedor en un debate muy publicitado sobre si la Vía Láctea era el universo entero, o si los objetos borrosos en espiral que se veían

salpicados por el cielo nocturno eran otras galaxias, lo que significaría que el universo real era mucho más grande de lo que se creía previamente).

El vidrio óptico de calidad requiere vastas cantidades de combustible y hornos altamente controlables. Necesita crisoles que no contaminen esa abrasadora infusión, y debe removerse bien. Necesita el flujo correcto para extraer las impurezas. Se debe evitar la formación de burbujas, venas, tensiones y manchas turbias durante el enfriamiento. Si el objetivo es variar los efectos refractivos en diferentes partes del espectro, se pueden agregar varias sustancias: plomo, bario, boro, sodio, plata, uranio, mercurio, arsénico. Por encima de todo, el vidrio óptico debe ser completamente transparente y uniforme.^[65]

Era difícil conseguir piezas finas de vidrio óptico de un tamaño decente hasta bien entrado el siglo XIX, y los fabricantes de instrumentos pagaban caro por ellas.^[66] A Dollond se le había ocurrido un diseño de lente que prometía excelentes telescopios astronómicos, pero no era muy frecuente que se pudiera cumplir la promesa. Un diseño es solo una receta: si no hay aguacates, no se puede hacer guacamole.

Durante décadas, solo dos empresas, Chance Brothers of Birmingham, en Inglaterra, y Parra Mantois et Cie., en París, satisfacían la mayor parte del apetito de Europa por vidrio óptico. A principios de la década de 1880, el centro de atención se movió a Jena, donde Carl Zeiss y dos científicos con formación universitaria habían formado una colaboración industrial legendaria. El científico principal era el físico Ernst Abbe, que había hecho importantes contribuciones a las matemáticas de la óptica (habiendo determinado, por ejemplo, que la resolución de un telescopio o microscopio está limitada por el tamaño del instrumento y la longitud de onda de la luz que enfoca) y ya estaba colaborando con Zeiss en la fabricación de microscopios avanzados. El segundo científico era un joven doctorando de química llamado Otto Schott, cuyo tema de disertación era la fabricación de vidrio. Ya no bastaba la artesanía de la prueba y error. Los aprendices ahora necesitaban la contribución de los académicos, y el propio óptico asistía a conferencias universitarias siempre que podía.

Juntos, estos hombres ampliaron el ya impresionante taller óptico de Carl Zeiss y también establecieron el Laboratorio de Tecnología de Vidrio de Schott & Associates. Poco después de la muerte de Zeiss en 1888, Abbe formó la Fundación Carl Zeiss, que hoy es propietaria de Carl Zeiss AG y Schott AG y, por lo tanto, es responsable del impresionante proyector de estrellas, el Zeiss Mark IX, que se alza desde el suelo del Teatro Espacial del

planetario Hayden en la ciudad de Nueva York.^[67] Entre las primeras conquistas corporativas de Zeiss y Schott se encuentra la perfección del vidrio de borosilicato de baja expansión (lo que todos los demás conocemos como Pyrex), el lente apocromático (un avance significativo sobre el lente acromático, al enfocar todas las longitudes de onda en el mismo plano), y el binocular prismático producido en masa. En vísperas de la Primera Guerra Mundial, Zeiss era el proveedor preferido de la mayoría de «municiones ópticas»: dispositivos de observación para una sola persona que incluían binoculares, telémetros, visores panorámicos de artillería y periscopios submarinos.^[68] Pero Zeiss también producía equipo fino que no era para usos militares. Los astrofísicos buscaban su nueva generación de grandes telescopios refractores, los fotógrafos buscaban sus cámaras, todo tipo de personas buscaban sus microscopios. En junio de 1914, los múltiples departamentos de la fábrica Zeiss en Jena empleaban a más de 5 000 personas.^[69] (Por cierto, en junio de 1945, las fuerzas de ocupación estadounidenses sacaron de Jena —que se encuentra directamente en el este de Alemania— a 77 científicos y ejecutivos de Zeiss y los llevaron al suroeste, donde establecieron una filial de Zeiss en Oberkochen. La política de la Guerra Fría intervino en 1953, cuando el gobierno de Alemania Oriental interrumpió el contacto entre las ramas del este y el oeste. En 1991, poco después de la reunificación de Alemania, Zeiss se reunió también).^[70]

A pesar de los muchos avances realizados por Zeiss, Abbe y Schott, el tamaño del telescopio seguía siendo un desafío. La superficie metálica curvada del espejo pulido del telescopio reflector no podía tener una forma perfecta. Para los que buscaban lentes de vidrio cada vez más grandes en el siglo XIX, Alvan Clark había parecido una bendición. Pero el lente de vidrio del telescopio refractor tenía sus propios problemas. La artesanía manual dista de ser una producción en serie, y la escasez de vidrio óptico fino limitaba la calidad de la óptica de un telescopio. Lo más importante es que el gran peso de un lente de vidrio grande, que había de mantenerse en su lugar solo por el perímetro, planteaba un grave desafío de ingeniería.

Afortunadamente para los astrofísicos, ya estaba disponible el germen de una mejor solución. En 1835, el químico alemán Justus von Liebig presentó el espejo de vidrio plateado. Este se hacía depositando una fina capa de vapor de plata sobre la superficie de una losa de vidrio pulido, ofreciendo una imagen excelente, y pronto se volvería un elemento fijo de todo hogar burgués. Dos décadas más tarde, Jean-Bernard-Léon Foucault (el del péndulo), en colaboración con el óptico oficial del Observatorio de París, mejoró esta

técnica agregando una fase posterior: volver a pulir de modo localizado para corregir errores de forma. Esto permitió a Foucault hacer telescopios reflectores cada vez más grandes, que culminaron en un telescopio de 80 cm instalado en el Observatorio de Marsella en 1864.^[71]

Hoy en día, los telescopios más grandes del mundo son todos reflectores, y todos usan un espejo con un revestimiento de metal depositado al vapor en la superficie de vidrio pulido. Mientras que el lente del telescopio refractor más grande que existe tiene 1 m de ancho, el espejo del telescopio reflector más grande tiene más de 10 m de ancho. Se están desarrollando otros que se acercan a los 40 m de diámetro. Casi nada limita el tamaño del espejo, porque se monta desde la parte posterior. Como resultado, desde finales del siglo XIX, el reflector ha sido el instrumento elegido por los astrofísicos.

La solución militar, sin embargo, estaba en otra parte. Durante casi todo el siglo XIX, los planificadores militares y artilleros se preocupaban mucho menos que los astrónomos acerca de la limitada disponibilidad de vidrio óptico fino. En el mercado todavía no había un rifle de infantería que pudiera dispararse de manera efectiva contra un objetivo a más de una milla de distancia.^[72] Los artilleros no contaban con telescopios montados en el cañón. Los cañones de la Guerra Civil se disparaban a quemarropa en la dirección general de un enemigo visible cercano; los norteños y sureños en batalla estimaban las distancias estrictamente a ojo, y apuntaban sus armas con la ayuda de niveles y líneas de plomada, con la esperanza de abrumar al enemigo con un torrente de disparos. «Los artilleros apuntaban su artillería de campaña apresuradamente y empezaban a disparar, confiando en darle a un lugar vital», escribe el teniente coronel F. E. Wright en un resumen histórico producido en 1921 para el Departamento de Artillería del Ejército de Estados Unidos.

Para 1914, los artilleros equipados con municiones ópticas ya podían atacar objetivos invisibles a 50 000 metros de distancia, objetivos cuyas posiciones se habían calculado en un mapa. Las ayudas ópticas se habían vuelto indispensables. El artillero que carecía de ellas, dice el coronel, «está casi indefenso ante la presencia del enemigo; no lo puede ver para apuntar correctamente... y sus disparos no sirven de nada». La fabricación de vidrio óptico se había convertido en «una industria clave singularmente importante». ^[73] Escribiendo en 1919, Heber Curtis fue igualmente contundente: «Cuando pasamos de las necesidades de paz a los requisitos de una nación que libra

una guerra científica moderna, el vidrio óptico pasa de ser un simple elemento esencial del observatorio o laboratorio a un elemento casi tan indispensable como los explosivos». O, para usar una frase del historiador económico Stephen Sambrook, «no hay artillería sin vidrio».^[74]

Por lo tanto, uno podría pensar que en vísperas de la Primera Guerra Mundial, todos los estados-nación occidentales con una base industrial y la costumbre de librar guerras habrían financiado la construcción de fábricas para producir sus propias municiones ópticas y vidrio óptico, que habrían almacenado materias primas, combustible y productos terminados, asegurado una fuerza laboral adecuada de personal calificado y firmado los tratados que garantizarían un suministro constante de ópticas a sus ejércitos y marinas. Pero no, no lo habían hecho.

Entre sus otras fallas, los países clave de la Entente ahora dependían en gran medida de una sola fábrica para obtener gran parte de su vidrio óptico: el laboratorio de tecnología de vidrio Schott & Associates, ubicado dentro de los límites de lo que pronto sería territorio enemigo.^[75] El Reino Unido era el principal importador de vidrio óptico de Schott; Estados Unidos ocupaba el segundo lugar.^[76] Los detalles de la fabricación de Schott estaban patentados. A pesar de la reciente ola de guerras y de las advertencias de individuos informados,^[77] los grandes estados-nación de Occidente (cuyos reyes y parlamentos llevaban cuatro siglos dedicando 30 %, 50 % a veces 70 % de sus presupuestos anuales a la guerra)^[78] habían dirigido una cantidad inadecuada de atención y dinero a asegurar la producción local durante la guerra.

Inevitablemente, llegó el momento de crisis.

De repente, los países se estaban apresurando para satisfacer sus necesidades urgentes, no solo de óptica sino también de productos químicos fotográficos, productos farmacéuticos, tintes sintéticos y explosivos de gran potencia, muchos de ellos importados previamente de Alemania, libres de impuestos. Y el recorte de importaciones tampoco fue la única dificultad. Había que crear casi de cero grandes ejércitos, nuevas industrias, nuevos materiales y nuevas prácticas. El esfuerzo de guerra requería bombas, válvulas termoiónicas producidas en masa, palomas mensajeras, amoníaco, ropa de pilotos, cantidades sin precedentes de motores de aviones, los aviones mismos. Desde 1903 hasta 1916, en Estados Unidos se construyeron apenas 1 000 aviones, ninguno destinado al combate, y, sin embargo, a finales de mayo de 1917, se pidió al gobierno de los Estados Unidos que presentara 2 000 aviones y 4 000 motores al mes, además de 5 000 pilotos y 50 000 mecánicos en un año.^[79] La demanda casi instantánea de vidrio óptico

y municiones ópticas alcanzó niveles comparables. La única solución era la cooperación intensiva entre industriales, científicos, diplomáticos, abogados de patentes, oficiales militares, oficiales de adquisiciones y plantas de producción.

En Gran Bretaña, unos cuantos fabricantes fructíferos podían satisfacer las demandas militares previas a la guerra. La Marina Real había patrocinado compañías de óptica de precisión de cosecha propia desde la década de 1890, seguida una década después por el Ejército británico. Para 1897, Barr & Stroud Ltd., que comenzó en 1888 como una colaboración casual entre un profesor de ingeniería y un profesor de física, ya se había vuelto el único fabricante mundial de telémetros. Pronto los estaban suministrando a Japón y a las principales potencias europeas, excepto Alemania. Entre 1903 y 1914 obtuvo 750 000 libras en contratos extranjeros y 450 000 libras en contratos de la Marina Real y la Oficina de Guerra.^[80]

Pero con el inicio de la guerra, se tuvieron que realinear o abandonar los canales existentes de suministro de vidrio. Tres fabricantes británicos de municiones ópticas, especializados en tres instrumentos diferentes, se habían vuelto casi totalmente dependientes del vidrio suministrado por los franceses. A partir de 1909, Chance Brothers de Birmingham, principalmente un fabricante de vidrio para ventanas, había estado investigando los secretos de la fabricación de variedades ópticas, y en agosto de 1914 su producción mensual fue de 1 000 libras de vidrio del bueno, ni remotamente cerca de ser lo suficiente. En el transcurso de un año, la Oficina de Guerra exigió una producción mensual de 17 000 libras, y los fabricantes de vidrio británicos se veían limitados por su dependencia de las materias primas importadas, algunas de las cuales provenían de —por supuesto— Alemania.

A mediados de 1915, Chance Brothers y el Departamento de Municiones Ópticas y Cristalería del Ministerio de Municiones (cuyo primer director era profesor de física, experto en óptica en general y telémetros en particular, y un antiguo examinador de patentes, encarnando así la moderna alianza de la ciencia y la guerra con la industria) finalmente acordaron los términos de una asociación público-privada.^[81] El gobierno suministraría dinero y obtendría aportes científicos, y Chance mantendría las instalaciones y el personal adecuados y lograría los resultados especificados; después de la guerra, Chance se volvería el proveedor monopolista del ejército, pero podría seguir utilizando las instalaciones para la producción comercial ordinaria. Era una situación en la que todos ganaban. Para el final de la guerra, la compañía ya

producía al mes más de 10 toneladas (ton) de cristal óptico, abarcando 70 tipos diferentes.^[82]

El camino que recorrió Alemania desde la preguerra hasta la posguerra fue más dramático. Desde la década de 1890, Alemania —que antes de la guerra era un formidable exportador no solo de magníficos vidrios y ópticas, sino también de acero, productos químicos y productos eléctricos— le había ido ganando rápidamente el terreno de exportación a Gran Bretaña, que estaba más enfocada en el algodón y el carbón, y eso había aumentado los temores británicos a ser superados y socavados. En 1897, año en el que Barr & Stroud estableció la única fábrica de telémetros del mundo, Gran Bretaña fue el principal exportador mundial con 1 400 millones de dólares; Estados Unidos ocupó el segundo lugar con 1 200 millones de dólares; y Alemania ocupó el tercer lugar con 865 millones de dólares. Para 1913, mientras que las exportaciones británicas se habían duplicado, las de Alemania se habían triplicado con creces.^[83]

La guerra y sus bloqueos, seguidos de la derrota, el armisticio y el Tratado de Versalles, deberían de haber detenido de manera decisiva la carrera de Alemania hacia la cima. Según los términos del tratado, firmado en junio de 1919, debía cerrarse toda empresa comercial dedicada a «la fabricación, preparación, almacenamiento o diseño de armas, municiones o cualquier otro material de guerra». Tanto la importación como la exportación desde Alemania de «armas, municiones y material de guerra de todo tipo» sería «estrictamente prohibida». Aparte de cuotas permitidas especificadas, todos los armamentos, municiones y material de guerra alemanes, incluidos los «aparatos de puntería» y los «componentes» de varias pistolas (ambas en el terreno de la óptica), debían ser prontamente «entregadas a los Gobiernos de las principales Potencias Aliadas y Asociadas para que ser destruidas o inutilizadas».^[84]

Ah, pero ¿qué es el «material de guerra»? De noche, esa pregunta mantenía en vilo a los miembros de la Comisión Interaliada de Control Militar (IAMCC, por sus siglas en inglés), encargada de la inspección y supervisión del desarme en el Tratado, y de día los tenía elaborando listas.^[85] Como escribiría más tarde el exasperado brigadier general británico que sirvió como segundo al mando de la Subcomisión de Armamentos de la IAMCC:

El asunto se resiste a la posibilidad de definición. ¿Una cocina de campaña es material de guerra? ¿O una ambulancia de campaña? ¿O un camión de motor? Los tres son capaces de uso civil. ¿Cuándo dices que es una pala, y cuándo que es una herramienta para construir trincheras? ¿Cómo distinguir entre explosivos de guerra y explosivos «comerciales»? La

dinamita que sirve para destruir una cantera es tan útil para el zapador en la guerra como para el cantero en paz...

Nuestras categorías de material de guerra fueron creciendo y creciendo hasta que llenaron decenas de páginas impresas. Las especies y subespecies se extendían a cientos de artículos. Tan solo la lista de material de guerra «óptico», desde periscopios hasta telémetros, llegaba a 52 elementos. El «material de señalización» era casi igual de multitudinario. En ambos casos, muchos de los artículos incriminados, como binoculares, teléfonos y aparatos inalámbricos, tenían un carácter indiscutiblemente ambiguo, igualmente susceptibles de ser utilizados para la guerra que para la paz.^[86]

Al general de brigada J. H. Morgan y sus compañeros supervisores les resultó igualmente frustrante decidir qué fábricas cerrar. Si bien la guerra había diezmando la capacidad industrial de Francia, había dejado a Alemania prácticamente intacta. A más de 7 500 fábricas de ingeniería, eléctricas y químicas se les había encargado la producción de material de guerra; desde el final de la guerra, afirmó Alemania, la mayoría se habían «reconvertido» a la producción para fines civiles. Obligados por el tratado a permitir que Alemania continuara con la producción de cantidades estipuladas de armamento, y sintiéndose presionados para no restringir la capacidad de Alemania para pagar las reparaciones, los supervisores decidieron «perdonar a todas las fábricas y talleres que pudieran establecer... su reconversión. El resultado fue que Alemania se quedó con todos los tornos que alguna vez labraron un obús», y, aunque el General Morgan no lo menciona, probablemente todos los esmeriladores que alguna vez pulieron un lente de periscopio, incluidos los de Zeiss. Además, él y sus colegas descubrieron «con el tiempo que se estaban ocultando vastas reservas de armas que nunca aparecían en las devoluciones oficiales realizadas a nosotros por el gobierno alemán en toda Alemania».^[87]

Así, esa suspensión fue más como una breve interrupción. En 1913, Zeiss estaba entre las empresas comerciales más grandes de Alemania, con un total de activos que eran el triple que los de Schott; juntas, estas dos compañías gemelas se ubicaban tranquilamente entre las primeras 100. Para entonces, Zeiss no era simplemente una empresa alemana, sino un conglomerado internacional; no solo exportaba sus productos, sino que también administraba una red de agencias de ventas extranjeras, licencias de fabricación en el extranjero (incluidas algunas de la Bausch & Lomb Optical Company, fundada en el estado de Nueva York por inmigrantes alemanes) y fábricas extranjeras (incluida una muy lucrativa cerca de Londres). Sin embargo, Schott, con un modelo de negocios más simple, exportaba más de la mitad de su producción total de vidrio y aproximadamente una cuarta parte de su vidrio óptico antes de la guerra. Los resultados de la guerra le cortaron las alas

internacionalmente: la fábrica de Zeiss en Londres se vendió en 1918 por solo 10 000 libras, por ejemplo, y las exportaciones de Schott al Reino Unido en 1920-1921 fueron de apenas 1 %, en lugar del 5 % o 6 % constante de la preguerra. Pero para mediados de la década de 1920, a pesar de las restricciones de los tratados y el aumento de aranceles, tanto Zeiss como Schott estaban haciendo tratos otra vez con empresas británicas.^[88]

Y lo que es más importante, en Jena se zambulleron en pleno en la investigación y desarrollo, y pronto volvieron a superar los límites de la tecnología óptica, con destacados logros civiles junto con los de uso militar.^[89] En 1925, se inauguró el primer planetario del mundo en Múnich, equipado con el primer proyector de estrellas del mundo, diseñado y construido por Zeiss. En 1930 se inauguró el primer planetario de Estados Unidos en Chicago, de nuevo con un proyector Zeiss. Y en 1933, mientras los públicos estaban cautivados por la visión de las estrellas en los domos de los planetarios equipados por Zeiss desde Estocolmo hasta Roma y Moscú, una Alemania fuertemente remilitarizada dejó claro su disgusto por el desarme al retirarse por completo de la Liga de las Naciones, aquella asociación mundial pionera y noble creada por el Tratado de Versalles.

¿Qué hay de la participación de Estados Unidos en la producción de vidrio óptico en tiempos de guerra? Antes de que Estados Unidos se uniera a la guerra, sus importaciones de vidrio óptico costaban alrededor de medio millón de dólares al año.^[90] Bausch & Lomb, el principal productor nacional (del cual Zeiss había comprado una participación del 25 %), producía apenas 1 ton de vidrio óptico al mes. Sin embargo, cuando Estados Unidos se unió a la guerra se esperaba que suministrara 1 ton de vidrio óptico al día a los Aliados. Mientras que los ciudadanos estadounidenses prestaban sus binoculares al ejército, los fabricantes de vidrio del país se empezaron a preparar.^[91] Una vez más, la transformación se debió a una alianza público-privada, pero a diferencia del enfoque poco sistemático de Gran Bretaña, basado en la cooperación voluntaria, la solución estadounidense fue de arriba-abajo y con un enfoque cuidadoso.

Para finales de la primavera de 1917, el Consejo de Defensa Nacional ya había enviado a científicos de silicatos (siendo la sílice el principal componente de la arena común, el principal componente del vidrio) del Laboratorio Geofísico de la Institución Carnegie a las fábricas de vidrio de la nación. El Departamento de Artillería del Ejército de los Estados Unidos nombró teniente coronel a F.E. Wright, el científico a cargo. En consecuencia, el Ejército mismo era, como Wright diría más tarde, «el

tribunal de última instancia», situación que descubrió que era «una palanca útil» en condiciones de guerra. Así que el Ejército dirigía el programa, los científicos obedecían y las fábricas incrementaban la producción lo más rápido que podían, con la ayuda (y coacción) de otras agencias gubernamentales. Dados los estrictos controles y los plazos ajustados, los expertos optaron por lo básico y por el alto volumen (solo seis tipos de vidrio, adecuados para la mayoría de los instrumentos) en lugar de la variedad, la innovación y la máxima calidad. En septiembre de 1917, las fábricas estadounidenses produjeron más de 5 ton de vidrio óptico, y en diciembre más de 20 ton. En 1918, la producción total estadounidense de vidrio «satisfactorio» para municiones ópticas ascendió a casi 300 ton, dos terceras partes de ellas provenientes de Bausch & Lomb.^[92]

El aire no fue inicialmente un campo de batalla estratégico durante la Primera Guerra Mundial, a diferencia de su sucesora. El espacio estaba a décadas de convertirse en un sitio de vigilancia y reconocimiento. La radio y los aviones seguían siendo rudimentarios. La alianza íntima entre la astrofísica y las fuerzas armadas no se forjaría hasta justo antes de la próxima guerra mundial.

La astrofísica, ese vástago moderno y occidental de la astronomía, no tiene ni un siglo y medio de antigüedad. Sus parteras fueron dos innovaciones tecnológicas del siglo XIX. La más conocida de los dos, la fotografía (literalmente, «dibujo de luz»), surgió de una serie de investigaciones sobre las tendencias de la luz a formar imágenes. La innovación menos conocida y más especializada, la espectroscopia (que separa la luz en sus colores componentes, produciendo montones de información sobre su fuente) se deriva del estudio prismático del espectro del Sol y el descubrimiento de que cada sustancia irradia una combinación característica y única de colores. Conjuntamente, la fotografía y la espectroscopía permitieron al astrónomo registrar y analizar cualquier luz que los telescopios disponibles pudieran reunir desde el cielo.

El inicio de la fotografía durante las décadas de 1830 y 1840 cambió las reglas básicas de representación y el concepto de evidencia. Los astrónomos necesitaban desde hace mucho una forma convincente de registrar sus observaciones. En los siglos XVII y XVIII podían hablar, escribir, componer anagramas o hacer dibujos de lo que veían. Su público tenía que confiar en su honor y su palabra. Lo mejor que se podía hacer era dibujar, pero eso tenía limitaciones inherentes. Mientras una mano humana que sostiene un lápiz esté

grabando los fotones, ese registro es susceptible de error: los seres humanos, especialmente los somnolientos con fatiga visual y habilidad artística variable, no son fiables como registradores. En ocasiones, Galileo evitaba el problema por medio del uso de símbolos. En *Sidereus Nuncius* («El mensajero sideral»), apresuradamente publicado en febrero de 1610, sus dibujos de los movimientos de Júpiter y sus lunas más grandes consisten simplemente de un gran círculo y varios puntos; sus dibujos de estrellas son asteriscos de seis puntas (de tamaño pequeño o mediano) o estrellas de seis puntas hechas en serie y con un punto en medio.^[93]

Finalmente, a mediados del siglo XIX, vino al rescate un dispositivo de grabación presuntamente imparcial: la cámara. Al emplear una de las múltiples y nuevas técnicas de dibujo de luz, uno podía grabar los mundos terrestres y celestiales con una mínima interferencia de los ojos, las manos, el cerebro o la personalidad. Las peculiaridades y limitaciones propias se iban volviendo irrelevantes, ya fuera que se utilizara una lámina de cobre muy pulida y bañada en plata expuesta a vapores de yodo y mercurio o una placa de vidrio cubierta con una mezcla de gelatina.

Uno de los inventores de la fotografía, Louis-Jacques-Mandé Daguerre, al igual que muchos de los primeros comentaristas de esta, se interesó principalmente en el arte, específicamente en la pintura, pues pensaba que esa milagrosa invención mecánica lo facilitaría o anularía. Un escritor aclamó al daguerrotipo como algo «tan valioso para el arte como el telar mecánico y la máquina de vapor para la manufactura o el taladro y el arado a vapor para la agricultura».^[94] Otros sostenían que la fotografía anunciaba la muerte de la pintura. De hecho, la fotografía pronto liberaría a los artistas de cualquier obligación que aún quedara de capturar la realidad visual, abriendo así un amplio camino para pintores modernistas como Gauguin, van Gogh y Picasso, por no mencionar a los primeros fotógrafos de arte, como Julia Margaret Cameron. Mientras que los científicos adoptaban la fotografía como una herramienta para recopilar datos y eliminar la impresión del observador de una escena, los artistas la recibían como otra buena razón para transmitir impresiones subjetivas, visiones generadas internamente o la esencia de su medio.

Entre los pioneros y proponentes de la fotografía se encontraban varios científicos de alto perfil. William Henry Fox Talbot, inventor del negativo de papel sensible a la luz en 1834 y 1835, fue medallista de oro de la Royal Society en matemáticas y miembro de la Real Sociedad Astronómica.^[95] Otro inglés, sir John Frederick William Herschel, presidente de la Real Sociedad

Astronómica, acuñó la palabra *fotografía* en 1839. También acuñó la palabra *snapshot* (instantánea) en 1860, introdujo el uso fotográfico de las palabras *positivo* y *negativo*, descubrió que el hiposulfito de sodio (al que se referían como *hipo* para abreviar) se podía usar como fijador fotográfico (al hacer que la emulsión ya no fuera sensible a la luz), conoció a Fox Talbot, se correspondió con Daguerre y, en definitiva, se lanzó tan pronto y tan profundamente al nuevo esfuerzo de dibujar con la luz que prácticamente se clasifica como uno de los inventores de la fotografía.

Incluso más influyente que sir John Herschel durante los primeros meses de la existencia oficial de la fotografía fue el astrónomo y físico francés François Arago, director del Observatorio de París, secretario perpetuo de la Academia Francesa de Ciencias y, tras las revoluciones de 1848, ministro colonial del gobierno provisional, así como su ministro de guerra. También fue un gran publicista. El 7 de enero de 1839, actuando como portavoz y defensor científico de Daguerre, Arago anunció en la Academia la invención del daguerrotipo. Fue un momento emocionante para la ciencia, el arte, el comercio, el patrimonio nacional y mucho más. «Monsieur Daguerre», dijo Arago, «ha descubierto superficies especiales en las que una imagen óptica dejará una huella perfecta, superficies en las que se reproducen visualmente todas las características del objeto, hasta los detalles más minuciosos, con una exactitud y una sutileza increíbles».^[96]

Arago también afirmó que la nueva técnica «sin duda proporcionaría a los físicos y astrónomos métodos de investigación extremadamente valiosos». Junto con dos físicos destacados de su época, el mismo Arago había intentado sin lograrlo hacer una imagen de la Luna por medio de la proyección de luz de luna sobre una pantalla recubierta con cloruro de plata. Ahora, a instancias de varios miembros de la academia, Daguerre había logrado «proyectar una imagen de la Luna, formada por un lente muy común, sobre una de sus superficies especialmente preparadas, donde dejó una huella blanca evidente», y así por lo tanto se convertía en «el primero en producir un cambio químico perceptible con la ayuda de los rayos luminosos del satélite de la Tierra».^[97] Para la mirada contemporánea, la imagen no es impresionante; a mediados del siglo XIX, era alucinante. Cualquiera que supiera algo de química o física ahora se apresuraba a intentar un *daguerréotype*.

A principios de julio, en nombre de una comisión encargada de evaluar la conveniencia de otorgarle a Daguerre una pensión gubernamental vitalicia a cambio de permitir que Francia presentara el descubrimiento al mundo, Arago

informó a la Cámara de Diputados que el daguerrotipo se ubicaría en el nivel del telescopio y del microscopio en términos de su gama potencial de aplicaciones:

No dudamos en decir que los reactivos descubiertos por M. Daguerre acelerarán el progreso de una de las ciencias que más honra al espíritu humano. Con su ayuda, el físico podrá en adelante proceder a la determinación de intensidades absolutas; comparará las distintas luces por sus efectos relativos. De ser necesario, esta misma placa fotográfica le dará las impresiones de los deslumbrantes rayos del sol, de los rayos de la luna, que son trescientas mil veces más débiles, o de los rayos de las estrellas.^[98]

Para el 19 de agosto, la pensión de Daguerre era un hecho consumado y Arago anunció los detalles del proceso: ahora todos los que aspiraran a ser daguerrotipistas solo tenían que seguir las instrucciones.^[99]

El primer daguerrotipo impresionante de un objeto celeste data de principios de 1840. Era un retrato de la Luna de una pulgada de diámetro, producto de una exposición de 20 minutos desde el techo de un edificio en la ciudad de Nueva York, realizado por un médico y químico llamado John William Draper. En 1845, al exponer una placa plateada por apenas un sexagésimo de segundo, dos físicos franceses, Léon Foucault y Armand-Hippolyte-Louis Fizeau, produjeron una imagen respetable del Sol. En 1850, dos bostonianos, John Adams Whipple, fotógrafo profesional, y William Cranch Bond, primer director del Observatorio de la Universidad de Harvard, hicieron un daguerrotipo de Vega, la sexta estrella más brillante del cielo nocturno, exponiendo su placa durante 100 segundos. Al año siguiente, otro fotógrafo profesional, Johann Julius Friedrich Berkowski, en colaboración con el director del Observatorio Real de Königsberg, Prusia, utilizó una exposición de 84 segundos para hacer un daguerrotipo de un eclipse total de Sol. La astrofotografía estaba en marcha.

Mientras tanto había individuos inventivos que trabajaban arduamente para que la fotografía fuera más fácil de usar. En unos pocos años, el daguerrotipo positivo único sería una reliquia, y sería reemplazado por una placa de vidrio recubierta con una emulsión sensible a la luz que producía un negativo, iniciando así una nueva era de reproducibilidad. En 1880, la artesanía manual dio paso a la mecanización cuando se inauguró la Eastman Dry Plate and Film Company en Rochester, Nueva York. Para finales de la década, la fotografía ya se había convertido en una herramienta esencial del oficio de astrónomo.^[100]

En comparación con la fotografía, la espectroscopia —la otra partera de la astrofísica— puede parecer un desarrollo arcano. No hubo algarabías populistas ni apasionantes relatos en los periódicos que acompañaran su nacimiento.

Tan pronto como los telescopios se convirtieron en equipo estándar, pilas de personas empezaron a pasar montones de tiempo en busca de oscuros destellos de luz, cartografiando sus posiciones, estimando su brillo y colores, y agregándolos al catálogo creciente de estrellas, nebulosas y cometas. La tarea era ilimitada. Pero ningún mapa del cielo dice mucho sobre las cosas de las que están hechas las estrellas, o sobre sus ciclos de vida o sus movimientos. Para eso necesitas conocer su química y entender su física. Ahí es donde entra la espectroscopia.

Cada elemento, cada molécula, cada átomo de calcio o sodio, cada molécula de metano o amoníaco, sin importar dónde exista en el universo, absorbe y emite luz de una manera única. Esto se debe a que cada electrón en un átomo de calcio y cada enlace de electrones entre los átomos de una molécula de metano se contonea de la misma manera que su contraparte en todos los demás átomos de calcio o moléculas de metano, y cada uno de estos contoneos absorbe o emite la misma cantidad de energía. Esa energía se anuncia al universo como una longitud de onda específica de la luz. Si combinamos todos los contoneos de todos los electrones, obtendremos la firma electromagnética del átomo o la molécula, su propio arcoíris. La espectroscopia es la forma en que los astrofísicos capturan e interpretan ese arcoíris.

La prehistoria de la espectroscopia comienza con Isaac Newton en 1666, cuando mostró, utilizando prismas, que un rayo visible de luz solar «blanca» alberga un espectro continuo de siete colores visibles, a los que llamó Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, Índigo y Violeta (que los estudiantes en Norteamérica recuerdan por formar un nombre simpático, ROY G. BIV, por sus siglas en inglés). Durante los siguientes dos siglos, los investigadores de varios continentes siguieron su ejemplo. En 1752, un escocés llamado Thomas Melvill descubrió que cuando quemaba un trozo de sal marina (pensemos en el sodio) y pasaba la luz del fuego a través de una rendija sobre un prisma, producía una línea amarilla brillante y llamativa; dos siglos y medio más tarde, el sodio sería el ingrediente activo de las farolas de vapor de sodio de color amarillo.^[101] En 1785, un residente de Pensilvania llamado David Rittenhouse ideó una manera de producir espectros con algo más que un prisma: una pantalla hecha de pelos estirados, densamente apretados en

líneas paralelas y dispuestos para proporcionar una serie de rendijas que podían dispersar un haz de luz en sus longitudes de ondas constituyentes. En 1802, un inglés llamado William Hyde Wollaston descubrió que el espectro del Sol incluye no solo los siete colores que el ojo de Newton encontró, sino también siete líneas o huecos oscuros entre los colores. Ahora era evidente que la luz visible contenía una gran cantidad de información oculta, reforzando los descubrimientos de infrarrojos y ultravioleta de los dos años anteriores, que habían demostrado que la luz misma podía ocultarse de la vista humana.

Una docena de años después, Joseph von Fraunhofer, médico alemán y fabricante de vidrio de primera categoría que se había comprometido a producir los lentes de telescopio más libres de distorsión que se pudieran comprar, hizo un gran avance al examinar el espectro del sol. Decidió colocar un prisma frente a un lente y mirar la luz del sol que había pasado a través de ambos intermediarios. Lo que vio en 1814 fueron cientos de líneas espectrales más oscuras que las que Wollaston había visto en 1802. En experimentos con diferentes tipos de vidrio durante los próximos años, las líneas siempre aparecían en los mismos lugares en el espectro. Hoy en día se sabe que decenas de miles de estas «líneas de Fraunhofer» existen en el espectro solar. Son oscuras porque la luz, que de otro modo aparecería en esas longitudes específicas de onda, está siendo absorbida por las capas más bajas y más externas del Sol. En contraste, ciertas líneas brillantes que aparecen en los espectros de las llamas de los experimentos de laboratorio son el resultado de la emisión de esas longitudes de onda específicas, y no de su absorción.

Fraunhofer no solo hizo un mapa asiduo del espectro solar; también notó que la posición de dos líneas amarillas brillantes en el espectro de una llama de sodio coincidía con la posición de dos líneas oscuras prominentes en el espectro solar. Además, vio que el espectro del Sol coincidía con los espectros de la luz solar reflejada en los planetas, pero que el Sol y las otras estrellas brillantes en el cielo tenían cada uno su propia firma espectral. Según los estándares de algunas personas, hizo el primer espectroscopio verdadero. [102]

La luz fue tema de gran debate e investigación de vanguardia, y su naturaleza fundamental se mantuvo esquiva durante gran parte del siglo XIX. ¿Estaba hecha de corpúsculos, como había argumentado Newton, o de ondas? ¿Se propagaba a través de un medio omnipresente, flexible e invisible? ¿A qué velocidad viajaba? ¿Estaba relacionada con la electricidad? ¿Con el magnetismo? A mediados del siglo XIX, la espectroscopia todavía no existía

como especialidad, pero pronto lo haría, gracias en gran parte a la colaboración entre dos profesores de la Universidad de Heidelberg, el físico Gustav Kirchhoff y el químico Robert Bunsen (quien, por cierto, mejoró pero no inventó el mechero Bunsen). A finales de la década de 1850 comenzaron a dedicarse a:

un trabajo en común que no nos deja dormir... Se ha encontrado una manera de determinar la composición del sol y las estrellas fijas con la misma precisión que determinamos el ácido sulfúrico, el cloro, etc., con nuestros reactivos químicos. Las sustancias en la tierra pueden ser determinadas por este método tan fácilmente como en el sol.^[103]

En 1859, Bunsen y Kirchhoff idearon una forma de superponer el espectro de un haz de luz de una lámpara de vapor de sodio en el espectro de un rayo de sol, confirmando así la sospecha de Fraunhofer de una conexión entre dos de sus líneas oscuras y las dos líneas de sodio de color amarillo brillante, y enlazando para siempre la mesa de laboratorio del químico con la materia que ocupa los confines más lejanos del cosmos. Durante los siguientes años, mientras quemaban varias sustancias en su mechero Bunsen y pasaban la luz a través de un espectroscopio de su propio diseño, mapearon metódicamente los patrones hechos por elementos conocidos, descubrieron varios nuevos y permitieron que sus estudiantes y otros investigadores descubrieran aún más.

Una de las personas que probablemente se habría revolcado en su propia tumba (cavada no mucho tiempo antes) cuando Bunsen y Kirchhoff comenzaron a publicar sus hallazgos en 1860 fue el filósofo francés Auguste Comte quien en 1835, en el segundo de los seis volúmenes de su *Curso de filosofía positiva*, ridículamente declaró la imposibilidad de recopilar información química, o más que información física limitada, sobre las estrellas:

Entendemos la posibilidad de determinar sus formas, sus distancias, sus tamaños y sus movimientos; mientras que nunca sabríamos estudiar de ninguna manera su composición química o su estructura mineralógica y, más aún, la naturaleza de cualquier ser organizado que pueda vivir en su superficie... persisto en la opinión de que cada noción de las verdaderas temperaturas medias de las estrellas nos será ocultada siempre, necesariamente.^[104]

Si Comte hubiera tenido razón, la astrofísica no existiría. Pero poco después de la publicación del volumen dos de su obra magna, comenzaron a multiplicarse las revelaciones espectroscópicas sobre el vecindario cósmico de la Tierra. Pronto, los espectros no solo se detectarían, sino también se fotografiarían, a pesar del reto de captar suficientes fotones de cualquier longitud de onda para que una línea realmente se registrara en la emulsión.

Las astrofotografías capturarían los atributos inéditos e inimaginables de cuerpos celestes distantes. Treinta años antes de que se descubriera el helio en la Tierra, se descubriría en el espectro del Sol, y se llamaría así por el dios griego del Sol, Helios. Para 1887, cuatro décadas después de que los dos bostonianos hicieran un daguerrotipo de la estrella Vega en 100 segundos, dos hermanos franceses, Paul-Pierre y Matthieu-Prosper Henry habían necesitado tan solo 20 segundos para fotografiar una estrella 10 000 veces más tenue.^[105]

El Congreso Astrográfico de abril de 1887, convocado por la Academia Francesa de las Ciencias y al que asistieron científicos de 19 países, marcó el matrimonio oficial de la fotografía y la astronomía.^[106] Durante sus 11 días en París, los delegados acordaron emprender un doble esfuerzo internacional para utilizar un instrumento estándar y una metodología estándar no solo para cartografiar el cielo fotográficamente, sino también para catalogar con precisión las 2 000 000 de estrellas más brillantes; un objetivo importante, dado que el ojo promedio no ve mucho más de 6 000 sin ayuda. El instrumento de elección fue uno desarrollado por los hermanos Henry. El año siguiente, Samuel P. Langley, astrónomo, físico y pionero de las aeronaves estadounidenses, publicó un libro titulado *La nueva astronomía*, aunque no todos aplaudieron la idea de la novedad. Como escribió un empecinado astrofísico del siglo XIX, «la nueva astronomía, a diferencia de la antigua astronomía a la que le debemos nuestras habilidades para navegar por los mares, calcular las mareas y regular el tiempo diariamente, no puede asegurarse de brindarnos ayuda material en la rutina de la vida diaria».^[107]

La nueva astronomía necesitaba una nueva revista y una nueva organización. En 1895, *The Astrophysical Journal*. Una revista internacional de espectroscopia y física astronómica, publicó su primer número. Cuatro años más tarde, las diversas subespecies de observadores del cielo se reunieron para formar la Sociedad Astronómica y Astrofísica de Estados Unidos. Con los títulos abreviados —*The Astrophysical Journal* y Sociedad Astronómica Estadounidense— tanto la revista como la organización siguen prosperando.

Los astrofísicos de hoy tenemos a nuestra disposición telescopios individuales que recolectan 70 000 veces más luz que los primeros intentos de Galileo con un catalejo, y espectrómetros que pueden revelar hidrógeno en una galaxia que se remonta a los primeros 1 000 millones de años después del Big Bang. También estamos armados con una gran cantidad de herramientas y tácticas

auxiliares: óptica adaptativa, detectores digitales, supercomputadoras, dispositivos para enmascarar el brillo abrumador de una estrella anfitriona, para que los planetas cercanos puedan detectarse, métodos para separar la señal del ruido. Pero sin importar las innovaciones, sin importar la complejidad de la tecnología, el desafío fundamental del astrofísico del siglo XXI sigue siendo el mismo que el de Galileo: recoger la máxima cantidad de luz de objetos extremadamente tenues y distantes, y luego extraer de esa luz toda la información que se pueda. Lo que marca toda la diferencia es cómo el astrofísico contemporáneo y el guerrero contemporáneo quieren usar la luz.

Los astrofísicos deducen casi todo lo que sabemos de los contenidos y el comportamiento del universo a partir del análisis de la luz. La mayoría de los objetos y eventos cósmicos que observamos se materializaron hace mucho tiempo, por lo que su luz atenuada llega aquí a la Tierra después de demoras que se extienden hasta 13 mil millones de años. Dado que el universo observable ahora abarca casi 900 mil trillones de kilómetros, y el universo real es mucho más grande que eso, los astrofísicos tenemos una carencia de proximidad: la mayoría de los objetos que tanto nos gustan estarán siempre fuera de nuestro alcance y, en el mejor de los casos, apenas son visibles desde la Tierra. No crecen en un laboratorio, liberan una energía extraordinaria y son inmunes a la manipulación. En su mayoría, son accesibles solo de noche. No podemos visitarlos fácilmente en su hábitat natural y, más allá de nuestro sistema solar, todavía no es posible tocarlos (o contaminarlos). Aunque nos enamore el cosmos, no tenemos más remedio que abrazarlo desde múltiples grados de separación: cuando queremos conocer los movimientos de una estrella, no examinamos la estrella en sí, ni una imagen de la estrella, ni siquiera el espectro derivado de la luz grabada en una imagen de la estrella, sino más bien de los cambios en los patrones en el espectro derivado de la luz grabada en una imagen de la estrella. Una consumación complicada.

Así que los astrofísicos hemos aprendido a ser pensadores laterales, a encontrar soluciones indirectas. Es cierto que los científicos en general son hábiles solucionadores de problemas. Los físicos pueden construir una mejor cámara de vacío o un acelerador de partículas más grande. Los químicos pueden purificar sus ingredientes, cambiar la temperatura, probar un nuevo catalizador. Los biólogos pueden experimentar con organismos nacidos y criados en el laboratorio. Los médicos pueden interrogar a sus pacientes. Los etólogos pueden pasar horas observando a los clanes de sus criaturas favoritas. Los geólogos pueden inspeccionar un barranco en la ladera o

excavar rocas de muestra. Pero los astrofísicos debemos encontrar otra forma, sin olvidar jamás que somos el miembro pasivo de una relación singularmente unilateral.

Sin embargo, aquí abajo, en nuestros laboratorios y oficinas, nos volvemos más agresivos, debido a nuestra alianza mutuamente ventajosa con las fuerzas armadas. Muchos avances importantes en nuestra comprensión del cosmos son subproductos de la inversión del gobierno en el aparato de la guerra, y muchos instrumentos innovadores de destrucción son subproductos de avances en la astrofísica.

Como grupo, los astrofísicos no adoptamos un enfoque militar para resolver problemas. Rara vez encuentras a un astrofísico pensando «haré *a* o *b* para que algún día eso ayude a los militares», o «espero que el militar haga *x* o *y* para que algún día eso me ayude». La conexión es más fundamental; está más profundamente arraigada en la naturaleza del dominio del astrofísico y las capacidades de las herramientas del astrofísico. El espacio, nuestro territorio, es el nuevo terreno elevado, el nuevo puesto de mando, el nuevo multiplicador de la fuerza militar, el nuevo lugar de control, aunque en realidad no es muy nuevo. El espacio se ha politizado y militarizado desde los primeros momentos de la carrera para alcanzarlo.

Las interconexiones recurrentes entre el trabajo del cielo y el trabajo de guerra no han pasado inadvertidas ni para los científicos espaciales ni para los analistas de política espacial. En su libro *Cosmic Discovery* de 1981, Martin Harwit, director del Museo Nacional del Aire y del Espacio del Instituto Smithsonian de 1987 a 1995,^[108] describe cinco puntos decisivos en la historia de la astronomía: el telescopio, el nacimiento de la astronomía de rayos cósmicos, el nacimiento de la radioastronomía, el nacimiento de la astronomía de rayos X y, finalmente, lo que entonces era el reciente descubrimiento de ráfagas de rayos gamma distantes. El relato de los primeros días de la radioastronomía es el único que no incluye alguna referencia a la participación militar. Harwit señala además que los descubrimientos de nuevos fenómenos a menudo involucraban equipos diseñados originalmente para ser utilizados por los militares. El científico político británico Michael J. Sheehan expone una posición relacionada en su libro de 2007 *The International Politics of Space*: «El espacio siempre ha estado militarizado. Las consideraciones militares estaban en el corazón de los esfuerzos originales para ingresar al espacio y han permanecido así hasta el día de hoy».^[109]

Mucho se ha escrito sobre la fabricación de la bomba atómica. La relación entre la física y la guerra es clara: el gobernante y el general quieren amenazar o eliminar a los objetivos; la destrucción requiere energía; el físico es el experto en materia, movimiento y energía. Es el físico quien inventa la bomba. Pero para destruir un objetivo, hay que localizarlo con precisión, identificarlo con precisión y seguirlo mientras se va moviendo. Ahí es donde entra la astrofísica. Ni protagonistas ni cómplices, los astrofísicos son accesorios para la guerra. No diseñamos las bombas. No hacemos las bombas. No calculamos el daño que causará una bomba. En cambio, calculamos cómo las estrellas de nuestra galaxia se autodestruyen por medio de explosiones termonucleares, cálculos que pueden resultar útiles para quienes diseñan y fabrican bombas termonucleares.

Nuestra utilidad es amplia. Entendemos las trayectorias y las órbitas, por lo que somos la clave para el lanzamiento de naves y armas espaciales. Somos hábiles en el arte y la ciencia del análisis de imágenes, especialmente en los límites de la detección, un conjunto de técnicas indispensables para la selección de objetivos y la interpretación de evidencia huidiza. Entendemos la reflectividad y la capacidad de absorción, por lo que hemos sentado las bases para toda una industria de material de sigilo. Podemos distinguir un asteroide de un satélite espía estudiando las diferentes longitudes de onda de la luz que absorben y reflejan. Sabemos, por su luz, qué moléculas habitan en qué cuerpos celestes, y así podríamos detectar una intrusión alienígena si una apareciera repentinamente. Reconocemos las firmas de luz multiespectral de las colisiones, explosiones, impactos, tormentas magnéticas, ondas de choque y explosiones sónicas que ocurren naturalmente, y podemos diferenciarlas de los peligros y catástrofes inducidos por un agente vivo.

Sin embargo, ya sea que el trabajo del astrofísico se realice a instancias de las fuerzas armadas o por el bien de la ciencia, las herramientas son las mismas. Las técnicas son las mismas.

Después de un viaje rápido y pacífico de decenas, cientos o miles de años luz, la aguda punta de luz de una estrella distante llega a la atmósfera inferior de la Tierra. Una fracción de segundo después, los observadores del cielo con telescopios lo ven como una mancha borrosa y movida, mientras que los observadores del cielo a simple vista lo ven como una joya distante que parpadea de modo agradable. Ya en 1704, sir Isaac Newton estaba preocupado de que el centelleo obstaculizara a los astrónomos del futuro:

Si la Teoría de hacer Telescopios pudiera llevarse completamente a la Práctica, habría de todos modos ciertos Límites más allá de los cuales los telescopios no podrían actuar. Puesto que el Aire a través del cual miramos las Estrellas está en un Temblor perpetuo; como puede verse por el... centelleo de las Estrellas fijas.^[110]

Newton procedió a sugerir que la cima de una montaña podría ser un buen lugar para colocar un telescopio, y tenía razón. Pero incluso teniendo en cuenta la colocación óptima, la atmósfera puede no cooperar. Robert W. Duffner, un historiador de la óptica en el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea en Nuevo México, describe que mirar las estrellas a través de la atmósfera es parecido a mirar por el vidrio esmerilado de la puerta de la ducha: se ven formas pero no detalles.^[111]

¿Qué pasa cuando una estrella titila? La atmósfera es un tapiz de secciones de aire con diferentes temperaturas y densidades, y por lo tanto diferentes propiedades ópticas. Cada vez que una onda de luz cruza de una sección a otra, se dobla un poco y cambia ligeramente de dirección. La escena es parecida al destino de las ondas del estanque al pasar sobre un cordoncillo desordenado de piedras que perturban la suave forma de la cresta de cada onda antes de llegar a la orilla. Bajo la influencia de nuestra atmósfera ondulada, la imagen de una estrella no solo se desplazará de un lado a otro, sino que también cambiará de brillo de un momento a otro. Una fotografía secuencial grabará una mancha circular y amorfa; los ojos grabarán una estrella parpadeante. En el aire completamente turbulento, las secciones son pequeñas y numerosas, y eso hace que la estrella titile ferozmente.

Lo que se necesita es una forma de compensar la manera en que las distintas secciones de la atmósfera interrumpen la luz de las estrellas. Esto equivale a reconstruir la ondulación de nuestro estanque prístino después de que pasó sobre las rocas. Para hacer esto, habría que registrar la luz cientos de veces por segundo. Cada vez, sería necesaria suficiente luz para rastrear y corregir simultáneamente cualquier cambio atmosférico en curso. Para facilitar las correcciones, sería necesaria una luminosa «estrella guía» como comparación, que estuviera lo suficientemente cerca del objeto meta como para ser influenciado por la misma sección de atmósfera al mismo tiempo. Por desgracia, estas estrellas son pocas y distantes entre sí, y es poco probable que estén dispuestas cómodamente cerca en el cielo. ¿La solución? Crear una estrella artificial. Enviar un potente rayo láser por encima de la estratósfera, donde la turbulencia es mínima y hay un suministro continuo de átomos de sodio que dejan atrás los meteoros vaporizados. Tras excitar a algunos de los átomos de sodio para que irradien de vuelta hacia nosotros, colocamos este punto ahora luminoso exactamente en donde nos servirá mejor.

Antes de la década de 1990, cualquiera que buscara imágenes de alta resolución de un campo de estrellas o galaxia en una noche llena de luces tenía dos opciones obvias. Plan A: cerrar la cúpula del telescopio e irse a la cama. Plan B: recaudar varios miles de millones de dólares, construir un nuevo telescopio, lanzarlo en órbita por encima de las capas de perturbaciones atmosféricas y observar el universo desde allí. En 1990, el Plan B nos dio el Telescopio Espacial Hubble, el cual ofreció un salto en la resolución de los telescopios terrestres de su época tan impresionante como el salto del ojo solitario al primer telescopio de Galileo.

Pero ahora hay un remedio menos obvio para el problema del centelleo. Bienvenido al campo de la óptica adaptativa. Esta innovación utiliza estrellas guía láser y superficies de espejo deformables para corregir los destellos no deseados causados por la atmósfera de la Tierra. Una matriz de pistones *push-pull* colocados en la parte posterior de un espejo deformable de telescopio ajusta continuamente la forma exacta, de tal manera que corrige la turbulencia atmosférica transitoria, cancelando las variaciones atmosféricas de sección en sección, de momento a momento. Todos los sistemas de óptica adaptativa también incluyen un segundo espejo no segmentado para monitorear y corregir el desplazamiento de la imagen debido a movimientos de mayor escala en nuestra atmósfera. Para redondear los componentes del sistema, la óptica adaptativa utiliza divisores de haz, interferómetros, cámaras de monitoreo y, por supuesto, software especializado. Todo el artilugio es costoso y complejo. También es sorprendentemente efectivo, ya que permite que la nitidez de las imágenes tomadas desde el suelo compita con la de las imágenes tomadas desde el espacio.^[112]

¿Los astrofísicos civiles hicieron realidad la óptica adaptativa? No, pero no fue por falta de intentarlo. Desde la década de 1950 en adelante, los astrofísicos desarrollaron conceptos y soluciones potenciales. Pero mientras seguían enfocándose en las posibilidades, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos estaba obteniendo resultados en secreto, a través de una investigación clasificada financiada y realizada desde finales de los años sesenta hasta finales de los años ochenta por organizaciones como la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa, el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea y el Laboratorio Phillips en la Base de la Fuerza Aérea de Kirtland en Nuevo México, el Sitio Óptico de Maui de la Fuerza Aérea, Sistemas Ópticos de Itek cerca de la Base de la Fuerza Aérea de Hanscom en Massachusetts, el Centro de Desarrollo Aéreo de Roma de la Fuerza Aérea en Nueva York, el Laboratorio Lincoln del MIT, el Laboratorio

de Visibilidad en el Instituto de Oceanografía Scripps y la Iniciativa de Defensa Estratégica. Experiencia adicional provino del grupo consultivo científico ultrasecreto de seguridad nacional llamado los Jasons. Formado en 1960 y compuesto por genios MacArthur, premios Nobel y destacados físicos académicos, los Jasons brindan a los militares ideas vanguardistas sobre cómo librar la guerra, terminar la guerra y prevenir la guerra. Desde sus primeros años de reuniones en el verano, siempre han habido algunos Jasons cuya especialidad es el cosmos.^[113]

Fue a un Jason a quien se le ocurrió la óptica adaptativa, y no fue hasta el 27 de mayo de 1991 que los detalles de la investigación se hicieron públicos. Dirigiéndose a una sala llena de gente en la CLXXVIII reunión de la Sociedad Astronómica Estadounidense esa tarde, Robert Fugate, director técnico de Starfire Optical Range de la Fuerza Aérea de Estados Unidos en la Base Aérea de Kirtland, comenzó su presentación diciendo: «Damas y caballeros, ¡estoy aquí para decirles que la óptica adaptativa con estrella guía láser funciona!». Dos imágenes de la estrella binaria 53 Ursa Major demostraron lo que decía. Una imagen mostraba al dúo estelar en una sola mancha de luz embadurnada debido a los efectos de la turbulencia atmosférica; la otra, una beneficiaria de la óptica adaptativa, mostraba dos objetos brillantes y claramente separados. En ese momento, Fugate había desclasificado la óptica adaptativa. Los científicos espaciales ahora podrían llevarlo al siguiente nivel ellos mismos.^[114]

El interés del Pentágono en una visión más clara era consistente con el deseo militar de siglos de obtener información más precisa, y su interés en las balizas láser se combinaba con el deseo igualmente ancestral de nuevos tipos de armamento. El pensamiento de la Guerra Fría dominó la política de los Estados Unidos durante las dos décadas de innovadoras investigaciones sobre óptica adaptativa, antes de que se desclasificaran. No era solo por el bien de la conciencia situacional espacial que la comunidad de inteligencia buscaba imágenes nítidas de satélites enemigos recién lanzados, misiles enemigos entrantes y escombros espaciales molestos; los guerreros buscaban formas de dirigir láseres poderosos hacia esos misiles y satélites para destruirlos.

A principios de la década de 1970, la nitidez de las imágenes solo se podía realizar a través de una limpieza digital de películas de exposición corta, posterior a la detección, con resultados profundamente insatisfactorios. Tener que depender de fotografías, escáneres y computadoras centrales significaba demoras de un día o más al medir los frentes de onda. El ejército necesitaban una tecnología mucho mejor para proporcionar información instantánea, y

estaban dispuestos a pagar por ella. El primer sistema de óptica adaptativa para un telescopio grande se instaló en 1982 en el rastreador satelital de la Fuerza Aérea en el Monte Haleakala en Maui. Para entonces, en cuanto a los láseres, los militares ya habían visto un progreso considerable hacia el control y la maximización de la intensidad del rayo. Sobre la base de investigaciones anteriores, en 1975 la Fuerza Aérea comenzó a transformar un viejo Boeing KC-135 A en el Airborne Laser Laboratory, un laboratorio volante, que en 1983 logró derribar una serie de misiles aire-aire y drones lanzados desde tierra. Era prometedor el uso de láseres en la defensa antimisiles aerotransportada. El anuncio público de Ronald Reagan en 1983 de la Iniciativa de Defensa Estratégica (Star Wars) prometió aún más.^[115]

Con la desclasificación, se hicieron patentes los objetivos y tareas divergentes de los guerreros y los científicos espaciales. El ingeniero eléctrico de origen británico John W. Hardy, quien en 1972 desarrolló el primer sistema exitoso de compensación de imágenes para usar ópticas adaptativas, describió la «vasta disparidad» en su libro *Óptica adaptativa para telescopios astronómicos* de 1998:

El equipo para las aplicaciones militares debe funcionar de manera confiable en las peores condiciones, y debe producir un nivel específico de desempeño [que] generalmente requiere avanzar la última tecnología, una propuesta costosa. Los astrónomos, por otro lado, suelen trabajar en buenas condiciones [de observación] y pueden explotar pequeñas mejoras en la tecnología que permiten extraer más información de sus observaciones...

La comunidad de defensa debe empujar continuamente los límites de la tecnología para mantenerse por delante de los supuestos adversarios; por lo general, toma cierto tiempo para que el valor de la nueva tecnología se aprecie y aplique al trabajo científico.^[116]

«Cierta tiempo» en este caso fue menos de una década. A finales de la década de 1990, los científicos espaciales ya se estaban beneficiando de la nueva tecnología. Y hoy en día, casi todos los telescopios gigantes de luz visible en tierra incorporan una versión de este sistema correctivo. A diferencia de otros casos, en los que la investigación progresa a través de la repercusión de las ideas, la óptica adaptativa fue un pase de batuta del guerrero al astrofísico.

Si la capacidad de monitorear los movimientos de un enemigo siempre ha sido necesaria para el éxito militar, ¿qué podría ser más útil para una superpotencia espacial del siglo XXI que la capacidad de monitorear no solo nuestro planeta entero sino también la envoltura circundante del espacio? Desde tiempos inmemoriales, ha sido obvio que la defensa se ve reforzada por

la vigilancia y el reconocimiento, que se mejoran al ganar terreno elevado. Una vez que se ha ganado, se puede conservar y controlar.

En 1958, mientras aún era senador, Lyndon B. Johnson se refirió al control espacial como «la posición máxima»:

Hay algo más importante que cualquier arma definitiva. Esa es la posición máxima: la posición de control total sobre la Tierra que se encuentra en algún lugar en el espacio. Es decir... el futuro lejano, aunque no tan lejano como podríamos haber pensado. Quienquiera que obtenga esa posición última obtiene el control, el control total, sobre la Tierra, para los propósitos de la tiranía o para el servicio de la libertad.^[117]

Dados los patrones perennes de inestabilidad en la historia humana, es poco probable que engendre confianza universal la perspectiva de una nación única con control total sobre la Tierra. Como dijo el presidente Kennedy en un famoso discurso pronunciado en una sesión conjunta del Congreso en mayo de 1961, solo seis semanas después de que Yuri Gagarin de la Unión Soviética se convirtiera en la primera persona en orbitar la Tierra, «Nadie puede predecir con certeza cuál será el significado final del dominio del espacio».^[118] Lo cierto es que si el comportamiento pasado de las naciones es un indicio del comportamiento futuro de las naciones, ese dominio no será completamente benigno.

Benigno o no, el monitoreo para lograr un control parcial es un procedimiento operativo estándar. El ejército de los Estados Unidos utiliza el término *conciencia situacional* para el producto de sus variadas formas de monitoreo. Esta conciencia se logra a través de la Inteligencia, la Vigilancia y el Reconocimiento: ISR, por sus siglas en inglés, una abreviatura moderna para el eterno reto de saber lo que está haciendo el enemigo. De la mano del ISR está el C3I: Comando, Control, Comunicación e Inteligencia. Sin importar el acrónimo, queda claro que ni los gobernantes ni los combatientes pueden tomar decisiones sensatas en defensa de la nación si no pueden armarse rápidamente de los hechos.

Ahí es donde entran los satélites, porque hoy en día nada proporciona más datos concretos que los muchos cientos de satélites de navegación, percepción remota (también llamada *observación de la Tierra*) y meteorológicos que ahora giran alrededor de la Tierra a todas horas del día, todos los días de la semana.^[119]

Tomemos el sistema de posicionamiento global de Estados Unidos, el GPS: dos docenas de satélites en órbita a unos 20 000 km sobre la Tierra, más de 50 veces que los satélites ordinarios de órbita terrestre baja. Lo utilizamos para dirigirnos a la nueva casa de un primo a 15 km de la nada para la cena de

Acción de Gracias; los geólogos lo utilizan para trazar zonas de fallas sísmicas en la India occidental; los biólogos de la conservación lo utilizan para rastrear la población de osos grizzly etiquetados en Alberta, Canadá; y las personas que buscan sexo inmediato lo utilizan para triangular con parejas potenciales que estén al alcance de su propia ubicación. El GPS es el ayudante más útil de todos. Uno probablemente no adivinaría que fue creado para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y que lo controla el Comando Espacial de la Fuerza Aérea. Los civiles pueden usar el GPS, pero los datos de navegación que reciben son menos precisos que los que se proporcionan a los intereses militares. La gente en otros países también lo usa, pero no hay ninguna garantía de que tengan acceso permanente, independientemente de los cambios en la situación política.

Luego están (y estuvieron) los satélites del Programa de Apoyo para la Defensa de los Estados Unidos, el Programa de Satélites Meteorológicos de la Defensa, el Sistema de Comunicaciones por Satélite de la Defensa, el Sistema de Alarma de Defensa con Misiles, el Sistema de Infrarrojos Basado en el Espacio, el Sistema Militar de Relevos Estratégicos y Tácticos, el Programa de Radiación Galáctica y de Fondo: todos los diversos satélites clasificados y desclasificados de cuyas capacidades de ISR dependen nuestras múltiples agencias de defensa. Los satélites militares han existido durante medio siglo, enviados en alto poco después de que la Unión Soviética alarmara a los Estados Unidos al poner el primer satélite artificial, Sputnik 1, en órbita el 4 de octubre de 1957. Desde los primeros días del vuelo espacial, el ISR formó una importante parte de la agenda: las misiones Corona de Estados Unidos, a partir de agosto de 1960, y las misiones Zenit de la Unión Soviética, a partir de abril de 1962, fueron espías de la Guerra Fría que tomaron cientos de miles de fotografías, aunque ambos programas recibieron una fachada civil y científica y un nombre diferente para el consumo público.^[120]

Las cámaras de gran altitud de los satélites de observación de la Tierra de hoy en día son útiles para la planificación de caminos y el monitoreo de huracanes, para localizar antiguas ruinas engullidas por la arena o la jungla, y para encaminar la asistencia en casos de desastre a aldeas aisladas por incendios e inundaciones, deslizamientos de tierra o terremotos. La mayoría están montados en satélites que orbitan nuestro planeta en algún lugar entre 300 y 35 000 km por encima de nosotros. Las mismas cámaras (o similares) que se utilizan para vigilar los bosques decrecientes y la reducción de los glaciares se pueden usar para vigilar a los adversarios.

De hecho, la mayoría de los satélites son de «doble uso». Y si, como señala Joan Johnson-Freese, del US Naval War College, el doble uso cubre tanto los usos civiles y militares como los defensivos y ofensivos, entonces «la tecnología espacial es al menos 95 % de uso doble».^[121]

India, por ejemplo, tiene un satélite llamado TES, un satélite de experimentación tecnológica que ha orbitado a una altitud de aproximadamente 550 km desde finales de 2001. Cuando se le preguntó si la cámara óptica de TES (que es lo suficientemente nítida como para una resolución de un metro de la superficie de la Tierra) estaba destinada al espionaje, el presidente de la Organización de Investigación Espacial de la India respondió: «Será para un uso civil consistente con nuestras preocupaciones de seguridad... Todos los satélites de observación miran a la Tierra. Si lo llamas observación de la Tierra o espionaje es cuestión de interpretación». Si un satélite de alta resolución con sensores remotos es bueno, dos son incluso mejores. En la primavera de 2009, la agencia espacial de la India lanzó RISAT-2, un satélite construido por Israel con detección de radar las 24 horas del día, en todo tipo de clima, adecuado para el monitoreo tanto de cultivos como de fronteras. Sobre la cuestión de sus usos, el *Times of India* citó a un alto funcionario espacial de la India diciendo: «Se usará principalmente para defensa y vigilancia. El satélite también tiene una buena aplicación en el área de la gestión de desastres y en la gestión de ciclones, inundaciones y actividades relacionadas con la agricultura». Sin dejarse distraer por sus referencias a los desastres naturales, los editores del *Times* titularon este informe «La India lanzará un satélite espía el 20 de abril».^[122]

Se han producido incontables cambios desde que Galileo le ofreció al *dogo* un catalejo con aumento de nueve veces. Él no podría haber previsto en qué se convertiría ese dispositivo de monitoreo. No podría haber conceptualizado el alcance planetario de los primos en órbita del telescopio. Sin embargo, conociendo el valor del acceso temprano a la información, podría haberle complacido saber que su nombre quedaría unido al sistema emergente propio de satélites de navegación global de la Unión Europea. A la vez que es interoperable con el GPS (así como con el sistema equivalente de Rusia, GLONASS), Galileo sorteará lo que antes era el control militar estadounidense de una información esencial para todos. Como afirma la agencia que supervisa el sistema: «Con Galileo, los usuarios ahora tienen una alternativa nueva y confiable que, a diferencia de estos otros programas, permanece bajo control civil».

Control sí, pero no uso exclusivo. En 2016, el autor de un informe sobre los aspectos de seguridad de las capacidades espaciales de la Unión Europea dijo que, si bien Galileo y Copernicus (el sistema de satélites de observación de la Tierra de la UE) ayudan en aspectos esenciales como la coordinación del transporte aéreo y el seguimiento de los cambios en la atmósfera, «no deberíamos de tener miedo de decir que también pueden servir a la Política Común de Seguridad y Defensa».^[123]

Aparte de enfrentar las amenazas creadas sin cesar por nuestros compatriotas terrícolas, todos estos ojos en el cielo son vulnerables a un adversario natural: el clima espacial. Sin que los operadores de telégrafos eléctricos del siglo XIX ni todos los demás que vivían en la Tierra lo supieran, el Sol es una bola gigante de plasma magnético que ocasionalmente suelta destellos, expulsando gotas de partículas con carga a través del espacio interplanetario. En 1859, la masa de plasma más grande de los últimos 500 años golpeó la Tierra, interrumpiendo misteriosamente los novísimos sistemas telegráficos del mundo. La explosión fue tan intensa que mereció un nombre: el evento Carrington, por el astrónomo solar inglés Richard Carrington, quien fue el primero en observarlo. Hoy en día, con cientos de satélites militares y de comunicaciones en órbita alrededor de la Tierra y redes extensas que alimentan a nuestra civilización hambrienta de electricidad, estamos más expuestos que nunca a semejante estallido. En respuesta, las compañías eléctricas están reforzando sus dispositivos electrónicos en las principales subestaciones, y la Agencia Espacial Europea, Recursos Naturales de Canadá y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos ya tienen equipos cuya única tarea es monitorear y predecir el clima espacial. Estas predicciones permitirán cambiar los satélites a modo seguro antes de una tormenta solar, protegiendo así sus circuitos eléctricos de una avalancha de partículas cargadas.^[124]

En el ya famoso discurso de 1961, el presidente saliente Dwight D. Eisenhower describió los episodios históricos de producción en tiempos de guerra (como, digamos, el aumento gradual de la fabricación de vidrios ópticos durante la Primera Guerra Mundial) como la fabricación temporal y de medio tiempo de espadas por parte de los que habitualmente fabrican rejas del arado, en contraste con la fabricación de armamentos, de tiempo completo, que se había vuelto la práctica habitual para cuando él asumió el cargo. El novelista John Dos Passos ya había advertido memorablemente a

Estados Unidos sobre el complejo militar-financiero, con una referencia mordaz a la riqueza de J.P. Morgan: «Guerras y pánicos en la bolsa de valores, ametralladoras e incendios provocados, bancarrotas, bonos de guerra... Es un buen clima para la Casa de Morgan».^[125] Ahora Eisenhower advertía a Estados Unidos sobre el complejo militar-industrial: el punto débil de la cooperación necesaria entre las fuerzas políticas, científicas, de defensa y productivas. No fue el primero en emitir tales advertencias, pero ciertamente fue la persona de más alto perfil en hacerlo, y se refirió a la «influencia injustificada, buscada o no» y a la «posibilidad de que el empleo federal, las asignaciones de proyectos y el poder del dinero dominen a los estudiosos de la nación». Eisenhower quería tener las dos cosas, y también declaró que los armamentos de Estados Unidos debían ser «poderosos, listos para una acción instantánea». Le preocupaba que la ciudadanía de los Estados Unidos no se mantuviera lo suficientemente informada como para garantizar «el acoplamiento adecuado de la enorme maquinaria industrial y militar de defensa con nuestros métodos y objetivos pacíficos».^[126]

Tomemos esta mezcla de maquinaria militar-industrial, agreguemos la carrera por un terreno cada vez más alto, tengamos en cuenta los crecientes márgenes de ganancias invocados por Dos Passos, y habremos dado a luz al complejo militar-espacial-industrial: el aeroespacio. Pocos comentaristas lo han resumido mejor que Don Draper, el ficticio director creativo de Madison Avenue de la exitosa serie de televisión *Mad Men* de AMC, al expresar una opinión que habría sido actual a finales de 1962:

Todos los científicos, ingenieros y generales están tratando de encontrar una manera de poner a un hombre en la Luna o hacer estallar a Moscú, lo que cueste más. Tenemos que explicarles cómo podemos ayudarles a gastar ese dinero... [Los congresistas] son los clientes. Quieren tener la industria aeroespacial en sus distritos. Háganles saber que podemos ayudarles a llevarse esos contratos a casa.^[127]

Han transcurrido siete siglos y medio desde que Roger Bacon informó al papa que los ejércitos enemigos podían verse a la distancia con la ayuda de «cuerpos transparentes». Esos cuerpos refractarios de Bacon, cuidadosamente formados y convenientemente acomodados, han sido reemplazados por una asombrosa cartera de detectores, que van desde las gafas de visión nocturna hasta los telescopios espaciales. Poder ver se ha convertido en conciencia situacional, y ahora abarca una vasta gama de longitudes de onda, mucho más allá de lo meramente visual. Las distancias ahora se miden en años luz en lugar de estadios. Sin embargo, ahora unos cuantos fanáticos armados pueden causar más estragos y destrucción de lo que alguna vez pudieron ejércitos

enteros, y es posible que el futuro del armamento no gire en torno a cuántos misiles guiados viven en nuestro silo, sino cuántos cibercientíficos trabajan en nuestro laboratorio. Un factor que no ha cambiado es el dinero; otro, la existencia y la creación de enemigos.

LA MÁXIMA INSTANCIA SUPREMA

INVISIBLES, INDETECTABLES, INNOMBRABLES

La invisibilidad cautiva al astrofísico y al combatiente. Los dos se dedican a la vigilancia. Con la ayuda de un telescopio, los astrofísicos —en búsqueda de conocimiento— exploran el cosmos que de otra manera no sería visible a profundidades y distancias cada vez mayores. Los combatientes —en busca de la defensa o el dominio— investigan los sistemas ocultos del enemigo a la vez que buscan su propia invisibilidad, ganando el control mientras se mantienen fuera de peligro. Además de la búsqueda del conocimiento, la defensa y el dominio, está la búsqueda del secretismo, específicamente el secretismo de la información: otro aspecto más de la invisibilidad.^[1]

Durante la mayor parte de la historia humana, entendíamos el mundo por medio de nuestros cinco sentidos. La vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído nos proporcionaban enormes cantidades de datos. No había ninguna razón en particular para pensar que en el mundo pudieran estar embutidas vastas cantidades de objetos y fenómenos invisibles, no escuchados, intactos y generalmente tampoco percibidos. Finalmente, el telescopio y el microscopio abrieron la puerta a lo invisible, produciendo revelaciones extraordinarias: «una increíble cantidad de animalitos de diversos tipos[,] varios miles en una gota» de agua de la Tierra,^[2] rimas en la Luna, manchas en el Sol, anillos alrededor de Saturno.

Aun así, durante sus primeros siglos, el microscopio y el telescopio profundizaron la visión humana solo dentro de esa estrecha banda del espectro electromagnético llamada luz visible, lo que nos permite ver mejor que antes pero en donde solo vemos el mismo tipo de luz que ya estábamos acostumbrados a ver. Sí, ahora podíamos detectar cosas más tenues, cosas más pequeñas, cosas más distantes. Pero aún no habíamos comprendido que

gran parte del universo físico requeriría medios de detección completamente diferentes de lo que nuestros ojos, oídos y piel pueden proporcionar.

Lo que separa a los grandes científicos de los científicos ordinarios no es la capacidad para responder la pregunta correcta. Es la capacidad de hacer la pregunta correcta, para empezar, y no dejar que el sentido común dicte o limite su pensamiento. En realidad, no tiene nada de común lo que nunca sabías que existía. El formidable físico inglés Isaac Newton, por ejemplo, cuestionó los fundamentos de la luz y el color. Todos daban por sentado que el color era una propiedad intrínseca de, por ejemplo, las gotas de lluvia en un arcoíris o los colgantes de cristal de candelabro. ¿Quién en su sano juicio habría pensado que la luz ordinaria, la luz blanca, estaba compuesta de colores?

Newton, sin embargo, fue lo suficientemente inteligente como para no hacer suposiciones. Newton demostró de manera convincente que, en efecto, la luz blanca está compuesta de múltiples colores, al dirigir un rayo de luz solar a través de un prisma de vidrio, lo que provocó que el espectro visible emergiera de él, y luego al invertir la secuencia, enviando el espectro de vuelta por el prisma, después de lo cual brotó la luz blanca. Aunque cada color del espectro se combina gradualmente con su vecino, Newton —un partidario del orden cósmico y del número 7,^[3] de importancia mística— declaró que no había seis colores, como podríamos enumerar hoy en día casi todos, sino siete, y metió el índigo entre el azul y el violeta para completar el conjunto.

Ya en el verano de 1672, décadas antes de publicar su gran obra *Óptica o un tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*, Newton había enviado una carta a la Royal Society con una lista de preguntas sobre la luz y el color que solo podían responderse adecuadamente por medio de experimentos. Dos de sus primeras preguntas eran: «Si los rayos, que están dotados de grados particulares de refrangibilidad, cuando se separan por cualquier medio, tienen colores particulares que les pertenecen constantemente...» y «Si una mezcla esperada de rayos, dotados de toda variedad de colores, producen una Luz perfectamente parecida a la del Sol, y que tiene todas las mismas propiedades...».^[4] Su experimento con el prisma respondería que sí a las dos.

¿Es posible que Newton también se haya preguntado, solo una vez, incluso por un momento, si podían existir otras bandas de luz adyacentes que nuestros ojos no pudieran ver? Él había notado que el rojo, en un extremo del espectro visible, y el violeta, en el otro extremo, simplemente se desvanecían

en la oscuridad.^[5] Había planteado la posibilidad de que existieran «otras propiedades originales de los rayos de la luz, además de los que ya se han descrito».^[6] Quizás más importante, estaba cómodo con la idea de los atributos ocultos. Sin embargo, *Opticks* no ofrece pruebas claras de que se haya aventurado por ahí. En todo caso, pasaría más de un siglo antes de que alguien concibiera una respuesta a esa pregunta no expresada.

Resulta que había múltiples respuestas. Una llegó a principios de 1800, cuando el astrónomo inglés William Herschel (el hombre que había descubierto Urano dos décadas antes) exploraba la relación entre la luz solar, el color y el calor.

Al igual que lo había hecho Newton tantas veces, Herschel comenzó por colocar un prisma en el camino de un rayo de sol, pero lo llevó un paso más allá. Para determinar si cada color tenía una temperatura diferente, colocó termómetros en las distintas regiones del arcoíris proyectado por el prisma. Y, como cualquier buen científico que realiza un experimento bien diseñado, colocó un termómetro de control fuera del rango de color, adyacente al lado rojo del espectro, para medir la temperatura ambiente, sin que lo alterara el calor del rayo de sol. Herschel en efecto descubrió que los diferentes colores registran diferentes temperaturas, pero ese fue el segundo resultado más interesante de su experimento. El termómetro de control, sentado en la oscuridad, registró una temperatura aún más alta que cualquiera de los termómetros colocados dentro del arcoíris. Solo se podría haber causado ese calentamiento por rayos invisibles.

Sir William había descubierto la luz roja «infra», la banda que está justo «debajo» del rojo. Su descubrimiento fue el equivalente astronómico al de los geólogos que descubrieron el gigantesco acuífero de Nubia debajo de las arenas del Sahara del este. He aquí su recuento de ello:

Por varios experimentos... parece que el máximo de iluminación tiene poco más de la mitad del calor que los rayos rojos completos; y de otros experimentos también concluyo que el rojo completo sigue estando por debajo del máximo de calor; que tal vez se encuentra incluso un poco más allá de la refracción visible. En este caso, el calor radiante consistirá al menos en parte, si no principalmente, si se me permite la expresión, de luz invisible; es decir, de rayos del sol que tienen un impulso tal que no son aptos para la visión.^[7]

Al año siguiente, en 1801, Johann Wilhelm Ritter, un científico alemán cuyo interés principal era la intersección de la electricidad y la química, retomó lo que había dejado Herschel. Atraído filosóficamente por el concepto de

polaridad en la naturaleza, Ritter supuso que el infrarrojo debía tener un compañero justo al otro lado del espectro visible. En lugar de usar termómetros para demostrar su presencia, usó cloruro de plata, una sustancia conocida por descomponerse y oscurecerse a diferentes velocidades cuando se expone a diferentes colores de luz. El experimento de Ritter, como el de Herschel, era simple e inteligente a la vez: colocó un pequeño montículo de cloruro de plata en cada color visible, así como en el área no iluminada junto al violeta, y luego aguardó los resultados. Como esperaba, la pila en el área no iluminada se oscureció incluso más que la pila en el área violeta. ¿Qué es más violeta que el violeta? El ultravioleta.

Detectar sin ver ya era una realidad científica.

Sin embargo, la observación de los cielos no cambió de la noche a la mañana. El primer telescopio capaz de detectar longitudes de onda fuera de la estrecha porción visible del espectro electromagnético no se habría de construir por otros 130 años, mucho después de que el físico alemán Heinrich Hertz demostrara que la única diferencia real entre los diferentes tipos de luz es la cantidad de energía que llevan. Y eso, en última instancia, lo incluiría todo: las ondas de radio, las microondas, el infrarrojo, los colores del arcoíris, los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma. En otras palabras, descubrió que existe tal cosa como un espectro electromagnético: una sinfonía de ondas vibratorias, cada una con una longitud de onda, frecuencia y energía únicas. Para el astrofísico, todo es energía, todo es radiación, todo es luz.

A veces la luz se comporta como partículas, a las que llamamos *fonones*. A veces —de hecho, la mayoría de las veces en nuestra vida cotidiana— la luz se comporta como ondas. Hay una vieja discusión sobre si la luz debe conceptualizarse como ondas o partículas: Demócrito discutió con Aristóteles al respecto, Newton discutió con Huygens, y la física cuántica dice que es las dos cosas. Así que nos quedamos con la frase «dualidad onda-partícula», a pesar de que a nuestros cerebros les resulte difícil asimilar el concepto del todo. Lástima que nunca pegara la palabra *wavicle* [a veces traducida al español como *ondícula*].

Por ahora, pensemos en la luz (radiación electromagnética) como ondas compuestas de partículas. La frase *longitud de onda* obviamente se aplica a las ondas. Es la medida simple de longitud de cresta a cresta o de valle a valle. Las longitudes de onda de los rayos gamma son más cortas que el diámetro de un átomo; en el extremo lejano de la banda de radio, las

longitudes de onda pueden ser más largas que el diámetro de la Tierra.^[8] Cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la energía y, en términos generales, mayor es el peligro para la vida tal como lo conocemos. Y ya sea que estemos explotando el espectro electromagnético por razones beatíficas o nefastas, cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor será la densidad de información que puede transportar el haz de luz.

Sin asistencia tecnológica, los seres humanos comunes ven solo la fracción más pequeña del espectro electromagnético completo, desde la luz violeta (con una longitud de onda de unos 400 nanómetros) hasta la luz roja (con una longitud de onda poco menos del doble de larga, de unos 700 nanómetros). Cuando consideramos que las bandas del espectro electromagnético que hemos medido hasta ahora abarcan más de una docena de potencias de 10, en términos de longitud de onda, nuestro alcance de apenas un factor de dos es bastante lamentable. Para nosotros, lo más importante es que el pico de la energía del Sol se encuentra justo en el centro de la parte visible del espectro. Dado que somos criaturas diurnas, es sensato en términos evolutivos que la capacidad de detección de nuestros ojos alcance su punto máximo en el mismo lugar.

El infrarrojo y el ultravioleta son invisibles para nosotros, pero eso no significa que sean insensibles. Los experimentamos a través de nuestra piel, no de nuestros ojos. Percibimos la luz infrarroja del Sol en tiempo real como calor en nuestra piel, pero percibimos su luz ultravioleta solo después de que esta se oscurece, y tal vez se dañe, por una exposición excesiva, también conocida como quemadura de sol.

La Tierra misma irradia infrarrojos, al igual que todo aquello cuyas moléculas están en movimiento, animado o inanimado. En otras palabras, todo lo que tenga una temperatura por encima del cero absoluto. Las polvorosas nubes galácticas, donde se forman las estrellas en lo más profundo, emiten infrarrojos. El gatito, el canario y las plantas de interior, muertas o vivas, emiten infrarrojos. Algunas especies de serpientes tienen pequeños hoyos en las cabezas que captan los rayos infrarrojos de sabrosas presas de sangre caliente, que se revelan fácilmente por la noche en un entorno que se va enfriando rápidamente. Y, desgraciadamente para la industria hotelera y los turistas de todo el mundo, las antenas de las chinches tienen sensores infrarrojos que las alertan de una fuente cercana de tibia sangre. En cuanto al ultravioleta, los insectos voladores lo ven bastante bien, incluidos los jejenes, las polillas, los mosquitos y las mariposas, así como las aves, los murciélagos, las ratas y los gatos.

Que un objeto emita infrarrojos no significa que un detector de infrarrojos lo pueda percibir fácilmente. De todos modos se tiene que distinguir entre el objetivo y cualquier fuente de luz infrarroja que compita con él, ya sea porque rodea a nuestro objetivo o nos rodea a nosotros. Todo lo que esté más caliente que lo que lo rodea se ve más brillante. Pero si el objetivo tiene aproximadamente la misma temperatura, se perderá en el «ruido» infrarrojo. Para mejorar su capacidad para detectar el objetivo infrarrojo elegido, los observadores del cielo enfrían profundamente su aparato con nitrógeno líquido (77 kelvin) o, en los casos más fríos, helio líquido (4 kelvin). Estos aplacan el ruido térmico del detector mismo, permitiendo que el objeto celeste brille más claramente en los datos. Como podríamos sospechar, las necesidades del aviador militar son exactamente lo opuesto. Si lo ataca un misil sensible al calor, el avión o el helicóptero generalmente desplegará contramedidas infrarrojas, como las bengalas en espiral, que contribuyen a poner ruido infrarrojo en lo que «observa» la ojiva, por lo tanto hace que el escape caliente del motor sea imposible de distinguir de las contramedidas mismas.

El infrarrojo y el ultravioleta son simples insinuaciones de toda la energía luminosa que los humanos no podemos ver. Si avanzamos por el extremo del espectro electromagnético con longitud de onda larga y baja energía, encontramos las ondas de radio (demostradas experimentalmente en la década de 1880)^[9] y las microondas (denominadas como el subconjunto de ondas de radio de rango bajo en 1964-1965, por ende el prefijo *micro*); en la otra dirección, en el extremo de onda corta y alta energía están los rayos X, descubiertos en 1895; y los rayos gamma, en 1900. Aunque hemos asignado nombres para las distintas bandas, el espectro electromagnético es un continuo. La civilización se extiende en capas a lo largo de este continuo. Cientos de estaciones de AM, FM y XM están emitiendo ondas de radio por nuestros cuerpos en este momento, la parte telefónica de nuestro teléfono inteligente se está comunicando en microondas con una torre de teléfono celular, y las funcionalidades de mapa de nuestros teléfonos inteligentes también están hablando con satélites GPS a través de microondas. Probablemente estamos recibiendo luz visible de una lámpara cercana y, si el foco es incandescente, también luz infrarroja. Mientras tanto, en todo el universo, un ancestral, penetrante y persistente mar de radiación de microondas forma la *radiación de fondo de microondas*, un legado del Big Bang.

La mayoría de los eventos celestiales emiten luz en múltiples longitudes de onda simultáneamente. Por ejemplo, la explosión de una estrella masiva — una supernova— es un evento cósmicamente común (aunque localmente raro) y de energía realmente alta que, además de la luz visible, dispara cantidades prodigiosas de rayos X. A veces, la explosión se acompaña de un estallido de rayos gamma o un destello de ultravioleta. Cuando ocurre en nuestra propia galaxia, puede emitir tanta luz en longitudes de onda visibles que permanece perceptible durante varias semanas sin la ayuda de un telescopio, como sucedió con los espectaculares supernovas que albergó la Vía Láctea en 1572 y 1604. Un remanente de supernova sigue irradiando ondas infrarrojas y de radio mucho después de que se enfrían los gases explosivos, se disipen las ondas expansivas y desvanezca la luz visible.

La otra cara de la visibilidad es la detección. Cuando se trata de buscar la presa o, por el contrario, evitar al enemigo, la detección es clave tanto para la conquista como para la supervivencia. Ya sea que uno sea la víctima o el agresor, jamás es más ventajoso no ver algo que verlo. De cualquier manera, y especialmente si uno es la probable víctima, no solo es preferible ver al agresor, sino también permanecer oculto.

El *camuflaje* (palabra de origen francés cuyos significados anteriores hacían referencia a toda clase de cosas, desde al humo y las sofocantes explosiones subterráneas hasta a los disfraces y la astucia criminal),^[10] el arte de permanecer invisible no es infrecuente entre las criaturas grandes y pequeñas. Pensemos en los cambios caleidoscópicos de la sepia o el pulpo, del insecto que parece un palito (conocido como campamocha o insecto bastón) o, antes del derretimiento inducido por el cambio climático, el niveo pelo del oso polar contra la blancura del manto de nieve del Ártico. El camuflaje puede estar tan relacionado con evitar que te coman como con acercarte a tu propia cena.

También está la distinción propuesta a principios del siglo xx por un artista estadounidense llamado Abbott Thayer entre dos formas muy diferentes de camuflaje visual: *fundirse* en contraste con *deslumbrar*. La naturaleza ha elegido la opción de fundirse, tanto el insecto bastón tan ubicuo como en el oso polar amenazado. Los bichos que viven en hábitats boscosos pueden fundirse al ser verdes sobre verde o cafés sobre café, mientras que otros pueden deslumbrar y confundir a los observadores por medio de rayas vívidas, manchas prominentes u otras marcas llamativas que tienen el efecto

de romper los contornos de sus cuerpos y hacerlos más difíciles de rastrear mientras están en movimiento. En todos los casos el objetivo es desaparecer.

Los invasores y combatientes aman el camuflaje y el sigilo —es lo más cercano que pueden llegar a la invisibilidad— y llevan milenios intentándolo. En el siglo v a. C., el teórico militar Sun Tzu aconsejó:

Toda guerra se basa en el engaño... Por lo tanto, cuando somos capaces de atacar, debemos parecer incapaces; cuando usamos nuestras fuerzas, debemos parecer inactivos; cuando estamos cerca, debemos hacer creer al enemigo que estamos lejos; cuando estamos lejos, debemos hacerle creer que estamos cerca.^[11]

Diez siglos más tarde, Flavius Vegetius Renatus, un prominente funcionario de la corte romana y autor de un manual militar, describió el camuflaje tradicional para las naves de exploración que acompañaban a los grandes buques de guerra con el propósito de realizar ataques sorpresa, interceptar convoyes enemigos y monitorear al enemigo al aproximarse:

Para que a los barcos de exploración no los traicione el colorido, las velas se tiñen de azul veneciano, similar al color del mar, y el aparejo se tiñe con la cera con la que generalmente se recubren los barcos. Además, los marineros y marinos visten ropas de color azul veneciano para que no solo durante la noche, sino también durante el día, permanezcan más invisibles mientras exploran.^[12]

Aunque el mar cambia continuamente de color, a cierta distancia la coloración azul de los barcos podría, en condiciones óptimas, fusionarse con la del agua. Solo a corta distancia sería fácilmente perceptible la diferencia entre su azul veneciano y los variados azules, marrones, verdes y grises del mar. Pero una vez que se hubiera registrado la diferencia, no habría tiempo suficiente para organizar un ataque contra los exploradores. La distancia compra tiempo y ventaja, y ese era precisamente el punto de Galileo cuando buscó el apoyo del *dogo* de Venecia en 1609. Algunas otras propuestas de camuflaje marítimo eran más creativas que la capa de azul veneciano. Una alternativa de principios del siglo xx, nunca implementada, tenía que ver con envolver barcos en ondeantes cubiertas blancas, con la intención de simular nubes.^[13]

Revestir a las tropas y los vehículos con ramas y hojas para simular el follaje del bosque es otro tipo de camuflaje tradicional, ya sea en la guerrilla de Vietnam en el siglo xx o en la Escocia medieval (recordemos la profecía en el *Macbeth* de Shakespeare: «No temáis hasta que el bosque de Birnam / Llegue a Dunsinane»). Pero no fue hasta la Primera Guerra Mundial, cuando los artistas empezaron a pintar lienzos desenrollados para que parecieran carreteras y postes de observación para que parecieran troncos de árboles, que

la palabra *camuflaje* entró oficialmente en el idioma inglés. Pronto, en ambos lados del Atlántico se adoptó la práctica de pintar barcos de guerra completos con un camuflaje *dazzle* (también llamado *camuflaje disruptivo* o *deslumbrante* o *razzle dazzle*, un nombre con mucha más chispa). El factor decisivo parece haber sido el hundimiento de casi 1 000 barcos británicos por parte de submarinos alemanes durante los primeros nueve meses de 1917, lo que causó que un pintor británico de paisajes marinos que servía como oficial naval propusiera que «ya que era imposible pintar un barco para que un submarino no lo pudiera ver, el extremo opuesto era la respuesta; en otras palabras, pintarlo de tal manera... que se rompa su forma y de tal manera confunda a un oficial de submarinos en cuanto al rumbo en el que se dirige». [14]

Crear confusión parecía una mejor solución que intentar conseguir la invisibilidad. De repente, los artistas se volvían facilitadores de objetivos militares, mientras los combatientes aprendían algunas de las estrategias visuales científicas y desintegracionistas de los movimientos de vanguardia del cubismo, el futurismo y el vorticismismo. Picasso y Braque, los padres del cubismo, quedaron encantados al ver que lo que consideraban su invención estética se aplicaba a los barcos y al armamento; se supone que una noche, mientras paseaba por un bulevar en París y veía un convoy de armas pesadas pintadas en zigzag que se dirigían hacia el frente, Picasso exclamó: «¡Nosotros inventamos eso!». Se dice que el mismo Franklin D. Roosevelt, subsecretario de la Marina de Estados Unidos durante la Primera Guerra Mundial gritó, después de que le mostraran una nave de prueba con camuflaje deslumbrante, «¿Cómo diablos esperan que estime el curso de una maldita cosa que está toda pintada así?». Al final, sin embargo, parece que el camuflaje deslumbrante no cumplió su promesa. Se produjeron ataques en niveles parecidos en barcos con y sin el revestimiento. Sin embargo, pese a que tanta evidencia comprobaba lo contrario, el pensamiento mágico relacionado con la eficacia del camuflaje disruptivo persistió durante la Segunda Guerra Mundial y después. [15]

Hay varias opciones para desaparecer de la parte visible del espectro que tienen un largo pedigrí en tiempos de guerra. La más sencilla es explotar la oscuridad de la noche. Otra es cegar al enemigo: se arma una gran hoguera, y las fuerzas enemigas que la miran no podrán ver nada más que las llamas y, por lo tanto, no podrán atacar con precisión. En las últimas décadas, se han

utilizado láseres y cortinas de humo para cegar al enemigo: si lanzamos una granada de fósforo blanco contra nuestro objetivo, obtendremos una cortina de humo instantánea que también quemará a quien esté cerca a la vez que oculta nuestras propias maniobras y nuestra propia radiación infrarroja. El cegamiento también nos sucede en el universo, cuando la luz de una estrella anfitriona inunda la luz mucho más tenue reflejada por sus exoplanetas. Este fue un gran problema hasta hace un par de décadas, cuando los científicos espaciales comenzaron a usar un disco ocultador especial en la óptica de su telescopio para bloquear esa luz infractora de las estrellas, logrando así lo contrario de lo que la invención del telescopio originalmente lograba.

Otra manera muy diferente de abordar la desaparición es la transparencia, y esto lo representa la ventana de vidrio transparente. Las moscas, las polillas, las aves y los visitantes del espacio exterior que no conocen las ventanas deben quedar desconcertados por la interposición de algo visualmente imperceptible pero impenetrable entre ellos y el paisaje.

Pero digamos que uno quiere moverse a voluntad, discretamente, y no encerrado en un lugar como una ventana, pero también ser funcionalmente invisible. Hoy en día, podríamos cubrirnos con una espuma, fibra o polvo que no refleje la luz. Evitaríamos que un adversario nos iluminara aunque, aun así, bloquearíamos el paisaje que está detrás de nuestra propia posición, y un cazador inteligente podría detectarnos debido a la ausencia exacta de nuestra forma humana, en vez de su presencia. También podríamos ocultarnos con escamas o espejos que redireccionen la luz que nos pega, devolviéndole poco o nada a la fuente, de manera similar al principio de diseño del avión furtivo, que redirige el radar incidente sobre su fuselaje en muchas direcciones diferentes. Otra opción bastante reciente es un tejido hecho de diminutas perlas transmisoras de luz que pueden transponer la imagen de lo que está detrás de uno hacia delante. Para un observador es como si uno no estuviera allí en absoluto, el mismo efecto que si uno estuviera usando un dispositivo de ocultamiento de *Star Trek*. Otras posibilidades: si un arquitecto diseña un rascacielos ofensivamente gigantesco, podría cubrirlo con luces LED que proyecten el paisaje circundante sin su presencia. Si un espía vigila una entrada calle abajo, es posible que quiera desaparecer por completo, como lo haría un mago, a través de una astuta secuencia de lentes o espejos colocados entre él y la puerta.^[16]

Lograr la invisibilidad a través del camuflaje temporal es una táctica intuitiva e imaginativa de confiabilidad limitada. Lograr la invisibilidad a través del sigilo es una táctica científica, basada en la comprensión de las

leyes físicas de la reflexión y la refracción, así como en el descubrimiento de siglos de las muchas formas de energía luminosa a las que nuestros sentidos no tienen acceso.

Para finales del siglo XIX ya no podíamos engañarnos creyendo que el universo se comunica con nosotros solo por medio de la estrecha banda de luz disponible para la retina humana. Con el descubrimiento de múltiples bandas de luz, se volvió impensable diseñar una estrategia de defensa únicamente alrededor de la luz visible o explicar el cosmos únicamente sobre la base de observaciones hechas con luz visible; sería como componer una sinfonía solo a partir del rango de notas de una sola octava. Se necesitaba un nuevo término —*astrofísica*, a diferencia de *astronomía* — para aclarar la diferencia entre identificar la presencia y posición de los cuerpos celestes y el proceso más complejo de determinar sus componentes, su masa, sus caminos y su historia. La luz se convertiría en una enciclopedia. El esfuerzo por detectar cosas demasiado tenues para registrarse en el ojo humano se volvería el programa de astrofísica de mayor duración.

Todo esto requería nueva tecnología y nuevas técnicas. El astrofísico buscaba detectores capaces de capturar cada longitud de onda; el combatiente buscaba sistemas ofensivos capaces de explotar esas longitudes de onda y sistemas defensivos capaces de eludirlos. Los dos lados sentían que la banda de radio era una buena apuesta. Para los militares, antes de las armas nucleares, se volvió casi indispensable; para los científicos del espacio, ofrecía nuevas vías para la nueva información. Trabajando juntos, ayudaron a dar forma al curso de la Segunda Guerra Mundial.

Aunque a mediados de la década de 1880 se demostró la existencia de las ondas de radio, se necesitaron décadas de teorías rivales de físicos y matemáticos, además de la creciente evidencia experimental, antes de que los científicos e ingenieros pudieran trabajar con ellas, controlarlas y explotarlas. La primera tarea fue entender su comportamiento: cómo algunas ondas de radio logran viajar intactas alrededor de la superficie curva de la Tierra y cómo la atmósfera superior, la ionosfera, afecta su viaje por el espacio; las causas del ruido de radiofrecuencia, mejor conocido como *estática*; la mejor forma y material para la antena; si la dirección de transmisión importa; si el Sol y otros vecinos celestes reflejan o emiten ondas de radio. Y así en adelante.

Para 1919 se había respondido a la mayor pregunta de transmisión: las ondas de radio viajan no porque las difracte la superficie curva de la Tierra, sino porque las refleja la ionosfera de la Tierra, una serie de capas de varios cientos de kilómetros de espesor, en la atmósfera superior, que bullen de partículas cargadas (iones) producidas cuando la luz de alta energía del Sol separa a los electrones de los átomos y moléculas que habitan nuestra atmósfera. Para 1937, ya estaban en su mayoría listas las demás respuestas sobre la transmisión. Como habían abordado la pregunta de distintas maneras, a diferentes investigadores se les ocurrieron diferentes partes de la respuesta total, y sin darse cuenta avanzaron esfuerzos tan variados como la meteorología y la teoría matemática. Como lo describe un historiador de la ciencia: «Partieron de lo que querían saber y encontraron lo que no esperaban aprender». Mientras buscaba una solución a un problema de ingeniería práctica, escribe, la Marina de los Estados Unidos terminó contribuyendo a la ciencia pura.^[17]

A finales de la década de 1930, gran parte del trabajo teórico y práctico se centró en enviar y recibir señales de radio. Hasta que no se comprendiera y dominara ese doble problema, no se podría abordar el doble problema de la detección y cómo evitarla. Pero sucedió algo muy importante en el frente de la radio en la década de 1930: otro proyecto práctico que resultó en otra contribución inesperada a la ciencia. De hecho, produjo una nueva rama de la astrofísica.

El objeto que conocemos como teléfono comenzó como un dispositivo para transmitir ondas de radio. Hoy en día nuestros teléfonos móviles transmiten microondas. En la época medieval de la comunicación telefónica, AT&T (la American Telephone and Telegraph Company) era un monopolio gigante aprobado por el gobierno cuyo lema era «Un sistema, una política, servicio universal». La primera llamada de larga distancia de AT&T dentro de Estados Unidos se llevó a cabo en 1885 entre Nueva York y Filadelfia. El servicio de llamadas transatlánticas vía emisora bidireccional (también llamado *radioteléfono*) comenzó en 1927, pero ese año, el único lugar al que se podía llamar era Londres. Las llamadas transpacíficas comenzaron en 1934, a Tokio. Un gran problema con el servicio de larga distancia, aparte del precio, era que, como la propia AT&T describe la situación, «el servicio telefónico por medio de la tecnología de radio disponible estaba lejos de ser ideal: estaba sujeto a desvanecerse y a la interferencia, y tenía una capacidad estrictamente limitada».^[18] Otro problema de doble filo era que había pocos canales disponibles en la parte de baja frecuencia y onda larga del espectro de

radio, mientras que la parte de frecuencia más alta y de onda corta —la parte que podía llevar mucho más información— todavía era un territorio desconocido, en el sentido científico y tecnológico. No fue hasta que se dominara que pudo haber transmisiones en vivo en FM estéreo desde la Metropolitan Opera, que comenzaron en la década de 1970.

Pero no anticipemos los acontecimientos.

En las instalaciones de investigación y desarrollo de AT&T, que tenían tres años en 1928, los Bell Telephone Laboratories contrataron a un joven físico llamado Karl Jansky para estudiar las fuentes de radio en la Tierra que pudieran explicar todo el silbido y desvanecimiento —el ruido y la estática— en las radiocomunicaciones terrestres. Después de construir una innovadora antena giratoria, sintonizada para capturar una longitud de onda de radio de 14.6 m (frecuencia: 20.5 MHz), Jansky pasó varios años esperando que las señales pasaran por su receptor, estudiando los patrones de señal e interpretando escrupulosamente los resultados. En 1932 publicó sus conclusiones preliminares.

El tono de Jansky era modesto y cuidadoso, sus declaraciones limitadas, su atención a los datos honorable. En su artículo de 1932, sobre «la dirección de llegada e intensidad de la estática en ondas cortas», cita tres tipos de estática identificables: una de tormentas locales, una de tormentas lejanas y una tercera no identificable, «un tipo de silbido constante de estática de origen desconocido» que parecía estar «asociado con el Sol». En su artículo de 1933, después de un año de examinar solo ese tercer tipo de estática, Jansky declaró que su origen se encontraba mucho más allá del Sol. Debía de estar en algún lugar «fijo en el espacio», concluyó, en una ubicación «muy cerca del punto en donde una línea trazada desde el Sol que pasa a través del centro de la enorme galaxia de estrellas y nebulosas a la que pertenece el Sol golpearía la esfera celeste».^[19] En resumen, aproximadamente el corazón de la Vía Láctea.^[20]

Cada 23 horas y 56 minutos, la Tierra completa una rotación en relación con las estrellas. Cada 23 horas y 56 minutos, el centro de la Vía Láctea vuelve al mismo ángulo y la misma elevación en el cielo visto desde la Tierra. Cada 23 horas y 56 minutos, el punto fijo de Jansky en el espacio pasaba silbando junto al carrusel de Jansky. De ahí la ineludible conclusión de que su punto fijo en el espacio era el centro de la Vía Láctea. Si la fuente hubiera

sido nuestro Sol, el intervalo entre silbidos habría sido de 24 horas, no de cuatro minutos menos.

Así nació la radioastronomía, aunque ahí acabó la carrera de Jansky como radioastrónomo. En lugar de permitirle construir la antena parabólica de 30 m que propuso a continuación, Bell Labs —que ya tenía respuestas a sus preguntas prácticas y no estaba dispuesto a comenzar a financiar la investigación básica— asignó a Jansky a otras tareas.

Afortunadamente, Grote Reber, un joven ingeniero de radio de Illinois, quien brevemente fue víctima de un momento inoportuno por haber comenzado a buscar empleo justo cuando se estaba profundizando la Gran Depresión, decidió seguir adelante y construir su propio radiotelescopio en su propio patio. En 1938, Reber confirmó el descubrimiento de Jansky, y luego pasó los siguientes cinco años haciendo mapas de baja resolución del mapa celeste de las radiocomunicaciones, todo en solitario. Medio siglo más tarde, Reber publicaría una obra titulada *El inicio de la radioastronomía*, un artículo de fácil lectura en el cual señala (¡hablando de momentos oportunos!) que Jansky

estaba haciendo sus observaciones cerca del punto más bajo de un mínimo de actividad solar baja. El agujero ionosférico a 20.5 MHz estaba abierto desde el cenit hasta el horizonte día y noche. Unos años antes o después, las observaciones se habrían confundido con los efectos ionosféricos, particularmente durante el día. Jansky es un ejemplo del hombre correcto en el lugar correcto haciendo lo correcto en el momento correcto.^[21]

Cada banda de luz requiere su propio aparejo de detección. Ningún telescopio único puede enfocar la luz de todas las bandas. Si se están recolectando rayos X, cuyas longitudes de onda son muy cortas, el reflector tendrá que ser muy muy uniforme para no distorsionar los rayos. Pero si se están acumulando ondas de radio, el reflector podría estar hecho de malla de gallinero pulida y doblada con las propias manos, porque las irregularidades de la malla serían más pequeñas que la longitud de onda de las ondas de radio que se busca detectar. La uniformidad de la superficie del espejo simplemente debe ser proporcional a la escala de la longitud de onda que se desea medir. Y no olvidemos la resolución: si se desea un nivel decente de detalle, el diámetro del reflector debe ser mucho más ancho que las longitudes de onda que se desean detectar.

Los detectores contruidos por Jansky y Reber fueron los primeros radiotelescopios efectivos, y las primeras historias de éxito con luz invisible.

Los espejos de vidrio estaban fuera de discusión, porque las ondas de radio los atravesarían. Los reflectores tendrían que estar hechos de metal.

El artefacto de 30 m de largo de Jansky se parecía un poco al sistema de rociadores de una granja corporativa moderna. La antena era una serie de marcos metálicos altos y rectangulares, asegurados con soportes transversales de madera y montados en las ruedas delanteras y ejes de unos Ford modelo T rescatados del deshuesadero. Conectado a un pequeño motor, todo se movía sobre una plataforma giratorio, completando una vuelta de 360 grados cada 20 minutos. Dentro de un cobertizo cercano había un receptor equipado con un indicador automático de temperatura que se había ajustado para que registrara la intensidad de las señales de radio.^[22]

Por otro lado, el telescopio de Reber era un solo plato de nueve metros de ancho, progenitor de generaciones de radiotelescopios que dependen de ese plato —a menudo parabólico, como una media cáscara de huevo inclinada— para recoger las ondas de radio entrantes y luego hacerlas rebotar hasta un receptor. En otras palabras, el plato es una antena que funciona como un espejo. Lo que Reber logró fue la detección; su aparato no era lo suficientemente grande para lograr una buena resolución. Pero a principios de la década de 1940, era un gran paso el simple hecho de detectar un fenómeno cósmico invisible.

Como era de esperarse, las antenas parabólicas pronto se hicieron más grandes y mejores. Mark I, el primer radiotelescopio realmente grande del planeta —un único plato orientable de acero sólido de 76 m de ancho— vio la primera luz en el verano de 1957 y todavía está de guardia en el Jodrell Bank Observatory en el noroeste de Inglaterra. Los radiotelescopios más recientes no son solo grandes; son colosales. El plato no dirigible de 305 m del Observatorio de Arecibo está construido en un gran sumidero natural cerca de la costa centro-norte de Puerto Rico. Esta espectacular construcción, terminada en 1963 (y dañada, aunque lejos de ser destruida, por el huracán María de categoría 5 en septiembre de 2017)^[23] estuvo bajo la supervisión del Departamento de Defensa de Estados Unidos hasta 1969.

El financiamiento inicial para Arecibo se puede rastrear hasta el Proyecto Defender, un programa de misiles antibalísticos apoyado por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada. Como precursor de la Iniciativa de Defensa Estratégica, el Proyecto Defender abordaba las preocupaciones de Estados Unidos de que con señuelos se evitaría exitosamente la acción defensiva contra los misiles balísticos intercontinentales. Con el radiotelescopio de Arecibo se tenía la esperanza de que la firma del radar de

una ojiva real que pasara por la ionosfera de la Tierra fuera lo suficientemente diferente de la firma del radar de un señuelo como para poder identificar y derribar el misil mortífero. Ah, y el telescopio además podía hacer astrofísica.

Más que un paraboloide tradicional, la forma del plato curvo de Arecibo es un segmento de una esfera verdadera. Ya que el plato en sí es estacionario, un innovador detector móvil ubicado en la parte superior del plato sirve para «apuntar» el telescopio hacia diferentes áreas del cielo. La óptica de una superficie esférica permite de modo único hacer este truco. Además, el enorme tamaño de Arecibo asegura que detecte señales de radio extremadamente tenues emitidas por objetos en el espacio profundo, así como por capas llenas de actividad de radio en la propia atmósfera de la Tierra, como la ionosfera. Asimismo, el telescopio no solo detecta señales de radio; también puede transmitir las. Estas señales transmitidas, emitidas al espacio en modo radar y que luego rebotan de vuelta a la Tierra cuando alcanzan algo reflectante, pueden mapear las formas y rastrear las órbitas de los planetas, asteroides y cometas.

En 1974, el telescopio de Arecibo fue el primero en transmitir, a propósito, un mensaje de radio a los extraterrestres, específicamente a un gran y apretujado grupo de estrellas en nuestra galaxia, la Vía Láctea, que se supone que está orbitado por planetas que podrían albergar vida inteligente. Otro de los puntos destacados del observatorio fue su papel en el Premio Nobel de Física de 1993, que fue otorgado a Russell A. Hulse y Joseph H. Taylor Jr. por su descubrimiento en 1974 de un púlsar binario adecuado para probar la teoría general de la relatividad de Einstein.

Durante casi 50 años, Arecibo ostentó el título del radiotelescopio de plato único más grande del mundo. En 2016, esa distinción pasó a una construcción aún más espectacular: el telescopio esférico de apertura de 500 m, conocido como FAST (por las siglas en inglés de Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope). Ubicado en una enorme depresión de piedra caliza en una región montañosa y poco poblada del suroeste de China, el plato de FAST es tan grande que, como lo expresó el científico principal de los Observatorios Astronómicos Nacionales de China, «si lo llenáramos de vino, cada una de las siete mil millones de personas en el mundo podrían obtener una porción de unas cinco botellas». Al igual que con Arecibo, su forma es una sección de una esfera, pero ese es solo un detalle de ingeniería. Debido a su tamaño, FAST puede observar con una sensibilidad mucho mayor que la de Arecibo.^[24] Con 500 m de diámetro, disfruta de casi tres veces el área de recolección del telescopio Arecibo de 305 m. No hay nada que se le acerque

en el mundo. Si algo cae por debajo del límite de detección de Arecibo, y se apunta a FAST en esa dirección, extraerá fácilmente la señal de entre el murmullo del ruido cósmico. Así que es muy probable que los primeros humanos que hablen con extraterrestres a través de las ondas de radio sean astrofísicos chinos. Después de todo, ninguna nación tiene acceso exclusivo al universo.

Pero cuando lo que buscan los observadores del cielo es el detalle, más que la penumbra, mejor recurren a arreglos de platos más pequeños, que se extienden a lo largo de muchos kilómetros de paraje. Al apuntar todos los platos separados hacia el mismo lugar en el cielo y combinar inteligentemente sus señales, estos arreglos, conocidos como interferómetros, logran la resolución equivalente de un solo plato de un diámetro increíblemente amplio, equivalente a la extensión del conjunto mismo. El lema no escrito de los interferómetros de radio fue *SUPERSIZE ME* —agrándamelo— mucho antes de que la industria de la comida rápida adoptara el eslogan, y forman una clase jumbo por sí solos. Entre sus filas, esparcidas por todo el mundo, se encuentran el Very Long Baseline Array (10 platos de 25 m que abarcan 8 000 kilómetros desde Hawai hasta las Islas Vírgenes), el Giant Metrewave Radio Telescope (30 platos de malla ligeros, cada uno de 45 m de ancho, que abarcan 25 km de llanuras áridas al este de Mumbai, India), y el Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (66 platos, algunos de 12 m, otros de 7 m, agrupados a una altitud de más de más de 5 000 m en la región más árida de los Andes chilenos).

En el futuro no muy lejano, estos enormes interferómetros parecerán pequeños al lado de los miles de platos del Square Kilometre Array que estarán aumentados por batallones de «conjuntos de telescopios fijos» repartidos por los páramos; si los miráramos desde el cielo, algunos parecerían monedas gigantes con bordes bien marcados, otros como torres Eiffel en miniatura. Instalado en una configuración en espiral en el sur de África y el oeste de Australia, el SKA tendrá su sede en Jodrell Bank.

Incluso con los detectores más finos, hay limitaciones e irritaciones. Si bien una onda de radio de frecuencia extremadamente baja puede tener una longitud de miles de kilómetros, los platos de radiotelescopio individuales más grandes tienen solo varios cientos de metros de ancho, y los arreglos de interferómetros no pueden detectar la luz cuya longitud de onda sea más larga que el ancho del plato más amplio del conjunto. Por lo tanto, las ondas de radio de frecuencia ultrabaja y extremadamente baja (ULF y ELF) pasan por y a través de la Tierra sin ser detectadas por los tipos de radiotelescopios que

los astrofísicos conocen y aman. Además, varias bandas de ondas de radio detectables se degradan por las torres de comunicación terrestres y otros adornos de la civilización moderna. Luego está el problema de la turbulencia en la ionosfera, cuyos niveles diversos propagan las transmisiones de radio y también interfieren con ellas, y cuyo impacto cambia según la hora del día y la frecuencia de la onda.

La ionosfera ha figurado de manera prominente en las búsquedas modernas de los combatientes tanto como en las de los científicos espaciales. Los cohetes V-2 del Tercer Reich (los primeros misiles balísticos del mundo) tenían que pasar por ella ilesos antes de caer del cielo sobre sus objetivos. De igual importancia militar es el papel de la ionosfera y sus investigadores en la historia del radar, un acrónimo del inglés *radio detection and ranging* (detección y medición de distancias por radio).^[25]

La detección, por supuesto, se trata simplemente de determinar o confirmar la presencia de algo. La medición tiene que ver con calcular su distancia y dirección. La idea es clara: si transmitimos ondas de radio hacia un objeto distante (un asteroide, la Luna, un bombardero, un submarino), vemos si alguna onda de radio rebota de regreso hacia nosotros. Si lo hace, el tiempo de retardo además de la intensidad, la frecuencia y la forma de las ondas pueden indicarnos algo acerca de la forma del objeto, así como a qué distancia está, en qué dirección se está moviendo y qué tan rápido. Hoy en día, los asteroides son los principales objetivos cósmicos para los estudios de radar, lo que permite a la parte interesada mapear el tamaño y la forma de la roca y establecer parámetros orbitales precisos para que no descubramos que uno de ellos se dirige hacia la Tierra.

El irrefrenable inventor serbio-estadounidense Nikola Tesla planteó la idea básica del radar desde 1900 y lo incorporó formalmente en una solicitud de patente estadounidense de 1905. Un inventor de bajo perfil llamado Christian Hülsmeier, recogiendo los hallazgos de su propio compatriota Heinrich Hertz, solicitó una patente alemana similar en 1903-1904,^[26] y Guglielmo Marconi, ingeniero eléctrico y empresario cuyo nombre es inseparable de los primeros años de la radiocomunicación, discutió la idea en 1922 en Nueva York, en un discurso a colegas ingenieros:

En algunas de mis pruebas, he notado los efectos de la reflexión y la desviación de las ondas [de radio] por objetos metálicos a kilómetros de distancia.

Me parece que debería de ser posible diseñar un aparato por medio del cual una nave pueda irradiar o proyectar un haz divergente de estos rayos en cualquier dirección deseada, cuyos

rayos, al toparse con un objeto metálico, como otra nave o barco de vapor, se reflejarían de vuelta a un receptor en el barco emisor protegido del transmisor local y, por lo tanto, revelarían de inmediato la presencia y el rumbo del otro barco en la niebla o el clima espeso [y] darían alerta... incluso si estos barcos no contaran con ningún tipo de radio.^[27]

«Dar alerta» es una frase llena de potencial militar. En los primeros meses de la Segunda Guerra Mundial, el radar ya se estaba desplegando para ese propósito en gran parte del mundo: en Europa al este y al oeste, en América del Norte, en Japón. Se utilizó en Sudáfrica; se utilizó en las islas Aleutianas. «La Segunda Guerra Mundial fue la primera guerra electrónica, y el radar fue su principal agente —escribe el historiador Andrew Butrica—. A pesar de sus orígenes científicos, el radar dejó su huella y fue bautizado durante la Segunda Guerra Mundial como un instrumento integral y necesario de guerra ofensiva y defensiva».^[28]

En su *Historia del radar de la Segunda Guerra Mundial*, en la primera página del prefacio, el físico Louis Brown propone que «la ciencia y la guerra... son, sin lugar a dudas, las dos manifestaciones más disímiles de los comportamientos que distinguen al hombre de la bestia». Pero la disimilitud no excluye el matrimonio:

La guerra es casi tan exclusiva al hombre como lo es la ciencia. Aparte de nosotros, solo las hormigas organizan su violencia para que pueda llamarse guerra... Además, desde los albores de la civilización, la ciencia y la guerra han sido compañeras inseparables, encerradas en una asociación que ninguna de las dos desea ni es capaz de disolver.^[29]

Tanto del lado de los Aliados como del lado del Eje, ese tipo de codependencia produjo un radar militar. «Jamás se diseñó arma alguna — escribe Brown— con una colaboración tan íntima entre inventor y guerrero».^[30] Esa colaboración no era automática, empero, ni tampoco estaba libre de estrés. Antes de que se aceptara oficialmente su trabajo, los investigadores y defensores del radar no solo se enfrentaron en varios momentos a obstáculos políticos e institucionales, sino que, al principio, también fueron marginados en ocasiones por defensores de otras tecnologías rudimentarias que competían por la primacía: la localización acústica y detección infrarroja. A esta mezcla se agregaron disputas territoriales entre ejércitos y armadas y la escasa alfabetización científica de las personas clave para la toma de decisiones.^[31]

Durante el primer tercio del siglo xx, los científicos de todo el hemisferio norte estaban desarrollando componentes y materiales que con el tiempo permitirían no solo el radar, sino también la televisión. Entre los más

destacados se encontraban los tubos de rayos catódicos (la solución fue el silicio fundido) y aislamiento para cables de alta frecuencia (la solución fue el polietileno). Gran parte de su esfuerzo ocurrió en grandes empresas como DuPont, General Electric e IG Farbenindustrie AG, estimulada al principio por el auge de la radio civil y no por las exigencias militares. En la década de 1930 en Gran Bretaña, Francia, Alemania, Japón, la Unión Soviética y Estados Unidos, los «compañeros de armas» de laboratorios militares, empresas de electrónica, universidades e institutos de investigación estaban investigando las posibilidades de una radiolocalización efectiva. El radar ya estaba «en el aire» cuando Adolf Hitler se convirtió en Führer y Alemania se rearmó.^[32]

La dirección y el ritmo de trabajo del radar variaban considerablemente de un país a otro. Mientras que Gran Bretaña, por ejemplo, inicialmente se enfocaba en la defensa,^[33] Alemania se enfocaba en la ofensiva. Mientras el gobierno británico activamente buscaba científicos y nuevas maneras de abordar el armamento, el gobierno alemán no actuó hasta que los ingenieros buscaron a los oficiales y les organizaron demostraciones. Mientras que Gran Bretaña le dedicaba mucha energía al desarrollo de la capacidad organizativa, Alemania enfatizaba el desarrollo de tecnología de radar sofisticada y que se guardara el secreto. De hecho, era tan extrema la confidencialidad que la Kriegsmarine (literalmente, Armada de Guerra) inicialmente objetaba incluso a mostrarle su tecnología a la Luftwaffe (Arma Aérea), y mucho menos compartirla, y se resistió a colocar oficiales de radar o incluso manuales de instrucciones de radares en sus naves.^[34]

Al comienzo de la guerra, Alemania ya tenía tres diseños principales de radar avanzado, aunque pocos de cada uno estaban en funcionamiento. El Seetakt de la Kriegsmarine, un radar de búsqueda de superficie para usar en los buques de guerra y en la defensa costera, se centraba en el alcance preciso; el Freya de la Luftwaffe era un radar móvil de advertencia aérea y de longitud de onda más larga para uso en tierra que podía registrar objetivos a distancias mayores de lo que podía Seetakt; y el Würzburg, un radar de ataque altamente preciso, era particularmente útil para los cañones antiaéreos. A medida que se intensificaba la Segunda Guerra Mundial, los fabricantes iban presentando variaciones grandes y pequeñas.^[35]

Gran Bretaña había determinado a partir de los ejercicios militares a principios de la década de 1930 que la nación estaría indefensa ante un ataque aéreo de los modernos bombarderos de metal que estaban saliendo de la línea de producción en Alemania. Algunos miembros del gobierno británico se

dieron cuenta rápidamente de las posibilidades estratégicas del radar y estaban dispuestos a dedicar recursos importantes y personal a la investigación e implementación inmediata del radar militar, un compromiso que no se sometió a la discusión pública ni en la Cámara de los Comunes ni en la prensa. A partir de julio de 1935, la tecnología de radar británica podía detectar un avión a 65 km de distancia; para marzo de 1936, ese número había aumentado a 75. A finales de 1937, ya estaban operativas tres estaciones de radar de alerta temprana; para septiembre de 1939, ya se había instalado una red de 20, llamada Chain Home, a lo largo de la costa de Gran Bretaña. Un año más tarde, el 15 de septiembre de 1940, en el momento culminante de la Batalla de Gran Bretaña, los operadores de Chain Home ayudaron a derribar tantos aviones alemanes que la Luftwaffe abandonó pronto la salida diurna a gran escala en favor de los bombardeos nocturnos, además de ataques ocasionales durante el día contra objetivos específicos. Alemania tuvo que abandonar el plan de invadir a Gran Bretaña.

Aunque los alemanes y estadounidenses tenían un equipo superior al comienzo de la guerra, los británicos habían realizado una evaluación avanzada de amenazas; eligieron un sistema defensivo que podía construirse rápidamente; reorganizaron en parte sus fuerzas militares en torno al precepto de la seguridad nacional a través del radar; y movilizaron y capacitaron a más operadores de radar (incluyendo a cientos de mujeres) que todas las demás naciones de radar combinadas. Fue clave la comunicación rápida y concisa. Como escribe Brown, Gran Bretaña «tuvo el sentido común para darse cuenta de que la inteligencia obtenida mediante el radar carecía de valor a menos que se interpretara y actuara sobre ella de inmediato».^[36]

Pero, por supuesto, el equipo está muy lejos de ser algo irrelevante. A la parte tecnológica de la contribución de Chain Home subyacía una técnica desarrollada a mediados de la década de 1920 por científicos estadounidenses para medir la altura de las porciones reflectantes de la ionosfera enviando pulsos de ondas de radio de varios milisegundos y cronometrando la duración del viaje de retorno. La Radio Research Board —el organismo encargado de la investigación de la radio— del Reino Unido, actuando a instancias del Comité para el Estudio Científico de la Defensa Aérea desde principios de 1935 hasta el final de la guerra, adaptó la técnica con el propósito de proteger a la patria.^[37] Entre los numerosos desafíos de Chain Home estaba distinguir a los aviones amigos de los enemigos, detectar aviones que volaban a poca altura y cerca de la costa, brindar lecturas de altitud precisas para los aviones entrantes y realizar recuentos precisos de aviones enemigos. Chain Home no

podía hacer el trabajo solo. Necesitaba socios: radiogoniómetros, radioteléfonos buenos, y a todos esos operadores civiles de radar.^[38]

Sin embargo, una instalación de radar en tierra que operaba a longitudes de onda de un metro y medio y le transmitía información con claves cortas y claras a un piloto de combate cuyo avión estaba equipado con un teléfono de radio aún no podía proporcionar suficiente información para permitir que un piloto británico pudiera destruir una fábrica alemana, bombardear un submarino o derribar a un bombardero alemán que se dirigía hacia Londres en la oscuridad de la noche. Además de la información desde tierra, ese piloto necesitaría tener a bordo un dispositivo potente, ligero y de alta frecuencia que pudiera servir como un tipo de foco reflector que detectara un objetivo en la oscuridad o en la niebla. Este nuevo dispositivo no podría confiar en el mismo tipo de radar de baja frecuencia que había demostrado ser tan útil al mirar hacia arriba desde el nivel del suelo, ya que, al mirar hacia abajo desde el aire, la energía de radio reflejada desde la misma Tierra abrumaría a los ecos de radio más tenues que rebotaban de la nave enemiga. Además, tenía que ser portátil. Solución: el radar de microondas, producido por un llamado magnetrón de cavidad resonante. Una versión británica, llevada a Estados Unidos en una misión supersecreta en septiembre de 1940, fue descrita por el presidente Franklin D. Roosevelt como «el cargamento más importante jamás llevado a costas estadounidenses», y por AP Rowe, superintendente del Establecimiento de Investigación en Telecomunicaciones de Gran Bretaña, como «el punto de inflexión de la guerra».

Resulta que esas afirmaciones solo son verdades a medias. No solo se había trabajado mucho sobre el radar de microondas durante la década de 1930, sino que ya existían magnetrones de otro tipo. El magnetrón de cavidad había sido patentado por los rusos en la década de 1920 y ya era conocido por los alemanes. A fines de la década de 1930, Japón ya los tenía también. Es solo que los británicos no sabían de estos dispositivos, y a los alemanes se les estaba dando órdenes de que dejaran de lado los suyos y se concentraran en un radar de longitud de onda más larga.^[39]

Y así, los científicos británicos reinventaron el invento por su cuenta, y pronto los estadounidenses buscaron mejorarla. En la primavera de 1941, menos de un año después de esa misión innecesariamente secreta, el recién creado Laboratorio de Radiación MIT en Boston ya había producido una versión de tres centímetros del magnetrón de cavidad resonante. La empresa Raytheon, con sede en Cambridge, pronto comenzó a fabricar la mayoría de los magnetrones utilizados en el esfuerzo de guerra tanto en Estados Unidos

como en Gran Bretaña.^[40] De hecho, el horno de microondas, que ahora es indispensable, se puede rastrear a un ingeniero de Raytheon, Percy Spencer, quien descubrió que se le había derretido una barra de chocolate en el bolsillo debido a las microondas emitidas por un magnetrón activo cerca del que había estado.

Al mismo tiempo, la Marina de los Estados Unidos y el Cuerpo de Señales del Ejército de los Estados Unidos estaban trabajando en un radar de longitud de onda más larga, y el 7 de diciembre de 1941, una de las nuevas unidades móviles de radar en el Sistema de Alerta de Aeronaves del Ejército detectó aviones japoneses que se aproximaban a Pearl Harbor casi una hora antes del ataque. Se ignoró la advertencia y se malinterpretó la fuente de los ecos del radar como unos B-17, bombarderos amigos que estaban programados para llegar desde California ese mismo día.^[41]

Lo que no sabíamos que no sabíamos también afectó el curso de la guerra de radar. En ciertos puntos del conflicto, un lado parecía no saber que el otro tenía un radar efectivo. Un ejemplo revelador de esto fue la rápida evacuación japonesa de la isla Aleutiana de Kiska en el verano de 1943 durante un bloqueo naval estadounidense, una evacuación llevada a cabo en una densa niebla y hecha posible por un resuelto almirante japonés que confió en el nuevo radar de microondas de Japón, cuya existencia Estados Unidos desconocía.^[42]

Independientemente de sus fallas y limitaciones, el radar en una serie de encarnaciones jugó un papel importante en las campañas de los Aliados y del Eje. Del lado aliado, una afirmación popular era que la bomba le había puesto fin a la guerra pero que el radar la había ganado, al localizar y ayudar a destruir a los bombarderos enemigos en la oscuridad, permitir que los aviones «bombardearan a ciegas», maximizar la precisión con la que podía dirigirse la artillería antiaérea, permitir a un avión mapear el suelo o la superficie del agua sobre la cual volaba y, por supuesto, al reducir las dificultades de navegación planteadas por la presencia de niebla y la ausencia de luz. Al principio de la guerra, sin embargo, todavía era inalcanzable la puntería precisa en los bombardeos a ciegas. Por lo tanto, estaba fuera de discusión la destrucción selectiva y precisa de objetivos industriales alemanes, como las fábricas. La única alternativa obvia era bombardear áreas más grandes. «Traducido a términos prácticos —escribe Louis Brown, enfatizando lo que los límites de la tecnología pueden obligarte a hacer— esto significaba que los objetivos tendrían que ser del tamaño de una ciudad». Por lo tanto, la guerra aérea contra Alemania se volcó a la destrucción de sus ciudades en

lugar de la eliminación de su producción de petróleo sintético, como se había planeado inicialmente.^[43]

Tan pronto como se permitió a los periodistas discutir el radar públicamente y en detalle, alguna nota hiperbólica se colaba de vez en cuando en los relatos de los Aliados: «quizás el secreto más fabuloso y celosamente guardado de la guerra»; «La guerra de hoy sería más o menos impotente sin este moderno genio electrónico»; «El gran drama del radar, el “arma secreta” más poderosa de la guerra hasta que se ideó la bomba atómica».^[44] A principios de 1946, el pionero británico del radar, Robert Watson-Watt, habló de «esa arma secreta que impidió que se cortara nuestra línea de vida, lo que habría sido el resultado de no haberse asegurado la derrota del U-boot, el submarino alemán».^[45] La evaluación de Winston Churchill estaba más matizada: «el logro británico fue la eficiencia operativa más que la novedad del equipo».^[46] Pero se tratara de un gran drama o simplemente de un logro, el radar cambió la guerra al hacer visible lo invisible. Décadas después, Louis Brown aseveraría que la «introducción en la Segunda Guerra Mundial del radar, una forma completamente nueva de ver, alteró la base de la guerra más profundamente que cualquiera de los inventos que habían marcado la industrialización del combate».^[47]

Sin embargo, para los astrofísicos planetarios, el radar también ofrece una forma de rastrear asteroides potencialmente peligrosos que podrían extinguir a los humanos: la máxima aplicación defensiva de esta tecnología, un agente no de guerra, sino de supervivencia.

Una vez terminadas las hostilidades, montones de periodistas, políticos, guerreros y ciudadanos aplaudieron los beneficios militares comprobados de las ondas de radio. También honraron a los científicos e ingenieros que hicieron posibles esos beneficios. Muchos científicos iniciaron o reanudaron su investigación de radar en la ionosfera, y los planificadores militares comenzaron a pensar en mejorar las contramedidas de radar en el contexto de nuevos tipos de amenazas de batalla de larga distancia. El escenario ahora estaba preparado para una cooperación aún mayor y más compleja entre los practicantes de la ciencia, los partidarios de la guerra y los buscadores de lucro.

Durante e inmediatamente después de la guerra, ya existía amplia difusión y préstamos entre científicos y combatientes.^[48] Inicialmente, los científicos de radar proporcionaban técnicas básicas a las fuerzas armadas, mientras que

las fuerzas armadas, que a menudo trabajaban con grandes corporaciones y universidades, emprendían programas de ciencia y tecnología a gran escala para adaptar esas técnicas para su uso en tecnologías de beneficio militar. Después de la guerra, los astrónomos del radar desarrollaron aún más las técnicas, mientras que la industria privada atraía a muchos científicos cuyas habilidades ya no se requerían para el trabajo de guerra. Los antiguos adversarios se hicieron aliados, y viceversa. Cayó la Cortina de Hierro y los proyectos de la Guerra Fría se multiplicaron. La investigación de la posguerra sobre la banda de radio aumentó rápidamente a medida que los astrónomos equipaban sus observatorios con los radares que habían sobrado de los tiempos de guerra, a menudo comprados a precios de remate o que simplemente habían rescatado antes de que los arrojaran a un pozo. Así se equipó al Jodrell Bank Observatory.

A principios de 1946, los astrónomos de radar de una instalación del Cuerpo de Señales del Ejército de los Estados Unidos en Nueva Jersey lograron hacer rebotar ondas de radio contra la superficie de la Luna. Un mes después, los físicos húngaros hicieron lo mismo. Investigadores británicos encontraron una correlación entre sus observaciones visuales de meteoros que se abalanzaban por la atmósfera de la Tierra y los ecos de radar registrados en sus equipos durante el ardiente viaje de los meteoros. A través de un análisis cercano de las trayectorias y las velocidades, investigadores en Gran Bretaña y Canadá determinaron que los meteoros detectables son habitantes de nuestro sistema solar y no invasores del más allá. Varios grupos en varios países obtuvieron ecos de radar desde Venus.^[49] Los investigadores de las antiguas naciones enemigas reanudaron la práctica científica normal de colaboración; un ejemplo notable (aunque más tarde) fue la colaboración de Bernard Lovell, director de Jodrell Bank, con el mismo radioastrónomo alemán que en mayo de 1943 había investigado e informado sobre los equipos de radar para bombardeos sin visibilidad que estaban a bordo de dos bombarderos británicos derribados.^[50]

La investigación ionosférica contribuyó al progreso de una comunicación segura, punto a punto y de larga distancia, un objetivo importante en la lista de deseos del ejército, en ese entonces y ahora. En Estados Unidos, la actividad y los fondos significativos provinieron de la división del Laboratorio Central de Propagación de Radio de la Oficina Nacional de Estándares (hoy en día llamado NIST, las siglas en inglés de Instituto Nacional de Estándares y Tecnología) y de organizaciones militares como el Centro de Investigación de la Fuerza Aérea de Cambridge, el Cuerpo de

Señales del Ejército y la Oficina de Investigación Naval. Hubo corporaciones grandes y pequeñas —ITT (International Telephone and Telegraph), RCA (Radio Corporation of America), Collins Radio Company de Cedar Rapids, Iowa— que también formaron parte del impulso. En este ambiente, los astrónomos de la Universidad de Stanford, el Laboratorio de Investigación Naval, Jodrell Bank y otros lugares exploraron las posibilidades de comunicación de ondas de radio entre la Tierra y la Luna, incluida la idea de hacer rebotar señales en la superficie lunar. Para 1951, varios grupos de investigadores habían logrado la transmisión de voz inalámbrica a larga distancia a través de la Luna, a la que utilizaron como un relé pasivo: un satélite pre-Sputnik de origen natural, sin costo alguno.^[51]

Mientras tanto, científicos, generales, futuristas, líderes políticos y contratistas militares basados en universidades aquí, allá y acullá —desde Arthur C. Clarke hasta Josef Stalin o el Proyecto RAND — estaban pensando mucho en los cohetes.

Ya era una vieja noticia que esta invención, capaz de perforar la ionosfera, pudiera servir igualmente como un conducto al espacio que como agente de devastación terrestre. Ya en el otoño de 1931, cinco años después de que Robert Goddard demostrara su primer cohete de combustible líquido, un desertor de la escuela preparatoria convertido en graduado de ingeniería del MIT llamado David Lasser, primer presidente de la American Interplanetary Society, podía declarar con confianza a un público en el Museo de Historia Natural de Nueva York: «En mi opinión, la perfección del cohete brindará a las guerras del futuro un horror desconocido en conflictos anteriores y hará posible la destrucción de naciones de una manera fría, desapasionada y científica».^[52]

A menudo camuflado, apenas rastreable e inaudible en su objetivo debido a sus velocidades supersónicas terriblemente rápidas, el cohete V-2 de Alemania había demostrado ser inigualable en cuanto a la manera en que la tecnología puede entregar terror, por lo que tanto Estados Unidos como la Unión Soviética se apresuraron a apoderarse de pequeños ejércitos de coheteros alemanes de V-2 y cargamentos de piezas de cohetes V-2 incluso antes de que la Segunda Guerra Mundial hubiera llegado a su fin.^[53] Los dos lados se pusieron a la tarea de hacer una versión más letal del V-2: un misil de largo alcance y alta velocidad con una ojiva nuclear en la punta, en lugar de un explosivo tradicional. Sin embargo, al mismo tiempo, ambos lados

comprendían el valor de un V-2 apuntado más allá de la atmósfera de la Tierra hacia el espacio exterior. Se sabe que incluso Wernher von Braun, la fuerza vital detrás del cohete V-2, ironizó después del primer impacto directo del V-2 en Londres en 1944: «El cohete funcionó a la perfección, solo que aterrizó en el planeta equivocado».^[54]

Haciendo eco de lo que Alemania había intentado lograr durante la guerra, Estados Unidos instó a los astrofísicos y científicos de la ionosfera a que diseñaran instrumentos científicos adecuados que pudieran utilizarse sobre la primera ronda de 25 V-2 ensamblados por Estados Unidos y que se probarían en 1946 en White Sands Proving Ground, en Nuevo México.^[55] Los miembros del Panel de Cohetes V-2, encargados de liderar este esfuerzo, incluían al Laboratorio de Investigación de la Marina, el Cuerpo de Señales del Ejército, el Laboratorio de Física Aplicada, el Comité Asesor Nacional para la Aeronáutica (NACA, el precursor de la NASA en tiempos de guerra), General Electric, Princeton, Harvard y la Universidad de Michigan. Entre los instrumentos se encontraban espectrógrafos, un contador Geiger blindado, un nuevo tipo de emulsión fotográfica, sensores de temperatura, sistemas de telemetría y un transmisor de radio de banda de microondas que propagaría sus señales a través del escape del cohete. Al principio, los observadores militares en las primeras reuniones del Panel V-2 supusieron que sería necesario aclarar el tipo de datos que buscaban, pero pronto reconocieron la casi absoluta congruencia entre lo que ellos querían y lo que los científicos ya habían considerado. Los proyectos coincidían.

Un editorial de otoño de 1946 en la revista *Army Ordnance Magazine* describe el esfuerzo en términos optimistas como un viaje hacia el conocimiento: «Para lograr los objetivos de la investigación, la “cabeza explosiva” del V-2, con su explosivo relleno, se convierte en una «cabeza de paz» repleta de parafernalia científica para explorar la atmósfera superior y evaluar el rendimiento del... cohete».^[56] Pero cuando el Departamento de Guerra proporciona fondos, basta con asomarse detrás de las cortinas para ver a las necesidades del conflicto haciéndose pasar como necesidades de la ciencia.

Pero volvamos a la invisibilidad de las ondas de radio y al persistente objetivo militar del sigilo.

La Tierra es una de las fuentes de radio más ruidosas en el cielo cósmico. Transmitimos nuestra existencia alto y claro. Para cualquier alienígena que

pueda estar observando el cielo en nuestra dirección con un radiotelescopio, practicamos la antítesis del sigilo. Los planetas terrestres, de los cuales la Tierra es nuestro ejemplo más conocido, no emiten ondas de radio en cantidades copiosas de manera natural. Pero pensemos en todas nuestras actividades que generan ondas de radio: el teléfono móvil, el control remoto para abrir la puerta del automóvil, las pistolas de radar que nos identifican como candidatos para una multa por exceso de velocidad, la televisión abierta, nuestro wifi y el de todos nuestros vecinos, la Red del Espacio Profundo que se comunica con sondas espaciales y, por supuesto, las estaciones de radio en sí. Nuestro planeta está que arde con ondas de radio: la mejor evidencia para los extraterrestres de que tenemos mucha tecnología.

Con respecto a una posible vigilancia más cercana a casa, los terrícolas somos más circunspectos. Prestamos atención a la defensa. Siempre que hay una nueva amenaza, tratamos de desarrollar un nuevo contrataque. El rey del radar, Robert Watson-Watt, caracterizó esta continua ida y vuelta como «la serie interminable de contrataques y recontraques en la contienda entre el proyectil y la armadura».^[57]

Un útil contrataque de radar durante la Segunda Guerra Mundial fue lo que los estadounidenses llamaron *chaff* (también conocido en español como *señuelos radar*, *reflectores antirradar* o *dipolos antirradar*), los británicos llamaron *Window* y los alemanes llamaron *Düppel*. El secretario de la Marina de los Estados Unidos lo describió como «un método único de acomodar tiras de papel de aluminio de diferentes longitudes en un paquete que, cuando nuestro avión atacante lo soltaba en grandes cantidades, tenía prácticamente el mismo efecto sobre los directores de radar enemigos del que tendría una pantalla de humo sobre los directores ópticos».^[58]

El *chaff* era, y es, un señuelo. Para un avión equipado con radar o un misil guiado, parece un objetivo. En la década de 1940, su atracción principal era su capacidad para reflejar el radar emitido en su dirección, para imitar los ecos de radar que crearía un avión atrapado en ese mismo haz. Sus requisitos no eran complicados: solo tenía que ser altamente reflectante, no aglutinarse y tener una longitud apropiada para la longitud de onda del radar. Se regaba el cielo con tiras flotantes, y el rastreador de radares del enemigo se abrumaba de confusión al no poder distinguir la diferencia entre el objetivo y el *chaff*. Si no se conocía la longitud de onda del sistema detector de radares del enemigo, se podía regar una gran cantidad de señuelos de distintas longitudes y contar con que parte de estos lo lograría. Si se conocía la longitud de onda, se podía regar solo una gran cantidad de *chaff* de la longitud adecuada, intensificando

así su reflectividad y maximizando las posibilidades de que se hiciera pasar como el objetivo, especialmente si el haz del radar era amplio y por lo tanto tuviera más probabilidad de interceptar más reflectores antirradar.

La primera persona del lado de los Aliados en proponer oficialmente el uso del *chaff* como una contramedida viable fue la física galesa Joan Curran, la única científica mujer en el Establecimiento de Investigación de Telecomunicaciones de Gran Bretaña. Telefunken ya había probado la versión de Alemania dos años antes, en 1940. *A posteriori*, el concepto en sí puede parecer bastante evidente, aunque, nuevamente, al igual que con el magnetrón de cavidad resonante, los tomadores de decisiones inicialmente se resistieron a autorizar su uso por temor a que eso mismo pronto aumentará la vulnerabilidad de su propio lado. En este caso, la preocupación era que, una vez utilizadas, el otro lado podía fácilmente observar, entender y copiar las tiras. Sin embargo, finalmente se implementó en 1943, y al final de la guerra, las tres cuartas partes de la producción de papel aluminio en Estados Unidos se destinaron a la fabricación de estos reflectores antirradar.^[59]

El *chaff* no fue la única contramedida para radares de la Segunda Guerra Mundial. Otros intentos incluyeron la interferencia, el cegamiento, la ofuscación (por ejemplo, cambiar la frecuencia de pulso del sistema de radionavegación propio), la generación de ruido, el recubrimiento con hule de los esnórqueles de submarinos U-boot y la simulación de radares, la cual incluía la manipulación de la propia tecnología para que devolviera un eco proporcionalmente fuerte, haciendo que los operadores de radar del otro lado pensaran que se dirigía una gran cantidad de aviones hacia ellos. Se valía cualquier cosa que se les ocurriera, hasta que surgiera algo mejor o hasta que el enemigo se familiarizara demasiado con una técnica determinada o se olvidara por un rato de su existencia. También había un instrumento electrónico llamado *receptor de búsqueda*, que, cuando se equipaba con una antena direccional, podía ubicar la estación de radar de un enemigo a mayores distancias y con mayor eficiencia que la que el mismo radar podía alcanzar.^[60]

Luego estaban los contra-contrataques. Uno de estos, inventado del lado alemán, se basaba en las diferencias en el movimiento de un avión bombardero y de una nube de *chaff*. Obedeciendo el efecto Doppler, la alta velocidad del bombardero provocaba un cambio en la longitud de onda de la señal reflejada desde la superficie del bombardero, mientras que los ligerísimos listones de *chaff* simplemente flotaban bajo el influjo del viento.

Como resultado, al menos a veces, los alemanes podían distinguir al avión del papel aluminio, y dirigir su fuego antiaéreo contra el avión.^[61]

El *chaff* es una contramedida de interés para el astrofísico debido a su dependencia del albedo —la reflectividad—, un atributo casi indispensable para el estudio de los objetos celestes en una variedad de longitudes de onda electromagnéticas. Los biólogos, geólogos, químicos y físicos no suelen dedicarse a la detección de la luz; los astrofísicos sí. Los militares también tienen un interés constante en el albedo. Minimizarlo es un objetivo primordial en soluciones innovadoras de sigilo y seguridad nacional, solo que los militares piensan en términos de la sección radar equivalente, más que en el albedo.

El albedo de un objeto es el porcentaje promedio de luz que refleja en comparación con la cantidad de luz que le pega. Lo que no se refleja se absorbe. Cuanto más bajo es el albedo, más difícil es detectar el objeto. La luna de la Tierra es sorprendentemente oscura, con un albedo de 0.12 (casi igual que las bandas laterales de los neumáticos del auto). Esto significa que, en general, teniendo en cuenta tanto las áreas oscuras como las brillantes, refleja el 12 % de la luz que la incide y absorbe la demás. Venus, que está cubierto de nubes y es nuestro vecino planetario más cercano, tiene un albedo de 0.75, lo que lo vuelve un excelente objeto brillante en los cielos vespertinos, en donde a cada rato lo confunden con un OVNI cernido en el aire. Enceladus, la luna de Saturno, que está cubierta principalmente de hielo de agua prístina y recién depositada, tiene un albedo impresionante de 0.99. Un objeto que para nuestros detectores se ve brillante no está necesariamente cerca. Puede estar lejos pero tener una superficie altamente reflectante, o puede estar cerca pero tener una superficie que es solo moderadamente reflectante. Por lo tanto, el albedo por sí solo, aunque contiene información crucial, proporciona solo datos parciales sobre nuestro objetivo.

Toda la industria del sigilo consiste en lograr que el albedo de un objeto llegue lo más cerca posible de cero. Queremos que nuestras aeronaves tengan la sección radar equivalente de un abejorro, para que pueda desaparecer del radar de nuestros enemigos y así evitar que se refleje una señal coherente hacia ellos. Si lo logramos, ellos no sabrán si su señal se absorbió, o si simplemente siguió navegando sin trabas por el espacio. También podemos colocar detectores de ondas de radio en nuestro avión para saber cuándo está siendo «pintado» con una señal de radio. Entonces sabremos que nos

encontraron y, como sabemos que nuestro adversario podría estar mandando un misil tierra-aire para alcanzarnos, podemos tomar medidas evasivas.

Hay otra opción mejor: podemos convertir toda la superficie de nuestra aeronave en una serie de facetas, en ángulos variados pero específicos, de modo que el radar rebote en todos los sentidos, excepto hacia nosotros, haciendo que nuestro avión sea casi invisible para las ondas de radio y, como lo expresa la Fuerza Aérea, «restableciendo el elemento sorpresa». Y *voilà*, ya diseñamos el caza furtivo F-117A, un avión monoplaza más o menos triangular, de «baja observabilidad», recubierto de una sustancia negra absorbente de radar, para un sigilo adicional. Este avión parece una enorme grulla de origami y un tanque suspendido en el aire a la vez. No es fabuloso en el frente aerodinámico, pero al menos por un tiempo —ya que la sorpresa es perecedera— volvió a poner a la USAF en el mando con respecto al tiempo y el lugar del ataque.^[62]

Desarrollado durante la década de 1970 y principios de la década de 1980 en la salina de Nevada conocida como Área 51 (alguna vez tan secreta y ya vívidamente historizada), el F-117A voló en cientos de misiones de ataques y bombardeos de proximidad en Irak durante la Operación Tormenta del Desierto en 1990 y 1991, y en Operación Libertad Iraquí en 2003. Su matriz científica fue una monografía escrita en 1962 por un físico teórico e ingeniero soviético que estableció una base matemática firme para calcular «la difracción de ondas electromagnéticas por cuerpos metálicos de forma compleja», más específicamente, «cuerpos reflectantes con discontinuidades superficiales abruptas o con bordes afilados (tira, disco, cilindro finito o cono, etc.)». La Fuerza Aérea de Estados Unidos mandó traducir la monografía en 1971, y poco después la estudió de cerca un especialista en radar en Skunk Works, la unidad secreta y de vanguardia de Lockheed Aircraft, que anteriormente había producido el avión espía U -2.^[63]

Aunque los científicos ya entendían que ciertas características de la superficie podrían permitir que un avión evadiera la detección fácil por radar, aún no existían las matemáticas necesarias para una teoría física funcional de la difracción. Esa fue la contribución de Pyotr Ufimtsev, autor de la monografía de 1962. Después de pasar su primera década de la Guerra Fría en la oscuridad, su monografía ofreció un gran avance «como la Piedra Rosetta de la tecnología de sigilo», dando lugar no solo al caza furtivo F-117A de Lockheed sino también, más tarde, al aerodinámico bombardero furtivo B-2 de Northrop, que utiliza superficies continuamente curvadas en lugar de facetas para su fuselaje. La diferencia surge de la simple cuestión de las

diferencias en el cálculo del poder en el momento de su diseño, entre las computadoras de la década de 1970 y las de la década de 1980, que eran 100 veces más poderosas.^[64] Si Batman volara en un bombardero furtivo, el B-2 sería su Batiavión.

Durante más de medio siglo, los combatientes han explotado el hecho de que la mayor parte de la detección militar ocurre en circunstancias fuera del alcance o dominio de la luz visible. La astrofísica se ha dedicado durante mucho tiempo a detectar fenómenos en cada longitud de onda de la luz, un pasatiempo que aprovecha todos los avances posibles en ciencia y tecnología para cumplir su tarea. A partir de septiembre de 2015, podemos agregar las ondas gravitacionales a este arsenal de observación. Descubiertas por la colaboración de LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, o el Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferómetro Láser), estas señales son ondas en el tejido del espacio y el tiempo causadas por las andanzas exóticas de la gravedad, y no por la luz. Aun así, las ondas gravitacionales de todo el universo son tan tenues cuando llegan a la Tierra que probablemente pasarán muchos años, posiblemente siglos o milenios, antes de que la astrofísica gravitacional lleve a tácticas militares innovadoras.

Hoy en día, la mayoría de las revelaciones astrofísicas se derivan de detectores diseñados para partes invisibles del espectro: desde ondas de radio de frecuencia extremadamente bajas de varios centenares de kilómetros de largo en el extremo de baja energía hasta rayos gamma en el extremo de alta energía, de una cuatrillonésima de centímetro de largo y frecuencia extremadamente alta. ¿Queremos ver una cascada gigantesca de estrellas a 76 000 años luz de la Tierra, varios millones de veces más tenues que las estrellas más tenues detectadas sin ayuda por el ojo humano? Veámoslo a través del telescopio espacial infrarrojo Spitzer de la NASA. ¿Qué tal una llamarada repentina de rayos gamma emitidos por una galaxia a 7 600 millones de años luz de distancia, mucho más antigua que la propia Tierra? Veámosla con VERITAS (de las siglas en inglés para Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System o Sistema del Conjunto de Telescopios de Imagen de Radiación Muy Energética) en Arizona, y confirmémoslo con el Telescopio Espacial de Rayos Gamma Fermi de la NASA. ¿Y qué hay de una galaxia a casi 10 mil millones de años luz de la Tierra con una masa de 400 billones de veces de la de nuestro Sol?

Utilicemos los datos del XMM-Newton de la ESA y el observatorio de rayos X Chandra de la NASA para determinar la masa.

Hoy los astrofísicos ven un universo inmensamente más complejo que el conceptualizado por Newton o Herschel. Algunas cosas, como las «guarderías estelares», fulguran brillantemente en el infrarrojo pero son casi completamente oscuras en el rango visible. Así también es el fondo cósmico de microondas. Sin embargo, a pesar de todos los descubrimientos alucinantes realizados en longitudes de onda invisibles desde el final de la Segunda Guerra Mundial, los detectores de luz visible aún producen sorpresas. En 2016, los astrofísicos que utilizaron el telescopio espacial Hubble anunciaron que habían encontrado la galaxia más distante jamás vista, resplandeciendo a 13.4 mil millones de años luz de la Tierra. Sus estrellas habrían estado hechas únicamente de hidrógeno, helio y un poco de litio, porque aún no existían otros átomos: ni carbono, ni nitrógeno, ni hierro, ni silicio, y sin duda ni la plata ni el oro.

Cada banda de luz presenta sus propios retos de detección. La atmósfera de la Tierra es transparente para la parte visible del espectro, por lo que podemos ver el Sol, pero es opaca en gran parte a la luz ultravioleta. Las nubes son opacas para la luz visible, pero casi transparentes para el infrarrojo. Las paredes de ladrillo son opacas para nuestros ojos, pero para las microondas, esas paredes son transparentes, por lo que podemos hablar por nuestros teléfonos celulares mientras estamos dentro. Los humanos son transparentes para las ondas de radio. El vidrio es transparente para la luz visible. Se puede decir que una pared de ladrillos es opaca, pero un astrofísico preguntará: ¿Opaco en qué longitud de onda? El astrofísico también preguntará: ¿Qué es la curva de transmisión? ¿Qué fracción de la luz de una determinada longitud de onda logra atravesar un determinado medio sin ser absorbida?

Tomemos las microondas, que viven sus vidas de baja energía en el extremo de longitud de onda más larga del espectro electromagnético, desde 1 mm hasta unos 30 cm. Solo alrededor de la mitad de la luz de microondas de los objetos más allá de la atmósfera de la Tierra llega a los telescopios terrestres. ¿Qué pasa con la otra mitad? La absorbe el vapor de agua atmosférico. Es por eso que los astrofísicos de microondas ubican sus telescopios terrestres en los desiertos o, mejor aún, en un desierto de gran altitud, sobre la mayor parte de la cubierta de nubes. Uno de los lugares de nuestro planeta en donde tanto la aridez como la altitud sirven al astrofísico es el Desierto de Atacama, una alta meseta en los Andes del norte de Chile. Con

sus pocos milímetros de precipitación anual (hasta que en 2015 el cambio climático provocara inundaciones repentinas y flores de color rosa intenso), Atacama es el desierto más árido de la Tierra, y es tan alto que la mayoría de las nubes, y por lo tanto la mayor parte del agua, se encuentran más abajo. No es sorprendente que ahí tenga su sede el telescopio de microondas terrestre más poderoso del mundo, ALMA (por sus siglas en inglés para Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, o el gran conjunto milimétrico/submilimétrico de Atacama).

Cuando se traza la curva de transmisión de microondas a través de la atmósfera de la Tierra, se encuentra una ventana repentina y transparente entre las longitudes de onda de 18 y 21 cm. En cualquiera de los extremos de esta pequeña banda, los radioastrónomos pueden detectar emisiones claras de los omnipresentes átomos del universo, el hidrógeno (H) y sus compañeros del agua, las moléculas de hidroxilo (OH). A esta banda se le apodó el *pozo de agua* o *abrevadero*, una imagen que se invoca más comúnmente en partes de la Tierra en donde se congregan las criaturas salvajes para beber y revolcarse. Sospechamos que cualquier alienígena que sepa de nuestra existencia y quiera comunicarse con nosotros también podría conocer los efectos de absorción del agua en varias longitudes de onda. Por eso, si son listos, podrían aprovechar esta depresión y tratar de comunicarse con nosotros por medio de las frecuencias de microondas que logran pasar por el *pozo de agua*.^[65]

¿Qué tal un resultado menos pacífico del descubrimiento astrofísico de que el agua absorbe las microondas? ¿Qué tan difícil sería diseñar un arma no letal que apunte al contenido de agua del cuerpo humano? Tres quintas partes de nuestra masa corporal promedio son agua. Un arma así podría operar con el mismo principio que el horno de microondas.

Pide y se te dará: el sistema Active Denial/Silent Guardian (Negación Activa/Guardián Silencioso) de Raytheon es la versión estadounidense. Al igual que el pacífico ALMA, opera en longitudes de onda milimétricas, que son un poco más cortas que las de un horno de microondas estándar. Esto limita la profundidad de su penetración en el cuerpo humano. En realidad no se busca cocinar a la gente con el armamento no letal. Digamos que el alcalde piensa que podría haber daños a la propiedad durante la protesta climática del próximo sábado. Quizá quiera ser proactivo en la guerra contra terroristas locales, como tu tía Melissa. El ejército podría enviar uno de sus camiones equipados con un generador de ondas milimétricas a una esquina cerca de la muchedumbre, y cuando el camión emita su radiación electromagnética al

centro de una multitud de manifestantes, sentirán que la piel se les comienza a freír, aunque estén usando ropa. Para evitar el dolor, los manifestantes se dispersarán rápida y voluntariamente.^[66]

Existen otras armas, medidas de seguridad y artilugios de control de multitudes, a pequeña escala y supuestamente no letales, que utilizan otras longitudes de onda no visibles, notablemente los infrarrojos, y tienden a ocupar la porción MOUT (por sus siglas en inglés, Military Operations on Urban Terrain u Operaciones Militares en Terreno Urbano) del espectro del ejercicio de la fuerza: misiles tierra-aire, sistemas de seguridad de aeropuertos que interrumpen el sistema de guía de cualquier misil dirigido a un avión, láseres armados, generadores de impulsos electromagnéticos no nucleares, proyectiles de energía pulsada, rifles PHASR. Hay ayudas de combate como visores de visión nocturna y goggles capaces de intensificar la imagen. Y, por supuesto, hay armas electromagnéticas profundamente letales y capaces de una devastación masiva. El conocimiento que sustenta estas actividades e instrumentos es lo que le interesa al astrofísico; los instrumentos en sí son lo que interesa tanto a los destructores como a los defensores.

Sea uno combatiente o astrofísico, no se puede hacer mucho sin información dura. Los combatientes usan la información en tiempo real, mientras que nosotros los astrofísicos queremos que nuestra información se guarde para más tarde, a veces años más tarde, incluso. Debido a que analizamos sin prisa lo que nuestros observatorios han detectado al pasar, la preservación es una gran preocupación. Galileo solo pudo dibujar lo que vio. La fotografía fue el gran avance del siglo XIX, produciendo un registro de lo que de otra manera no sería comprobable. A principios del siglo XX, hubo múltiples avances. Emulsiones para fines especiales, la cocción de película, filtros espectrales, tubos fotomultiplicadores, el CCD (dispositivo de carga acoplada) y sus píxeles: conjuntamente produjeron un vasto archivo de información en espera de que se involucraran analistas ingeniosos, o que se volvieran a involucrar.

Visualicemos una imagen digital rectangular, una foto. Ahora imaginemos la sección más pequeña posible. Ese es un elemento de imagen o *picture element*: de ahí *pix-el*. Esto representa la unidad fundamental de detección para los CCD que comenzaron a transformar la creación de imágenes en la década de 1970 y que para la década de 1990 ya habían eliminado todas las demás maneras de hacerlo. Fui testigo ocular de esta revolución mientras hacía mi posgrado, y no se puede sobreestimar su impacto sobre mi campo.

Cuando el CCD se expone a la luz, ya sea de una escena callejera cercana o de una galaxia lejana, cada uno de sus píxeles almacena una cantidad de electrones, dependiendo de la intensidad de la luz que incide en cada una de las pequeñas ubicaciones del chip sensible a la luz del CCD. Cuanto más intensa sea la luz, más electrones se almacenan, aunque si la luz es demasiado brillante, saturará el detector y el exceso de electrones se derramará sobre los píxeles vecinos, contaminando sus datos. Si duplicamos la exposición, obtenemos el doble de electrones. Los electrones que se congregan en cada píxel luego se recolectan del chip, se tabulan y se convierten en un azulejo electrónico único del mosaico que constituye la imagen completa. Cuantos más píxeles, mayor resolución tendremos disponible. Hoy en día, podemos descargar fácilmente una escena callejera de Wikimedia Commons que mide 2 592 columnas \times 1 944 filas, lo que se traduce en una cuadrícula de más de 5 mil millones de píxeles: una foto nítidamente detallada. Pero eso no es nada: si no nos preocupa sobrecargar nuestra computadora, podemos descargar una imagen de la Nebulosa de Orión desde la Galería HubbleSite que es de 18 000 \times 18 000, una cuadrícula de 324 mil millones de píxeles, repleta hasta el tope de detalles.

También está el tema de la «eficiencia cuántica». En el detector más eficiente posible, un fotón nos daría un electrón. La realidad no coopera tan bien, aunque los CCD superan ampliamente a la película. Por cada cien fotones de luz que aterrizaban en los cristales de haluro de plata en la ya obsoleta emulsión astrofotográfica III aJ de la Eastman Kodak, solo unos tres activaban la reacción química necesaria para producir una imagen. Esa era una eficiencia cuántica del 3%. ¿Cuál es la eficiencia cuántica de un CCD hoy? Algunos CCD astronómicos tienen una eficiencia de más del 60% en una amplia banda de longitudes de onda visibles. Es una mejora de un factor de 20 en cuanto al poder de detección. Otros CCD alcanzan una eficiencia cuántica del 90% en longitudes de onda selectas. También captan el infrarrojo cercano y el ultravioleta cercano. Además, el CCD se puede utilizar con cualquier lente. Todos estos beneficios significan que los astrofísicos pueden adquirir información desde mucha mayor profundidad en el espacio, y desde muchas más regiones, como nunca antes.

Sin embargo, el ruido puede ser un problema. Cuando un telescopio apunta a algo oscuro, es posible que no recoja suficiente luz como para que se dispare el umbral de detección. Por otro lado, algo de lo que parece ser luz podría ser solo ruido. Cada telescopio, cada detector, tiene ruido inherente. Un CCD también tiene ruido (su propia calidez es suficiente para meter

electrones a los píxeles), por lo que ahora los mejores CCD y cámaras se enfrían durante el uso. En los viejos tiempos, los astrofísicos habrían utilizado placas fotográficas para registrar lo que detectaban nuestros telescopios, y habríamos necesitado exposiciones largas para obtener nuestras imágenes. Al saber que todavía había cosas más tenues que no estábamos detectando, habríamos anhelado tener telescopios más grandes para recolectar más luz. Habríamos necesitado dinero, ingenieros, otra cúpula, otra cima de montaña.

En los primeros días de la tecnología CCD, los chips eran pequeños, con pocos píxeles. Algunos se fabricaban en laboratorios universitarios o industriales específicamente para servir al astrofísico. Pero a medida que el CCD se iba convirtiendo en producto, debido especialmente a la demanda de cámaras digitales, el precio, la calidad y el ritmo de mejora crecieron rápidamente. El CCD transformó la astrofísica, dando nueva vida a los pequeños telescopios y dotando a los grandes con poderes de detección inimaginables. Algunos investigadores hicieron carrera de rehacer brillantes trabajos anteriores, cuyos autores se habían aproximado y habían especulado sobre lo que podría estar escondido más allá de los datos disponibles. En la era del CCD, los astrofísicos pueden abordar los mismos problemas pero con mayor éxito. Podemos superar los límites anteriores de los datos y especular en otro nivel.

Cualquier persona que no pueda darse el lujo de depender de la casualidad diría que hay que identificar el objetivo o la meta con anticipación. Y eso nos lleva al potencial militar del CCD.

Saber lo que se está buscando es una parte integral de la ISR: inteligencia, vigilancia, reconocimiento. La llegada del CCD hizo maravillas para la ISR de Estados Unidos, al igual que hizo maravillas para los astrofísicos estadounidenses. Después de todo, la astrofotografía y el fotorreconocimiento difieren solo en su elección del objetivo, su distancia del objetivo y la dirección de su mirada. En diciembre de 1976, el KH-11 KENNAN —que formaba parte de la serie KEY HOLE — se convirtió en el primer satélite espía equipado con tecnología CCD.^[67]

El cambio fue transformador. La Oficina Nacional de Reconocimiento ya no tendría que esperar días para tener que capturar en pleno aire los cartuchos de película protegidos del calor y equipados con paracaídas de los satélites espías, soltados durante un encuentro con un avión o, peor aún, soltados en el océano y recolectados (preferiblemente) por naves estadounidenses, luego

revelados y finalmente entregados al escritorio de la persona adecuada.^[68] Ahora las imágenes capturadas por el KH-11 —por ejemplo, de un portaaviones soviético en construcción en un astillero en el Mar Negro— podrían transmitirse casi instantáneamente a través de un satélite de transmisión de datos a una estación terrestre cerca de Washington, D.C.

Los primeros satélites espía, desarrollados bajo el programa CORONA, se crearon para buscar; sus cámaras se enfocaban en la cobertura amplia. Los satélites KEYHOLE y GAMBIT, los siguientes en la fila, capturaban un vistazo más cercano de objetivos específicos ya identificados por sus predecesores de CORONA. Los satélites HEXAGON afinaron aún más la resolución de los objetivos individuales y mejoraron la capacidad de búsqueda. La mayoría llevaba tanto una cámara principal para obtener imágenes amplias de áreas que de otro modo serían inaccesibles, y una cámara de mapeo para asistir en la planificación de la guerra. Al describir su papel en un comunicado de prensa, Lockheed Martin, el fabricante de HEXAGON, decía que el país «dependía de estos satélites de búsqueda y vigilancia para comprender las capacidades, intenciones y avances de quienes se opusieron a Estados Unidos durante la Guerra Fría. Juntos se convirtieron en los ojos esenciales de Estados Unidos en el espacio».^[69]

La cámara del último satélite espía de CORONA, lanzado en 1960 y rebautizado retroactivamente como KH-1, podía detectar objetos de medidas tan pequeñas como 8 m de ancho. Apenas seis años después, la cámara del KH-8 GAMBIT pudo refinar esto a 15 cm. Una década más tarde, el KH-11 KENNAN, el primero en tener un CCD, ofreció una cobertura mucho más amplia, una mayor capacidad de grabación y una vida útil considerablemente más larga, pero a un costo de menor resolución: dos metros. El llamado Advanced KH-11, sin embargo, ofrecía capacidad de infrarrojos y alta resolución.

No es sorprendente que también haya una larga lista de satélites espías lanzados durante la Guerra Fría por la Unión Soviética y una lista corta lanzada por China. Tampoco es sorprendente que, aunque los programas de Estados Unidos hayan mantenido su nivel de clasificación durante décadas, también haya habido fugas periódicas, revelaciones no intencionales y episodios de desclasificación casi involuntaria. En 1981, una respetada publicación aeronáutica mostró una imagen KH-11 filtrada de un bombardero soviético; en 1984, un analista naval estadounidense filtró la imagen KH-11 de un portaaviones soviético a una respetada publicación militar. El propio KH-11, junto con su progenie y primos, sigue clasificado.^[70]

Hoy en día ya no hay cartuchos de película cayendo en paracaídas. Rochester, Nueva York, sede de Eastman Kodak, se encuentra hundido en el desempleo y los CCD de alta resolución son el estándar mundial. Es probable que ya exista un banco de imágenes ópticas, infrarrojas y de radar, constantemente actualizadas y tomadas de cada metro cuadrado de cada zona de conflicto o zona de conflicto potencial del planeta. Una imagen muy reproducida del Advanced KH-11 de la década de 1990 muestra una planta farmacéutica en Sudán que, según se dice, estaba relacionada con la fabricación de armas químicas. Otra muestra un campamento de montaña en Afganistán descrito como una instalación de entrenamiento de Al Qaeda. Satélites más recientes (de reconocimiento, geoespaciales, comerciales, comunicaciones, de clima) han fotografiado y reproducido objetivos tan importantes militarmente como el complejo de Osama bin Laden en Abbottabad, Pakistán. Detectaron la repentina aparición de numerosos vehículos blindados en una base militar en Aleppo, Siria, y registraron un aumento de actividad justo antes del lanzamiento de un cohete en la Estación de Lanzamiento de Satélites de Sohae en Corea del Norte.

Pero los satélites espía que monitorean las zonas de conflicto no son la única fuente de este tipo de imágenes. Quien quiera pagarlas ya puede comprar un sinnúmero de imágenes de satélites comerciales. Como dice William E. Burrows:

El propio sistema de inteligencia regularmente complementa sus propias «tomas» con imágenes satelitales comerciales, y está aumentando el uso de naves espaciales civiles para recopilar inteligencia de rutina y para combates potenciales, ya que es más barato que maniobrar con sus homólogos clasificados y procesar la avalancha de datos digitales que siguen bajando casi en tiempo real... Si, en efecto, el sistema de inteligencia puede usar su tarjeta de crédito para comprar excelentes imágenes comerciales, también los tiranos y los terroristas pueden hacerlo. [71]

Sí, pero también pueden hacerlo las agencias de ayuda humanitaria y los grupos ecologistas.

Sea cual sea su origen, ¿jamás se utilizarán las imágenes de satélite indebidamente y siempre nos harán más seguros? Lo más probable es que no. Pero ¿es bueno tener registros del grado de deforestación en la Amazonia entre 1975 y 2012 y que se nos hubiera alertado sobre la ruptura de la plataforma de hielo más grande del Ártico en 2003? Lo más probable es que sí. Ahora hay una organización llamada la Carta Internacional sobre el Espacio y los Grandes Desastres que proporciona imágenes satelitales gratuitas a los servicios de emergencia de todo el mundo para que puedan

actuar con mayor rapidez y eficacia. Al igual que el GPS, esos ojos en el cielo son de doble uso.

Pregunta: ¿Qué se obtiene si se cruza un satélite espía con un misil balístico y luego se lanza el resultado al espacio interplanetario? **Respuesta:** La misión Deep Impact de la NASA al cometa Tempel 1, la primera vez que la agenda principal de una misión fue una colisión intencional y no un simple sobrevuelo.

El 3 de julio de 2005, después de recorrer más de 400 millones de kilómetros en menos de seis meses, la nave Deep Impact soltó una pieza de 360 kilos (su impactador «inteligente») que impactó contra el cometa Tempel 1 al día siguiente, con la energía explosiva de 5 ton de TNT. Excavó un cráter profundo, levantando a propósito montones de polvo que podían ser observados y registrados por la cámara de la nave espacial en órbita y el espectrómetro infrarrojo, así como por numerosos telescopios en todo el mundo. Ahora podemos decir definitivamente que el Tempel 1 tiene hielo de agua en su superficie, una «estructura muy esponjosa que es más frágil que un banco de nieve en polvo» y una gran cantidad de moléculas que contienen carbono. Esas moléculas nos dicen que un cometa no muy diferente de Tempel 1 podría haber depositado al pasar material orgánico en la Tierra durante los primeros mil millones de años de existencia de nuestro planeta, cuando estaba siendo bombardeado regularmente desde el espacio con todo tipo de rocas, incluyendo cometas.^[72]

Obviamente, el impactador tenía que darle a su objetivo —una mancha muy oscura (albedo de 0.06) de materia de cometa de menos de 6.5 km de diámetro— o la misión habría sido en vano, del mismo modo en que la artillería de una fuerza de combate tiene que acertar al disparar a sus objetivos o perder la batalla. Todas las partes interesadas estaban en movimiento: la Tierra como plataforma de lanzamiento, la nave espacial, el impactador y el cometa. El impactador estaba equipado con un telescopio, una cámara CCD multiespectral de resolución mediana, sensores de objetivo, una batería para alimentarlo durante su último día de vida y una dosis de combustible de hidracina para breves brotes de propulsión que ajustaran el rumbo. Este proyectil balístico se tenía que lanzar desde la nave espacial en un tiempo y ángulo que garantizara su posterior acercamiento al cometa. Además, la colisión definitiva tenía que ocurrir del lado del cometa iluminado por el Sol, para poder ver el polvo resultante.

En vez de confiar en la práctica habitual y prolongada de la navegación en tierra (la transmisión de datos a la Tierra, la ejecución de comandos y análisis humanos, la transmisión de comandos a la nave espacial), la misión utilizó un sistema de a bordo llamado AutoNav para organizar el choque. Activado dos horas antes de ese momento final, AutoNav tomó cuatro imágenes por minuto para poder mantenerse actualizado en cuanto a la posición y la velocidad del cometa y del impactador. Al ser inteligente en términos de mantener al impactador en curso, inició tres maniobras de focalización: a los 90, 35 y 12 minutos antes del impacto.^[73] La misión fue un éxito: pero no fue por suerte, sino porque tanto los astrofísicos como los combatientes saben cómo utilizar datos multiespectrales para desplegar un proyectil balístico de modo que le dé a un objetivo en movimiento. Somos independientes. Somos interdependientes. Somos aliados.

6

HISTORIAS DE DESCUBRIMIENTO

Cada banda de longitudes de onda en el espectro electromagnético es una ventana a un componente diferente de la realidad cósmica. A medida que iba creciendo el recuento de longitudes de onda detectables, también lo hacía la cantidad de colaboraciones explotables entre la astrofísica y el ejército. Algunas de estas eran muy conocidas en su día. Otras eran secretas. Otras más fueron alianzas accidentales que no podrían haberse programado, planificado o predicho.

I

Nuestra primera historia trata de Jodrell Bank, unas pocas hectáreas de campos enlodados en Cheshire, Inglaterra, a unos 30 km al sur de Manchester, supervisadas al final de la Segunda Guerra Mundial por un botánico de la Universidad de Manchester y que en breve se convertirían en el sitio de un importante observatorio. La zona era adecuada como lugar para el primer gran radiotelescopio orientable del mundo, debido a su baja población y especialmente a la ausencia de tendido eléctrico público. Como escribió Bernard Lovell en su relato de las pesadillas logísticas, financieras y políticas relacionadas con poner en funcionamiento la antena parabólica Mark I del observatorio, «los artefactos eléctricos que se usan en casa y en sus alrededores a menudo desatan e irradian más energía hacia un radiotelescopio que toda una nebulosa extragaláctica». Lo que hacía que Mark I fuera manejable era el *hardware* de guerra reutilizado: dos conjuntos de rodamientos que habían cargado los grandes cañones giratorios de dos acorazados británicos durante la Primera Guerra Mundial, pero que en 1950 se le podían comprar por una bagatela al Establecimiento de Armería del Almirantazgo.^[1]

La noche del 4 de octubre de 1957, un par de meses después de que se pusiera en marcha Mark I —aunque apenas, ya que el proyecto estaba profundamente endeudado— la Unión Soviética lanzó el Sputnik 1. De repente, la enorme antena parabólica, capaz de recibir además de transmitir señales, y diseñada para la investigación de rayos cósmicos, meteoritos y la Luna, se volvió el único instrumento en la Tierra capaz de rastrear por radar la etapa central del cohete R-7, el misil balístico intercontinental que había lanzado el satélite y que también había entrado en órbita terrestre. En el crepúsculo, un observador del cielo que mirara la oscuridad cada vez más profunda lograría ver el brillo del satélite al pasar por encima, muy por arriba y aún bajo la luz del sol. Un radioaficionado podría captar fácilmente los pitidos de la radio del satélite en una frecuencia de 20.005 MHz. Pero solo Mark I podía detectar los ecos del radar rebotando contra el cohete.

Era imposible negarse a tomar esta tarea, tanto por el prestigio de Inglaterra como por el beneficio del mundo entero. El trabajo intensivo comenzó el 7 de octubre; los primeros indicios de éxito llegaron el día 11; el triunfo inconfundible se produjo el día 12. Aquí está el recuento de Lovell sobre ese día:

Justo antes de la medianoche se produjo una visión súbita e inolvidable en el tubo de rayos catódicos, cuando un gran eco fluctuante, cuyo alcance estaba en movimiento, nos reveló lo que ningún hombre había visto hasta ahora: el radar de seguimiento del cohete de lanzamiento de un satélite terrestre que entraba al haz de nuestro telescopio mientras volaba sobre Inglaterra a una distancia de 100 millas sobre el Distrito de los Lagos y avanzaba sobre el Mar del Norte a una velocidad de 5 millas por segundo. Quedamos paralizados de la emoción. Un reportero que dice que podía mirar al interior del laboratorio en donde estábamos escribió que brinqué en el aire de la alegría.^[2]

Pronto, el telescopio Mark I (al que Lovell se refiere como *the bowl*, o *el cuenco*, y que luego fue rebautizado como Telescopio Lovell), junto con los telescopios más nuevos de Jodrell Bank, resultó indispensable para verificar la telemetría de las primeras sondas espaciales soviéticas y estadounidenses. La cooperación del observatorio con las solicitudes de verificación tanto de Estados Unidos como de la Unión Soviética durante la carrera espacial fue de gran importancia para captar los fondos que se necesitaban con desesperación, para así poder mantener su propia agenda científica.^[3] ¿Se trataba de un acuerdo moralmente cuestionable? No, se trataba de *realpolitik*.

El primer día de 1958, Lovell recibió un telegrama de Moscú que decía: «Todo el éxito en su trabajo. Nuestro profundo agradecimiento por las operaciones satelitales».^[4] Pronto habría más operaciones satelitales. Las solicitudes posteriores de la Unión Soviética involucraron sus pioneras sondas

de la Luna y Venus, Luna (Lunik) y Venera. Ante el escepticismo internacional que se declaró de que realmente hubiera lanzado Luna 1 el 2 de enero de 1959 —y decepcionada de que Jodrell Bank no hubiera podido localizarla (la nave espacial falló en llegar a la Luna por el equivalente a más de dos diámetros de ella), la Unión Soviética envió un télex a Jodrell Bank una hora después del lanzamiento de Luna 1 con las frecuencias de transmisión y las coordenadas exactas para su siguiente sonda lunar, Luna 2. Los soviéticos querían que Jodrell Bank verificara de forma independiente lo que predecían sería un alunizaje exitoso.

Esta vez, Mark I tuvo éxito en su tarea asignada, en parte porque su antena ya estaba configurada para capturar la banda de transmisión utilizada por Luna. Para la medianoche local del 12 de septiembre de 1959, los británicos estaban recibiendo las señales de Luna 2 en dos frecuencias. Era claro que el cohete estaba en el curso correcto. El tiempo previsto de impacto era a las 10:01 del día siguiente. A las 10:02 empezaron a preocuparse, pero 23 segundos después, las señales se detuvieron. El aparato creado por el hombre había llegado a la Luna. Algunos políticos estadounidenses de alto perfil persistían en su escepticismo público, pero los hechos eran incontestables. Menos de un mes después, y exactamente un año después de Sputnik 1, Luna 3 alcanzó y fotografió el otro lado de la Luna, algo inédito, mientras que al mes siguiente una nave espacial Pioneer (P-3) de Estados Unidos, diseñada para orbitar ese mismo cuerpo, estallaba en la plataforma de lanzamiento. Un estadounidense anónimo incluso comentó que «solo bastaba con anunciar las intenciones estadounidenses para que los rusos lo hicieran primero».^[5]

Estados Unidos también buscó el apoyo de Jodrell Bank poco después del lanzamiento de Sputnik, en lo que se suponía que sería un acuerdo superconfidencial iniciado en la primavera de 1958 por un colega de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos que había cruzado el Atlántico sin haber anunciado ninguna razón más allá del deseo de conocer a Lovell. Tan pronto como llegaron los dos a la oficina de Lovell, el coronel pidió que se cerraran las ventanas y se le pusiera llave a las puertas, tras lo cual «comenzó la verdadera conversación en lo que prácticamente era un susurro apenas audible». El Ejército de Estados Unidos había lanzado el primer satélite terrestre estadounidense en enero de 1958; ahora la Fuerza Aérea quería lanzar la primera nave espacial estadounidense a la Luna en agosto de 1958, y que Jodrell Bank siguiera su trayectoria. No había más que discutir; se exigía una decisión inmediata. Se enviaría un equipo de seguimiento y técnicos

desde Los Ángeles antes del lanzamiento. Todo debía permanecer en absoluto secreto.

Solo que, cuando llegó el tráiler que contenía todo el equipo, mostraba en letras gigantes la siguiente identificación: «Jodrell Bank, Fuerza Aérea de Estados Unidos, Proyecto Able». Menos mal que era secreto.

El *Manchester Guardian* dio la noticia en julio. Pero el lanzamiento de la Pioneer 1 se realizó de todos modos, a las 8:42 h del 11 de octubre, y el Mark I captó sus señales a las 8:52. Este fue el primer lanzamiento de la NASA. Lamentablemente, temprano el 13 de octubre, el Pioneer 1 retrocedió hacia la Tierra y ardió al reingresar a la atmósfera, incapaz de alcanzar la Luna porque no logró alcanzar la velocidad de escape y su ángulo de lanzamiento era incorrecto por unos cuantos grados.^[6] No importa: eran inevitables las fallas ocasionales y los funcionarios dejaron de preocuparse por el secretismo.

La siguiente colaboración entre la NASA y Jodrell Bank, la Pioneer 5, fue lo opuesto a un fracaso. El 11 de marzo de 1960, 12 minutos después del lanzamiento de la nave desde Cabo Cañaveral, el Mark I comenzó a rastrearlo. Esta vez, el radiotelescopio, «el único instrumento que tenía alguna esperanza de transmitir con suficiente fuerza hasta la sonda a distancias de decenas de millones de kilómetros», no solo rastrearía la nave, sino que también la comandaría y recibiría datos científicos de sus experimentos a bordo:

A las 13.25 h, cuando la nave *Pioneer* estaba a 8 mil kilómetros de la Tierra, el toque de un botón del remolque en Jodrell transmitió una señal a la sonda que fusionaba los pernos explosivos que sujetaban la carga útil al cohete portador. De inmediato cambió la naturaleza de las señales recibidas, y supimos que la Pioneer V estaba libre, en curso y transmitiendo según lo planeado. Durante el resto del día, Pioneer respondió a los comandos del telescopio, y cuando salió de nuestro horizonte esa noche, ya estaba a 112 mil kilómetros de la Tierra. A la noche siguiente ya estaba más allá de la Luna.^[7]

Durante casi cuatro meses, el radiotelescopio se mantuvo en contacto con la nave espacial. La última comunicación tuvo lugar el 26 de junio de 1960, a una distancia de 36 millones de kilómetros de la Tierra. En el profundo vacío del espacio interplanetario, sin nada que constriña la decadencia de su trayectoria, la Pioneer 5 sigue orbitando el Sol cada 312 días.



Mientras que las ondas de radio han producido toda clase de beneficios, tanto de cerca como de lejos, a los rayos gamma en general no se les considera beneficiosos. Todo lo contrario.

Los rayos gamma ocupan el extremo de alta energía del espectro electromagnético, y se descubrieron como un subproducto de la radioactividad en 1900. Para la década de 1950, los rayos gamma del espacio ya se consideraban una posibilidad, pero en realidad fue hasta 1961 que los reveló un nuevo tipo de detector (que tuvo una corta vida) a bordo del satélite Explorer XI de la NASA.

Al igual que los rayos X, los rayos gamma son difíciles de detectar, ya que atraviesan los lentes y espejos comunes y, por lo tanto, no se pueden enfocar de la misma manera que las ondas de radio y la luz visible. Lo que funciona para las ondas de radio, microondas, infrarrojos, longitudes de onda visibles y ultravioleta no funciona con los rayos X o los rayos gamma. Los detectores en estas bandas requieren diseños inventivos. Además, la película solo registra la luz visible y UV; para registrar señales de objetos que emiten en otras bandas eran necesarios nuevos métodos de grabación.

El detector del Explorer XI era un dispositivo llamado *centelleador*, que tiene la misma relación con un telescopio que tendría una ballena con una araña: un centelleador es un bloque diminuto de material sensible a la energía (yoduro de cesio, por ejemplo) que bombea pequeños destellos de luz (partículas cargadas) cada vez que un rayo gamma se filtra a través de él. Si se amplifican los destellos con tubos fotomultiplicadores, se obtiene un dispositivo de detección. Al medir la energía de todas esas partículas cargadas, se puede determinar qué tipo de radiación las creó. Durante los cuatro meses que pasó el Explorer XI en el espacio, su detector recopiló datos por 23 días y atrapó la gran cantidad de 22 rayos gamma certificables.

Aunque *rayos gamma* es el nombre que les damos a las longitudes de onda más cortas (y de energía más alta) del espectro electromagnético, su franja de luz es enorme. Pero no son las únicas cosas de alta energía en el universo. Los llamados *rayos cósmicos*, que en realidad consisten en partículas, compiten en energía. Casi ninguna de las dosis diarias de rayos gamma de la Tierra que se originan en el espacio profundo llega a la superficie de nuestro planeta. El ozono atmosférico (la versión de tres átomos de la molécula de oxígeno) nos protege de ellos muy bien, aunque no del todo, así como de los rayos solares o los rayos UV o rayos X orbitales de cualquier otro. Para detectar los rayos gamma de manera confiable se requieren satélites especializados en órbita sobre nuestra atmósfera.

Como se podría sospechar, los fenómenos de alta energía generan luz de alta energía. Imaginemos la detonación simultánea de todas las bombas nucleares jamás fabricadas, incluyendo las que explotaron en guerras o en preparación para la guerra, junto con las que se desarmaron en nombre de la paz. Imaginemos una estrella cien veces más grande que el Sol que se colapsa sobre sí misma a la hora de su muerte. Imaginemos una galaxia en expansión, formada durante los primeros mil millones de años de la vida de nuestro universo, y el colosal agujero negro que se esconde en su centro galáctico, sepultando la sustancia de muchos miles de millones de estrellas muertas desde hace mucho, y que continuamente se está tragando todo lo que está a su alcance. O imaginemos el remanente de una estrella gigante que explotó (un remanente tan denso que si llenaras un dedal con él, pesaría 100 millones de ton) y que gira en un espacio lejano, decenas de miles de veces por segundo, mientras choca contra un vecino. Estas configuraciones feroces y violentas de la materia, estos eventos de superalta energía, tienen consecuencias de superalta energía. Una de esas consecuencias es un estallido de rayos gamma repentino, breve, que a menudo se irradia: una explosión de proporciones astronómicas. Una sola ráfaga puede irradiar más que toda una galaxia, como si la producción de energía de 100 000 millones de soles se concentrara en unos momentos de brillo abrumador. Es salvajemente dramático... y mortal, si uno anda por ahí.^[8]

Una vez al día, en promedio, se produce una explosión de rayos gamma en algún lugar del universo distante. Los que son relativamente más débiles duran menos de un segundo; los menos frecuentes de superalta energía pueden durar hasta unos cuantos minutos. La fuente de toda esa energía es una mezcla de fenómenos gravitacionales, rotacionales, magnéticos y termonucleares. El objeto que libera la energía podría ser una supernova, una kilonova, una hipernova, un blazar o un cuásar. También podrían ser materia justo antes de caer en un agujero negro, o una explosión nuclear aquí en la Tierra. Repito: una explosión nuclear aquí en la Tierra. El ingenio humano ha concebido, inventado y desplegado un equivalente de uno de los fenómenos menos amigables de la naturaleza.

Todavía no tenemos la historia completa de cómo se generan los estallidos de rayos gamma cósmicos. Pero incluso antes de que los astrofísicos supieran que existían los rayos gamma cósmicos, tanto los científicos como los políticos sabían que se produciría una versión terrestre cuando explotara una bomba de fusión termonuclear.^[9] No importaría si la detonación era una prueba o un ataque real, ni tampoco si ocurría en medio de un desierto, en

medio de Manhattan o en la Luna. Sin embargo, cuando terminó la Segunda Guerra Mundial sin cuartel del siglo xx, se desarrolló rápidamente el diseño del armamento de aniquilación, causando miedo y desconfianza tanto entre los diseñadores como entre los espectadores. El propio Einstein, muy consciente de la nueva capacidad de aniquilación del mundo, dijo en una entrevista en 1949 en *Liberal Judaism*: «No sé con qué armas se combatirá la Tercera Guerra Mundial, pero la Cuarta Guerra Mundial se librará con palos y piedras».^[10]

Enfrentados con todo ese progreso en nuestra capacidad destructiva, y cada vez más conscientes de los efectos a largo plazo de la lluvia radiactiva, los ministros de relaciones exteriores de la Unión Soviética, Estados Unidos y el Reino Unido firmaron el Tratado de Limitación de Pruebas Nucleares a principios de agosto de 1963. En este caso, «limitación» dejaba la puerta completamente abierta para las pruebas subterráneas. Dos meses después, una vez que el Senado de los Estados Unidos ratificó el tratado, el presidente Kennedy lo firmó. El 10 de octubre alcanzó la fuerza de ley.

Cualquier escéptico de la política diría que una cosa es firmar un contrato y otra completamente distinta es cumplirlo. Ahora se volvía necesario (y posible) monitorear desde el espacio cualquier signo revelador de una detonación inadmisibles en la Tierra. Para ello, Estados Unidos enviaría algunos satélites con detectores de rayos gamma de última generación. Estos satélites no eran telescopios: eran simples detectores en órbita, incapaces de señalar el punto exacto de una explosión termonuclear. Sin embargo, un conjunto de ellos, en donde cada uno registraba el tiempo exacto de llegada de los rayos gamma, permitiría triangular la ubicación. Además, si las órbitas eran lo suficientemente altas, los satélites escaparían del ruido electromagnético creado por el cinturón de radiación de Van Allen, una región del espacio memorablemente descrita por un escritor de la NASA como «dos donas hirviendo de radiación» que rodean a nuestro planeta.^[11]

No se había ni secado la tinta del tratado cuando, el 16 de octubre de 1963 (al estilo del mantra militar de «confía pero verifica»), Estados Unidos lanzó en órbita su primer par de satélites Vela Hotel, separados por 180 grados, 100 000 km arriba de la atmósfera de la Tierra y muy lejos del cinturón de Van Allen. Su mandato era sencillo: detectar cualquier emisión de rayos gamma producida por cualquier explosión de una bomba nuclear. Su detector era un centelleador.

El segundo par de satélites Vela Hotel se lanzó en julio de 1964, el tercero en julio de 1965, el sexto y último par en abril de 1970. El trabajo comenzó

en 1959 bajo la presidencia de Eisenhower, como un proyecto de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada, con la ayuda de los laboratorios de la Comisión de Energía Atómica en Los Álamos. Con cada nuevo par mejoraba la sensibilidad de los detectores y la precisión de los temporizadores. Los Vela Hotel fueron productos perdurables que en su mayoría duraron al menos una década más allá de su vida programada.^[12]

Mientras iban dando vueltas alrededor de la Tierra cada cuatro días y un cuarto, uno u otro de los satélites Vela registraba periódicamente los impactos de partículas solares de alta energía: nada preocupante ni catastrófico. En contraste, si estallaba un arma termonuclear, se registraría en todos los satélites que estuvieran en la línea de visión del evento y aparecería como un estallido intenso de rayos gamma de menos de una millonésima de segundo de duración, seguido de una nivelación y luego de un desvanecimiento, y luego de horas o días de luminiscencia. Finalmente, el 2 de julio de 1967, los Vela registraron un poderoso evento de rayos gamma. Lo extraño fue que no encajaba con el perfil de una explosión nuclear. La grabación muestra un pico inicial elevado que dura menos de un octavo de segundo, seguido casi de inmediato por un segundo pico un poco más bajo que dura dos segundos.^[13] No era una explosión nuclear; tampoco era una erupción solar ni una supernova, ya que no se había observado ninguna ese día.

Un par de astrofísicos diligentes y jóvenes de Los Álamos, Ray Klebesadel y Roy Olson, fueron los primeros en descubrir qué no era y qué podía ser. Sin embargo, como eran científicos, y además estaban vinculados a uno de dos laboratorios nacionales clasificados del país que estaban dedicados al desarrollo de armas nucleares, esperaron un poco con la esperanza de recopilar más pruebas: esas las obtuvieron de los satélites Vela mejorados, equipados con mejores instrumentos, que se lanzaron en 1969 y 1970. Después de procesar vastas cantidades de datos «ruidosos» de los Vela, ellos y un colega, Ian Strong, identificaron 16 estallidos de rayos gamma entre julio de 1969 y julio de 1972 que cumplían con sus cuidadosos criterios (ser registrados por al menos dos naves Vela en un intervalo de no más de cuatro segundos). Esos 16 estallidos reforzaron el hallazgo de julio de 1967 de los investigadores. En 1973, publicaron los resultados (lo que, en la práctica, significa que los desclasificaron). Es un artículo científico típico del *Astrophysical Journal*, tranquilo y circunspecto. Lo más que llegan a decir los autores que identificaron algo nuevo y grande en el universo es la sutil aseveración de que «las consideraciones de la ley del cuadrado inverso

colocan las fuentes a una distancia de al menos 10 diámetros de órbita»,^[14] o un mínimo de 3 000 millones de kilómetros.

No es que no existiera la investigación de los rayos gamma y los detectores de rayos gamma antes de ese artículo. Pero los hallazgos de Klebesadel, Strong y Olson estimularon una oleada de nuevos esfuerzos. El interés militar por detectar explosiones de energía extremadamente alta terminó por hacer que estallara lo que antes era una rama de la astrofísica de bajo perfil. Empezaron a operar los detectores basados en el espacio que sustituyeron a los detectores basados en tierra hechos de equipamiento bélico reciclado de la Segunda Guerra Mundial.^[15]

Por cierto, los rayos gamma y una gran cantidad de partículas subatómicas se generan por la colisión de rayos cósmicos de energía superalta con la atmósfera de la Tierra. Dentro de esta cascada se esconde evidencia sorprendente de la dilatación del tiempo, una característica de la teoría de la relatividad de Einstein. Las partículas de rayos cósmicos se mueven a través del espacio a más del 99.5 % de la velocidad de la luz. Cuando chocan contra la parte superior de la atmósfera de la Tierra, se descomponen en muchos subproductos, cada uno con cada vez menos energía por partícula, formando una avalancha de partículas elementales que descienden hacia la superficie de la Tierra. Entre los subproductos se encuentra una lluvia de rayos gamma, que se transforman rápidamente en electrones y sus contrapartes de antimateria, los positrones.

En esta mezcla también encontramos muones, que son la versión pesada y de alta energía del electrón. No son particularmente estables. Después de una media millonésima de segundo, en promedio, se descomponen en otras partículas menos energéticas, una de las cuales siempre será un electrón. En comparación con las expectativas de vida de muchas otras partículas subatómicas, una media millonésima de segundo es una eternidad. Sin embargo, debido a que la lluvia de partículas se mueve tan rápido en relación con nosotros y nuestros detectores en la superficie de la Tierra, los muones experimentan el paso del tiempo más lentamente que nosotros. Y así entra en escena el extraño mundo de la teoría especial de la relatividad de Einstein. A esta rama de la física no le importa quién o qué eres, ya seas animal, vegetal o mineral. Si viajamos rápido, suceden varias cosas raras. Una de ellas es que nuestro reloj de tiempo interno parecerá correr más lentamente, según lo perciben todos los que nos observan. Nuestro tiempo se «dilata». Y los muones en una cascada de rayos cósmicos ofrecen una de las pruebas más sorprendentes de este fenómeno. Debido a que viajan a velocidades tan altas,

los vemos vivir 10 veces más, antes de que se deterioren y, como resultado, llegan mucho más profundamente a la atmósfera de la Tierra, de lo que «deberían».

Aunque no fuéramos tan rápido como un muon, de todos modos experimentaremos un poco de dilatación. Si pasáramos seis meses en la Estación Espacial Internacional, que viaja a ocho kilómetros por segundo alrededor de la Tierra (apenas 0.0027 % de la velocidad de la luz), habríamos envejecido 0.005 segundos menos que todos los demás en la Tierra.

III

Ya que todo lo que sea más caliente que el cero absoluto irradia calor, detectar infrarrojos a una distancia significa, en principio, detectarlo todo. Y punto. Como resultado, todos los astrofísicos, así como todos los generales, contrarrevolucionarios, espías, policías y drones que necesitan identificar a un objetivo invisible, podrían buscarlo en el infrarrojo. Pero lo que también debe hacer el combatiente es distinguir lo que es una amenaza de lo que no lo es. No basta con la simple detección de una mancha de infrarrojos de una intensidad extraña. Los que vigilan deben conocer la «firma de calor» de su objetivo para poder aislarla y diferenciarla de las otras múltiples fuentes de infrarrojos que atiborran el teatro de operaciones.

Allá fuera, en el cosmos, los residentes más fríos —aquellos con temperaturas por debajo de 1 000 grados kelvin (700 °C), lo que incluye planetas, estrellas fallidas, polvo cósmico y nubes varias en las galaxias, en especial las que están por engendrar sistemas estelares— emiten más infrarrojos que cualquier otra banda de luz. Cualquier cosa que esté más caliente que eso también comienza a fulgurar en la parte visible del espectro, haciéndola claramente visible para cualquiera que esté observando, apareciendo inicialmente como si fuera un «rojo candente», pero luego, a medida que aumenta su temperatura, «blanco candente» y finalmente «azul candente». Así que, si queremos ver objetos fríos es mejor que usemos un telescopio infrarrojo.

Además, la luz infrarroja escapa de las nubes de gas y polvo con mucha más facilidad que la luz visible, incluso cuando la luz visible es altamente luminosa. Aquí es donde entra en escena el escaneo completo del cielo y el programa Infrared Celestial Backgrounds [Fondos Infrarrojos Celestes] de la Fuerza Aérea de Estados Unidos.

Para distinguir la firma infrarroja de un misil en el cielo que se dirige hacia el palacio presidencial de la firma infrarroja de un objeto cósmico, el general necesita un mapa del cielo: el general proporciona el financiamiento; el astrofísico proporciona el mapa. Si bien el descubrimiento de los estallidos de rayos gamma fue un subproducto fortuito del trabajo normal de vigilancia militar, los mapas infrarrojos exhaustivos del cielo fueron el resultado intencional de una iniciativa militar destinada a proporcionar a la vigilancia una herramienta necesaria. Como lo explica una hoja informativa de la Fuerza Aérea:

La defensa de misiles balísticos es una misión importante con la necesidad de desarrollar tecnologías para detectar y rastrear los misiles balísticos estratégicos y del teatro de operaciones, desde el lanzamiento hasta la intercepción... El seguimiento eficaz de objetivos de cuerpo frío y objetivos tenues en la región espectral IR requiere que la firma IR del objetivo se distinga del fondo contra el que se observa el objetivo. El problema es que el fondo puede enmascarar o imitar al objetivo. Por lo tanto, [un] objetivo técnico clave es medir y modelar la gama completa de fondos, especialmente los fondos desafiantes, para diseñar sistemas de sensores IR que maximicen la visibilidad de la firma objetivo.^[16]

Este problema no es exclusivo del infrarrojo. Cualquier medida de cualquier cosa por cualquier medio corre el riesgo de ser confundida con el ruido de fondo. Todos estamos familiarizados con el ruido literal. Se puede tener una conversación íntima con un ser querido que ocurre sin confusión en una habitación tranquila, mientras que en una fiesta llena de gente se tendría que hablar mucho más arriba de un susurro para ser escuchado y entendido, para ser detectado. El «ruido» incluye cualquier señal no deseada que contamine el objetivo a medirse.

Cuando se llevaron a cabo las primeras investigaciones de infrarrojos, la mayoría de los científicos consideraban que el calor radiante y la luz visible eran dos cosas diferentes, aunque en 1835 André-Marie Ampère publicó una nota en la que se afirmaba que ambos eran el resultado de un «movimiento vibratorio».^[17] Los primeros detectores de infrarrojo (IR) fueron versiones mejoradas del termómetro, adecuados para logros más modestos como medir la firma de calor de una vaca a medio kilómetro de distancia. Pero en el verano de 1878, cuando el infrarrojo aún no se llamaba infrarrojo (su descubridor, William Herschel, había usado el término *rayos caloríficos*), un comentarista anónimo en la revista *Scientific American* describió la ambiciosa propuesta de Thomas Alva Edison para hacer un muestreo del cielo de las fuentes invisibles de calor. Para llevar a cabo ese levantamiento, se acoplaría un tasímetro —el invento astronómico sensible al calor de Edison— a un gran telescopio para «explorar esas partes de los cielos que parecen vacíos»:

Hasta ahora, la ciencia no ha dado indicio alguno de la posibilidad de explorar el vasto y misterioso más allá, desde el cual nunca se ha detectado algún rayo de luz visible mediante las ayudas ópticas de mayor alcance y sensibilidad, ni es probable que se detecte. Pero ahora llega la promesa de una extensión del conocimiento positivo a campos del espacio tan remotos que la luz se agota y se pierde antes de poder atravesar la distancia intermedia... Si en algún punto de dicho espacio en blanco el tasímetro indica un aumento de temperatura, y lo hace invariablemente, la inferencia legítima será que el instrumento está dentro del rango de un cuerpo estelar, ya sea no luminoso o tan distante que está más allá del alcance de la vista asistida por el telescopio... Posiblemente también pueda traer al conocimiento humano una vasta multitud de cuerpos más cercanos (soles apagados o planetas que reflejan tenuemente), ahora desconocidos porque no son luminosos.^[18]

Avancemos ahora rápidamente a Estados Unidos durante la Guerra Fría. Hay misiles balísticos instalados por todos los lados. Ya se realizaron extensos escaneos del cielo, pero nada grande en las longitudes de onda infrarrojas. En 1963, la Fuerza Aérea crea una Rama de Física Infrarroja dentro de sus laboratorios de investigación, y comienza el programa de Infrared Celestial Background.

No todos los investigadores acudieron directamente a la Fuerza Aérea para obtener financiación. En 1965, por ejemplo, dos astrofísicos emprendedores en Caltech se embarcaron en un escaneo del cielo infrarrojo sintonizado a una longitud de onda de 2.2 millonésimas de metro. En lenguaje astrofísico, son 2.2 micrones, en donde un micrón equivale aproximadamente a una vigésima parte del ancho de un cabello humano. En esta banda, la atmósfera de la Tierra es 80 % transparente. Algunos equipos de guerra, un telescopio terrestre, un reflector de cinco pies hecho en casa y la financiación de la NASA permitieron a los investigadores producir un catálogo de los 5 600 objetos más brillantes en los cielos del hemisferio norte, muchos de ellos nunca vistos por telescopios de luz visible, y varios de ellos increíblemente gigantes y distantes. La NASA publicó su trabajo en 1969 bajo el título *Two-Micron Sky Survey*.^[19]

El siguiente estudio importante de infrarrojos, el *AFCRL Infrared Sky Survey*, tuvo el visto bueno de la Fuerza Aérea. Esta fue una verdadera colaboración astrofísica militar, realizada a fines de la década de 1960 y principios de la década de 1970 bajo los auspicios de los Air Force Cambridge Research Laboratories (AFCRL) en la Hanscom Air Force Base en Massachusetts, y patrocinada en parte por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada. Esta vez el telescopio fue construido por Hughes Aircraft. El escaneo, implementado a través de cohetes preparados y lanzados por la US Naval Ordnance Missile Test Facility en White Sands, observó el cielo a través de tres bandas de longitud de onda más largas que en el escaneo anterior (cuatro, once y veinte micrones) y dio como resultado un catálogo de

3 200 objetos que cubren casi el 90 % del cielo. Ahí se encuentra una de las muchas ventajas de un telescopio en órbita: puede acceder a todo el cielo, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur. Una característica notable tanto de este levantamiento como de su predecesor es que el informe publicado no se clasificó, por lo que todos los científicos, sin importar lo que estuvieran investigando, tendrían acceso abierto a los datos.^[20] Lo mismo fue cierto para un estudio exhaustivo de seguimiento, publicado en 2003: el *Two Micron All Sky Survey* (2MASS), que cubre el 99.998 % del cielo y proporciona datos de brillo y coordenadas IR en 471 millones de objetos.^[21]

Stephan Price, coautor de *AFCRL Infrared Sky Survey*, escribe que durante la mayor parte de su carrera de medio siglo en astronomía infrarroja recibió apoyo de la Fuerza Aérea, principalmente a través de los AFCRL, y que se alegraba de ello, no porque pudo estar en condiciones de hacer investigaciones «“de vanguardia” que fueron personalmente muy gratificantes», sino porque también descubrió que «los problemas prácticos relacionados con la vigilancia espacial de la Fuerza Aérea eran interesantes y desafiantes». Su historia detallada de la estrecha asociación en la posguerra entre la astrofísica y las fuerzas militares abunda con referencias a corporaciones, universidades, ramas del Departamento de Defensa, investigadores distinguidos, descubrimientos significativos y el intrincado entretejido de las necesidades militares y búsquedas astrofísicas. Price también narra la constante reorganización burocrática y los cambios de nombre dentro de las estructuras de investigación militar, así como los efectos de la Enmienda Mansfield a la Ley de Autorización de Adquisiciones Militares FY1970, que ordenó que el Departamento de Defensa no podía utilizar sus fondos «para llevar a cabo ningún proyecto de investigación o estudio a menos que dicho proyecto o estudio tenga una relación directa y aparente con una función militar específica». Aprobada a finales de 1969 durante la Guerra de Vietnam, «en el contexto del desencanto público generalizado con la ciencia y el ejército en ese momento», la enmienda, cuya intención de desatar un mayor escrutinio, llevó brevemente a las reducciones de personal y a la reorganización de responsabilidades.^[22] La ley de autorización FY1971 puso de cabeza las intenciones de la enmienda. Ahora las decisiones de financiamiento se basarían en «la opinión del secretario de Defensa». El secretario, miembro del gabinete del presidente, tendría la libertad de opinar si los proyectos tenían una «relación potencial con una función u operación militar». Las palabras «directa», «aparente» y «específica» desaparecieron de la legislación.^[23]

Independientemente de los efectos reales de la Enmienda Mansfield, el informe de Price muestra la constante fuerza y alcance del apoyo militar, tanto para la ciencia espacial básica como para la ciencia espacial utilitaria. Pocos proyectos podían ser de mayor uso directo tanto para los militares como para los astrofísicos que un mapa infrarrojo del cielo, aunque, por supuesto, el apoyo militar fluyó también a otros proyectos infrarrojos, antes, durante y después de la enmienda.

Martin Harwit, exdirector del Museo Nacional del Aire y del Espacio y además astrónomo de IR, escribe que el desarrollo de los detectores de infrarrojos, instrumentos sin los cuales la astronomía IR no podría existir, «se guió en gran medida no por los astrónomos, sino por las necesidades militares, tales como la “visión nocturna” que permite discernir los objetos cálidos en la oscuridad».^[24] El historiador de la ciencia Ronald E. Doel está de acuerdo, y hace referencia específicamente a la investigación de Estados Unidos sobre la atmósfera planetaria, la región de la Tierra por la que debe pasar cada misil balístico:

Estos programas presentaron astrónomos a las agencias militares ansiosas por financiar la investigación astronómica... El patrocinio militar ayudó a mantener la viabilidad de los observatorios estadounidenses en los años de escasez de 1946 y 1947. Sin embargo, el financiamiento de los contratos militares también alentaba a los investigadores a diseñar propuestas con soluciones a corto plazo. Los proyectos que no cumplían con esos objetivos prometidos enfrentaban un mayor riesgo de interrupción o discontinuidad, independientemente de su mérito científico; esta ataba a los investigadores más de cerca con las misiones militares a medida que se profundizaba la Guerra Fría.^[25]

Pero era el escaneo completo del cielo lo que proporcionaba datos en la mayor escala posible. El mapa del cielo en infrarrojo caracterizaba el fondo cósmico perdurable contra el cual se debía distinguir una amenaza entrante en tiempo real, ya fuera un misil balístico o un asteroide. En la guerra o en la paz, esta inteligencia era, y sigue siendo, vital para la seguridad nacional.

De hecho, el escaneo completo del cielo ha tenido valor militar no solo por su información de infrarrojos. Veamos por ejemplo el Sloan Digital Sky Survey (SDSS), un escaneo de campo amplio, de ambiciones inéditas, diseñado para reunir lecturas del brillo de luz ultravioleta, luz visible e infrarrojos para cientos de millones de estrellas y galaxias, y espectros de millones más. Para lograr sus objetivos, el SDSS utiliza un telescopio especializado en el Observatorio Apache Point en Nuevo México, así como un sistema único de medición calibrada y fuente de datos diseñados solo para estas observaciones. Este emprendimiento titánico de cientos de investigadores y docenas de instituciones en todo el mundo, comenzado en la

década de 1990 (y, desde 2018, profundamente metido en su cuarto escaneo) y financiado en parte por la Fundación Alfred P. Sloan, ha superado con creces a todos los escaneos de cielo anteriores basados en tierra, en términos de precisión, escala y valor para los astrofísicos.

Desde su inicio, las tareas centrales de SDSS eran abrumadoras: el manejo y análisis de las prodigiosas cantidades de datos en bruto obtenidos por el telescopio. Llegó al rescate un software innovador. Los algoritmos eran tan inteligentes, eficientes y efectivos para convertir la luz de los objetos cósmicos en datos analizables, que los trabajos de investigación de SDSS sobre la analítica de los flujos de datos astrofísicos aparecieron no en los círculos de astrofísica, sino en la Conferencia Internacional de Computación de Alto Rendimiento, Conexión de Redes, Almacenamiento y Análisis en 2012, y la Conferencia Extrema de Computación de Alto Rendimiento IEEE en 2014. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos finalmente tomó nota de esto y, con un giro del sentido más típico para las solicitudes de apoyo, pidió a uno de los líderes del proyecto de escaneo del cielo, Alexander S. Szalay (profesor de astronomía y ciencias de la computación de Johns Hopkins, además de director del Institute for Data Intensive Engineering and Science) que informara a una rama clave del Pentágono sobre cómo el SDSS procesaba y analizaba los formidables flujos de datos extraídos de imágenes y espectros.^[26] Un ejemplo de inventiva astrofísica estimulada por la búsqueda de mayor conocimiento del universo y posteriormente empleada en el servicio de la seguridad nacional.

IV

El perfil de alta energía de los rayos X, como los rayos gamma, requiere un telescopio de concepto y diseño muy diferentes de los que enfocan y detectan la luz visible. Los rayos X se encuentran entre las varias bandas de luz que no llegan a la superficie de la Tierra. Nuestra capa atmosférica de ozono simplemente los absorbe por completo. En la ausencia de plataformas de observación sobre la atmósfera de la Tierra, los fenómenos de rayos X en el universo pasan desapercibidos.

Aquí entra el astrofísico estadounidense de origen italiano Riccardo Giacconi. A finales de la década de 1950, comenzó en la tarea de perfeccionar un telescopio de este tipo. «Hasta que llegó la era espacial y pudimos poner instrumentos en satélites y cohetes —diría después— no podíamos averiguar

qué había allí afuera. Así que al observar los rayos X se ven aspectos de la naturaleza que ni siquiera sospechábamos que existían, pero que son muy importantes en la formación, evolución y dinámica de las estructuras en el universo».^[27] Se reconoce a Giacconi como el padre del campo de la astronomía cósmica de rayos X.

En 1959, cuando era un joven científico, Giacconi empezó a trabajar para American Science and Engineering (AS&E), una compañía formada el año anterior por un grupo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology. En sus inicios, la empresa se especializaba en la fabricación de instrumentos científicos para la NASA. Pero mientras Giacconi y su equipo hacían ciencia espacial (por ejemplo, fotografiando el Sol con rayos X y descubriendo la primera fuente estelar de rayos X),^[28] AS&E comenzó a expandirse hacia la tecnología médica y de seguridad. Hoy en día, la página de inicio del sitio web de la compañía destaca su asistencia al personal militar y policial que enfrenta retos en las fronteras, puertos y zonas de conflicto. Los sistemas de AS&E facilitan procedimientos como el rastreo de carga, la detección de amenazas para el personal militar, la detección de bombas y la prohibición de drogas. El énfasis está en la seguridad. Los rayos X son el habilitador.

El secuestro de aviones comerciales, a menudo estadounidenses, presentó un reto de seguridad especialmente importante a finales de los años sesenta y principios de los setenta. Cuba (que estaba sujeta a un embargo comercial de la Guerra Fría de la época de Kennedy que la ponía fuera de límite para tránsito aéreo desde Estados Unidos) era un destino frecuente para los disidentes políticos hasta principios de 1969, cuando las audiencias del Congreso revelaron que, después de llegar a Cuba, se sometía a los secuestradores a un largo interrogatorio seguido de trabajos forzados. Pronto, los objetivos de los piratas aéreos se expandieron para incluir la extorsión para obtener dinero de rescate, el chantaje político y la venganza terrorista. Tan solo en 1969, hubo 86 secuestros en todo el mundo, un promedio de más de uno cada cuatro días. Las aerolíneas estadounidenses eran el objetivo más común.^[29]

Quedaba claro que la industria de la aviación necesitaba inspeccionar a los pasajeros y su equipaje para detectar armas y dispositivos explosivos. AS&E, que ya había desarrollado telescopios de rayos X para la NASA y un sistema de rayos X de paquetes para el Servicio Postal de Estados Unidos,^[30] pudo proporcionar una máquina que hiciera precisamente eso. A finales de 1972, se habían establecido estaciones de control de pasajeros en la mayoría de los

aeropuertos de los Estados Unidos. Cayó de golpe la cantidad de secuestros. A principios de 1973, un senador de Nevada presentó una legislación para exigir que, antes de abordar una aeronave, «todos los pasajeros y todas las propiedades destinadas a ser transportadas en la cabina de la aeronave en el transporte aéreo sean examinadas por procedimientos o instalaciones de detección de armas antes de abordar». En 1974, se convirtió en ley.^[31] A partir de entonces, todo el equipaje de mano se revisaría en todos los aeropuertos. Los escáneres de AS&E estaban en todas partes.

Durante este período y varias décadas más, Giacconi sería el investigador principal de cuatro telescopios de rayos X de la NASA, desde el primero, Uhuru, inaugurado en 1970, hasta el observatorio insignia Chandra, inaugurado en 1999. Por ser pionero en el descubrimiento de fenómenos altamente energéticos en el universo, incluyendo los agujeros negros que se zampan a las estrellas que orbitaron demasiado cerca y, por supuesto, por haber creado todo un subcampo de la astrofísica, compartiría el Premio Nobel de Física de 2002 y recibiría la Medalla Nacional de Ciencias de manos del presidente de EE. UU. en 2003.

En ese tiempo, yo formaba parte del comité de 12 miembros de la National Science Foundation encargado de recomendar al presidente los ganadores de la Medalla Nacional de Ciencias. La ceremonia de entrega de los premios (a la que está invitado el comité, por supuesto) se lleva a cabo cada año en la Casa Blanca; la ceremonia para los ganadores de 2003 se llevó a cabo en marzo de 2005. Fue ahí cuando conocí a Riccardo, cuando pasamos juntos por el vestíbulo de visitantes, una zona de seguridad adosada al Ala Este de la Casa Blanca. Mientras nos formábamos para que nos escanearan, examinaran y escrudiñaran, colocamos nuestras pertenencias en la cinta transportadora de una máquina de rayos X. ¿Su creador? American Science and Engineering: AS&E.

V

A quien le guste el universo seguramente habrá visto muchas de las magníficas imágenes de galaxias y nebulosas tomadas por el telescopio espacial Hubble. Lo que quizás no sepa es que el Hubble es básicamente un satélite de fotorreconocimiento, cuyas cámaras apuntan hacia arriba, a los cielos, en lugar de hacia abajo, a la Tierra.

A finales de los años ochenta y principios de los noventa, Eric J. Chaisson se desempeñó como científico principal y director de programas educativos en el «centro neurálgico científico» del Hubble, el Space Telescope Science Institute [Instituto de Ciencias del Telescopio Espacial] en Baltimore. Justo debajo del prefacio original de su libro de 1994, *The Hubble Wars*, aparece una nota que parece un aviso legal:

Ninguna parte de este libro divulga material confidencial de inteligencia militar que no haya ingresado previamente al dominio público. He sido escrupuloso en cuanto a no identificar los activos de reconocimiento desconocidos para el público, ni divulgar las capacidades específicas de ningún proyecto conocido pero clasificado.^[32]

Desde ya, al lector se le alerta sobre los aspectos militares en gran medida tácitos e invisibles de este logro tan notable del ingenio humano, un instrumento que la mayoría de la gente de todo el mundo conoce solo como una puerta de entrada a las glorias del cosmos. Pero una vez que Chaisson revela las conexiones entre el telescopio espacial Hubble y cierto satélite espía de la serie ultrasecreta KEYHOLE, queda claro por qué publicó su descargo de responsabilidad. Un par de décadas más tarde, no habría tenido que ser tan cauteloso, ya que ese KEYHOLE en particular se desclasificó en 2011 y se exhibió durante todo un día en el Museo del Aire y del Espacio del Smithsonian.

Cuando un programa militar es secreto o ultrasecreto, mencionar su existencia o su nombre en clave está *verboten*. KEYHOLE, según un memorándum de seguridad de 1964, fue el nombre que se le dio «al producto obtenido de las operaciones de reconocimiento de los satélites en Estados Unidos».^[33] Las cápsulas de película expuesta que se devolvieron a la Tierra fueron el producto principal, pero no el único; el otro producto era la SIGINT (inteligencia de señales), basada en el monitoreo e interceptación de radares y comunicaciones electrónicas. El nombre KEYHOLE ya también se usa para el sistema general de cámaras utilizado por los satélites de reconocimiento o, de manera más general, a los satélites en sí. Para agregar otra capa de ofuscación, las primeras KEYHOLE formaron parte del programa CORONA, supervisado por la Agencia Central de Inteligencia (CIA).

El KEYHOLE al que Chaisson hacía referencia indirectamente era —ya se puede decir abiertamente— el gigantesco KH-9 HEXAGON, que medía 18 m de largo. La Oficina Nacional de Reconocimiento (cuya existencia misma estuvo clasificada durante 30 años, hasta 1992) lanzó 20 de estos entre 1971 y 1986. Se ha descrito al KH-9 repetidamente como más grande de tamaño que un autobús escolar. El mismo comentario se ha hecho a menudo

sobre el Hubble, aunque el Hubble es un poco más corto y menos gigante que el KH-9. Incluso antes de su desclasificación en 2011, de vez en cuando comentaban los escritores que el KH-9 (alias Big Bird) parecía un gemelo del Hubble.

No es una coincidencia. Ambos podrían encajar igual de bien en el compartimiento de carga del transbordador espacial ya retirado, o encima de un cohete de carga pesada de clase Titán. Los dos estaban equipados con módulos solares largos y estrechos, alejados en ángulo de sus cuerpos. Las mayores diferencias entre los dos eran que el Hubble se enfoca hacia el infinito y toma exposiciones prolongadas de objetos extremadamente tenues y distantes, mientras que el KH-9 se enfocaba principalmente entre 160 y 220 km hacia abajo sobre la superficie de la Tierra y tomaba exposiciones rápidas. Cuando el Hubble apunta a la Tierra (lo que hace solo ocasionalmente, para ayudar a calibrar las cámaras del telescopio), solo registra manchas y desenfoques, porque no puede enfocar tan de cerca. Cuando la cámara de mapeo de precisión del KH-9 y las dos cámaras giratorias panorámicas apuntaban a la Tierra (principalmente a la Unión Soviética), registraban características como silos de misiles, astilleros, aeródromos, instalaciones de prueba de cohetes, bases submarinas, incluso un ICBM en construcción, con una resolución de 60 cm y un alcance horizontal de más de 650 km. Además, el Hubble no transporta combustible, mientras que el KH-9 tenía suficiente combustible para poder cambiar de rumbo y pasar múltiples veces sobre los sitios de interés.^[34]

Al comienzo de su vida tras el lanzamiento, el Hubble mostró un caso severo de nerviosismo, lo suficientemente malo como para que su capacidad de hacer las exposiciones largas y constantes requeridas por la investigación científica se socavara seriamente si no se podía encontrar una cura (y se encontró). Orbitando la Tierra una vez cada 96 minutos, el Hubble se estremecía cada vez que entraba o salía de la noche orbital (oscuridad total) después de pasar 48 minutos en el día orbital (la luz del sol resplandeciente). Treinta veces por cada día terrestre, el Hubble se agitaba, oscilaba y se tambaleaba debido al calor directo del Sol, que reaparecía y hacía que la temperatura en algunas partes del telescopio subieran a más de 100 °C en 90 segundos. Luego, cuando el Sol desaparecía de la vista, apenas 45 minutos después, el telescopio se enfriaba rápidamente. ¿El resultado? El Hubble no lograba rastrear un objetivo por más de 10 minutos seguidos.

Pero el principal culpable no era el telescopio en sí, que está envuelto en Mylar, que refleja el calor. La culpa era del par de enormes paneles solares.

Sobresalían a lo lejos del vehículo y se unían solo desde sus centros; estaban enmarcados con varillas de acero inoxidable y no estaban posicionados en el centro de masa del vehículo, así que se doblaban y aleteaban con demasiada libertad. La medida compensatoria incorporada del Hubble —un casco que se mueve en dirección contraria al desplazamiento del panel— no lograba superar del todo la tendencia desafortunada del acero inoxidable a deformarse cuando lo ataca un cambio repentino de temperatura. Tan pronto como la luz del sol le daba al panel, el lado expuesto de las varillas se disparaba hasta unos 50 °C, mientras que el lado que permanecía en la sombra se quedaba en unos -80 °C. Cada panel, como lo describe Chaisson, se convertía en un plátano gigante, un arco largo de 12 metros.^[35]

Es de suponer que Chaisson, al ser la persona a quien buscaban los medios de comunicación, la Casa Blanca y cualquier otra persona que deseara información científica importante sobre el estado del Hubble, sabía cómo ser evasivo pero preciso, y cómo mantener el control de lo que se decía en público. Poco después de que se reconociera la inestabilidad, pero antes de que se diagnosticara su causa, se le pidió que asistiera a una reunión privada con varias docenas de oficiales involucrados en el trabajo de inteligencia militar. La reunión se etiquetó como «SECRETA» y se llevaría a cabo en un lugar seguro. Así es como Chaisson describe lo que sucedió:

Cuando discutí el enigma de la inestabilidad que estábamos experimentando con el Hubble, me sorprendió ver tantas cabezas asentir en silencio. Justo en ese momento, a mitad de la sesión informativa, me invadió una rabia. Me dieron ganas de gritar: «Maldita sea, ¿por qué no nos lo dijeron?». Porque, al parecer, estas personas —algunas de ellos controladores de Keyhole— habían notado este problema en particular por primera vez hace años...

Más tarde, esa noche... me detuvo una persona de aspecto serio, de cabello corto, traje gris y gafete alrededor del cuello que me recordaba ese poema de Frost que habla de los bosques hermosamente oscuros y profundos. Me dio el nombre de alguien con quien ponerme en contacto en Lockheed quien, según él, podría ayudarnos. En ese momento, el agente de inteligencia dio media vuelta y se marchó.

Tras pasarle ese nombre a la persona correcta y sondear otros canales obvios, Chaisson comenzó a entender la cercanía de las conexiones entre el Hubble y la serie de 20 vehículos de la «clase Hubble» de cuya existencia estaba al tanto. Pero ya que esos vehículos, los KH-9 HEXAGON, permanecieron clasificados hasta 2011, en la década de 1990 Chaisson ignoraba los hechos importantes relacionados con ellos. Un oficial de inteligencia de la Fuerza Aérea así consideró oportuno informarle un día en la Academia Naval que el Hubble era un satélite de clase KEYHOLE, y no al revés.

En cualquier caso, Chaisson se dio cuenta de que la razón por la que los militares no habían compartido de forma proactiva sus lecciones aprendidas

no tenía que ver con la mala voluntad ni con las guerras territoriales:

El problema de la inestabilidad se había conocido durante varios años antes del lanzamiento del Hubble, pero a los analistas de reconocimiento eso no les preocupaba, en gran parte porque nunca habían tenido la necesidad de exponer sus cámaras de vigilancia durante más de una fracción de segundo. Por ejemplo, aunque estuvieran echando un vistazo al trabajo en curso en el sitio de radares de Krasnoyarsk o detectando cuántas personas que emiten infrarrojos habitan en una tienda de campaña específica en las afueras de Trípoli, las naves espaciales de espionaje no necesitan exposiciones prolongadas. Pueden reunir rápidamente sus datos, aunque la nave esté estable u oscilante. [Como resultado], probablemente no comunicaron ese conocimiento simplemente porque no afectaba su panorama. [L]os contratistas industriales habían compartimentado tanto su sensible trabajo de inteligencia que no había nada o casi nada de fertilización cruzada, y el que salía perdiendo era el mundo de los civiles.^[36]

Por cierto, la Fuerza Aérea no era la única rama del ejército cuyos proyectos se superponían con el Hubble. Otra era la Oficina de Reconocimiento Nacional [NRO, por sus siglas en inglés], la agencia a cargo de los satélites de espionaje de Estados Unidos. Más unitaria en su misión que la Fuerza Aérea de Estados Unidos, que es mucho más grande, la NRO ayudó de manera proactiva a uno de los ojos civiles más importantes de la NASA en el cielo: un instrumento superior al Hubble.

Cada 10 años, la Academia Nacional de Ciencias facilita un comité de astrofísicos de Estados Unidos para priorizar el gasto en proyectos para la próxima década, un proceso que establece un consenso en el campo y excluye los argumentos públicos sobre qué proyecto favorito de quién debería de recibir apoyo federal. Los astrofísicos que recaudan su propio dinero, personal o institucionalmente, pueden gastarlo como lo deseen, pero cuando llega el momento de asignar fondos federales u otros fondos compartidos, seguimos las prioridades del informe. Comités similares en décadas anteriores otorgaron la más alta calificación al Very Large Array en Nuevo México, el Telescopio *Hubble* en órbita y, más recientemente, al Atacama Large Millimeter/submillimeter Array en Chile.

En 2010 fui miembro de uno de estos comités. Nuestro informe final, *New Worlds, New Horizons*,^[37] identificó al Telescopio de Sondeo Infrarrojo de Campo Amplio (WFIRST, por sus siglas en inglés) como la prioridad número uno. Prometía revolucionar las observaciones infrarrojas del universo, ya fuera de exoplanetas cercanos o de galaxias distantes, y, en palabras de la NASA, «resolver preguntas esenciales» sobre la energía oscura. Hacer que WFIRST sucediera significaba que teníamos que reunir fondos federales para los nuevos y costosos detectores y espejo del telescopio.

Y entra en escena la NRO.

Afortunadamente para el futuro de la astrofísica, resultaba que la agencia tenía a la mano dos excedentes, recientemente desclasificados, del tamaño del Hubble, pero mejores que los espejos telescópicos del Hubble y, en 2011, ofrecieron donarlos a la NASA, sin sus detectores de grado militar.^[38] La NASA, agradecida por el regalo, ahora podría tachar de su lista de obtención de fondos un artículo de gran presupuesto. ¿Por qué estaban disponibles estos espejos impresionantes ahora? Porque la NRO había empezado a usar unos incluso mejores.

Desafortunadamente para el futuro de la astrofísica, la solicitud de presupuesto para el año fiscal 2019 de la Casa Blanca elimina por completo el financiamiento para WFIRST, aduciendo que «el desarrollo de otro gran telescopio espacial inmediatamente después de completar el telescopio espacial James Webb de 8.8 mil millones de dólares no es una prioridad para la administración».^[39] Pongamos eso en contexto. Durante muchos años, el presupuesto de la NASA —que abarca los 10 centros de la NASA, el programa de astronautas, la Estación Espacial Internacional y todas las sondas y los telescopios espaciales, incluido el Hubble— ha sido de menos de la mitad del 1 % del presupuesto federal. Un año y medio de financiamiento propuesto para el Departamento de Defensa en el año fiscal 2019 equivale aproximadamente a la totalidad del financiamiento para la NASA durante los 60 años de historia de la agencia. ¿Cuánto vale el universo para el presidente? ¿Cuánto vale la seguridad nacional para el Congreso? ¿Cuánto vale el conocimiento de nuestro lugar en el cosmos para el electorado?

En cuanto al propio Hubble, una vez que se solucionaron los diversos problemas posteriores al lanzamiento por medio de misiones de servicio de emergencia, y otras misiones planeadas de antemano, el telescopio pudo comenzar su vida laboral como distinguido detective y empresario. En su lista de revelaciones se encuentra la edad del universo; los exoplanetas; los agujeros negros supermasivos que acechan en el corazón de galaxias brillantes; los sistemas embrionarios planetarios envueltos en discos de gas y polvo previamente impenetrables que rodean a las estrellas jóvenes; un trozo de cielo elegido por la ausencia de galaxias interesantes al mirarlo con telescopios terrestres normales pero que, después de una exposición de 10 días por parte de la cámara del Hubble, mostró estar poblada por miles de galaxias distantes desperdigadas hasta el borde del universo. El Hubble fue la adoración no solo de los científicos sino también de los civiles, quienes en 2004 se apropiaron de él. Cuando la NASA propuso cancelar la misión final de servicio del telescopio, la protesta del público en general fue mayor que la

de los científicos. El Congreso cedió y se restableció la misión. Hasta donde sabemos, el sucesor del Hubble, el telescopio espacial infrarrojo James Webb, no tiene un *doppelgänger* militar... aún.

HACER LA GUERRA Y BUSCAR LA PAZ

El espacio es un campo de batalla de la física. Campos magnéticos formidables serpentean por el gélido vacío. Brotan explosiones de plasma de las superficies de los soles. Los agujeros negros desuellan y se tragan todos los objetos que deambulan cerca de ellos. Los rayos cósmicos, los rayos gamma y los rayos X devastan cualquier partícula de materia viva en su camino. La infancia y la juventud de cada planeta consiste en una lluvia incesante de rocas. Todos los días, estallan en pedacitos las entrañas ricas en metales de millones de estrellas gigantescas en todo el universo, enviando ondas de choque y radiación a través de los años luz. Chocan y se fusionan galaxias enteras, cada una con cientos de miles de millones de estrellas, como ocurrirá con nuestra propia Vía Láctea, condenada a toparse con la galaxia de Andrómeda en varios miles de millones de años. Aquí en nuestro sistema solar, un asteroide de 100 m de ancho llega volando hacia la Tierra aproximadamente cada milenio, a una velocidad de más de 80 000 km/h, generando un impacto destructivo equivalente a 2 500 bombas atómicas.

Algunos miembros de la especie humana han querido aderezar todo el caos cósmico que ocurre de manera natural con una pizca de su propio apocalipsis espacial. Apenas había terminado la Segunda Guerra Mundial cuando acogieron un escenario aún más devastador a corto plazo: la llegada de un desastre nuclear intencional en toda la superficie de la Tierra. Así comenzó una ola de compras militares que continúa hasta nuestros días. Para este punto, ya es bastante larga su lista de deseos.

La guerra espacial podría tomar dos formas principales: ataques físicos directos o sabotaje cibernético. De hecho, el Comando Espacial de la Fuerza Aérea de hoy habla del «espacio y ciberespacio» al mismo tiempo. La guerra cibernética no requeriría un arma física: solo una interrupción enfocada. Los más de 1 700 satélites operativos que rodean la Tierra son el objetivo potencial más obvio. Casi la mitad de ellos son estadounidenses, y de ellos

una quinta parte son militares y soportan tecnologías de guerra contemporáneas.^[1] En cuanto a los satélites restantes, la vida cotidiana de casi todas las personas en el mundo, pero especialmente en Estados Unidos, depende de más de uno de ellos, lo sepan o no, directa o indirectamente. Si se deshabilitaran los suficientes satélites, por cualquier medio, de repente la gente ya no podría usar sus tarjetas de crédito. Tendría que volver a familiarizarse con los mapas de papel y rápidamente desaprender sus expectativas de una red eléctrica confiable y actualizaciones de minuto a minuto sobre el clima.^[2]

Pensemos en la guerra cibernética contra los activos espaciales como en un sabotaje sin armas, aunque «sin armas» puede ser algo difícil de definir, ya que casi cualquier cosa, desde una mano hasta un tenedor, un camión o un avión, puede ser y ha sido usado como arma. La guerra cibernética tiene un alcance más amplio que todas las armas, menos las más impensables.

«Las capacidades espaciales han demostrado ser importantes multiplicadores de fuerza cuando se integran en las operaciones militares», declara el Estado Mayor Conjunto, que enfatiza la conciencia situacional espacial, la disuasión estratégica, el apoyo cibernético y las intervenciones cibernéticas sin armas antes que la destrucción física espacio a espacio, aire a espacio o tierra a espacio: el tipo de destrucción que resultaría en enormes conjuntos nuevos de desechos espaciales.^[3] Obviamente, si las esquivas y fragmentos de satélites explotados amenazan todo y cualquier cosa a su paso, es igual de probable que perturben los activos espaciales propios que los del enemigo. A ningún país tecnológicamente avanzado le agrada la perspectiva de que lo lancen de vuelta a las épocas de las velas de cera, los pozos de agua y el telégrafo eléctrico, así que, comparados con las otras opciones, los ciberataques limitados y la destrucción no nuclear espacio-tierra comienzan a parecer francamente razonables.

Al mismo tiempo, el ejército conoce su propósito, y ese propósito no termina con la conciencia y la disuasión. El comandante del Comando Espacial de la Fuerza Aérea tiene claro el mandato: «Nuestra tarea es prepararnos para el conflicto. Esperamos que esta preparación disuada a los posibles adversarios y que los conflictos no se extiendan al espacio o al ciberespacio, pero nuestra tarea es estar listos cuando llegue el día, si llega».^[4]

En los tiempos modernos, ¿quiénes son estos adversarios potenciales? Sobre todo China, China, Rusia, Rusia y China. Incluso la más somera búsqueda en internet proporciona amplia evidencia de la preocupación de

Estados Unidos por la velocidad y el alcance de los impresionantes logros y ambiciones de China en el espacio. El informe anual de 2016 del Departamento de Defensa al Congreso sobre el ejército chino dice que China «ha construido una vasta infraestructura en tierra para apoyar la manufactura de naves espaciales y vehículos de lanzamiento espaciales (Space Launch Vehicle o SLV), lanzamientos, C2 [comando y control], y *downlink* o enlace descendiente de datos» y que «continúa desarrollando una variedad de capacidades contraespaciales diseñadas para limitar o evitar el uso de activos espaciales por... adversarios durante una crisis o conflicto».^[5] El propio informe militar de China de 2015 reitera el «concepto estratégico de defensa activa» de la nación, incluida la «adhesión a la doctrina de que no atacaremos a menos que nos ataquen, pero sin duda responderemos si nos atacan».

China también expresa su ansiedad en cuanto el alcance de los logros y ambiciones espaciales de sus adversarios: «El espacio exterior se ha vuelto un punto dominante en la competencia estratégica internacional. Los países interesados están desarrollando sus propias fuerzas e instrumentos espaciales, y ya aparecieron las primeras señales de militarización del espacio ultraterrestre». Respondiendo a las condiciones hostiles percibidas con un lenguaje no muy diferente del de sus adversarios, China se compromete a «mantenerse al tanto de las dinámicas del espacio exterior, a lidiar con las amenazas y retos de seguridad en ese dominio, y a asegurar sus activos espaciales para que sirvan a su desarrollo nacional, económico y social, y a mantener la seguridad del espacio exterior».^[6] La retórica hace eco de las propias ambiciones de Estados Unidos en el espacio, a pesar de que está ausente el tema estadounidense tan persistente de la «superioridad espacial».^[7] En cuanto a la seguridad espacial, en el verano de 2016, China dio un gran salto en esa dirección cuando lanzó el primer satélite cuántico del mundo, que ofrece la promesa en algún momento de comunicaciones a prueba de piratería para todo, desde la compra de alimentos para mascotas hasta las operaciones de vigilancia del ejército.

Supongamos que un país almacenó unos cuantos misiles balísticos, interceptores de misiles y láseres de alta energía por todo el mundo para desalentar los ataques contra sus propios satélites. Ahora, si así lo decide, también puede atacar los satélites de otro país con toda facilidad, por muy imprudente que sería hacerlo. Si ese mismo país agrega a la mezcla algunas plataformas de vigilancia y reconocimiento, e interferencias en la comunicación satelital, tendrá lo que Estados Unidos denomina *contraespacio*: tanto medidas defensivas como ofensivas destinadas a permitir

la «agilidad» militar y la «capacidad de resiliencia» con el propósito de garantizar la «superioridad espacial».^[8] La existencia y el acceso a estas tecnologías permite acciones que serían imposibles sin ellas, al igual que el acceso a un rifle de asalto semiautomático de estilo militar permite acciones que un cuchillo no.

Cuando la mayoría de la gente oye la frase *guerra espacial*, no están pensando en un sabotaje cibernético sin armas. Están pensando en armas reales y poderosas que causan explosiones colosales a cientos o miles de kilómetros por encima de la superficie de la Tierra.^[9] Si bien la posesión de un arsenal no es sinónimo de guerra, puede ser un preludio de la guerra o también la mayor disuasión de la guerra. Una reserva de bombas, misiles y láseres es una reserva de bombas, misiles y láseres, no importa que se adquieran en nombre de la disuasión, de la protección o del ataque. Pueden desplegarse tanto en acciones ofensivas como defensivas. La diferencia no es inherente a las armas en sí.

Hay una categoría *de facto* de arma espacial que no tiene nada que ver con el despliegue intencional: la basura espacial. Ya está allá arriba, el resultado inevitable pero inadvertido de choques, explosiones, lanzamientos de cohetes, maniobras de caminatas espaciales, el típico tirar basura y la desaparición inevitable de distintas naves espaciales. Desde la distancia, parece una nube de caspa que rodea a nuestro planeta, principalmente en órbita terrestre baja, porque allí es donde se encuentran la mayoría de los satélites. Pero la basura espacial puebla todo el espacio cercano, y se extiende seis radios terrestres hacia la zona de satélites geosíncronicos.^[10] Junto con algunos recuerdos notables de finales de la década de 1950 (como la etapa final del lanzamiento del cohete para el primer Sputnik de la URSS y la totalidad del primer cohete Vanguard de Estados Unidos), cientos de miles de fragmentos de restos flotantes y desechos no dirigidos orbitan la Tierra en medio de nuestros satélites en funcionamiento. Entre los escombros hay un par de cámaras, una llave inglesa, un guante, varias bolsas de basura y gotas de combustible de cohete no gastado. Todos ellos inofensivos, hasta que se introducen en el vientre de un satélite o estación espacial a una velocidad de impacto hasta 10 veces más rápida que una bala de rifle. A esa velocidad, hasta un fragmento de pintura seca produce problemas reales. Al igual que la isla de basura del Pacífico —una región en el océano Pacífico del tamaño de un continente que está repleta de fragmentos de plástico suspendidos, cargamentos desechados, redes de pesca y fango químico— la basura espacial es un riesgo creciente, impredecible y en gran parte inmanejable, al menos

hasta que ciertos avances técnicos brinden más control a los humanos. En la actualidad, la Red de Vigilancia Espacial rastrea 20 000 trozos de escombros del tamaño de una toronja o más grandes; medio millón más son más pequeños que una toronja, pero más grandes que una cereza; y millones más son aún más pequeños.

Tomando en cuenta las múltiples capacidades, amenazas y desafíos creados por la presencia humana en el espacio, se ha movilizadado mucha gente racional durante mucho tiempo contra la guerra más allá de las nubes. Los resultados más concretos de estos esfuerzos son algunos de los tratados y resoluciones internacionales, algunos de ellos voluntarios. Los instrumentos legales y los acuerdos voluntarios, por supuesto, presentan obstáculos muy elementales para cualquiera que esté dispuesto a llevar a cabo una lucha por todos los medios disponibles. La guerra total en el espacio sigue siendo hipotética. Pero sin duda está en etapa de diseño en muchos lados, y muchas de las armas que se usarían para librar una guerra de este tipo —ya sea bajo el estandarte de la disuasión, de la negación o de la destrucción— ya existen de alguna forma o están desarrollándose con buen financiamiento.

En el lenguaje militar previo —de modo notable en *De la guerra*, escrita a principios del siglo XVIII por el general prusiano Carl von Clausewitz— se hacía referencia a la guerra como un arte firmemente enraizado en la estrategia y muy dependiente de la sabia planificación y astucia psicológica de un comandante. Se daba por hecho que los guerreros eran feroces y fuertes y que sus armas eran letales. Pero la naturaleza de las armas en sí a menudo se subordinaba a preguntas sobre cómo y cuándo se utilizarían. Sun Tzu, el general tan citado del siglo VI a. C., apenas si menciona las armas en su *Arte de la guerra*, destacando tan solo el uso del fuego.^[11] Para comienzos del segundo milenio d. C., tanto en el este como en el oeste ya se detallaban escritos sobre las armas, como las flechas de fuego propulsadas por pólvora y los cohetes para uso militar y no como exhibiciones de fuegos artificiales.

Las armas tempranas más comunes, como las flechas, hachas, mazas, espadas, guadañas y lanzas, se empuñaban en la mano y estaban destinadas al combate cercano. *La Ilíada*, la épica crónica del último año de la Guerra de Troya en el siglo XIII a. C., ofrece una abundancia de detalles espeluznantes sobre la muerte por lanza: «y la bronceína lanza, clavándose en la frente, atravesó el hueso, las tinieblas cubrieron los ojos del guerrero y este cayó como una torre en el duro combate», y «le hundió la pica en la nalga derecha;

y la punta, pasando por debajo del hueso y cerca de la vejiga, salió al otro lado. El guerrero cayó de hinojos, gimiendo, y la muerte le envolvió», y también por roca: «Mas el Tidida, cogiendo una gran piedra que dos de los actuales hombres no podrían llevar [...] hirió a Eneas en la articulación del isquion [...]; la áspera piedra rompió la cótula, desgarró ambos tendones y arrancó la piel».^[12]

Con el surgimiento de fortificaciones y enfrentamientos de nave a nave o de nave a tierra, surgió la necesidad de nuevos tipos de armas que fueran efectivas a distancias mayores. La artillería suplantó a la flecha y la lanza. Los retos planteados por la distancia presuntamente dieron lugar también a prácticas como catapultar avisperos o cadáveres pestilentes sobre la muralla de alguna ciudad, o incluso dejar depósitos de miel que no pareciera de manera obvia que estaba envenenada para que la consumieran las tropas de avance de un enemigo: versiones tempranas de la guerra biológica. Estos tipos de innovaciones en armamento a veces resultaban tan importantes como la astucia de un comandante al hacer estrategias.

Para finales del siglo xv, Leonardo da Vinci concluiría que la mejor manera de recomendarse frente a Ludovico Sforza, duque de Milán y posible mecenas, era poner en primer plano sus múltiples habilidades para el diseño de maquinarias de batalla, desde puentes portátiles hasta «grandes pistolas, morteros y artillería ligera de formas finas y útiles... y otras máquinas de una eficacia maravillosa y no de uso común», agregando solo como si fuera una ocurrencia de último momento: «Puedo realizar esculturas en mármol, bronce o arcilla, y también en pintura puedo hacer lo que se ofrezca, tan bien como cualquier otro, sea quien sea».^[13] Para Leonardo, ayudar a equipar ejércitos prometía ser una manera más segura de mantenerse que pintar retratos y murales religiosos, un esquema que se ha conservado en el transcurrir de los siglos.

Los comentaristas a menudo invocan la famosa máxima de Clausewitz sobre la naturaleza de la guerra —de que es «la continuación de la política por otros medios»—^[14] pero la guerra y las armas también pueden considerarse como problemas de física. Prácticamente todas las armas que se hayan ideado son medios para mover energía de aquí para allá. *Aquí* es el dispositivo de un lado del conflicto; *allá*, a cierta distancia, está el enemigo o su propiedad. El dispositivo puede ser un *boomerang*, una bala, una catapulta, una bala de cañón, un arpón, un tridente, una granada, un misil balístico, una bomba, un

láser. La energía puede estar en forma de masa cinética, material fisionable, explosivos, sustancias químicas incendiarias, luz. La agenda física, omitiendo todas las consideraciones de política, ley, religión, comercio, historia, odios, honor y similares, es lanzar esa energía a un lugar preseleccionado, donde pueda matar a gente y destruir cosas.

Hay dos tipos principales de armas modernas no biológicas, no explosivas: las que impulsan cierta cantidad de masa a alta velocidad contra un objetivo (armas de energía cinética), y las que envían energía destructiva (química, nuclear o electromagnética) contra un objetivo (armas de energía dirigida). Una descarga de balas contra una fila de soldados a 100 m de distancia es un arma de energía cinética, mientras que un láser que apunta hacia abajo, dirigido por un satélite en órbita contra el generador principal de la planta purificadora de agua de alguna ciudad sería un arma de energía dirigida. ¿O qué tal unos ejemplos de ciencia ficción? Tanto el torpedo de fotones de *Star Trek* como el torpedo de protones de *Star Wars* son armas de energía cinética que transportan ojivas explosivas, mientras que los *phasers* de mano portátiles de *Star Trek* son armas de energía dirigida. El arma personal clásica de *Star Wars*, el sable de luz, hábilmente combina la antigua práctica del combate cuerpo a cuerpo con la capacidad futurista del arma de energía dirigida para aniquilar a distancia.

En el transcurso de gran parte de la historia, las armas solían depender de la energía cinética, ya fuera de una roca de 10 k, una esfera de hierro fundido de 15 k o una bala de plomo de 20 g. Las barras de tungsteno de hipervelocidad del mañana (altas, delgadas, enormes, bastante resistentes al radar) son un arma cinética temible de la era espacial (aunque en gran parte ficticia) que se descargaría de un satélite. Lo que proporcionaría el potencial destructivo de estas «barras de Dios» sería su descenso acelerado por la gravedad desde la órbita de la Tierra hasta la superficie de la Tierra.

A veces, un arma combina energía cinética con otro tipo de energía. La energía cinética de una granada explosiva llena de fósforo blanco lanzada contra una multitud lastimará a quien golpee, pero lo que hará el daño real será la energía química altamente incendiaria que contiene. La energía cinética de un misil balístico de largo alcance o intercontinental (ICBM, por sus siglas en inglés) que cae en una ciudad distante destruirá un edificio simplemente en virtud de su masa y velocidad, pero si el ICBM lleva una ojiva nuclear o dos, como la mayoría lo hace desde los años sesenta, puede destruir ciudades enteras.

Hasta la era espacial, las armas dependían en gran medida de la masa y la velocidad para dañar a sus objetivos. La energía casi sin masa —barata de lanzar y con la capacidad inherente de moverse a la mayor velocidad del universo— apenas se volvió el arma soñada para las zonas de batalla de mayor altitud cuando el espacio se convirtió en un dominio potencial de la guerra, y cuando los láseres se volvieron la máxima concentración de luz.

Los láseres ocupan los primeros lugares en la lista de deseos del arsenal espacial. El láser es el arma de energía dirigida por excelencia: un rayo de luz finísimo pero intensamente fuerte que puede dirigirse con precisión contra un objetivo estrecho. Mientras que las versiones civiles son lo suficientemente suaves como para utilizarse como punteros al dictar conferencias, las versiones más potentes se usan para hacer cirugía de ojo, depilación cosmética e impresión. Las versiones militares tienen como intención variar desde ser muy dañinas hasta letales. También hay láseres pacíficos y científicos. Uno de ellos se encuentra en el astromóvil Curiosity de la NASA, que recorre la superficie de Marte desde 2012. Cada vez que Curiosity encuentra una formación rocosa interesante, su instrumento láser ChemCam le dirige a una serie de breves pulsos de millones de vatios. Mientras que el láser vaporiza el área objetivo, una cámara capta el destello y determina la composición química del objetivo, con la meta final de evaluar la habitabilidad del planeta rojo.

La palabra *láser* es un acrónimo derivado de la frase «amplificación de luz por emisión estimulada de radiación» (en inglés: *light amplification by stimulated emission of radiation*). Y el láser tiene un hermano, el máser, en donde la *m* hace referencia al *microondas*.^[15] Ninguno de los dos ocurre de manera natural aquí en la Tierra. Los dos resultan de la interacción de fotones con átomos específicos cuyos electrones absorben y emiten exactamente los mismos tipos de fotones. La tarea en cuestión es generar la mayor cantidad de estos fotones idénticos como sea posible y enviarlos por un agujero. En un láser, los fotones de una sola frecuencia se acumulan en una cavidad personalizada y se emiten en resonancia entre sí, en donde todas las crestas y valles de las ondas de luz están alineadas. Los físicos se refieren a ese estado como *coherencia*, y es singularmente responsable de la intensidad enfocada de un rayo láser.

La literatura —específicamente la novela *La guerra de los mundos* de H.G. Wells de 1898, la inspiración de múltiples películas e historias derivadas— fue el lugar de nacimiento del láser, en forma de un rayo mortal llamado *rayo calórico*, que una fuerza invasora marciana que había aterrizado

cerca de Londres lanzaba sin piedad contra todo y todos los que estuvieran en su camino. Los invasores, criaturas amorfas cubiertas de armadura —«calderas» sobre zancos que «caminan como hombres» de 30 m de altura— empuñan una espada «de calor invisible» emitida por un «generador» parecido a una cámara. Un artillero que ha presenciado de cerca los efectos del rayo calórico dice sobre los cañones de más de 5 kg que Gran Bretaña colocó para repeler a los invasores: «Son arcos y flechas contra el rayo».^[16]

Durante las décadas que siguieron a la publicación de *La guerra de los mundos*, especialmente los que siguieron la incómoda conclusión de la Primera Guerra Mundial, el rayo calórico se transformó en el más genérico *rayo de la muerte* (*death ray*) y se convirtió en una fantasía o pesadilla recurrente del combatiente. En 1924, durante sus tiempos antibélicos en los escaños traseros, Winston Churchill advirtió en un artículo ampliamente reproducido que entre las armas en una futura guerra habría «rayos eléctricos que podrían paralizar los motores de los automóviles, podrían arrancar aviones del cielo y posiblemente crearse para ser destructivos de la vida o la visión humana».^[17] Las altas esferas de la planificación de defensa británicas no fueron inmunes al potencial seductor de la fantasía, y Churchill, después de convertirse en un defensor vocal de las tecnologías defensivas, instó a su implementación. El asistente del director de la Dirección de Investigaciones Científicas del Ministerio del Aire, y próximamente director de la Agencia de Investigación de Telecomunicaciones, A. P. Rowe, describió la respuesta del ejército británico:

Durante muchos años, el tema del «rayo de la muerte» había sido recurrente entre los inventores optimistas. La afirmación habitual era que, mediante un rayo que emanaba de un dispositivo secreto (que conocemos en el Ministerio de Aire como Caja Negra), el inventor había matado a conejos a distancias cortas y, si tan solo se le daba el tiempo y el dinero, en particular el dinero, produciría un rayo más grande y mejor que destruiría cualquier objeto, como un avión, al que se dirigiera el rayo. Los inventores... invariablemente querían parte del dinero de los contribuyentes antes de que se pudieran discutir sus ideas. El Ministerio resolvió el problema al ofrecer mil libras esterlinas a cualquier propietario de una Caja Negra que pudiese demostrar la matanza de una oveja a cien metros de distancia, y que el secreto permanecería con su propietario.

La tasa de mortalidad de las ovejas no se vio afectada por este ofrecimiento.^[18]

El interés en el rayo de muerte persistió a pesar de todo. Con el rápido avance de las transmisiones de ondas de radio y la electrificación de las ciudades del mundo, Henry Wimperis, superior de Rowe en la Dirección de Investigación Científica, escribió que estaba «seguro de que una de las cosas que estaba por llegar será la transmisión por radiación de grandes cantidades de energía eléctrica por canales claramente dirigidos. Si esto es correcto, es inevitable el

uso de transmisiones así para el propósito de la guerra». La suposición era que las ondas de radio proporcionarían la energía, por lo que Wimperis pidió al investigador de radio Robert Watson-Watt a mediados de enero de 1935 que encontrara una respuesta a lo que Rowe describe como «el problema de si era posible concentrar en un haz electromagnético suficiente energía para fundir la estructura metálica de una aeronave o incapacitar a la tripulación». Evitando cualquier referencia a aviones o personas, Watson-Watt le entregó el problema a Arnold Wilkins, su subordinado, y le pidió en una nota garabateada que calculara «la cantidad de potencia de radiofrecuencia que habría que irradiarse para elevar la temperatura de ocho pintas de agua de 36 °C a 40.5 °C a una distancia de 5 km y a una altura de 1 km». Ya que ocho pintas inglesas (4.5 litros) es la cantidad de sangre que tiene un varón adulto promedio, a Wilkins no le engañó la ofuscación:

Me pareció claro que la nota se refería a la producción de calor febril en la sangre de un aviador por medio de un rayo de muerte, y supuse que se había buscado la opinión de Watson-Watt acerca de la posibilidad de producir dicho rayo.

Mi cálculo mostró, como se esperaba, que se tendría que generar una enorme potencia en cualquier frecuencia de radio para producir fiebre en el piloto de un avión... quedaba claro que no era posible ningún rayo radial de la muerte.

Pero Wilkins le sugirió otra idea a Watson-Watt: explotar un descubrimiento anterior por parte de un par de ingenieros de radio de que los aviones de metal invariablemente interferían con la comunicación por radio. Esa interferencia, le dijo, era como anunciar su presencia, incluso cuando no podían verse. Watson-Watt se apresuró a enviarle un memorándum a Wimperis, omitiendo el hecho de que Wilkins le había suministrado la información.^[19] Y así nació el concepto de *radar*.

¿Estaba muerto el rayo de la muerte? No, solo el rayo *radial* de la muerte. Como opinó Rowe en 1948, «la idea de un rayo de muerte no era absurda, sin embargo, y podría llegar algo por el estilo dentro de cien años».^[20]

Y así fue.

Mientras que los láseres astrofísicos son una rareza, los máseres astrofísicos son semicomunes. Se puede encontrar una variedad en la profundidad de las colosales nubes de gas esparcidas por galaxias espirales. En las regiones densas y brillantes de esas nubes dentro de las que se forman estrellas, se preparan incontables electrones pertenecientes a moléculas de hidróxilo (OH) o agua (H₂O) o amoníaco (NH₃) para emitir fotones resonantes.

Imaginemos una gran cavidad dentro de una masa amorfa de gas. Ahora imaginemos que la luz de las estrellas cercanas baña la región. A los fotones los absorben moléculas selectas. Lo que sucede a continuación es parte del estafalario mundo de la mecánica cuántica. El mismo baño de fotones que absorbieron las moléculas estimula a esas mismas moléculas a emitir fotones de la misma longitud de onda —de la misma energía—, principalmente en la parte de microondas del espectro. Al excitar a un gas con microondas, las moléculas del gas emiten microondas; las microondas hacen que las moléculas emitan más microondas. A continuación, la energía de microondas atraviesa la nube, creando un potente haz concentrado que se encauza hacia fuera en una sola dirección. He aquí un máser astrofísico, dirigido a donde quiera que esté mirando la abertura en la nube.

A diferencia de sus parientes astrofísicos, los láseres artificiales deben apuntarse con exactitud. La mala puntería conduce al desastre. Un láser común de 30 kilovatios (kW) basado en tierra, de grado militar (con seis millones de veces la potencia de un puntero láser común y corriente) puede perforar un agujero en el motor de un camión o en el tanque de combustible de un cohete propulsor sobre una plataforma de lanzamiento.^[21] Una vez perfeccionados, los láseres basados en el espacio serían dominantes y letales. Eso sí, su despliegue presenta retos. Mientras se mueve alrededor de la Tierra, el láser debe generar y dirigir una potencia colosal hacia un objetivo específico, que también está en movimiento. Y es más, el rayo láser debe dispararse rápidamente, sin que las nubes lo atenúen ni lo interrumpan las interferencias.

El primer paso es calcular la potencia inicial, y hay muchas fuentes posibles. Un láser químico común, por ejemplo, depende de la conversión de la energía química almacenada en energía infrarroja intensa, aprovechando la energía de las moléculas que se involucran fervientemente en una reacción química y luego canalizando esa energía en un haz de luz. Una opción menos benigna sería el pequeño reactor o bomba investigado en los años setenta y ochenta para utilizarse en armas como los rayos láser basados en el espacio del Proyecto Excalibur, el fallido programa de defensa de misiles de Estados Unidos. Una vez que se produce la energía, se necesita una cavidad de algún tipo que contenga e idealmente estimule al hervidero de moléculas. Un desarrollo reciente es el láser de fibra, en donde la tecnología operativa son unas fibras de plástico o de vidrio extremadamente largas, tan finas como un cabello, saturadas con elementos de tierras raras y que transmiten la luz. Entre los atributos notables de este tipo de láser está su potencial para ofrecer

grandes cantidades de energía y doblarse de una forma compacta. Además, es estable a altas temperaturas, y las propiedades inherentes a la fibra para guiar las ondas de luz producen un haz extremadamente preciso e intenso.

Una vez que se tiene la potencia, el medio y el rayo, nos enfrentamos al reto de apuntar. Para eso, necesitaremos un aparato óptico capaz de una alta resolución, para poder ver el área objetivo con claridad. ¿Suena como un telescopio? Pues así debería ser, porque lo es. Hoy en día, las ópticas más grandes (espejos en vez de lentes) son las que se desarrollan para los telescopios.

A principios del siglo XXI, un informe completo de la RAND Corporation, un grupo de expertos dedicado principalmente a la política militar de Estados Unidos, sugirió que una vez dominada la óptica requerida para el «telescopio espacial de la próxima generación», las ópticas requeridas para un arma láser basada en el espacio y diseñada para destruir objetivos terrestres podrían estar disponibles y volverse asequibles. El telescopio espacial de última generación que existe hoy, el telescopio espacial James Webb de 7 ton, tiene un espejo recubierto de oro de 6.5 m compuesto por 18 segmentos hexagonales separados y contruidos de berilio puro, un metal fuerte y liviano. Pero todo ese alto diseño ni siquiera se acerca a la estimación del informe de lo que se necesitaría para un láser espacio-Tierra: un espejo que mida más de 10 m de ancho, con millones de vatios de potencia disponible y la capacidad para resistir un calor abrumador.

A fin de cuentas, según los investigadores de RAND, se tendría que avanzar mucho todavía antes de que un láser espacial fuera «factible», y mucho menos «razonable».^[22] Muchos otros analistas llegaron a la misma conclusión, entre ellos —unos años más tarde— los autores de un informe de la American Academy of Arts and Sciences, quienes concluyeron que la tecnología para un láser «utilizable» de este tipo «no existe en la actualidad ni existirá en el futuro previsible».^[23] Incluso las mismas personas que desarrollan tecnologías de energía dirigida o supervisan la adquisición de estas tecnologías para el Departamento de Defensa ahora señalan períodos de tiempo como la década de 2020 para la primera prueba de vuelo de un láser de 60 a 150 kW montado en una aeronave.^[24] En otras palabras, las armas láser de millones de vatios basadas en el espacio para usar a larga distancia siguen siendo una fantasía.

Consciente de este desajuste entre necesidad y expectativas, RAND ofreció una solución provisional: las armas láser dirigidas al espacio podrían ubicarse en las cimas de montañas altas y secas aquí en la Tierra. Sí, pero...

resulta que esas cimas de montañas son los lugares que a los astrofísicos nos gustan para poner nuestros telescopios. La respuesta de los investigadores fue que eso no debería de suponer un problema: simplemente se coloca arma y ciencia en el mismo lugar, ya que los dos grupos usan rayos láser para monitorear y corregir la turbulencia atmosférica en sus observaciones. Los científicos «podrían incluso ver con buenos ojos al láser si su gran lente pudiera usarse también para aumentar el tiempo de observación cuando no se necesite para operaciones de armas, mantenimiento o entrenamiento», dijo RAND.^[25] Ya que el mundo de la astrofísica suele ser bastante pacífico, podría ser más adecuada la palabra «aceptar» que decir que lo verían «con buenos ojos».

Por cierto, desde que se fundó en 1948, la RAND Corporation ha apoyado mucho de lo que tiene que ver con «pensar lo impensable».^[26] Para este y otros fines, RAND ha contratado constantemente a individuos impresionantes, desde Daniel Ellsberg, quien hizo públicos los *Pentagon Papers*, hasta Donald Rumsfeld, quien se desempeñó como administrador de RAND durante un cuarto de siglo antes de convertirse en secretario de Defensa de George W. Bush. El primer informe de RAND, ordenado por el general de división Curtis LeMay y publicado en 1946, lleva el emocionante título, con dejos de ciencia ficción: *Diseño preliminar de una nave espacial experimental en órbita* —es decir, un satélite—, y su primer cliente fue la Fuerza Aérea.^[27] En 1958, un autor de RAND, Robert W. Buchheim, produjo un tutorial espacial clasificado, *The Space Handbook* (El manual del espacio) para ilustrar al Comité Selecto de la Cámara de Representantes sobre Astronáutica y Exploración del Espacio. Al año siguiente, Buchheim y el personal de RAND actualizaron y desclasificaron el manual para que lo publicara Random House.^[28] Y a comienzos del siglo XXI, RAND ya había generado cientos de documentos de política sobre la ciencia espacial, la exploración espacial y la guerra espacial.

Hablando en la radio y televisión nacional a finales de marzo de 1983, en medio de su primer mandato, el presidente Ronald Reagan presentó un panorama alarmante sobre la decadencia y la eliminación de fondos para las fuerzas militares y la tecnología militar de Estados Unidos en los años setenta, comparado con la construcción militar de la Unión Soviética en ese mismo tiempo. Según Reagan, el desequilibrio era abrumador y aterrador:

Durante 20 años, la Unión Soviética ha estado acumulando un poderío militar enorme. No se detuvieron cuando sus fuerzas excedieron todos los requisitos de una capacidad defensiva legítima. Y no se han detenido ahora. Durante la última década y media, los soviéticos han construido un arsenal masivo de nuevas armas nucleares estratégicas, armas que pueden atacar directamente a Estados Unidos.

Como ya tocaba un gran impulso para el gasto militar de Estados Unidos, el presidente estaba anunciando públicamente una nueva iniciativa «para contrarrestar la asombrosa amenaza de los misiles soviéticos con medidas defensivas». Primero planteó una pregunta retórica: «¿Qué pasaría si el pueblo libre pudiera vivir seguro con el conocimiento... de que podríamos interceptar y destruir misiles balísticos estratégicos antes de que alcanzaran nuestro propio suelo o el de nuestros aliados?». Luego pidió a «la comunidad científica de nuestro país, quienes nos dieron las armas nucleares, que ahora vuelquen sus grandes talentos a la causa de la humanidad y de la paz mundial, para darnos los medios para hacer que estas armas nucleares sean impotentes y obsoletas».^[29]

En su informe sobre el discurso, *The New York Times* transmitió declaraciones de funcionarios de la Casa Blanca que dijeron que «el nuevo programa podría incluir láseres, dispositivos de microondas, haces de partículas y rayos proyectiles», todos ellos en teoría capaces (aunque todavía «en etapas muy iniciales de desarrollo») de «ser dirigidos desde satélites, aviones o instalaciones terrestres para derribar misiles en el aire».^[30]

El nombre formal que se le dio a la visión del gobierno de la defensa con misiles fue la Iniciativa de Defensa Estratégica (IDE, o SDI por las siglas en inglés de Strategic Defense Initiative), pero debido a que salió la tercera película de la trilogía de la *Guerra de las Galaxias* dos meses después del discurso de Reagan, resultó irresistible apodararla con un nombre coloquial, y la IDE fue bautizada como Star Wars. Su objetivo principal era destruir un ICBM de cabeza nuclear en el transcurso de su veloz viaje hacia nosotros, preferiblemente poco después del lanzamiento. Se trataría de una cuestión de intercepción: eliminar el misil del otro lado mucho antes de que llegara a nuestro lado y nos derribara.

Se trata de un desafío bastante técnico, a menudo descrito (y con precisión) como una bala que impacta a otra bala. Richard L. Garwin, un renombrado médico cuyo trabajo militar abarcó desde la bomba de hidrógeno hasta los satélites espía, advirtió que si el misil transportaba 100 bombas dirigidas pequeñas en vez de una sola bomba grande, fracasaría la intercepción durante la fase terminal (la liberación de todas las bombas). Agregó que se podría hacer una intercepción exitosa antes (hasta unos cuatro

minutos en la fase de propulsión), si y solo si el interceptor se emitía desde algún lugar cercano.^[31] Burton Richter, ganador del premio Nobel de Física de 1976, declaró: «El sistema de intercepción en el espacio y destrucción por impacto, actualmente en desarrollo, es la alternativa más desafiante desde el punto de vista técnico... El sistema propuesto no está listo para pasar del desarrollo al despliegue, y probablemente nunca lo esté».^[32] Los periodistas hicieron eco del escepticismo. En un artículo sobre *Brilliant Pebbles* o Piedras Brillantes, un concepto de la IDE (decenas de miles de cohetes pequeños e inteligentes en órbita que lanzarían proyectiles de 4.5 kg contra los ICBM enemigos entrantes, perforándolos fatalmente), John M. Broder, quien ese entonces estaba en el periódico *Los Angeles Times*, escribió: «Cualquier sistema antimisiles basado en el espacio se enfrenta a una tarea tecnológica difícil: identificar a los misiles balísticos en las primeras etapas de vuelo, detectar el cuerpo del cohete en medio de su gran columna de fuego, rastrearlo y luego localizarlo en el objetivo antes de que el “autobús” portador de armas se separe y libere las ojivas nucleares».^[33]

Sin embargo, a partir de los años cincuenta, mientras Ronald Reagan todavía era un actor de Hollywood, tanto Estados Unidos como la Unión Soviética llevaron a cabo importantes actividades de investigación y desarrollo en la defensa de misiles, deteniéndose brevemente para consentir al Tratado de Misiles Antibalísticos de 1972, pero retomándolo todo dentro de pocos años. Durante la década que siguió al anuncio de Reagan, el Congreso invirtió 30 mil millones de dólares en la Organización de la Iniciativa de Defensa Estratégica. En 1993, mientras describía lo bien que se gastaba ese dinero, el director de la organización, el general James A. Abrahamson, dijo que se había producido «un importante ensamblaje de equipo y los experimentos de campo necesarios para demostrar que pueden integrarse las tecnologías disponibles para operar como un sistema de defensa eficaz en un ambiente hostil y reactivo», y que había provocado «un cambio radical en nuestras negociaciones con la antigua Unión Soviética y, según reportes informados y acreditados, el final de la Guerra Fría». De hecho, afirmó, la evaporación de la necesidad de gastos de la Guerra Fría había «más que pagado la inversión de 30 000 millones de dólares de la década anterior en tan solo un par de años».^[34]

Mientras tanto, se fueron acumulando rápidamente grandes cantidades de análisis sobrios, comentarios preocupantes, resultados de encuestas perjudiciales y peticiones cuidadosamente redactadas, gran parte de ellas provenientes de premios Nobel y otros expertos indiscutibles como Richard

Garwin y Carl Sagan, quienes se sintieron obligados a demoler los preceptos, la política y las perspectivas del programa de defensa, Guerra de las Galaxias. Quizás el nivel de la oposición influyó, y el Congreso redujo periódicamente la financiación de la IDE y le asignó ciertas condiciones. Como respuesta, el Pentágono clasificó la información sobre los costos de la IDE.^[35]

El problema es que cuando más del 90 % de los 450 físicos, ingenieros y matemáticos de la Academia Nacional de las Ciencias responden a un cuestionario de 1986 de la Universidad de Cornell sobre la IDE dicen que la tecnología sería incapaz de defender efectivamente a la población de Estados Unidos de un ataque con misiles, y cuando 1 400 «científicos e ingenieros que en la actualidad están o estuvieron en laboratorios del gobierno e industriales» envían una carta al Congreso declarando sus «serias preocupaciones» acerca de la IDE y su opinión de que el objetivo declarado de esta «no es factible en el futuro previsible» y que «representa una importante escalada de la carrera armamentista»; y cuando más de 3 800 miembros de alto rango de las facultades de física, informática y otros departamentos de «ciencia dura» de las universidades «más importantes» de Estados Unidos, incluyendo a casi 60 % de todos los profesores de los «20 principales» departamentos de física de Estados Unidos, firman un compromiso para rechazar el financiamiento de la Organización de la Iniciativa de Defensa Estratégica, es entonces que resulta difícil promocionar los logros de la IDE, a menos que uno sea el responsable. Incluso algunos científicos que estaban haciendo la propia investigación les dijeron a los miembros del Senado en 1986 que no había «descubrimientos importantes» que hicieran posible un despliegue integral para fines de la década de 1990.^[36]

En noviembre de 1987, tres semanas antes de una cumbre entre Reagan y Gorbachov, un grupo llamado Spacewatch organizó un debate titulado «¿Responde la Iniciativa de Defensa Estratégica al interés nacional?», en donde Sagan y Garwin se pronunciaron en contra de la versión emergente y no reaganiana de la IDE, mientras que el general Abrahamson y Richard Perle, entonces secretario asistente de Defensa, hablaba a su favor. Los primeros dos ofrecían física y lógica; los segundos, más que nada política y miedo, aparte de un par de declaraciones que por encima parecían razonables, como la validez de intentar una defensa parcial si resultaba inalcanzable una defensa completa.

En sus comentarios iniciales, Sagan señala que hay casi 60 mil armas nucleares en el mundo, más de un tercio de ellas «diseñadas para ir de la patria de una nación a la patria de otra». Dado que el mundo tiene solo

2 300 ciudades de 100 000 personas o más, es obvio que hay una «desproporcionalidad grotesca entre el poder de los arsenales nucleares de Estados Unidos y la Unión Soviética y cualquier uso concebible». Tras haber establecido el grado de peligro nuclear, Sagan procede a decir que, ya que la promesa de Reagan para defender a la población sería muy difícil de lograr, los defensores de la IDE habían caído en la «tentación de cambiar de terrenos, de inventar objetivos más modestos». Por lo tanto,

La IDE está bien si es perfecta: es decir, si no se filtra una cantidad significativa de ojivas soviéticas por el escudo. Las cifras más optimistas que ofrecen los defensores técnicamente competentes de la Guerra de las Galaxias es que se destruyan 70 %, 80 % o tal vez incluso 90 % de las ojivas soviéticas entrantes. Pues tomemos el número más optimista: si se destruye 90 %, entonces 10 % consigue atravesar. Diez por ciento de, digamos, 10 000 ojivas, son 1 000 ojivas. Mil ojivas es mucho más de lo que se necesita para destruir a Estados Unidos. El escudo tiene fugas.^[37]

La Guerra de las Galaxias ha sobrevivido a las décadas, a pesar de que se han abandonado, pospuesto, replanteado o reducido los componentes principales. Tanto *Brilliant Pebbles* como un láser de rayos X accionado por energía nuclear y basado en el espacio llamado el Proyecto Excalibur se cancelaron a principios de los años noventa. Según algunos comentaristas, para entonces la IDE había servido de modo efectivo para un propósito central de la Guerra Fría: un mayor debilitamiento de la economía soviética. Era irrelevante si la defensa de misiles basada en el espacio era prácticamente inalcanzable; si se podía convencer a los soviéticos de que se podía lograr, meterían el dinero que apenas tenían en tratar de hacer que sucediera. Como le dijo el asesor militar de Gorbachov al especialista en estudios soviéticos Dimitri Simes en 1990, «aunque era poco probable que la IDE lograra su objetivo declarado de servir como una barrera impenetrable contra un ataque nuclear, de cualquier manera era una ofensiva técnico-militar a gran escala planeada para simultáneamente vencer militarmente a Moscú y arruinar financieramente a la URSS».^[38]

Pocos meses después del 11 de septiembre, la Iniciativa de Defensa Estratégica se convirtió en la Agencia de Defensa de Misiles y quedó exenta de los procedimientos estándar de adquisición y supervisión del Pentágono. Febrero de 2010 marcó un hito modesto: la primera intercepción letal de la fase de propulsión, con el arma y el objetivo en movimiento (un láser de megavatios, montado en un avión, destruyó un misil balístico a corta distancia dos minutos después del lanzamiento del misil). Para 2017, la Guerra de las Galaxias apenas había superado la etapa conceptual. Mientras el mundo era testigo de una oleada de éxitos norcoreanos con los misiles, acompañados de

una lluvia de insultos entre el jefe de estado norteamericano y el norcoreano, en Corea del Sur se empezó a construir una instalación estadounidense basada en tierra para misiles de defensa.^[39]

Por el momento, entonces, las fuerzas armadas tendrán que hacerlo sin las armas láser en órbita.

Los asteroides —esas rocas grandes e incluso pilas más grandes de rocas unidas por la gravedad— pueden presentar otras posibilidades militares. Algunos son del tamaño de un auto, otros del tamaño de una casa y otros más del tamaño de un estadio. Los más grandes son del tamaño de una montaña. De vez en cuando, estos misiles cósmicos han chocado y destruido regiones enteras de la Tierra. Se han acercado muchos más, pero sin darnos.^[40]

Una buena solución al peligro sería identificar las trayectorias de estos objetos y destruir o desviar cualquiera que amenace con impactar contra nosotros. El primer paso es encontrarlos, a ellos y a sus parientes cometarios, que en conjunto se clasifican como objetos próximos a la Tierra o NEO, por su acrónimo en inglés (*Near Earth Object*). Con buena razón, las organizaciones espaciales de todo el mundo han priorizado la búsqueda y el seguimiento de los NEO. La mecánica celestial determina que cualquier NEO cuyo camino atravesase la órbita de la Tierra llegará a la Tierra en algún momento dentro de los próximos 100 millones de años. El tamaño importa. En este momento, el catálogo de NEO contiene más de 16 000, de los cuales alrededor de 1 000 tienen más de 1 km de ancho: lo suficientemente grandes como para alterar a la civilización. Sin embargo, el tamaño no es la historia completa. ¿Qué sucede con los NEO que podrían chocar en los próximos mil años, en el próximo siglo o en la próxima década? Hay una alta probabilidad de que un subgrupo amenazador de NEO conocido como PHA (por las siglas en inglés de *Potentially Hazardous Asteroids* o asteroides potencialmente peligrosos) se acerquen tanto como unas 20 veces la distancia entre la Tierra y la Luna durante el próximo siglo.^[41]

Pero tal vez ya nos esté esperando un asteroide aún desconocido que lleve el nombre de la Tierra. Si se encuentra y se rastrea, habría que destruirlo o forzarlo a tomar otro camino, y esa parte del desafío persiste.

En los años noventa, cuando la NASA estaba a punto de comenzar a estudiar los cielos en busca de asteroides próximos a la Tierra que midieran más de un kilómetro de ancho y que pudieran dirigirse hacia nosotros, la tecnología disponible más eficiente para la desviación habría sido una serie de

explosiones nucleares de multimegatonas. En ese momento, Carl Sagan y su colega Steven Ostro, del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, vieron graves peligros inherentes al estudio, conocido como Spaceguard, y a la tecnología de desviación:

Si podemos perturbar a un asteroide para sacarlo de la trayectoria del impacto, se deduce que también podemos transformar a uno que sigue una trayectoria benigna en un impactador de la Tierra... Con un inventario al estilo Spaceguard de este tipo de asteroides y un sistema de desviación de misiles nucleares listo para el lanzamiento, podría llevar solo unos pocos años identificar un asteroide adecuadamente grande, alterar su órbita con una serie de explosiones nucleares... y mandarlo a chocar contra la Tierra. [Por lo tanto], unas cuantas armas nucleares por sí solas podrían amenazar a la civilización global.

A los dos científicos también les preocupaba que «en el mundo real y a la luz de la fragilidad y falibilidad humanas tan sólidamente establecidas», el conocimiento pudiera fácilmente pasar de ser una herramienta de protección a una herramienta de destrucción:

Dada la historia del siglo XX y la política global actual, es difícil imaginar garantías contra el posible uso indebido de un sistema de desviación de asteroides acorde con los peligros que plantea dicho sistema. Quienes argumentan que sería prudente prevenir impactos catastróficos con probabilidades anuales de 10^{-5} seguramente reconocerán la prudencia de prevenir catástrofes más probables de magnitud comparable por el uso indebido de una tecnología potencialmente apocalíptica.^[42]

Una década después, centrándose no en la prevención sino en la creación de una catástrofe, los investigadores de RAND estudiaron la viabilidad, los costos relativos y la psicología de convertir los asteroides en armas. Llegaron a la conclusión de que, ya que «hay armas de destrucción masiva mucho más baratas y con mayor capacidad de respuesta, es probable que esto permanezca segura en el ámbito de la ciencia ficción».^[43]

Si no es factible desplegar un asteroide real contra un enemigo, seguimos enfrentando el problema de hacer que un asteroide entrante sea inofensivo para nosotros. Dos películas taquilleras de 1998, *Impacto profundo* y *Armageddon*, resolvieron ese problema destruyendo a sus NEO con armas nucleares.^[44] También en territorios de la no ficción, algunos investigadores han estado evaluando la posibilidad de que una nave espacial desate una explosión nuclear en lo más profundo de la inoportuna roca espacial (lo que daría lugar a montones de inoportunos restos orbitales).^[45] Pero las armas nucleares podrían usarse no solo para la destrucción, sino también para la desviación. Por ejemplo, podría desplegarse una para crear una explosión proximal cerca del costado de un asteroide, causando que el asteroide recule y así forzando un cambio en su órbita.

El espectro planteado por Sagan y Ostro tenía que ver con el uso indebido de una tecnología potencialmente apocalíptica, perspectiva que nos importa a todos, se trate o no de los asteroides. Pero incluso una falla tecnológica o un accidente menor podría llevar a un evento apocalíptico. Los mecanismos de seguridad han impedido la mayoría de estos resultados, pero no existe un mecanismo de la vida real que sea infalible, a prueba de tontos o que siempre sea aplicable. Los desastres nucleares de Three Mile Island, Chernóbil y Fukushima lo dejaron claro.

En julio de 1961, el reactor nuclear en un submarino soviético estacionado no lejos de una base de la OTAN en el Atlántico Norte desarrolló una fuga desastrosa en su sistema de enfriamiento. El equipo de ingeniería logró armar un refrigerante sustituto y evitar una explosión nuclear, pero en tres semanas todos esos ingenieros habían muerto de radiación ionizante. El periódico *Pravda* dijo oficialmente que si el reactor hubiera explotado, podría haber desencadenado la Tercera Guerra Mundial.^[46]

En septiembre de 1980, durante el mantenimiento de rutina de un misil Titan II de cabeza nuclear en una zona subterránea del área rural de Arkansas, el cubo de una llave que se cayó sin querer perforó el misil. Este daño causó una fuga de combustible, lo que provocó el colapso y la explosión del aparato completo. También podría haber provocado la detonación involuntaria de la ojiva nuclear de nueve megatones colocada sobre el misil, causando la destrucción de prácticamente todo y todos desde Little Rock hasta la ciudad de Nueva York. Pero por pura suerte, el cono de proa que albergaba la ojiva estalló en pedazos durante la explosión, separando a la ojiva de su fuente de electricidad. Sin electricidad, sus detonadores no funcionarían. Ese fue solo un accidente en Estados Unidos, y ha habido miles.^[47]

Además de las fallas y accidentes que involucran tecnología letal, está el hecho de que la tecnología benigna puede adaptarse para fines apocalípticos. El equipo espacial de doble uso que domina el mundo de los activos espaciales puede servir para fines militares o civiles, y el doble uso puede caer en el uso indebido. Incluso un satélite meteorológico pequeño puede reprogramarse, reutilizarse y desplegarse como una plataforma de soporte para armas de destrucción masiva.

Por otro lado, una vela solar no puede redirigir un asteroide amenazante con poca antelación; una aplicación para identificar nuevos asteroides tampoco puede resolver el problema de la desviación. No es lo mismo mapear las trayectorias de las rocas espaciales que moverlas. De todos modos se necesitaría una forma de eliminar el peligro, ya sea por destrucción o

desviación, además del tiempo suficiente para lograr que eso ocurra. ¿Hay propuestas no aterradoras para la defensa planetaria? Sí, las hay. El consenso actual prefiere el tractor gravitacional: se estaciona una enorme sonda espacial junto al NEO ofensivo; aunque la mutua gravedad los atrae suavemente el uno hacia el otro, los retrocohetes para el mantenimiento de estación de la sonda conservan la brecha. La sonda espacial saca lentamente al asteroide de su paso mortal, sin producir ningún tipo de desecho.^[48]

Basta de situaciones hipotéticas. ¿Qué hay en el arsenal espacial disponible en la vida real? ¿Sin duda debe haber láseres de rayos X, haces de microondas de alta potencia, barras metálicas de hipervelocidad, aviones espaciales de ataque autónomos en miniatura con ojivas autoadaptativas, municiones inteligentes basadas en el espacio, ojivas electromagnéticas de pulso electromagnético diseñadas para ser detonadas en altitudes elevadas, armas antisatélite coorbitales, microsátélites armados o estaciones de batalla en órbita? Pues no es así.

Las definiciones de las armas espaciales varían. Aquí hay dos: (1) «Dispositivos terrestres específicamente diseñados y probados en vuelo para atacar físicamente, dañar o destruir objetos en el espacio, o dispositivos basados en el espacio diseñados y probados en vuelo para atacar, dañar o destruir objetos en el espacio o en la tierra»;^[49] y (2) «Municiones de ataque que en sí son objetos orbitales o que están destinadas a destruir objetos espaciales».^[50] ¿Qué está disponible en realidad? Los misiles interceptores cinéticos o explosivos y los láseres tácticos de modestos kilovatios de potencia. Eso es todo. Cada uno de ellos puede atacar satélites, instalaciones terrestres y misiles de largo alcance, aunque esto último sigue siendo un reto. Cuando su tarea es aniquilar o neutralizar a un satélite, se les llama ASAT: A por *anti*; SAT para *satélite*.

Parecería que los satélites son objetivos excelentes. Son fundamentales para la vida moderna, especialmente la constelación de GPS, y no son fáciles de camuflar, por lo que sus órbitas son obvias para todos los que miran. Además, los satélites geoestacionarios, como los que se utilizan para casi todas las comunicaciones basadas en el espacio, siempre están presentes a la misma altitud sobre los mismos lugares en nuestro planeta, por ende *geo* – + *estacionario*. A 36 000 km de altura, son la clase de satélites de órbita más alta, pero presentan un objetivo especialmente fácil para los malhechores. Para las sociedades y los ejércitos que dependen en gran medida del

posicionamiento global, las comunicaciones, la vigilancia, la navegación, la alerta temprana y los satélites meteorológicos (y ninguna sociedad ni ejército dependen más de ellos que los de Estados Unidos), sería aterrador un ataque a nuestros activos espaciales. Precisamente debido a la creciente dependencia del mundo sobre los satélites, las ASAT funcionan mejor como una amenaza. Infligir un desastre intencional sobre el satélite de otro implica un desastre de represalias para el satélite propio, aunque en realidad Estados Unidos sufriría más por un golpe exitoso que sus adversarios.

Las ASAT, al igual que muchos otros elementos del pensamiento y la tecnología militares contemporáneos, tienen sus raíces en la Guerra Fría, cuando la inflación de la amenaza dominaba al Pentágono.^[51] Junto con sus primeros trabajos con satélites, tanto Estados Unidos como la Unión Soviética buscaban activamente armas antisatelitales. Para 1962, Estados Unidos había producido interceptores equipados con ojivas nucleares; para 1968, la Unión Soviética había llevado a cabo la primera prueba exitosa de un interceptor no nuclear, de matanza cinética. Durante las siguientes décadas, mientras expresaban su ansiedad por las pruebas ASAT del otro, las dos partes siguieron diseñando y a veces construyendo ASAT basados en tierra, mar y aire, así como una o dos estaciones orbitales antisatélite. Aunque muchas de estas armas finalmente se abandonaron o se suspendieron por razones políticas y de autoprotección (una política mutuamente consoladora a la que algunos politólogos se refieren como *restricción contingente*) siguió avanzando la planificación y ejecución en un torbellino de escaladas y reducción de escaladas, de confrontación y cuasi cooperación, de ansiedades y retrocesos.

Finalmente, en agosto de 1983, cinco meses después del discurso de Reagan sobre la Guerra de las Galaxias (mientras algunos miembros del Congreso estaban elaborando una legislación destinada a lograr una moratoria conjunta entre Estados Unidos y la Unión Soviética), Yuri Andropov, secretario general del Partido Comunista Soviético, se reunió en Moscú con una delegación bipartidista de nueve senadores estadounidenses y comprometió a la Unión Soviética a una moratoria sobre el despliegue de nuevos sistemas ASAT en el espacio, incluso con fines de prueba. Estados Unidos no siguió el ejemplo. En octubre de 1985, una ASAT estadounidense (un pequeño misil lanzado desde un avión de combate F-15) derribó un satélite científico estadounidense ya viejo, extendiendo escombros por la órbita terrestre baja.

Por cierto, la Unión Soviética consideraba el transbordador espacial de Estados Unidos como una posible ASAT. La especialista en seguridad nacional Joan Johnson-Freese sugiere que tenían su brazo robótico, que podría «sacar satélites del cielo». Matthew Mowthorpe, especialista en el espacio militar británico, propone que los soviéticos tenían su posible cargamento de misiles nucleares.^[52]

Uno de los diseños más imaginativos de las ASAT fue el interceptor Antisatélite de Energía Cinética (KE-ASAT), nacido en Estados Unidos. No solo se estrellaría contra su satélite objetivo y lo destruiría, sino que también envolvería la basura espacial resultante en una enorme hoja de teflón. A pesar de la improbabilidad de que hubiera un resultado tan ambientalmente diligente, el KE-ASAT no ha desaparecido del todo de la cartera de Estados Unidos.^[53] El arma antisatélite o ASAT como categoría tampoco ha desaparecido del arsenal global. Estados Unidos, bajo la consigna de salvaguardar sus extensos activos espaciales, sigue invirtiendo mucho más que cualquier otro país en investigación y desarrollo antisatelital. Otros países también buscan las ASAT: Rusia probó una en noviembre de 2015, Israel y la India están trabajando en las suyas, y Corea del Norte sigue demostrando cuan ferozmente quiere una y lo cerca que está de obtener lo que quiere. Las demostraciones más sorprendentes del poder de las ASAT en los últimos años, sin embargo, se llevaron a cabo por China (2007) y Estados Unidos (2008) contra sus propios satélites.

Digamos que uno quiere dañar un satélite o, como mínimo, que se reconozca que es capaz de hacerlo. Dañar abarca mucho territorio táctico, desde la interrupción temporal hasta la destrucción. Todavía requiere un poco de imaginación poder mover niveles letales de energía a través de las distancias inherentes a la guerra espacial. Incluso si pudiera hacerse, sacar a un satélite enemigo del cielo sería tan caro y peligroso para los activos espaciales propios y de los aliados como lo sería para los de los enemigos. Sería más fácil desplegar un misil desde una plataforma aerotransportada, y menos costoso, pero causaría el mismo desorden en el espacio. El camino a seguir sigue siendo una simple interrupción.

Si se tiene un láser lo suficientemente fuerte, podría dirigirse hacia la caja de circuitos del satélite o a su antena de transmisión, lo que deshabilitaría al satélite por completo y de manera económica, sin desorden ni lío. O qué tal si se busca saturar los sensores del satélite con un láser más brillante que cualquier otro que el satélite pudiera estar tratando de monitorear o grabar: es un acto de vandalismo de alta tecnología llamado *dazzling* o

deslumbramiento. Si el láser tiene suficiente energía, incluso se podrían derretir, evaporar o fracturar partes del sensor del satélite, cegándolo parcialmente. También se podría considerar una nave espacial propia que se acercara por un costado del satélite enemigo para pintar sus ópticas con aerosol o romper su antena físicamente. Un enfoque más económico y sencillo para la interrupción (al menos hasta que se queden a cargo los satélites cuánticos) sería interferir con las comunicaciones satelitales, ya sea cibernética o electrónicamente. Un poderoso transmisor basado en la Tierra sintonizado en las frecuencias correctas puede competir con la señal que un receptor enemigo necesita recibir. Ese transmisor podría ahogar la señal real del enemigo con un ruido sin sentido, también conocido como *interferencia intencionada* o *bloqueo (jamming)*, o imitar la señal real con una falsa de potencia similar, también conocido como *suplantación (spoofing)*. En estos casos, no hay necesidad de destruir nada, ya que el transmisor se convierte en un trozo inútil de chatarra.^[54] El inhibidor o suplantador no se clasificarían como armas espaciales en el sentido más estricto; tampoco lo serían las intervenciones de un *hacker*. Además, la mayoría de las medidas que hemos mencionado se podrían lograr más fácilmente y de manera más económica desde tierra, mar o aire que desde una plataforma en órbita. A fin de cuentas, por supuesto, llevar a cabo cualquiera de estos ataques corre el riesgo de recibir represalias en especie.

¿Cuál es, entonces, el estado del arsenal para una guerra espacial? «La guerra moderna se puede librar en tantos niveles tan deliciosamente distintos», dice el espeluznante Baron Ver Dorco en el clásico de ciencia ficción *Babel-17*.^[55] Sí, hay una gran variedad de opciones imaginarias: masa dirigida, energía dirigida, químicas, biológicas, electrónicas, nucleares, cibernéticas, terrestres, submarinas, aéreas, orbitales, parasitarias, cara a cara, de corto alcance, controladas a distancia, robóticas, de fase de propulsión, de medio curso, dirigidas, de saturación, inteligentes, tontas. Pero la parte que corresponde al armamento espacial en toda esta imagen tiene poco que ver con la guerra real. Tiene sobre todo que ver con la amenaza y la disuasión. Tiene que ver con el potencial, el poder, la superioridad percibida y proyectada. Aún así, los combatientes de guerra y los planificadores de seguridad nacional en todas partes no dejarán de intentar materializar lo imaginario.

Debido a las numerosas amenazas hechas por el hombre a la vida y los bienes humanos, desde los albores de la era espacial la Asamblea General de las Naciones Unidas ha tratado (entre muchos de sus esfuerzos frustrantes) de establecer un reglamento de tránsito para lograr la «libertad de investigación científica [y] cooperación internacional en la exploración y uso del espacio exterior» y mantener al espacio exterior libre de armas para «evitar un grave peligro para la paz y la seguridad internacional».^[56] En unas pocas décadas, Naciones Unidas también comenzó a lidiar con los problemas cada vez mayores de desechos espaciales y seguridad espacial global.^[57]

Algunos podrían decir que estos esfuerzos son ingenuos: que cada propietario de los activos espaciales debería de hacerse cargo de protegerlos, que es inevitable la militarización del espacio para proteger los propios activos, que una persona desequilibrada en el poder puede deshacer cualquier acuerdo espacial que la comunidad de naciones haya adoptado. Otros podrían responder que los activos espaciales de todos serían mucho más vulnerables si no hubiera acuerdos o resoluciones internacionales vigentes, si no hubiera un esfuerzo colectivo para preservar lo que cada uno de nosotros tiene por separado. Como señala James Clay Moltz, especialista en asuntos de conflicto, nucleares y de otra índole, «los enfoques militares unilaterales para la seguridad espacial pueden llegar muy lejos».^[58] El temor a las represalias y los costos de escalada restringen a la mayoría de los unilateralistas.

La diplomacia es uno de los pocos caminos a seguir. Por arbitrario que parezca indicar una fecha y lugar de inicio para las complejidades de la diplomacia espacial, digamos que fue el 4 de octubre de 1954, en una reunión de planificación del Consejo Internacional de Uniones Científicas en Roma. Allí concibieron y planearon el primer (y único) Año Geofísico Internacional (AGI) de la historia. Curiosamente, abarcó un año y medio, desde julio de 1957 hasta diciembre de 1958. El AGI representó un deshielo del intercambio científico de la Guerra Fría relacionado con la oceanografía, la sismología, la glaciología, la meteorología, la actividad solar y otros temas relacionados. Colaboraron 67 países en el AGI, incluyendo a Estados Unidos y la Unión Soviética.

En esa reunión, los representantes de Estados Unidos propusieron que se lanzaran satélites equipados con instrumentos de observación durante el AGI. El historiador Walter A. McDougall escribe que, poco después del final de la Segunda Guerra Mundial, los satélites de observación o reconocimiento encabezaban las listas de deseos de los intelectuales espaciales estadounidenses, pero que dichos satélites «no podrían haber sido más

delicados desde el punto de vista del derecho internacional, la diplomacia y la estrategia». Solo un satélite científico podría encarnar claramente el principio de la libertad de espacio (los estadounidenses se referían a este principio como Cielos Abiertos) y, por lo tanto, la propuesta del AGI, hecha en un contexto internacional, representó una coincidencia fortuita entre la necesidad y la oportunidad. Aunque los representantes soviéticos no aportaron comentarios sobre la propuesta de Estados Unidos, el comité en general la recibió con unanimidad. Su aprobación «retiró el percutor de la pistola de salida de la carrera satelital».^[59]

Tanto los científicos estadounidenses como los soviéticos llevaban casi una década desarrollando satélites artificiales y un cohete o paquete de cohetes de lanzamiento adecuado.^[60] A principios de octubre de 1945, un mes después del final formal de la Segunda Guerra Mundial, la Marina de los Estados Unidos estableció un comité para evaluar la posibilidad de hacer realidad el envío de cohetes (Committee for Evaluating the Feasibility of Space Rocketry). También formado en 1945, y también encargado de producir un estudio de factibilidad, estaba el comité conjunto del Ejército y la Marina para Misiles Guiados. Dos operaciones ultrasecretas, *Overcast* y *Paperclip*, habían transportado a Estados Unidos cientos de toneladas de equipos, vastas cantidades de documentación técnica y decenas de científicos e ingenieros astronáuticos nazis recién «blanqueados», entre ellos Wernher von Braun y Arthur Rudolph. Para 1946 ya trabajaban arduamente los nuevos marcos consultivos, como el Proyecto RAND de la Douglas Aircraft Company y la Comisión de Política Aérea del presidente Truman (recordemos que el primer informe de RAND presentaba un diseño preliminar para un satélite). Ese año, un astrofísico de la universidad de Yale llamado Lyman Spitzer produjo un informe para RAND llamado «Ventajas astronómicas de un observatorio extraterrestre». Sin la atenuación atmosférica, un instrumento de este tipo podría detectar mejor la luz visible del universo que cualquier telescopio basado en tierra, y también capaz de detectar bandas de luz casi totalmente bloqueadas por la atmósfera, como las ultravioleta e infrarrojas. El telescopio espacial Hubble es el legado de Spitzer.^[61]

Pronto, la recién independizada Fuerza Aérea de Estados Unidos (United States Air Force o USAF), que hasta 1947 había sido la Fuerza Aérea del Ejército (Army Air Force), comenzó a competir internamente con el Ejército y la Marina para lograr la primacía militar en la investigación y el desarrollo del espacio.^[62] La Fuerza Aérea y RAND se concentraban en la viabilidad de

los satélites en sí, mientras que el Ejército y la Marina se enfocaban en los misiles (los cohetes) que podrían impulsar a los satélites a la órbita. Las diferentes facciones tenían diferentes prioridades. A principios de 1949, el potencial de prestigio del satélite y sus capacidades de reconocimiento claramente superaban su potencial como plataforma de armas. También surgió la idea de que un satélite podría ser una excelente herramienta meteorológica. Cuando Harry Truman abandonó la Oficina Oval en enero de 1953, ya se habían sentado las bases para un programa espacial estadounidense que sería ventajoso política y militarmente, y no un simple conducto para nuevas generaciones de armamento.^[63]

La investigación aeroespacial de la Guerra Fría en la Unión Soviética comenzó como un medio para otro fin: el envío de una bomba nuclear al Estados Unidos continental. Stalin, para quien «el peligro no era la bomba atómica como tal, sino el monopolio estadounidense de la bomba», aceleró el trabajo sobre una bomba soviética pocos días después de Hiroshima, dedicándole siete veces más fondos desde 1947 hasta 1949 de lo que se le había asignado en el mismo período, para desarrollar un cohete capaz de llevar esa bomba a cualquier objetivo en la superficie de la Tierra.^[64] La primera prueba nuclear soviética, una bomba atómica con un núcleo de plutonio (similar a la bomba atómica que Estados Unidos lanzó sobre Nagasaki) ocurrió en agosto de 1949. La primera prueba soviética de una bomba H tuvo lugar cuatro años más tarde, con un rendimiento explosivo casi 20 veces superior al de la bomba atómica. Ahora el tema del lanzamiento pasó al frente.

A pesar de la inicial falta de interés de Stalin por el programa de misiles de su país, el progreso soviético fue rápido y sustancial. Las «brigadas de trofeos» soviéticas que saquearon los sitios de trabajo V-2 de Alemania en la primavera y principios del verano de 1945 inicialmente no consideraron al enorme cohete como «nada más que un proyectil de artillería glorificado». Sin embargo, para 1947, los diseñadores de misiles soviéticos, bajo la supervisión del incansable Sergei Korolev y con la ayuda de los ingenieros aeronáuticos alemanes que habían capturado, no solo habían dominado la construcción del V-2, sino que convencieron a la naciente industria de misiles para que desarrollara un ICBM con un alcance de casi 3 200 km, 10 veces más lejos que el del V-2. En pocos años, el primer diputado de Korolev estaba proponiendo que la meta fuera de al menos el doble. Para finales de 1953, ya

se les estaba pidiendo a los diseñadores de misiles que desarrollaran un ICBM capaz de transportar una carga útil de 6 ton. Una capacidad tan enorme era el doble de la masa que Korolev y su equipo se esperaban. Pero ese reto inesperado tuvo una ventaja para la URSS: cualquier cohete lo suficientemente poderoso como para llevar una bomba pesada también podría levantar un satélite a la órbita de la Tierra.^[65]

Mientras que algunos miembros del sector militar-industrial se enfocaban en la bomba soviética y otros en el misil soviético, algunos siguieron los pasos de su compatriota Konstantin Tsiolkovsky, a quien décadas antes se le habían ocurrido los cohetes de etapas múltiples como una manera eficiente de lanzar un satélite. Los seguidores bien posicionados de Tsiolkovsky, junto con legiones de civiles entusiastas y popularizadores del espacio, soñaban con una entrada soviética en el espacio. El primero de ellos era un ingeniero aeronáutico llamado Mikhail Tikhonravov, un compañero de Sergei Korolev que trabajaba en el centro de investigación NII-4, la contraparte soviética de RAND, y que fue una parte clave del programa espacial de la URSS, desde Sputnik hasta Gagarin. En 1951, Tikhonravov creó un pequeño equipo de investigación satelital en NII-4; en el otoño de 1953, medio año después de la muerte de Stalin, el NII-4 amplió al equipo para transformarlo en un proyecto secreto a gran escala: Investigación sobre los Problemas de Crear un Satélite Artificial de la Tierra, con el nombre en clave Tema No. 72. Los problemas iban desde poner un satélite en órbita hasta usar un satélite como plataforma de bombardeo.^[66]

Así que para finales de 1953, menos de un año después de que finalizara el tiempo de Stalin y de Truman al mando, los dos adversarios de la Guerra Fría habían establecido su agenda espacial, así como su personal espacial. Al año siguiente, la resolución del AGI los obligó a cumplir. Se cristalizó la competencia. El proyecto satelital del AGI pronto pasó de ser una colaboración idealista y supranacional de científicos en busca de la verdad (en la medida en que lo hubiera sido) a transformarse en una lucha entre el Imperialismo Estadounidense y la Amenaza Roja por el estatus de alfa.

Mientras tanto, el Lejano Oriente, aunque atrapado en confrontaciones dañinas y enrevesadas que involucraban a las dos superpotencias, también se movilizaba por el espacio. Los ingenieros aeronáuticos japoneses utilizaron el próximo AGI como la razón para desarrollar cohetes de cosecha propia para la investigación atmosférica. La China de Mao estaba a punto de volver a recibir al hombre que iniciaría su programa espacial: Qian Xuesen, nacido en China y profesor de aeronáutica en Caltech y MIT, miembro fundador del

Laboratorio de Propulsión a Chorro y miembro del selecto Grupo de Asesoría Científica establecido durante la Segunda Guerra Mundial para asesorar al ejército de Estados Unidos sobre las posibilidades del poder aéreo en tiempos de guerra. Tan valioso fue Qian para la investigación aeronáutica estadounidense que en abril de 1945, a pesar de no ser un ciudadano de ese país, se le otorgó el título de «consultor experto» y el rango temporal de coronel en la Fuerza Aérea de Estados Unidos para poder desplegarse a Alemania e interrogar a los científicos del V-2, incluyendo a Wernher von Braun, quienes acababan de entregarse a los estadounidenses. Sin embargo, en 1950, durante el apogeo del Temor Rojo en Estados Unidos, a Qian se le acusó (sin pruebas) de ser miembro del Partido Comunista y pronto se le despojó de su autorización de seguridad y oportunidades profesionales. En 1955, sin papeles ni pertenencias, lo deportaron a China. Como dijo un antiguo subsecretario de la Marina, su deportación fue «la cosa más estúpida que haya hecho este país».^[67] En pocos años, Qian Xuesen se había convertido en el Sergei Korolev de su país.

La denostación del comunismo en Occidente y del imperialismo en Oriente era una práctica habitual cuando Qian regresó a su tierra natal. El Comité sobre Actividades Antiamericanas la Cámara de Representantes había envenenado la política estadounidense. Winston Churchill había presentado el término «cortina de hierro» al «mundo libre» en 1946, después de haber probado con la frase «cerca de hierro». Truman pronunció su discurso sobre la Doctrina Truman en el Congreso en marzo de 1947, y pidió a Estados Unidos que apoyara a los «pueblos libres» y se opusiera a los «regímenes totalitarios» en todo y cualquier lugar, con un precio de 400 millones de dólares de 1947. También iba en aumento la militarización en tiempos de paz. La «seguridad» se había convertido en el foco principal de la política. La Ley de Seguridad Nacional de 1947 reformó por completo la estructura de las fuerzas armadas de Estados Unidos, estableció el Departamento de Defensa para reemplazar a los tres servicios militares independientes y creó el Consejo de Seguridad Nacional y la Agencia Central de Inteligencia. El secretario de Guerra desapareció y su cargo en el gabinete lo asumió el secretario de Defensa. El Tratado del Atlántico Norte, que dio origen a la OTAN, se firmó en abril de 1949; su propósito, según el consenso estadounidense, era «crear no solo un equilibrio de poder, sino una preponderancia de poder».^[68]

Alarmada ante la posibilidad del «cerco capitalista», la URSS respondió enérgicamente a la ráfaga de retórica sobre el «mundo libre» y la creación de instituciones militares y económicas en Occidente. En 1946, la Unión Soviética se negó a unirse al Banco Mundial y al Fondo Monetario Internacional, recién formado y dominado por Estados Unidos, frustrando la esperanza estadounidense de que la afluencia de dólares indujera una retirada soviética de Europa del Este. En 1947, al no haber logrado ganar terreno durante las sesiones de planificación para el Plan Marshall, el ministro de relaciones exteriores soviético comenzó a trabajar sobre el Plan Molotov para el Bloque del Este. A finales de junio de 1948, la Unión Soviética impuso lo que se convertiría en un bloqueo de un año de duración de todas las rutas de superficie desde Alemania occidental, ocupada por los Aliados, hasta los sectores de Berlín ocupados por el oeste, un bloqueo hecho posible porque toda la ciudad de Berlín se ubica muy adentro de lo que en ese entonces era la zona de ocupación soviética. Durante los últimos dos años de Stalin en el poder, y a medida que sus esperanzas, temores, demandas y errores en Alemania, Corea, China, Japón y gran parte de Europa del Este daban lugar a condiciones cada vez más desagradables, comenzó una segunda ronda de purgas políticas; se resucitó la campaña de 1936 a 1938 que había arrojado a Sergei Korolev en una serie de campos de trabajo y penitenciarías durante muchos años y que había enviado a su muerte a cientos de miles de otros rusos, notables y ordinarios, militares y literarios.^[69]

Un documento ultrasecreto que ejemplifica la tensión política y la carga del lenguaje político de la Guerra Fría temprana, y que resume la política exterior de Estados Unidos durante gran parte de la segunda mitad del siglo xx, es el NSC 68: el «Informe al Consejo de Seguridad Nacional, por el Secretario Ejecutivo, sobre los Objetivos y Programas de Seguridad Nacional de Estados Unidos», con fecha del 14 de abril de 1950.^[70]

En el NSC 68, Estados Unidos tiene un elevado «propósito fundamental»: «asegurar la integridad y vitalidad de nuestra sociedad libre, que se basa en la dignidad y el valor del individuo», mientras que la Unión Soviética tiene un «diseño fundamental» insidioso: «Retener y consolidar su poder absoluto, [el cual] exige la completa subversión o destrucción forzosa de la maquinaria del gobierno y de la estructura de la sociedad en los países del mundo no soviético». Después de reiterar las típicas alabanzas de la libertad en un número adecuado de párrafos, casi no hay página que omita mencionar la apremiante necesidad de aumentar el poderío militar de Estados Unidos como contrapeso al programa de la URSS para la «dominación del mundo». El

aumento de la «capacidad atómica» de la Unión Soviética y su búsqueda de la militarización se combinan para «respaldar la infiltración con intimidación». Por un lado, el informe reconoce que «el recurso a la guerra no es solo el último recurso de una sociedad libre, sino también un acto que no puede ponerle un fin definitivo al conflicto fundamental en el ámbito de las ideas»; por otro lado, «solo si tuviéramos una superioridad atómica abrumadora y obtuviéramos el dominio del aire, podría disuadirse a la Unión Soviética de desplegar sus armas atómicas mientras progresamos hacia el logro de nuestros objetivos».^[71]

¿Qué hacer? No funcionaría hacer como si nada; no funcionaría el aislacionismo; no funcionaría realmente la negociación por sí sola (aunque debemos parecer dispuestos a participar); y la guerra abierta sería desagradable para la población. El único curso de acción sensato sería una «rápida acumulación de fuerza política, económica y militar en el mundo libre». Estados Unidos necesitaría un «escudo militar» para proteger todas las iniciativas no militares.^[72]

Y eso fue exactamente lo que sucedió: el gasto militar de Estados Unidos pronto se triplicaría, de 5 % del producto interno bruto en 1950 a más del 14 % de una economía en crecimiento en 1953: una triplicación que sucedió al mismo tiempo que la Guerra de Corea, a menudo llamado el primer conflicto candente de la Guerra Fría. Por su parte, de 1951 a 1952, la Unión Soviética casi duplicó el tamaño del Ejército Rojo y aumentó el gasto militar en un 50 por ciento.^[73]

El 29 de julio de 1955, nueve meses después de la resolución de Roma, la National Science Foundation y la National Academy of Sciences emitieron un comunicado de prensa conjunto en el que declaraban la intención de Estados Unidos de construir «un vehículo satelital pequeño, no tripulado, que circule la Tierra para utilizarse en observaciones científicas básicas durante el próximo Año Geofísico Internacional». Los blancos de esas observaciones serían «las radiaciones extraterrestres y los fenómenos geofísicos». El mismo día, haciendo eco del comunicado de prensa de la NSF y la NAS, el secretario de prensa de Eisenhower anunció que el presidente había aprobado planes para el «lanzamiento de pequeños satélites no tripulados que circulen la Tierra» para que «los científicos de todo el mundo [puedan] realizar observaciones sostenidas en las regiones más allá de la atmósfera terrestre».^[74] Poco después, la propuesta satelital de la Marina, el Proyecto Vanguard,

les ganó a las del Ejército y la Fuerza Aérea, a pesar de que el Ejército, que tenía en su nómina al ingeniero aeronáutico Wernher von Braun, bien podría haber tenido mejores posibilidades de éxito. Dentro de un año, Vanguard ya estaba sufriendo de costos excesivos y problemas técnicos. Sin embargo, varios funcionarios de la administración de Eisenhower, ya convencidos de la importancia de ser la primera nación en poner un satélite en órbita, lucharon contra su terminación.^[75]

Una vez que los estadounidenses declararon su intención, los soviéticos aceleraron visiblemente su ritmo. Como escribiría después Bernard Lovell, director del observatorio de radiotelescopio Jodrell Bank en Gran Bretaña y testigo de los primeros meses de la carrera espacial: «En esa etapa nadie podía acusar a la Unión Soviética de una falta de franqueza en cuanto a su programa espacial».^[76] El 30 de julio de 1955, justo un día después del anuncio de la NSF y la NAS, la Unión Soviética emitió un anuncio similar. El 25 de septiembre, Sergei Korolev dio una conferencia pública sin precedentes en la que proclamó que los objetivos de su país deberían ser «que el primer satélite artificial de la Tierra sea soviético, creado por el pueblo soviético, ¡[y] que los cohetes y las naves espaciales soviéticos sean los primeros en volar por la ilimitada extensión del universo!».^[77]

El año 1957 se mencionaba como fecha límite por todos lados. A fines de enero de 1956, el Consejo de Ministros de la URSS decretó que el país lanzaría un satélite artificial en algún momento de 1957. A finales de 1956, la CIA advirtió al presidente que la Unión Soviética «orbitaría un satélite en cualquier momento después de principios de 1957» y alertó al Consejo de Seguridad Nacional a principios de 1957 que los soviéticos habían probado un «arma atómica de uno a cinco kilotones unida a un misil»: un misil lo suficientemente poderoso como para lanzar un satélite.^[78] El lanzamiento de Sputnik a principios de octubre eliminó cualquier duda que quedara.

Algunos analistas sostienen que la administración de Eisenhower, ya sea intencional o involuntariamente, permitió que la Unión Soviética saliera primero, o quizá se sintió enormemente aliviada cuando lo hizo, porque el histórico vuelo del primer satélite que circulaba alrededor del mundo efectivamente resolvía el problema tan tenso de la «libertad de espacio»: en otras palabras, si los vuelos por el espacio aéreo sobre el territorio de otro país violaban la soberanía de ese país. La insistencia en la «soberanía vertical» y las prohibiciones contra los sobrevuelos significarían que un país consideraba ilegal el reconocimiento militar por satélite. Pero ahora, al haber lanzado el primer satélite, los «soviéticos sin querer se habían colocado en una posición

en la que difícilmente podían discutir la ilegalidad de la invasión de su propio Sputnik». ^[79] De allí en adelante, en principio, cualquiera podría ir a cualquier parte del espacio.

Independientemente de las maquinaciones y contratiempos que hayan tenido lugar o no tras bambalinas, Sputnik fue un evento a ocho columnas que cambió el mundo.

La primera fase de su éxito fue la perfección de un misil balístico intercontinental extremadamente poderoso, el cohete R-7. El 21 de agosto de 1957, el cohete voló 6 500 km hacia la remota península de Kamchatka, en el noreste. ^[80] Una vez que la URSS dominara los medios de transporte (intencionadamente anunciados por la agencia de noticias soviética TASS como un logro militar) ^[81] podría concentrarse más intensivamente en la nueva carga útil: un satélite en lugar de una bomba.

A las 22:28:34 tiempo de Moscú, el 4 de octubre de 1957, muy al principio del AGI y tres años después del día de la resolución de Roma, la Unión Soviética lanzó el primer Sputnik, una esfera brillante, plateada, del tamaño de una pelota de playa y con 83 kilogramos de peso que emitía señales de radio. La primera página de *Pravda* lo llamó «Una gran victoria en la competencia global con el capitalismo». ^[82] Un mes después, los soviéticos lanzaron un segundo Sputnik, seis veces más pesado que el primero. El marcador ya era URSS 2, Estados Unidos 0.

Tres días después, el presidente Eisenhower anunció la designación del primer asesor científico de Estados Unidos, un puesto que casi podría haber datado desde los días del presidente Lincoln: en 1863, a pesar de tantos asuntos para distraerlo, Lincoln creó de un plumazo la National Academy of Sciences (Academia Nacional de Ciencias), una asociación de científicos independientes cuya tarea, tanto en ese entonces como ahora, era brindar asesoramiento informado a las ramas ejecutivas y legislativas del gobierno. La agenda de Estados Unidos en el espacio exigía un papel más definido para la ciencia. Eisenhower, quien había servido como comandante supremo de las Fuerzas Expedicionarias Aliadas durante la Segunda Guerra Mundial, reconocía que ningún país moderno podía ser militarmente preeminente sin ser también científicamente eminente.

El último día de enero de 1958, el Ejército de Estados Unidos lanzó con éxito su satélite Explorer 1. Un par de meses más tarde, el Vanguard 1 de la Marina de Estados Unidos también alcanzó su órbita. ^[83] Ya podían ir con la

frente un poco más en alto todos los estadounidenses que habían estado viendo «cómo un cohete estadounidense tras otro se convertía en una grasienta bola de fuego en Florida». Pero una estela de fracasos siguió a los primeros éxitos. La Guerra Fría estaba febril. Los expertos, legisladores y profesores estadounidenses estaban repentina y justificadamente frenéticos. El periodista espacial William E. Burrows enmarca de manera cáustica la situación: «Los Rojos no solo tenían músculo militar y eran infinitamente retorcidos, sino que también resultó que tenían una educación soberbia, especialmente en ciencia e ingeniería». Se reportó que todos los estudiantes soviéticos tomaban cinco años de física y cinco de matemáticas, mientras que apenas una cuarta parte de «sus deslucidos homólogos estadounidenses» tomaba un solo curso de física.^[84]

Era hora de un poco de movilización por parte del gobierno. A principios de 1958, pocos meses después de Sputnik, se crearon nuevos comités permanentes sobre el espacio y la aeronáutica en ambas cámaras del Congreso, en donde Lyndon Johnson, entonces líder de la mayoría en el Senado, era presidente del comité de la cámara alta.^[85] En febrero, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA, por sus siglas en inglés, que pronto se convertirá en DARPA, con *D* de *Defensa*) se estableció como la agencia espacial nacional *de facto* de Estados Unidos hasta principios de octubre, cuando abrió sus puertas la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA).^[86] A finales de julio, se aprobó la Ley Nacional de Aeronáutica y del Espacio de 1958. A mediados de agosto, el Consejo de Seguridad Nacional emitió su «Política Preliminar de Estados Unidos sobre el Espacio Exterior», que declaraba inequívocamente que cualquier uso del espacio exterior, «cualquiera que sea el propósito para el que esté destinado, puede tener algún grado de aplicación militar o alguna otra no pacífica».^[87] En septiembre, se promulgó la Ley de Educación para la Defensa Nacional, que enfatizaba el apoyo a las matemáticas y a la ciencia. No se había formulado de manera tan explícita el vínculo entre la educación científica y la seguridad nacional, y la necesidad del apoyo gubernamental para la ciencia, desde el influyente informe al presidente de 1945, *Science, The Endless Frontier* (La ciencia. La frontera interminable). Finalmente, en octubre de 1958, llegó el lanzamiento oficial no solo de la NASA, sino también de la primera sonda espacial Pioneer de Estados Unidos.

La ciencia. La frontera interminable, el informe escrito por el director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico en tiempos de guerra, había declarado rotundamente que la ciencia «es una preocupación apropiada

del gobierno» y que era esencial crear una organización controlada por civiles financiada por el Congreso, comprometida con la libertad de investigación, y con el poder de «iniciar una investigación militar que complementará y fortalecerá la que se llevaba a cabo directamente bajo el control del Ejército y la Marina».^[88] El resultado fue la creación de la National Science Foundation en 1950. Con ideas similares específicamente sobre el espacio, Eisenhower estaba convencido de que «la máxima prioridad debería de dársele, por supuesto, a la investigación espacial con una aplicación militar». Sin embargo, agregó, «debido a que el ánimo nacional y, en cierta medida, el prestigio nacional, podría verse afectado por los resultados de la investigación espacial pacífica, esto también debería de impulsarse». La manera de impulsarlo, le instó su vicepresidente, Richard Nixon, sería establecer una agencia separada.^[89] Esa agencia aparte era la NASA, la versión más pacífica de una agencia espacial que pudiese esperarse fuera creada por una superpotencia nuclear.

Al mismo tiempo, la administración de Eisenhower financió investigaciones sobre nuevas tecnologías antimisiles bajo la protección de un nuevo emprendimiento, el Proyecto Defender. Una propuesta de Defender se conocía por el nombre de un dulce y pequeño ciervo de Disney: BAMBI, el acrónimo de Ballistic Missile Boost Intercepts (Interceptores de Misiles Balísticos em Fase de Propulsión). BAMBI no tenía nada de dulce, al haberse concebido como cientos de estaciones de batalla espaciales que usarían infrarrojos para rastrear las estelas de los misiles enemigos y luego lanzar un arma propulsada por cohetes. Para ayudar a deshabilitar al misil enemigo ascendente, el arma soltaría una enorme red giratoria de alambre tachonada con bolitas de acero. Aunque se canceló en 1963, BAMBI presagió el *Brilliant Pebbles* del Star Wars dos décadas después. Otro aspirante a al Proyecto Defender era una estación de batalla en órbita con varios miles de armas nucleares.^[90]

Mientras ocurría toda esta actividad espacial en Washington, del otro lado del planeta la Unión Soviética no estaba menos ocupada, lanzando su tercer Sputnik en mayo de 1958 y preparando sus satélites Luna. Uno de ellos orbitaría la Luna, otro aterrizaría en la Luna, un tercero fotografiaría la Luna, todo durante 1959. Para entonces, algunos científicos espaciales de Estados Unidos habían cedido la preeminencia espacial a los soviéticos, como se evidenciaba en un informe anteriormente ultrasecreto sobre investigación lunar enviado al Centro de Armas Especiales de la Fuerza Aérea en 1959. El informe sugiere que los comités científicos de Estados Unidos no deberían

preocuparse por la posible contaminación lunar de los astronautas visitantes, «ya que es muy probable que el primer alunizaje lo lleve a cabo un vehículo soviético».^[91]

Los participantes de la carrera espacial tenían buenas razones para tener miedo el uno del otro. Los dos lados tenían satélites de bombardeo en sus agendas, al igual que planes para detonar una bomba nuclear en la Luna. Cuatro décadas más tarde, el autor principal de ese informe secreto estadounidense de 1959 sobre la investigación lunar dijo en una entrevista:

Quedaba claro que el objetivo principal de la detonación que se proponía era un ejercicio de relaciones públicas y una demostración de superioridad. La Fuerza Aérea quería una nube de hongo tan grande que fuera visible desde la Tierra... Estados Unidos se estaba quedando atrás en la carrera espacial.

La explosión obviamente sería mejor del lado oscuro de la Luna, y la teoría era que si la bomba explotaba en el borde de la Luna, la nube de hongo se iluminaría por el Sol...

Afortunadamente, las ideas cambiaron. Me horroriza que alguna vez se haya siquiera considerado un gesto así para influir en la opinión pública.^[92]

En todo caso, algunos sectores de la opinión pública ya se dirigían en una dirección más constructiva. El 14 de noviembre de 1957, dentro de una resolución general de desarme, la Resolución 1148, la Asamblea General de las Naciones Unidas invocó el espacio exterior por primera vez, solicitando el «estudio conjunto de un sistema de inspección diseñado para garantizar que el envío de objetos a través del espacio exterior sea exclusivamente para fines pacíficos y científicos». El mismo día, la Asamblea General declaró su alarma general en la Res. 1149: «Acción Colectiva de Información para que los Pueblos Conozcan los Peligros de la Carrera de Armamentos y Especialmente los Efectos Destructores de las Armas Modernas», que hacía un llamado para hacer una campaña de publicidad global que ayudara a alertar a toda la población del mundo de que «la carrera de armamentos, debido a los avances de la ciencia nuclear y otras formas modernas de tecnología, crea medios por los cuales se puede infligir una devastación sin precedentes en todo el mundo». Trece meses después, en diciembre de 1958, la Asamblea General propuso y adoptó su primera resolución dedicada específicamente al espacio, la Res. 1348: «Pregunta sobre el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre», seguida por más resoluciones en 1959, 1961, 1962, 1963, 1965 y 1966.^[93]

Desde el punto de vista de un diplomático estadounidense profundamente involucrado en el desarme y la política espacial en ese momento, el avance se dio en los dos años previos a la resolución de la ONU de 1963, al establecer

los términos bajo los cuales la paz podría preservarse en el espacio.^[94] Aunque una resolución es menos poderosa que un tratado, puede haber sido la opción más alcanzable, dado el clima político que prevalecía justo después de la aterradora confrontación en otoño de 1962 entre las superpotencias, conocida como la crisis de los misiles en Cuba, y la aprobación del Senado 80 el 19 en septiembre de 1963 del innovador Tratado de Limitación de Pruebas, cuya propia existencia se podría atribuir sustancialmente a lo que casi fue una catástrofe sobre Cuba.^[95]

Finalmente, en octubre de 1967, durante la presidencia de Lyndon Baines Johnson, el tratado pionero de las Naciones Unidas sobre el espacio ultraterrestre (título completo: Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes) se volvió una ley internacional. El espacio, declaraba, sería «el campo de toda la humanidad». Solo serían aceptables las actividades pacíficas y científicas, sin pruebas de armas, fortificaciones ni maniobras militares, aunque se permitiría el «uso de personal militar para la investigación científica o para cualquier otro propósito pacífico». La palabra clave aquí es *pacífico*. Al igual que *defensa*, es un concepto escurridizo.^[96]

Los presidentes Eisenhower, Kennedy y Johnson querían en su día diferenciar entre la «militarización no agresiva del espacio» y la «militarización del espacio». Su tiempo colectivo en el cargo se vio muy determinado por la identificación oficial estadounidense de la Unión Soviética como «la principal amenaza para la seguridad, las instituciones libres y los valores fundamentales de Estados Unidos» y por la identificación propia de Estados Unidos como «líder del mundo libre».^[97] Querían distinguir entre el derecho a usar armas bajo ciertas circunstancias y la condición sostenida de la armamentización; entre la extensa preparación militar y el militarismo; entre satélites militares pasivos y armas espaciales activas; entre la disuasión estabilizadora y la búsqueda proactiva del dominio aunada a una disposición para destruir.^[98]

Yuxtapuestas con el desarme, tales distinciones pueden parecer demasiado sutiles, tal vez incluso engañosas. Pero no son irrelevantes. Un satélite de reconocimiento desarmado de la Fuerza Aérea de Estados Unidos que recopila datos sin pensar mientras rodea la Tierra es indudablemente militar, pero en sí tampoco es agresivo. Su misión es la información, no la destrucción. Por otro lado, si un satélite del Comando Espacial de la Fuerza

Aérea de Estados Unidos que circula a una distancia próxima está equipado con una constelación de misiles interceptores, podría tener consecuencias letales para grandes extensiones de la vida y la civilización de un momento a otro.

Durante el período previo al Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, los tres presidentes hicieron lo que a menudo hacen los presidentes: operaron simultáneamente en múltiples pistas, a menudo opuestas, y en los dos bandos de casi todo. Mientras le daban algo a esta facción aplacaban a la otra, participaban en una política de riesgo por aquí, la evitaban por allá y se acomodaban en medio, maniobraban por un camino casi intermedio en un denso bosque de contradicciones entre cientos de conflictos simultáneos, grandes y pequeños. Perseguían las armas junto con la diplomacia; proclamaban a gritos los beneficios de la cooperación internacional junto con la necesidad de una movilización antisoviética; intentaban, como lo dijo un historiador militar, «convencer al mundo de las nobles intenciones de Estados Unidos mientras que a la vez garantizaban que ese país mantuviera la capacidad de luchar por el uso pacífico del espacio». En palabras de Sinclair Lewis, de su novela de 1935 *Eso no puede pasar aquí*, «todos los hombres de Estado y los clérigos elogiaban la paz y afirmaban alegremente que el único modo de conseguir la paz consistía en prepararse para la guerra». Todo ese tiempo, muy de cerca, acechaba el espectro de la confrontación nuclear entre los superpoderes. Solo la cooperación internacional para el desarme podría desterrarlo.^[99]

Dwight D. Eisenhower —militar pero no militarista y general de cinco estrellas que había servido como Comandante Supremo Aliado en Europa desde diciembre de 1943 hasta mayo de 1945— quería la paz y la preparación.

Antes del Sputnik, Eisenhower había descartado hacer gastos enormes en armas diciendo que solo eran «cosas negativas que no agregan nada a la capacidad de ingresos del país». Sostenía que quería «sacar al gobierno federal de cualquier actividad innecesaria» y ponerle un alto al «enfoque histérico... de curar todos los males» inyectándoles dinero.^[100] En la primavera de 1953, tres meses después de que comenzara su primer mandato, le dijo a la American Society of Newspaper Editors, la asociación de editores de diarios de Estados Unidos:

Cada arma que se fabrica, cada botadura de un buque de guerra, cada cohete que se dispara significa, en el sentido final, un robo a los que tienen hambre y nadie los alimenta, a los que no tienen ropa... Pagamos un solo avión de combate con medio millón de *bushels* de trigo. Pagamos un solo destructor con casas nuevas que podrían haber albergado a más de 8 000 personas... Esta no es en absoluto una forma de vida, en ningún sentido real. Bajo la amenazadora nube de guerra, es la humanidad la que pende de una cruz de hierro.^[101]

Al comienzo de su segundo mandato, en su discurso sobre el Estado de la Unión de 1957, Eisenhower describió al ejército de la nación como «el más poderoso en nuestra historia de paz» y «un importante elemento disuasorio para la guerra», advirtiendo que este podría «castigar fuertemente a cualquier enemigo que comenzara a atacarnos». Pero también proclamó la búsqueda de paz de la nación:

Un acuerdo sólido y seguro para cielos abiertos, centinelas aéreos desarmados y armamento reducido proporcionaría una contribución valiosa hacia una paz duradera en los próximos años. Y hemos sido persistentes en nuestro esfuerzo por alcanzar dicho acuerdo. Estamos dispuestos a entrar en cualquier acuerdo confiable que revierta la tendencia hacia armas nucleares cada vez más devastadoras; que prevenga recíprocamente la posibilidad de un ataque sorpresa; que controle mutuamente el desarrollo de misiles del espacio exterior y de satélites; y que haga posible un menor nivel de armamentos y fuerzas armadas y una carga más leve de gastos militares.^[102]

La agenda preferida del presidente Eisenhower puede haber sido la paz, pero la del Consejo de Seguridad Nacional (NCS o National Security Council) era la preparación. A principios de 1955, en respuesta a las preocupaciones del NCS, 42 prominentes científicos, ingenieros, directores ejecutivos corporativos y presidentes de universidades —el Panel de Capacidades Tecnológicas del Comité Asesor Científico— elaboraron el documento ultrasecreto conocido como el informe Killian, «Enfrentando la amenaza del ataque sorpresa». Examinaron el cronograma probable de los aumentos en las capacidades de Estados Unidos y de la Unión Soviética de armas de multimegatonas, aviones bombarderos y misiles balísticos intercontinentales, siendo los últimos dos sistemas de lanzamiento para las primeras. Además, recomendaron una serie de medidas para fortalecer el arsenal de Estados Unidos. El principal de ellos fue la financiación inmediata de un misil balístico intercontinental con un alcance de 5 500 millas náuticas (10 186 km), lo que pondría a Moscú al alcance de tiro de ubicaciones de lanzamiento en el territorio continental de Estados Unidos. Otras medidas instadas por el panel: convencer a Canadá que le otorgara a Estados Unidos «autoridad para el uso instantáneo de ojivas atómicas» sobre el territorio canadiense; extender la cobertura del radar cientos de kilómetros hacia el norte y hacia el mar desde los límites continentales de Estados Unidos; desarrollar «aviones

interceptores» para llevar a cabo combates aire-aire a grandes altitudes, incluyendo el lanzamiento de misiles guiados; diseñar un «sistema de transmisión por satélite artificial» para una comunicación más fuerte y segura de los datos críticos de advertencia estratégica; y desarrollar tecnología avanzada para la adquisición de inteligencia. La última tarea mencionada pronto se le entregó a Skunk Works, los futuristas aeroespaciales de Lockheed Aircraft, quienes idearon rápidamente el U-2, un avión de fotorreconocimiento estratosférico que volaría más allá del alcance de las medidas antiaéreas contemporáneas.^[103]

A fines de 1957, muchas de las recomendaciones del panel se estaban implementando. En un discurso de radio y televisión sobre ciencia y seguridad nacional emitido un mes después del triunfo de Sputnik, Eisenhower aseguró a sus oyentes que Estados Unidos «tiene hoy, y ha tenido desde hace algunos años, suficiente poder en sus fuerzas de represalias estratégicas para prácticamente aniquilar las capacidades de guerra de cualquier otro país». Habló sobre el arsenal de Estados Unidos con cierto detalle y esbozó una imagen de una Unión Soviética militarista, pero luego pasó a su tema preferido, ahora enmarcado en términos del espacio: «Lo que el mundo necesita hoy, más que un salto gigantesco hacia el espacio exterior, es un paso gigantesco hacia la paz». En enero del año siguiente, envió una carta al primer ministro soviético Nikolai Bulganin (el predecesor de Nikita Jrushchov) proponiendo que «acordemos que el espacio exterior se utilice solo con fines pacíficos»; otra carta en búsqueda de distensión, enviada en febrero, sugería «eliminar por completo los tipos más nuevos de armas que utilizan el espacio exterior para la destrucción humana».^[104]

El enfoque doble de pedir regularmente la paz mientras se preparaba intensamente para la guerra ya estaba firmemente establecido para cuando el Congreso aprobó la piedra angular del programa espacial de Estados Unidos, la Ley Nacional de Aeronáutica y del Espacio de 1958. Su primer párrafo, la Sec. 102 (a), declara que «las actividades en el espacio deben dedicarse a fines pacíficos en beneficio de toda la humanidad». La Sec. 102 (b) luego dedica muchas palabras a declarar que las actividades espaciales son el origen de una agencia civil... menos cuando no lo son:

Las actividades específicas o asociadas principalmente con el desarrollo de sistemas de armas, operaciones militares o la defensa de Estados Unidos (incluyendo la investigación y desarrollo necesarios para hacer provisiones efectivas para la defensa de Estados Unidos) será responsabilidad de, y será dirigida por, el Departamento de Defensa.^[105]

Nótese que primero aparece «el desarrollo de los sistemas de armas», por separado de «defensa de los Estados Unidos». Aunque hay un gesto diplomático a los «propósitos pacíficos», el Congreso no deja la menor duda de que es inevitable la militarización y la armamentización del espacio.

El presidente Eisenhower maniobraba por el campo minado de la guerra y la paz y la diplomacia de la manera habitual: yendo de un lado a otro, invocando periódicamente los beneficios de la paz, así como los inconvenientes y los altos costos de la carrera de armamentos. Mientras tanto, presidía la rápida expansión postSputnik de los programas nacionales de misiles balísticos intercontinentales e intermedios, así como iniciativas dedicadas al equipo espacial de doble uso y militar. Los satélites de reconocimiento siguieron ocupando un lugar destacado en la agenda.^[106]

Además de las otras iniciativas costosas y ultrasecretas de BAMBI y del Proyecto Defender, los esfuerzos espaciales militares de la era Eisenhower incluyeron el satélite de reconocimiento WS-117L (WS por *weapons system* o sistema de armas); el satélite de detección de misiles MIDAS (Missile Defense Alarm System o Sistema de Alarma de Defensa de Misiles), destinado a proporcionar una advertencia anticipada de 30 minutos de un ataque ICBM soviético entrante, en vez de la advertencia de 15 minutos disponible a través de sistemas de alerta temprana en tierra; el satélite de recopilación de datos electromagnéticos y fotográficos SAMOS (Satellite and Missile Observation System o Sistema de Observación de Satélites y Misiles); y el Proyecto Corona, un esfuerzo conjunto de la CIA y la Fuerza Aérea que reemplazó tanto al WS-117L como al SAMOS y que en gran parte asumió las tareas de reconocimiento previamente realizadas por los aviones espía U-2 de la CIA. Entre los sistemas de doble uso, valiosos tanto para los usuarios militares como para los no militares, se encuentran TIROS (Television Infrared Observation Satellite o Satélite de Observación por Televisión e Infrarrojos), un satélite meteorológico desarrollado conjuntamente por la NASA y el Comando de Material del Ejército, y los satélites de navegación Transit de la Marina. Ambos comenzaron como programas estrictamente militares, pero con el tiempo se pusieron a disposición de los civiles, como sucedería más tarde con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) NAVSTAR, cuyo valor para la economía de Estados Unidos pronto será superior a los 100 mil millones de dólares al año.

Otras iniciativas militarmente importantes de los años de Eisenhower incluyeron satélites de comunicaciones de primera generación: Echo, una esfera inflable hecha de mylar o tereftalato de polietileno que podría servir

como un relé pasivo para señales de radio; SCORE, que podría transmitir un mensaje pregrabado; y Courier, que podría tanto almacenar como transmitir datos. Casi todos los satélites de comunicación giran alrededor de la Tierra en una órbita geoestacionaria (GEO, por las siglas en inglés de *geosynchronous equatorial orbit*), sincronizada con la rotación de la Tierra. Al igual que la Tierra, tardan exactamente un día en completar una órbita, por lo que parecen flotar sobre un lugar seleccionado. El futurista Arthur C. Clarke fue el primero en explorar la idea de que la GEO sería un buen lugar para que residan y trabajen los satélites de comunicación, en un artículo detallado de 1945 que planteaba la pregunta: «¿Pueden las estaciones de lanzamiento de cohetes ofrecer cobertura mundial de radio?». Sí, pueden hacerlo. Y sí, lo hacen.^[107]

Con Eisenhower también comenzaron en serio las maneras de interceptar satélites enemigos y misiles balísticos, al igual que la idea de poner en órbita constelaciones de satélites de bombardeo. La Fuerza Aérea, con la esperanza de desplazar a la NASA como la vanguardia de las hazañas espaciales de Estados Unidos, diseñó de modo independiente un avión tripulado y reutilizable para vigilancia y bombardeo llamado Dyna-Soar, que (si no lo hubieran cancelado antes de que volara una sola vez) se habría lanzado en cohete, planeando aerodinámicamente alrededor de la Tierra a media estratosfera a una altitud de 100 km, y aterrizado como un avión. Suborbitalmente, la Fuerza Aérea se unió a la NASA para investigar los efectos de las velocidades hipersónicas, las altitudes extremadamente altas y el reingreso a la atmósfera en su avión conjunto, el X-15.^[108]

Gran parte de la militarización actual y potencial del espacio ocurrió gracias al senador Lyndon B. Johnson, un demócrata de Texas, quien se había aferrado al espacio como un tema prometedor para su partido.^[109] Quizás el presidente republicano quería minimizar la importancia de Sputnik y no competir de manera explícita con los Rojos, pero pronto se volvió imposible hacer eso. Un par de semanas después del lanzamiento del segundo Sputnik, Johnson, en calidad de presidente del Subcomité de Investigación de Preparación del poderoso Comité de Servicios Armados del Senado, comenzó varios meses de audiencias sobre lo que se necesitaría para que Estados Unidos dominara el espacio. Estas audiencias, según uno de los redactores de la Ley Nacional de Aeronáutica y del Espacio de 1958, «se llevaron a cabo en una atmósfera de emergencia de profunda preocupación por el estado de la defensa nacional de Estados Unidos». El senador Johnson estaba al alza. El

día anterior al discurso del Estado de la Unión de Eisenhower en enero de 1958, Johnson le dijo al comité ejecutivo demócrata del Senado:

Controlar el espacio significa controlar el mundo... Si al estar en el espacio existe la posición definitiva, desde la cual puede ejercerse el control total de la Tierra, entonces nuestra meta nacional y la meta de todos los hombres libres debe ser ganar y mantener esa posición.^[110]

Los demócratas aplastaron a los republicanos en las elecciones para el Congreso de noviembre de 1958. Casi de inmediato, Johnson comenzó a competir para adelantarse al equipo de política exterior de Eisenhower. También convenció al presidente Eisenhower de que le permitiera dirigirse a la Asamblea General de las Naciones Unidas a mediados de noviembre de 1958 para apoyar un proyecto de resolución de Estados Unidos en el que se pedía un Comité sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.^[111] En su discurso, el senador Johnson —para quien, en enero, la única agenda tolerable había sido el dominio estadounidense— estaba listo para declarar en noviembre de ese mismo año que la cooperación era la única manera de avanzar:

Hoy el espacio exterior es libre. No está marcado por el conflicto. Ninguna nación tiene una concesión allí. Debe permanecer así.

Nosotros, de los Estados Unidos, no reconocemos que haya propietarios del espacio exterior que puedan atreverse a negociar con las naciones de la Tierra por el precio de entrada a este nuevo dominio... Conocemos los beneficios de la cooperación. Conocemos las pérdidas de la falta de cooperación. Si no logramos aplicar las lecciones que hemos aprendido o incluso si demoramos su aplicación, sabemos que los avances en el espacio solo pueden significar agregar una nueva dimensión a la guerra... No es probable que los hombres que han trabajado juntos para alcanzar las estrellas desciendan juntos a las profundidades de la guerra y la desolación.^[112]

Retórica persuasiva, pero a estas alturas ya está claro que «lo que se hacía pasar por intentos de cooperación consistía principalmente de hojas de parra destinadas a avergonzar o retrasar el progreso del otro lado», escribe James Clay Moltz, del Departamento de Asuntos de Seguridad Nacional de la Naval Postgraduate School.^[113] Para Everett Dolman, de la Escuela de Estudios Aéreos y Espaciales Avanzados de la Air University de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, la cooperación era una ficción: «La expansión al espacio próximo a la Tierra no se produjo como el esfuerzo de adaptación de muchas naciones unidas como una, sino como un componente integral de una estrategia general aplicada por superestados cautelosos que intentaban asegurar su supervivencia política».^[114] El mismo Jrushchov veía la cooperación como una avenida a perseguir desde una posición de fortaleza: «Sentíamos que necesitábamos tiempo para probar, perfeccionar, producir e

instalar [un arma efectiva]. Una vez que nos preparáramos... para la defensa de nuestro país, *entonces* podríamos comenzar la cooperación espacial con Estados Unidos».^[115]

En el otoño de 1960, durante sus últimos meses en el cargo, el presidente Eisenhower propuso a la Asamblea General de la ONU que existiera una prohibición específica, sujeta a verificación, para la órbita o el posicionamiento de armas de destrucción masiva en el espacio. Sería un pequeño paso hacia la cooperación, para evitar que el espacio exterior se convirtiera en «otro foco para la carrera de armamentos y, por lo tanto, en un área de competencia peligrosa y estéril».^[116] Como sucedió con sus predecesores, se quedó como propuesta, como un atisbo de lo posible; un poco como las recientes propuestas para reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero o para garantizar la atención médica «universal» en Estados Unidos. La implementación estaba muy en el futuro. Pronto, tanto el presidente Kennedy como el presidente Jrushchov se ocuparían del tema, cada uno a su manera.

En las elecciones de 1960, uno de los temas de campaña de John F. Kennedy era el tema de cerrar la ficticia «brecha de misiles» con la Unión Soviética y la necesidad de vencer a los soviéticos en el espacio. Después de todo, Jrushchov había dicho que estaba produciendo ICBM «como si fueran salchichas».^[117] La victoria de Kennedy sobre Richard Nixon significó que el dinero se podía gastar en una carrera civil de alto perfil hacia la Luna y también en trabajos militares a puerta cerrada. Los nombres de los satélites de reconocimiento espacial de la época de Eisenhower desaparecieron bajo una cubierta de nombres en clave. Además, a diferencia de la postura pública de Eisenhower de que las dos líneas de actividad espacial debían mantenerse separadas, la postura de la administración Kennedy (y de la Fuerza Aérea) era que ambas cadenas formaban parte de una sola misión: preservar el espacio como dominio de la no agresión.^[118] El presupuesto de Kennedy para gastos militares en el espacio en 1963 era de 1.5 mil millones de dólares, casi el triple de lo que había obtenido Eisenhower en 1960. Mientras tanto, el presupuesto de la NASA se multiplicó por seis, de 400 millones de dólares en 1960 a más de 2.5 mil millones de dólares en 1963.^[119]

El 25 de mayo de 1961, se había preparado al Congreso y al pueblo estadounidense para la porción civil de esos miles de millones durante el discurso de Kennedy en una sesión conjunta del Congreso, en la que propuso

aterrizar en la Luna como «una gran nueva empresa estadounidense». Seis semanas antes, Yuri Gagarin se había convertido en el primer humano en orbitar la Tierra, mientras que Estados Unidos seguía sin perfeccionar un cohete listo para su uso por astronautas que no explotara durante el lanzamiento. Con la intención de apuntalar el tambaleante prestigio de Estados Unidos por medio de un compromiso impresionante con los proyectos espaciales, Kennedy buscaba convertir a Estados Unidos en el garante y facilitador de la paz mundial. Sostenía que, en el espacio, la militarización no agresiva de Estados Unidos podría neutralizar a la agresión soviética: «Nuestras armas no se preparan para la guerra: son esfuerzos para desalentar y resistir a las aventuras de otros que podrían terminar en guerra». Era la distinción clásica entre armas defensivas y ofensivas, entre las buenas intenciones de los buenos y las malas intenciones de los malos.

Kennedy comenzó su discurso con una especie de voto de cruzado para defender la libertad: «Nuestra fuerza y nuestras convicciones han impuesto sobre esta nación el papel de líder en la causa de la libertad», y concluyó con un llamado bíblico para el fin de la guerra:

Dejaremos en claro que la preocupación perdurable de Estados Unidos es tanto por la paz como por la libertad[,] que estamos ansiosos por vivir en armonía con el pueblo ruso, que no buscamos conquistas ni satélites ni riquezas, que solo buscamos el día en que «no alzaré la espada ningún pueblo contra otro, ni aprenderán más de la guerra».^[120]

La Unión Soviética ya había oído esa afirmación antes, cuando Stalin todavía estaba vivo y Molotov era su ministro de Relaciones Exteriores. Después de más de una década de la repetida afirmación de que la expansionista nación de Estados Unidos no tenía deseos de conquistar, sin duda eran palabras poco convincentes para su adversario expansionista en el Este.

A principios de junio, menos de dos semanas después del discurso de Kennedy ante el Congreso, un equipo de autores de la NASA y el Departamento de Defensa emitió un informe titulado *El programa espacial nacional*, que, a pesar de ser clasificado, eliminaba prácticamente todas las menciones de las aplicaciones militares. En estas páginas no hay referencias a las armas antisatelitales o programas de defensa de misiles balísticos, a pesar de ya se llevaba más de media década trabajando en ellos. La agenda principal era superar a la Unión Soviética en ciencia y tecnología espaciales. Una serie de éxitos debía hacer desaparecer todas las fallas en el espacio de Estados Unidos después de Sputnik. El premio sería el prestigio.^[121]

Hablando 16 meses después, en el estadio al aire libre de la Rice University en Houston, Texas, Kennedy se entusiasmó con la ciencia, el

espacio y el liderazgo. Por el camino también mencionó que el presupuesto espacial del año superaba el de los ocho años anteriores combinados. Sin embargo, ¿podía Estados Unidos permitírselo? Por supuesto que sí: el presupuesto de 5.4 mil millones de dólares, señaló hábilmente Kennedy, era menor que el gasto anual de Estados Unidos en puros y cigarrillos. Hizo nota de los muchos éxitos espaciales estadounidenses desde el inicio de su mandato e invocó la interconexión del liderazgo de Estados Unidos con sus temas anteriores de paz y libertad:

Esta generación no tiene la intención de zozobrar en la estela de la era espacial que se avecina. Queremos ser parte de ella, queremos dirigirla. Porque los ojos del mundo ahora están puestos en el espacio, en la Luna y en los planetas que están más allá, y hemos jurado que no lo veremos gobernado por una bandera de conquista hostil, sino por una bandera de libertad y paz. Nos hemos comprometido a que el espacio no se llene de armas de destrucción masiva, sino de instrumentos de conocimiento y entendimiento.

Sin embargo, solo podemos cumplir los compromisos de esta nación si somos los primeros y, por eso, nuestra intención es ser los primeros.^[122]

Para cuando Kennedy habló en Rice, ya había aumentado el escrutinio civil de los programas de armas y del gasto militar en general. Si a esto agregamos el impacto de varias debacles estadounidenses, el control de armas y la desnuclearización comenzaban a lucir cada vez más atractivos, casi tan atractivos (o imperativos) como ser los primeros.

Al igual que Eisenhower, Kennedy había tanteado el terreno en cuestiones de control de armas y los esfuerzos cooperativos. Apenas unos meses después de asumir el cargo, su Departamento de Estado produjo un documento titulado «Proyectos de propuestas para la cooperación entre Estados Unidos y la URSS», el cual describe la cooperación científica entre las superpotencias como sensatas en el sentido fiscal y estratégico y como un camino hacia el trabajo cooperativo en otros campos importantes. Una propuesta instaba a «una cooperación temprana en campos (por ejemplo, las actividades meteorológicas que pudiesen conducir al control del clima o la exploración tripulada de la Luna) en donde la competencia no controlada pudiera en última instancia ser peligrosa y un desperdicio». Medio año más tarde, mientras se aceleraba el programa de misiles balísticos de Estados Unidos, la administración Kennedy creaba la Agencia de Control de Armas y Desarme, una iniciativa odiada por gran parte de los militares. Como comentó un general, «Estados Unidos está intentando el ejercicio de tratar de vestirse y desvestirse al mismo tiempo».^[123]

Para mediados de 1962, la agenda espacial declarada de Kennedy ya era permitir la militarización pero prohibir las armas de destrucción masiva. La de Jrushchov era prohibir todas las armas. Hubo cuestiones subsidiarias que aumentaron la complejidad: ¿debería la prohibición de las armas nucleares en el espacio ser un acuerdo separado o parte de un tratado general de desarme? ¿Qué pasa con la inspección? ¿Qué pasa con la notificación previa con respecto a todos los lanzamientos espaciales? Todos en la administración de Estados Unidos querían preservar cierta militarización del espacio con fines de reconocimiento, comunicaciones, navegación y monitoreo del clima. Algunos funcionarios querían una rápida prohibición de las armas nucleares en el espacio; otros tenían serias dudas sobre cualquier prohibición.

Pero la multiplicación de fracasos, miedos y pérdidas comenzaba a forzar la mano de Estados Unidos. Entre ellos se encontraban el empeoramiento de las perspectivas de la guerra de Vietnam; el intento de invasión de Cuba en Playa Girón en abril de 1961; dos pruebas nucleares atmosféricas de Estados Unidos en julio de 1962 que interfirieron con las transmisiones de radio, desactivaron varios satélites y contaminaron a cuatro estados del medio oeste con yodo radioactivo; y un plan de la Comisión de Energía Atómica para detonar hasta seis bombas de hidrógeno en la boca de un valle en la costa de Alaska para crear un puerto artificial instantáneo.^[124] A eso se le agregaría la humillación de que un ciudadano soviético se convirtiera en el primer humano en orbitar la Tierra. Se agregaría también la creciente conciencia de que los desechos espaciales y la radiación nuclear planteaban enormes peligros para los vuelos de astronautas y los satélites en órbita.

Poco después de que la crisis de los misiles cubanos acercara a Estados Unidos y a la URSS de forma alarmante a la guerra nuclear en otoño de 1962, ^[125] la Unión Soviética aumentó su arsenal de represalias. El secretario de Defensa Robert McNamara vislumbró la posibilidad de «un equilibrio de terror más estable».^[126]

Se disparó el trabajo diplomático para abordar al menos las pruebas de armas nucleares (trabajo que había estado avanzando muy lentamente desde el final de la Segunda Guerra Mundial). El 5 de agosto de 1963, Estados Unidos, el Reino Unido y la Unión Soviética firmaron en Moscú el Tratado de Prohibición Parcial de Ensayos Nucleares. Lo que acordaron los firmantes fue «prohibir, prevenir y no llevar a cabo ninguna explosión de prueba de armas nucleares, o cualquier otra explosión nuclear... en la atmósfera; más allá de sus límites, incluido el espacio exterior; ni bajo el agua».^[127] Nótese la ausencia de alguna referencia a explosiones subterráneas. Nótese también la

frase «cualquier otra explosión nuclear»: según el tratado, las explosiones mortales en el espacio estaban prohibidas, pero no los medios para crear esas explosiones.

Unas semanas más tarde, el 19 de septiembre, el ministro de relaciones exteriores soviético dijo a la Asamblea General de la ONU que debía prohibirse «la puesta en órbita de objetos con armas nucleares a bordo» y que su gobierno estaba listo para firmar un acuerdo con Estados Unidos. Al día siguiente, Kennedy respondió que sí, que había llegado el momento de llegar a ese acuerdo. El 17 de octubre de 1963, la Asamblea General adoptó la Resolución 1884, a veces llamada «El emplazamiento de armas de destrucción masiva en el espacio exterior», pero oficialmente llamada «Cuestión del desarme general y completo». La resolución les suplicaba a todas las naciones que se abstuvieran «de poner en órbita alrededor de la Tierra cualquier objeto que lleve armas nucleares o cualquier otro tipo de armas de destrucción masiva, de instalar tales armas en cuerpos celestes o de emplazar tales armas en el espacio exterior de cualquier otro modo», lenguaje que se llevó también al Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967.^[128]

¿Acaso el esfuerzo prolongado de prohibir las armas mortales desde el espacio significó que Estados Unidos detuvo toda la investigación y el desarrollo de esas armas durante la presidencia de JFK? No, en parte porque la Unión Soviética tenía un programa agresivo de armas espaciales, diseñado por Sergei Korolev: el FOBS, por las siglas en inglés de Sistema de Bombardeo de Órbita Fraccionada, un misil balístico de largo alcance armado con una ojiva nuclear. Un FOBS pasaría parte de su tiempo en una órbita polar baja —el camino más corto desde Rusia hasta Estados Unidos— sin ser detectado por las redes de radar de alerta temprana de Estados Unidos, luego frenaría y descargaría su ojiva sobre Estados Unidos continental.^[129] En cuanto al programa de armas espaciales de la era Kennedy, tanto la Fuerza Aérea como el Ejército diseñaron misiles balísticos de largo alcance con armas nucleares, equipados como interceptores satelitales. Debían estar basados en tierra, lanzados desde la Tierra al espacio sin poder entrar en la órbita de la Tierra. Para algunas personas, esta distinción, como la de las armas ofensivas y defensivas, es esquivada y artificial. Pero para el gobierno de Estados Unidos, que repetidamente reclamaba el derecho de contrarrestar la agresión, así como la obligación de preservar el espacio como un santuario, la distinción era fundamental.^[130]

Lyndon Johnson no necesitaba un curso intensivo para ser experto en materia espacial cuando asumió la presidencia el 22 de noviembre de 1963, después del asesinato de Kennedy. Durante la presidencia de Eisenhower, había presidido el Subcomité de Programas de Misiles y Satélite del Senado. Durante su propia vicepresidencia, había presidido el Consejo Nacional de Aeronáutica y del Espacio, así como varios otros comités espaciales y militares. La postura total de Johnson podría resumirse en diez de sus propias palabras: «No podemos ser los primeros en la Tierra y los segundos en el espacio».^[131] Y tal vez se confirme lo influyente que era por medio de la selección de su estado natal de Texas en 1961 para el Centro de Vuelo Espacial Tripulado de la NASA (ahora el Centro Espacial Johnson) como la sede del cuerpo de astronautas de Estados Unidos y del Centro de Control.

Después de Sputnik, se volvió mantra la idea de que los logros tecnológicos llevan directamente al prestigio y la primacía entre las naciones. Pero el prestigio también puede resultar de compartir los beneficios del dominio, ya sea a través de la colaboración con iguales o de la asistencia a los necesitados. Johnson era partidario de esas dos formas de compartir, y su concepto de logro tecnológico incluía no solo el dominio del espacio sino también las aplicaciones prácticas de la ciencia al servicio de la civilización. Quería aire más limpio, más acceso a agua potable y menos pesticidas. Mientras que el presidente Eisenhower había utilizado su discurso de Átomos para la paz^[132] y el Proyecto Plowshare^[133] para tratar de guardar las apariencias frente a la pesadilla nuclear y el creciente arsenal nuclear de su administración, el presidente Johnson firmó la Ley de Control de Pesticidas y lanzó el programa Agua para la Paz.^[134]

En cuanto a las armas nucleares y otras armas de destrucción masiva, Johnson, como Kennedy, sostenía que un sistema de armas con base en tierra no era un arma espacial, incluso cuando la vida activa del objetivo y su destrucción definitiva se desarrollarían en el teatro del espacio. El punto era que nuestra parte necesitaba los medios para defenderse contra las armas espaciales de la otra parte, y montaríamos esa defensa con armas que no residían ociosamente en órbita. Así se armamentiza el espacio sin armamentizar el espacio. Mientras observaba esa directriz, Estados Unidos podía sostener que (a diferencia de ese peligroso otro lado, supuestamente empeñado en el «dominio del mundo»)^[135] honraba y preservaba la serenidad y la santidad del espacio. Una vez consagrada en el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967, esta distinción entre las armas basadas en tierra y las armas basadas en el espacio, por muy forzada que fuera, mantuvo al mundo

marginalmente más seguro durante un par de décadas, de manera similar al Tratado de Prohibición Parcial de Ensayos Nucleares de 1963 o el Tratado sobre Misiles Balísticos de 1972.

Desde sus días como senador, Johnson quería que el poder militar estadounidense asegurara la libertad en todo el mundo. Mientras presidía el Comité Especial del Senado sobre Espacio y Astronáutica durante el período previo a la aprobación de la Ley Nacional de Aeronáutica y del Espacio de 1958, supervisó un informe del comité que proclamaba:

No tenemos la intención de plantar estandartes de conquista en los planetas ni reclamar las estrellas. Proponemos que el espacio nunca se convierta en la ruta de marcha de los tiranos y totalitarios y, así como hemos dedicado nuestros recursos en el pasado a mantener la libertad de los mares y la seguridad de los cielos, también dedicaremos nuestra capacidad para mantener la neutralidad del espacio.^[136]

El oponente de Johnson en las elecciones presidenciales de 1964, el senador Barry Goldwater —un brigadier general en la Reserva de la Fuerza Aérea, y alguien que se sentía cómodo con el uso de armas nucleares— no era un fanático de la neutralidad. En su opinión, la investigación espacial debería ser dirigida por el ejército, «con la seguridad nacional y el control del acceso al espacio como objetivos primarios». Lo que Estados Unidos necesitaba cuanto antes eran misiles antimisiles, armas láser (el láser en sí había sido inventado por científicos estadounidenses en los Laboratorios Bell apenas cuatro años antes) y una estación espacial tripulada en órbita próxima a la Tierra. La vigilancia diaria del espacio cercano sería crucial. Según Goldwater, Estados Unidos tenía que «ir más allá de simplemente navegar hacia el espacio». La idea de que Estados Unidos pudiese colaborar con la Unión Soviética era «demasiado ridícula para comentar». Goldwater se oponía al desarme. Votaba en contra de los proyectos de ley y los tratados destinados a fomentar la paz. Pensaba que las armas nucleares de bajo rendimiento deberían de usarse para defoliar áreas clave de Vietnam del Sur y quería que los comandantes militares de alto rango tuvieran previa autorización para usar armas nucleares en caso de emergencia. Suena extremo, pero Goldwater no era un caso atípico. El presidente de la Aerospace Corporation exigió saber: «¿Por qué le damos un tono de maldad a las actividades militares en el espacio?». Un defensor del poderío aéreo y editor del *Reader's Digest* dijo que el programa espacial de Estados Unidos era demasiado pacífico y que era «la carrera equivocada con Rusia».^[137]

Goldwater perdió abrumadoramente. Una vez electo, Johnson —un demócrata de los del New Deal, de los que ejercían presiones y tan anticomunista como sus predecesores— presidió la aprobación de la Ley de Derechos Civiles de 1964, la Ley de Cupones para Alimentos de 1964, la Ley de Derecho al Voto de 1965 y la Ley de Vivienda Justa de 1968, todas ella parte de su «Guerra contra la Pobreza». En su gobierno, se presentaron los programas de seguros de salud Medicare y Medicaid, se incrementó el salario mínimo federal, se establecieron 35 parques nacionales, y se creó el National Endowment for the Arts (Fondo Nacional para las Artes) y la Corporation for Public Broadcasting (Corporación para la Radiodifusión Pública). También bajo su mandato el país sería testigo del escalada de la guerra de Vietnam, el aislamiento de Cuba por parte de casi todas las naciones de América Latina, estallidos en las ciudades estadounidenses y en las universidades estadounidenses y, poco antes del final de su mandato, el exitoso lanzamiento y regreso de la nave espacial Apollo 8 y su tripulación de tres astronautas, quienes se convirtieron en los primeros humanos en orbitar la Luna: los primeros humanos en abandonar la Tierra por otro destino. Johnson redujo a la mitad la tasa de pobreza oficial, pero también envió a un millón y medio de estadounidenses a Vietnam y convenció al Congreso de que le diera un amplio margen para hacer lo que considerara necesario en el sudeste asiático. Fortaleció aún más el próspero programa espacial de los Estados Unidos, y empujó a los Estados Unidos hacia el control sustantivo de las armas, tanto en la Tierra como en el espacio exterior, y no solo prohibiciones de los ensayos de armas nucleares, sino prohibiciones contra su uso en absoluto.^[138]

Con Johnson, la Fuerza Aérea compitió con el Ejército y la Marina para convertirse en la potencia espacial dentro del Pentágono, una lucha por la primacía que se remontaba a su separación formal del Ejército en 1947.^[139] A partir de 1958, la Fuerza Aérea se enfrentó a un competidor civil adicional: la NASA.^[140] Pero poner a un hombre en la Luna se convirtió en el mandato de la NASA, no de la Fuerza Aérea de Estados Unidos (aunque la mitad del cuerpo de astronautas provenía de la Fuerza Aérea) y Johnson estaba fuertemente comprometido con ella, a pesar de la oposición de muchos sectores.^[141]

Pronto, los gastos de la NASA superaron con creces el presupuesto espacial del Pentágono. En un intento por volver a inclinar la balanza, los militares intensificaron sin éxito sus esfuerzos de dominar el programa espacial tripulado de Estados Unidos; esfuerzos condenados al fracaso, porque el secretario de Defensa del presidente, Robert McNamara, estaba

buscando programas del Pentágono que pudieran cortarse, no expandirse. La carrera para llegar a la Luna se convirtió en el núcleo de la política espacial johnsoniana; la participación de la NASA en el gasto total en espacio se elevó a 74 % en 1965, y gran parte del resto se destinó a satélites de reconocimiento militar.^[142] Pero no duraría mucho la esplendidez. Para 1967, la NASA solicitó 5 500 millones de dólares, pero recibió cinco. Como escribe James Clay Moltz:

[Los] años de auge del espacio no podían durar para siempre. En la política nacional, los programas Great Society de Johnson en particular habían hecho que se disparara el gasto social. Incluso en tiempos de paz, la merma simultánea de los programas espaciales y de los nuevos y expansivos programas sociales en el presupuesto federal estaba destinada a causar con el tiempo una tensión fiscal. Con el costo creciente de la guerra de Vietnam[,] había que hacer recortes en alguna parte... Las presiones dobles de los liberales que favorecían un mayor gasto social y los conservadores que favorecían un mayor gasto militar comenzaron a apretar a la NASA.^[143]

De acuerdo con la visión de Johnson (y de Kennedy) de un programa espacial único, amplio y unificado, la Guerra de Vietnam presentó tanto la necesidad como la oportunidad de cooperación entre la NASA y el Pentágono. Tan solo el título de un documento conjunto de la NASA y la USAF de 1964, destacado en *US Presidents and the Militarization of Space 1946-1967* [Presidentes estadounidenses y la militarización del espacio 1946-1967], del historiador militar Sean Kalic, deja en claro los beneficios militares de las fronteras abiertas entre el espacio militar y el espacio civil: «Resumen de sugerencias del personal del cuartel de la NASA en cuanto a las ideas que podrían tener una aplicación para la guerra en el sudeste asiático». Entre las posibilidades propuestas por los coautores se encuentran satélites que pudieran identificar «la cobertura instantánea de nubes, sincronizar las comunicaciones de altitud y encontrar a pilotos derribados» e investigar «sensores sísmicos supersensibles, fuentes de alimentación livianas y tecnología de infrarrojos».^[144] A mediados de la década de 1960, aparecieron dispositivos de detección de infrarrojos, como los reflectores montados en tanques y las primeras cámaras térmicas portátiles, en la guerra estadounidense contra el comunismo en Vietnam, Laos y Camboya.

Fuera del campo de batalla estaban ganando visibilidad nuevas variedades de peligro para los activos espaciales. Todas y cada una de las naves espaciales, militares o civiles, estadounidenses o soviéticas, enfrentaban la posibilidad de chocar con basura orbital. Gracias a la serie de ensayos nucleares estadounidenses lanzados con misiles en 1962, llamada en conjunto Operación Fishbowl [pecera] supimos que el breve pulso electromagnético de

una prueba nuclear de gran altitud podría paralizar temporalmente las comunicaciones no protegidas y los satélites de reconocimiento, mientras que la radiación más duradera de la detonación inundaría la atmósfera superior y haría que el vuelo espacial humano fuera aún más problemático de lo que ya era. En el suelo, incluso un cohete sin combustible sentado en una plataforma de lanzamiento podría convertirse en una zona de desastre: durante un ensayo de lanzamiento del Apolo 1 el 27 de enero de 1967, tres astronautas se asfixiaron en segundos debido a que se desató una chispa eléctrica; la atmósfera de oxígeno puro de su cápsula sellada extendió el fuego al instante, encendiendo la red de nylon interior, las correas de velcro y el aislamiento de espuma de poliuretano.^[145]

Todo ser sensato sabe que ser presidente de Estados Unidos, especialmente en tiempos de guerra, no es un trabajo apto para cardíacos. La presidencia de Johnson estuvo llena de tumultos, marcada por la agitación social y una guerra ampliamente cuestionada, así como por sus programas pioneros de redes de seguridad y triunfos tecnológicos. Al igual que sus predecesores y sucesores, caminó de los dos lados de la calle espacial. Siguió adelante con la práctica de la posguerra del «anticomunismo tecnológico» de Estados Unidos y promovió lo que Walter A. McDougall denominó «la hipocresía benigna [de] la cooperación en la ciencia y la competencia en la ingeniería».^[146] El apoyo de Johnson al reconocimiento militar de vanguardia y su reconocimiento público de las exitosas pruebas estadounidenses de armas antisatélite servía como un seguro de accidentes para las iniciativas de paz. Para él, la seguridad nacional exigía la presencia de los militares en el espacio, pero la ausencia de armas en órbita.

Apenas unos días después de su repentino ascenso a la presidencia, Johnson le dijo a la industria espacial que Estados Unidos mantendría su compromiso con el «propósito pacífico del espacio por el bien de toda la humanidad». Estados Unidos tendría que parecerle al mundo como el defensor de la paz, para alejar a la Unión Soviética de su trabajo en los satélites de bombardeo. Una forma de parecer pacífico sería abrir los programas que antes eran militares a un uso público general: el argumento de la derivación civil. Dos de estos programas fueron Transit, el sistema de navegación por satélite de la Marina de Estados Unidos, y Nimbus, un sistema de satélites de la NASA que registraban y fotografiaban la capa de nubes, la química atmosférica, el ozono y el hielo marino. Otra forma de

parecer pacífico sería seguir apoyando los tipos de emprendimientos científicos cooperativos que se iniciaron durante el Año Geofísico Internacional y continuaron bajo el programa Kennedy; no el programa de alunizaje, que Johnson quería que siguiera siendo un suceso unilateral sin precedentes, sino programas de perfil más bajo como los estudios satelitales del campo magnético de la Tierra, la transmisión de comunicaciones satelitales y, según lo discutido por las delegaciones científicas soviéticas y estadounidenses desde diciembre de 1964 hasta septiembre de 1966, una misión civil conjunta al espacio.^[147] Una tercera vía sería presionar de modo directo y conspicuo para un tratado de la ONU sobre control de armas en el espacio exterior.

Para este punto, sostiene Moltz, los líderes políticos «habían comenzado a reconocer que el espacio ya era demasiado valioso como para que se usara para la guerra».^[148] En diciembre de 1963, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó una declaración de principios que aseveraba que «la exploración y el uso del espacio exterior deberían llevarse a cabo para el mejoramiento de la humanidad y para el beneficio de los estados, independientemente de su grado de desarrollo económico o científico», y que afirmaba el deseo compartido de «contribuir a una amplia cooperación internacional en los aspectos científicos y legales de la exploración y el uso del espacio exterior con fines pacíficos».

Había llegado el momento de un tratado hecho y derecho. Las piezas estaban en su lugar.

Y así, la tarde del 27 de enero de 1967, en el Salón Este de la Casa Blanca, el secretario de Estado de Estados Unidos Dean Rusk, seguido por el embajador de la ONU Arthur J. Goldberg en representación de Estados Unidos, el embajador de la ONU sir Patrick Dean en representación de Gran Bretaña, y finalmente, el embajador de la ONU Anatoly F. Dobrynin, en representación de la Unión Soviética, firmaron el Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y el uso del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes. Los representantes de otras 57 naciones luego agregaron sus firmas, y el presidente Johnson dijo algunas palabras:

Nunca hemos logrado liberar a nuestro planeta de los implementos de la guerra. Pero si aún no podemos lograr este objetivo aquí en la Tierra, al menos podemos evitar que el virus se propague.

Podemos evitar que las armas feas y derrochadoras de destrucción masiva contaminen el espacio. Y este tratado hace exactamente eso.

Este tratado significa que la Luna y nuestros planetas hermanos solo servirán para propósitos de paz y no de guerra.

Significa que los satélites en órbita hechos por el hombre permanecerán libres de armas nucleares.

Significa que astronauta y cosmonauta se encontrarán algún día en la superficie de la Luna como hermanos y no como guerreros de nacionalidades o ideologías en competencia.^[149]

En la actualidad, están vigentes cinco tratados espaciales de la ONU, junto con cientos de resoluciones, iniciativas, convenciones, informes, declaraciones de principios y tratados de control de armas que incluyen un lenguaje que se dirige directamente al espacio. Entre los tratados de control de armamentos se encuentran el Tratado de Limitación de Pruebas de 1963 (tratado que prohíbe las pruebas de armas nucleares en la atmósfera, en el espacio exterior y debajo del agua) y el Tratado sobre Misiles Antibalísticos de 1972 (tratado entre los Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas sobre la limitación de los sistemas de misiles antibalísticos). Mientras seguía vigente, el Tratado ABM prohibía el desarrollo, la prueba y el despliegue de sistemas de misiles balísticos ampliamente distribuidos en tierra, mares, atmósfera y espacio. También prohibía la interferencia con los «medios técnicos nacionales de verificación» de los firmantes que, aunque no se especificaban, se referían a la fotografía satelital, los sobrevuelos de aeronaves y el monitoreo electrónico y sísmico. Muchas naciones consideraban que las disposiciones incluían de manera indirecta una prohibición de las señales antisatélite basadas en el espacio.^[150] Esa prohibición se evaporó tras el retiro de la administración Bush del tratado en 2002.

Entre las resoluciones, PAROS (Prevención de una Carrera de Armamentos en el Espacio Exterior) es de considerable interés. Su historia de varias décadas resalta la preferencia de Estados Unidos por obstaculizar el desarme. Presentada por primera vez en diciembre de 1981 como una petición de medidas y garantías que profundizaría aquellas delineadas en el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967, PAROS se volvió a introducir esencialmente de la misma forma todos los años hasta que finalmente, en enero de 1994, se puso a votación. Ningún país se opuso; solo Estados Unidos se abstuvo. Año tras año, la Asamblea General votó sobre esta resolución. En 1996 y 1997, varios aliados se unieron a la abstención de Estados Unidos, pero a partir de 1999 solo lo acompañó Israel de manera constante, ya sea en la abstención o en la oposición abierta, con la participación ocasional de Micronesia, las Islas Marshall o Haití.^[151]

También a partir de 1981, y acelerada por la desinformación de Estados Unidos con respecto a la Iniciativa de Defensa Estratégica, junto con la preocupación soviética por la IDE (preocupación que era genuina pero que estaba inflada artificialmente a la vez) y por el transbordador espacial, la Unión Soviética solicitó a la Asamblea General de la ONU que incluyera en su agenda el borrador de un tratado soviético que buscaba prohibir el almacenamiento de armas «de cualquier tipo» en el espacio exterior. Para el verano de 1983, ya no era un borrador, y llevaba el título de Tratado sobre la Prohibición del Uso de la Fuerza en el Espacio Exterior y del Espacio contra la Tierra. En 1984, la URSS propuso aclaraciones adicionales.

Si solo se hubieran promulgado las disposiciones de 1983 como tratado, sus signatarios habrían acordado no probar, colocar en órbita o estacionar en cuerpos celestes «cualquier arma basada en el espacio para la destrucción de objetos en la Tierra, en el ambiente o en el espacio exterior»; no utilizar objetos espaciales, ya en órbita o ya estacionados, «como medio para destruir cualquier objetivo en la Tierra, en la atmósfera o en el espacio exterior»; no «destruir, dañar, perturbar el funcionamiento normal o cambiar la trayectoria de vuelo de objetos espaciales de otros Estados»; no probar o crear nuevas armas antisatélite y destruir cualquier arma antisatélite que ya tengan; y no probar o utilizar naves espaciales tripuladas (en otras palabras: el transbordador espacial de Estados Unidos) para fines militares o de arma antisatelital.^[152]

En 2008, Rusia y China, trabajando a través de la Conferencia de Desarme de las Naciones Unidas, presentaron su borrador de un sucesor de PAROS denominado PPWT, las siglas en inglés de Tratado para la Prevención de la Colocación de Armas en el Espacio Exterior y de la Amenaza o el Uso de la Fuerza contra Objetos del Espacio Exterior. Sus perspectivas se pueden medir en parte por el párrafo 34 de una carta rusa y china de 2015 que describe la falta de aportes útiles de Estados Unidos: «en lugar de propuestas constructivas sobre el contenido del borrador de la PPWT, una vez más vemos los terribles intentos de Estados Unidos de América por imponer a la comunidad internacional su evaluación politizada de los programas espaciales de ciertos Estados». Estados Unidos, dicen, está «evitando tener que asumir cualquier obligación legal internacional adicional en lo que respecta al espacio exterior, incluso para garantizar que el espacio exterior permanezca libre de armas de cualquier tipo», y no está haciendo nada para «facilitar el progreso hacia una solución mutuamente aceptable de

los problemas relacionados con la seguridad de las actividades espaciales». [153] Palabras rudas por parte de los diplomáticos.

Otras partes interesadas hicieron otras propuestas. Detlev Wolter, un diplomático alemán de alto nivel, elaboró directrices detalladas en 2006-2007 para un Tratado de Seguridad Común en el Espacio Ultraterrestre. Respecto a la necesidad de «una prohibición explícita de los usos militares activos y destructivos en el espacio exterior», Wolter sugirió que los signatarios «se comprometían a abstenerse de cualquier despliegue o uso de cualquier objeto en el espacio o en la Tierra diseñado o modificado específicamente con el propósito de infligir daño físico permanente a cualquier otro objeto por medio de la proyección de masa o energía, respectivamente». Para hacerlo más explícito, también sugirió que en el espacio exterior se prohibía la defensa con misiles balísticos y los sistemas antisatélite, con la sola excepción del sistema de la ONU, cuyo propósito sería «implementar y hacer cumplir un régimen de no proliferación y... proteger contra el lanzamiento no autorizado y accidental de misiles».[154]

En lo que se ratifica cualquier cosa parecida a los intentos actuales de consagrar el espacio como un refugio permanente de actividades pacíficas para el bien común de toda la humanidad, la parte central y la base del derecho internacional espacial sigue siendo el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967, «el límite máximo del patrocinio por parte [de las Naciones Unidas] de la desmilitarización del espacio exterior».[155] Hasta la fecha han firmado y ratificado 105 países, incluyendo no solo Estados Unidos y Rusia, sino también China, India, Pakistán, Israel, Reino Unido, Canadá y todos los países de Europa occidental que no sean microestados, y lo han firmado 25 más: un total de 130 de los 193 estados miembros de las Naciones Unidas a principios de 2017.[156]

Idealmente, la ratificación debería dar la señal de que cada uno de estos países reconoce y honra «el interés común de toda la humanidad en el progreso de la exploración y el uso del espacio exterior con fines pacíficos». Sin embargo, como con otros acuerdos que buscan la paz, se honra su violación casi tanto como su cumplimiento. Echemos un vistazo a varias de sus disposiciones:

ARTÍCULO II

El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, no podrá ser objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra

manera.

ARTÍCULO III

Los Estados Partes en el Tratado deberán realizar sus actividades de exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, de conformidad con el derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas, en interés del mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales y del fomento de la cooperación y la comprensión internacionales.

ARTÍCULO IV

Los Estados Partes en el Tratado se comprometen a no poner en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto que lleve armas nucleares o cualquier otro tipo de armas de destrucción en masa, a no emplazar tales armas en los cuerpos celestes y a no colocar tales armas en el espacio ultraterrestre de cualquier otra forma.

La interpretación de una persona común y corriente de estas cláusulas sería que dicen que nadie puede poseer o controlar ninguna parte del espacio, violar la paz allí, socavar la cooperación internacional allí o introducir armas capaces de causar daños catastróficos allí.

No podemos dar por sentado que los gobiernos y fuerzas militares compartan esa interpretación. La Fuerza Aérea de Estados Unidos, por ejemplo, adopta directrices más abiertas para el cumplimiento del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (siempre y cuando se mencione el tratado en sus documentos, lo que no siempre es el caso).^[157] Tomemos el documento de doctrina *Operaciones espaciales de la Fuerza Aérea* (2006), que afirma que aunque «el régimen legal espacial impone algunas limitaciones importantes, gran parte de este régimen proporciona una gran flexibilidad para las operaciones militares en el espacio». El documento luego pone de cabeza el Artículo III del tratado, con respecto al papel del derecho internacional en la preservación de la paz:

El derecho de legítima defensa, tal como se reconoce en la Carta de las Naciones Unidas y más fundamentalmente en el derecho internacional consuetudinario, aplica en el espacio ultraterrestre. Además, los preceptos de la ley de guerra, tales como la necesidad, la distinción y la proporcionalidad, serán aplicables a cualquier actividad militar en el espacio exterior.

En cuanto al Artículo IV, con respecto a las armas, la Fuerza Aérea aclara que «es permisible el emplazamiento de armas distintas a las armas de destrucción masiva en el espacio exterior..., al igual que el tránsito de armas nucleares, como los ICBM, a través del espacio». Finalmente, con respecto al objetivo general del tratado de defender la paz, afirma:

La mayoría de las naciones han sostenido tradicionalmente que el lenguaje de «propósitos pacíficos» no prohíbe las actividades militares en el espacio exterior; estas actividades se han llevado a cabo durante la era espacial sin que hubiera una protesta internacional significativa. Más bien, se ha interpretado que la frase requiere que las actividades en el espacio no sean

agresivas... que se abstengan de la amenaza o el uso de la fuerza, excepto de conformidad con la ley, como la autodefensa.^[158]

En el centro de los objetivos militares de Estados Unidos se encuentra una definición amplia de la *autodefensa*: activa, y no pasiva. Adoptar esa definición significa el uso potencial de las armas, y el uso potencial le abre la puerta a un programa de armamentización.

En 2002, la división de la Fuerza Aérea de la RAND Corporation publicó *Space Weapons Earth Wars* [Armas espaciales, guerras terrestres]. Su intención era servir de tutorial para cualquiera preocupado por la seguridad nacional, y se enfoca en los hechos, opciones, posibilidades, tácticas, costos, aspectos positivos, negativos y posibles escenarios.^[159] Todo lo que uno necesita saber sobre hacer la guerra desde el espacio.

La primera oración nos informa que, al menos desde finales de la década de 1950, «la Fuerza Aérea ha adoptado el uso pleno del medio del espacio para la seguridad nacional». No es sorprendente que una fuerza aérea ambiciosa, en cualquier parte del mundo, vea «el medio del espacio» como una parte de su lugar de trabajo, y que busque un uso completo y no un uso limitado. Tampoco sorprende que se declare como razón y objetivo la seguridad nacional. ¿Qué persona sensata no desearía que su país y sus habitantes se mantuvieran sanos y salvos?

Pero la seguridad nacional es un concepto maleable. Desde el punto de vista de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, muchos usos del espacio en la seguridad nacional no están abiertos a debate, al menos cuando Estados Unidos los usa. Dichos usos incluyen las comunicaciones, el monitoreo ambiental, la ubicación de posición, el clima y la advertencia, así como la inteligencia, la vigilancia, el reconocimiento y la guía de armas. Varias de esas actividades pueden sonar a medidas defensivas benignas destinadas a proteger al Estado y a sus ciudadanos. Sin embargo, todas tienen además un valor militar ofensivo potencial.

Desde el principio, el informe propone que la razón más urgente para desarrollar armas espaciales puede ser «la posibilidad de que otras naciones decidan adquirirlas». Eso es como decir que no solo es mejor tener todo lo que tiene el vecino, sino que además queremos poner una alberca olímpica en el patio antes que ellos. El informe también sostiene que las declaraciones periódicas de los militares sobre doctrina y planificación estratégica «dan a las armas espaciales un aire de inevitabilidad».^[160]

Así que imaginemos esto: dos adversarios poseen armas capaces de una inmensa devastación. Ninguno de los bandos dudará en usar esas armas al máximo. Ambos esperan una razón para hacerlo, como un movimiento agresivo del otro lado. El escenario probable es una escalada ineludible hacia un estado renovado de destrucción mutua asegurada (doctrina conocida como MAD, por sus siglas en inglés), y en el transcurso de esta, en el mejor de los casos, estará difusa la línea entre el armamento defensivo y el ofensivo. Como escribió el ensayista político I. F. Stone en la década de 1950, cuando la guerra nuclear entre Estados Unidos y la Unión Soviética se sentía casi inminente, «las dos partes de cada guerra siempre dicen estar *agredidas*».^[161]

Sin concesiones ni escrúpulos, *Space Weapons Earth Wars* simplemente presenta una amplia variedad de opciones disponibles o concebibles para librar batallas espaciales. Su breve reseña histórica sienta como axiomática la militarización del espacio:

El uso del espacio en el conflicto y el uso de armas contra los sistemas espaciales son un hecho histórico y una realidad actual. Desde su inicio, el uso del espacio por parte del hombre ha incluido conflictos, guerras frías y calientes: encontrar objetivos, advertir amenazas, transmitir órdenes, ayudar a la navegación y pronosticar el tiempo.^[162]

Si la militarización es la condición básica, si todas las actividades pasadas y actuales en el espacio tienen un carácter militar y, por lo tanto, potencialmente agresivo, el armamento absoluto del espacio es simplemente una extensión lógica de una condición ya existente. Según esa línea de razonamiento, es ingenuo cualquier intento de desmilitarizar el espacio, y quijotesco cualquier intento de excluir las armas de este. Sin embargo, ¿tienen el mismo acceso las armas espaciales de todos? Estados Unidos invariablemente considera que la posesión de armamento avanzado por parte de los no aliados es una amenaza intolerable.^[163] Irán y Corea del Norte son los ejemplos de hoy.

Los autores de RAND mencionan la creciente preocupación internacional durante la década de 1960 por que el espacio se conserve únicamente para fines pacíficos, pero casi no tienen nada que decir acerca de la sabiduría o la probabilidad de respetar los tratados resultantes. «Uno de los usos de las armas espaciales de interés actual para Estados Unidos es explícitamente ilegal», declara su informe, con una imparcialidad estudiada. No es que estén del todo ausentes las reservas expresadas de modo explícito. Por razones de claro interés propio, por ejemplo, se opone al uso de un arma espacial letal contra cualquier objetivo de gran altura que lleve agentes biológicos o químicos, porque una gran parte de los escombros peligrosos que resultaran

de ello se dispersarían por el viento, y sus efectos nocivos se distribuirían de manera amplia. «Como elemento disuasorio —advierte el informe— la posibilidad de envenenar la propia patria debería dar a un actor racional más razones para no emplear tales armas.^[164] Un optimista podría decir que jamás se le permitiría a nadie salvo a un actor racional tomar dichas decisiones, pero es poco probable que coincida con eso cualquiera que haya visto esa obra maestra del cine de 1964, *Dr. Strangelove (Dr. Insólito o: Cómo aprendí a dejar de preocuparme y amar la bomba)*, o que haya sido testigo de la irracionalidad desenfrenada de la campaña presidencial estadounidense de 2016.

Joan Johnson-Freese, al analizar lo que induciría a los países sin activos espaciales a adquirirlos, argumenta que la combinación de las capacidades espaciales existentes, inminentes y proyectadas de Estados Unidos no solo lo hace «inexpugnable y capaz de imponer su voluntad sin la menor duda», sino que también lo hace capaz, si así lo decidiera, de emprender «formas de coacción altamente intrusivas... sin las cargas de la ocupación». Después de todo, las capacidades espaciales pueden reutilizarse fácilmente. El mismo cohete puede lanzar un misil con punta nuclear o un satélite de monitoreo de cultivos; la misma óptica adaptativa puede eliminar el brillo de una estrella o la dispersión de un arma láser. Es comprensible que otros países, alarmados por (pero que también dependen de) los abundantes activos espaciales de Estados Unidos, quisieran desarrollar sus propios activos espaciales para ayudar a preservar su soberanía y autonomía. Europa, Japón, Francia, Israel, China y otros ya han recorrido esa ruta.^[165]

Tomemos en cuenta que una sola nación, Estados Unidos, supera con creces a todas las demás en cuanto a sistemas espaciales militares. Somos el gran comprador. Somos el patrón. También somos el mayor exportador.^[166] Y nuestras propias definiciones de autodefensa se inclinan hacia la anticipación. Pero más allá de eso, dice el informe de RAND, «es concebible que Estados Unidos pueda decidir adquirir armas espaciales antes de una amenaza específica y convincente», es decir, en un movimiento preventivo unilateral y deliberado para mantener la superioridad tecnológica.

Además, no todas las decisiones de adquirir serían deliberadas. Pueden surgir incidentalmente del desarrollo de sistemas espaciales comerciales y reutilizables, que todavía no estaban generalizados cuando se escribía *Space Weapons Earth Wars*, pero que ahora están avanzando rápidamente en corporaciones como Blue Origin y SpaceX y en las agencias espaciales de Francia y Alemania. Para volver a citar el informe, «cualquier capacidad para

entregar y recuperar grandes cantidades de material de manera económica desde y hacia el espacio podría adaptarse para emplazar y lanzar armas convencionales desde el espacio».^[167] Si se puede ir y venir de modo barato y fácil, de paso se puede llevar casi cualquier cosa en cualquier dirección. Armas láser o multivitaminas: da igual.

Una vez resuelto el problema del transporte, surge la cuestión de las ventajas y limitaciones de los activos espaciales. Una ventaja imaginaria es el fácil acceso a los objetivos a través de sobrevuelos, porque (desde Sputnik) las restricciones políticas a los sobrevuelos aplican solo para las aeronaves de menor altitud.^[168] Otra ventaja es el alcance global, que es válido solo si los activos son lo suficientemente numerosos y se despliegan de manera estratégica. Otras dos son la posibilidad de una respuesta rápida, comparada con el tiempo necesario para movilizar fuerzas terrestres y las dificultades del adversario para defenderse de las armas espaciales. Una gran limitación es la órbita estable, observable y predecible de cada satélite: ensamblar una constelación de satélites que ya están en órbita significaría tener que cambiar algunas órbitas establecidas, una tarea formidable que requiere más combustible para la propulsión de lo que un satélite normalmente lleva en órbita. Otras limitaciones incluyen el costo de 10 000 dólares por libra (0.45 kg) de colocar cualquier objeto en el espacio y la necesidad de tener muchos satélites en órbita (preferiblemente fortalecidos contra ataques) para que al menos uno esté al alcance oportuno de cualquier objetivo probable. Otras limitaciones (en teoría, si no en la práctica) son las disposiciones del tratado que prohíben poner armas de destrucción masiva en bases espaciales y que asignan responsabilidad por daños bajo ciertas circunstancias. Finalmente, la escasez de tiempo entre la decisión y el despliegue puede ser buena o mala, o las dos cosas.^[169]

Pero aparte de la moralidad discutible de varias armas espaciales, y más allá de las restricciones presupuestarias y las tácticas óptimas para garantizar la anticipación y la preeminencia, hay una pregunta más básica. Hasta un niño de secundaria a quien le contaran de Hiroshima y Nagasaki y del bombardeo de Tokio con bombas incendiarias, de los defoliantes y el napalm, de las bombas destructoras de búnkeres y de los ataques de gas sarín, podría preguntar: ¿qué tipo de armas espaciales están dispuestas a usar hoy las personas que están en el poder? ¿Hay alguna línea que no cruzarán jamás?

Jamás ha habido escasez de declaraciones en el sentido de que Estados Unidos debe comprometerse con la supremacía del espacio y adoptar todo el espectro de armas espaciales, o incluso las armas en general. El tema principal de la *Visión conjunta 2020* de los Jefes de Estado Mayor Conjunto es el «dominio del espectro completo».^[170] En ocasiones, la insistencia retórica de Estados Unidos en la superioridad espacial ha sonado más a una insistencia en la exclusividad espacial. Como escribió un oficial de la Fuerza Aérea durante el gobierno de George W. Bush: «Estados Unidos no apoya explícitamente los derechos de otras naciones a operar militarmente en el espacio, reservándose este derecho para sí mismo».^[171]

La militarización suele ser exponencial. Si se intensifica, engendra la armamentización. Cada paso adicional en el continuo intensifica el peligro: desde simplemente operar en el espacio, a operar militarmente, a operar agresivamente, a operar letalmente. Más allá de la letalidad limitada se encuentran el exterminio y la aniquilación, los resultados predecibles de librar una guerra en el espacio utilizando todo el espectro de armas disponibles y concebibles.

Durante más de medio siglo, la bomba nuclear se ha alzado en el extremo más alejado del espectro completo, ya sea lanzada desde un submarino o un silo, tirada desde un avión o lanzada a través de un misil suborbital. Es el arma emblemática de la aniquilación. Se conoce bien la magnitud del daño en Hiroshima y Nagasaki. Si comparamos con los parámetros contemporáneos, las dos ciudades representan leves demostraciones de lo que pueden hacer las armas nucleares. Pero incluso las explosiones nucleares más pequeñas pueden causar daños colaterales graves. El 9 de julio de 1962, por ejemplo, en una prueba nuclear conocida como Starfish Prime, Estados Unidos explotó una bomba de hidrógeno de 1.4 megatones a 400 km en el aire, incapacitando media docena de satélites en órbita y activando la de por sí perturbadora población de electrones en el cinturón de radiación de Van Allen, que rodea la Tierra a muchos miles de kilómetros por encima de la superficie de nuestro planeta. Sin embargo, siguieron adelante los ensayos y planes. U Thant, quien entonces era secretario general de las Naciones Unidas, describió el programa de Estados Unidos para probar las armas nucleares en el espacio como «una manifestación de una psicosis muy peligrosa».^[172]

Esa psicosis gobernó el cuerpo político durante un par de décadas. Desde el momento en que el presidente Truman se enteró de las bombas atómicas de Estados Unidos en abril de 1945, esperaba usarlas. Aunque inicialmente se construyeron para devastar a Alemania, que ahora estaba a punto de rendirse,

las bombas se desplegarían para acortar la guerra con Japón. Como dijo Walter LaFeber, historiador de la Guerra Fría, «Roosevelt había construido esta bomba para que se utilizara. Truman iba a llevar a cabo la política de Roosevelt. Se habían invertido miles de millones de dólares en el proyecto de la bomba. Truman no estaba por desperdiciar ese dinero».^[173]

Tres años más tarde, en 1948, durante el transporte aéreo estadounidense de suministros a Berlín Occidental luego del bloqueo del tránsito de superficie por parte de Stalin, Truman le dijo a su secretario de Defensa y secretario de Estado que, si bien «rezaba por que la bomba no tuviera que utilizarse», nadie debería de pensar que no daría órdenes de un bombardeo «si se volvía necesario». A principios de la década de 1950, Estados Unidos tenía 400 bombas nucleares y una flota de bombarderos intercontinentales B -29 que podían reabastecerse de combustible a medio vuelo.^[174]

Esta psicosis nuclear tampoco fue una enfermedad exclusivamente estadounidense. El 24 de julio de 1945, en las negociaciones trilaterales sobre las reparaciones, la reconstrucción de la posguerra y las fronteras, llevadas a cabo en Potsdam, Alemania (apenas dos semanas antes de que Estados Unidos soltara «Little Boy» y «Fat Man» sobre Hiroshima y Nagasaki), el presidente Truman mencionó casualmente (o eso pensaba) el hecho de que Estados Unidos ya poseía una nueva arma terrible. La respuesta de Stalin pareció tan despreocupada que Truman pensó que quizá no había comprendido el comentario. Lejos de eso: Stalin ordenó de inmediato que el proyecto atómico existente de la URSS acelerara su trabajo. Pronto se despejaron bosques enteros para abrir espacio para laboratorios. Se redirigió la electricidad desde las zonas civiles. «Apenas unas horas después de que comenzara la era atómica —escribe LaFeber— se intensificaba su carrera armamentista».^[175]

A continuación siguieron cientos de detonaciones. En agosto de 1949, soviética, con un rendimiento explosivo equivalente a 22 kilotonnes de TNT. En noviembre de 1952, estadounidense, 10.4 megatonnes. En agosto de 1953, soviética, 400 kilotonnes. En marzo de 1954, estadounidense, 15 megatonnes. En noviembre de 1955, soviética, 1.6 megatonnes. En noviembre de 1957, británica, 1.8 megatonnes. En febrero de 1960, francesa, 70 kilotonnes. En octubre de 1961, soviética, 50 megatonnes. En octubre de 1964, china, 22 kilotonnes.^[176] Las explosiones de kilotonnes eran típicamente bombas atómicas, que explotaban las propiedades fisiónables del uranio y el plutonio (elementos nombrados, por cierto, por los planetas Urano y Plutón). Las explosiones más mortales de megatonnes eran las bombas H, que derivan su

energía de la fusión termonuclear de hidrógeno a helio: lo mismo que ha estado haciendo el Sol en su núcleo en los últimos cinco mil millones de años.

Al ver esta proliferación de pruebas nucleares, el American Security Council, el grupo conservador de políticas públicas que propugnaba una postura estadounidense de espectro completo, exigió que «se suspendieran las negociaciones de prohibición de ensayos atómicos en Ginebra y que se reanudaran las pruebas nucleares subterráneas de inmediato».^[177] Algunos estrategias militares estaban de acuerdo. Ya estaban disponibles unas armas nucleares lo suficientemente pequeñas como para ser transportadas en misiles balísticos. La buena noticia es que para principios de la década de 1960, pocos miembros del ejército de Estados Unidos veían la instalación de bombas nucleares en un satélite como una opción razonable. Después de 1967, la opción había perecido.

Mientras recordaba su estado de ánimo justo después de la Segunda Guerra Mundial, el despiadado general Curtis LeMay, comandante del singularmente mortal bombardeo de Tokio con bombas de fuego y más tarde el primer jefe del Strategic Air Command (SAC o Comando Aéreo Estratégico) de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, les dijo a sus entrevistadores:

El SAC era la única fuerza que teníamos que podía reaccionar rápidamente a un ataque nuclear. No tenía mucho sentido para mí estar en la posición de no poder actuar porque no tenía armas... [C]uando regresé por primera vez de Alemania [1948], no tenía la menor duda de que si tuviéramos que pasar a una guerra a escala total, usaríamos armas nucleares... No considerábamos que ninguna unidad realmente estaba lista para el combate a menos que tuviera capacidad nuclear, [ya que] estábamos planeando una guerra nuclear.^[178]

En 1953, James S. Lay Jr., secretario ejecutivo del Consejo de Seguridad Nacional, emitió una directiva presidencial ultrasecreta, la NSC 162/2, que advertía sobre la intención de la Unión Soviética de dominar el mundo, sobre su creciente reserva nuclear, sus sospechosos gestos de paz y la posibilidad de que pronto fuera capaz de asestar «un golpe paralizante contra nuestra base industrial y contra nuestra capacidad continuada de enjuiciar una guerra». Esta «amenaza soviética» multifacética había llevado a muchos aliados de Estados Unidos a ver la negociación como «la única esperanza de acabar con la tensión, el miedo y la frustración actuales». Lay, por otro lado, minimiza la utilidad de la negociación y subraya la necesidad de disuadir por medio del poderío militar, como en el párrafo 34, que establece que «[e]l riesgo de agresión soviética se reducirá al mínimo si se mantiene una postura de seguridad sólida, con énfasis en una adecuada fuerza de represalia ofensiva y

fuerza de defensa. Esto debe basarse en una capacidad atómica masiva». Otros factores contribuirían a esa postura, como las bases, un sistema de defensa continental, el despliegue de fuerzas, un sistema de inteligencia efectivo, investigación científica superior y «el espíritu decidido del pueblo estadounidense». Pero la capacidad atómica encabezaba la lista. Una frase gélida en el párrafo 39b (1) resume la posición de los Estados Unidos: «En caso de hostilidades, Estados Unidos considerarán que las armas nucleares están disponibles para su uso como otras municiones».^[179]

Al año siguiente, el general Bernard Montgomery, quien había servido como Comandante Supremo Aliado en Europa, le dijo a un público londinense: «Quiero dejar absolutamente claro que nosotros... estamos basando toda nuestra planificación operativa en el uso de armas atómicas y termonucleares en nuestra propia defensa».^[180]

En 1956, el Comando Aéreo Estratégico compiló una lista de objetivos para una guerra concebible tres años después. La meta era la «destrucción sistemática». La lista tenía una extensión de 800 páginas, era ultrasecreta y estaba titulada «Estudio de requisitos de las armas atómicas para 1959», e incluía 179 objetivos en Moscú, 145 en Leningrado y 91 en Berlín Oriental. Los aeródromos, las fábricas, la infraestructura, los edificios gubernamentales y los equipos agrícolas eran los principales objetivos; cualquier humano desdichado que se encontrara en las instalaciones se volvería parte del objetivo. Además, un objetivo en cada ciudad aparecía simplemente como «Población».^[181]

En un documento de 1957 rotulado como MC 14/2 y al que a menudo se refiere como «Represalia masiva», la OTAN afirma claramente que «por lo tanto, en caso de guerra general, la defensa de la OTAN depende de una explotación inmediata de nuestra capacidad nuclear, ya sea que los soviéticos empleen armas nucleares o no», y declara su compromiso con una versión de disuasión lista para el contraataque:

Nuestro principal objetivo es prevenir la guerra mediante la creación de una disuasión eficaz de la agresión. Los elementos principales de la disuasión son las fuerzas nucleares adecuadas y otras fuerzas preparadas, y la determinación manifiesta de tomar represalias contra cualquier agresor con todas las fuerzas a nuestra disposición, incluidas las armas nucleares, que la defensa de la OTAN requeriría.^[182]

No podría ser más claro. Durante el apogeo de la acumulación nuclear, no había (y, dada la retórica de «fuego y furia» del presidente Trump, probablemente todavía no la haya) una línea que Estados Unidos no cruzaría en nombre de la seguridad, real o imaginada. Siempre ha habido y siempre

habrá personas poderosas en posiciones clave que estén dispuestas a usar todas y cada una de las armas contra un enemigo.

Cualquier país que espere pelear una guerra nuclear debe reflexionar sobre los posibles resultados: la mera supervivencia, la victoria total o algo intermedio. A mediados de la década de 1960, algunos pensadores militares estadounidenses y soviéticos daban por hecho que la guerra nuclear total era de hecho sobrevivible, aunque fuera inalcanzable la meta tradicional de la victoria. Los historiadores Richard Dean Burns y Joseph M. Siracusa describen esa mentalidad:

Para muchos líderes políticos ya no parecía posible una victoria militar nominal; más bien, con fuerzas suficientes para sobrevivir a un primer ataque nuclear, un Estado muy destrozado podría todavía lanzar su propia respuesta devastadora, lo que le daría a un agresor una pausa crucial antes de comenzar un conflicto nuclear.^[183]

La guerra podrá ser la continuación de la política por otros medios, pero la política se sale de la ecuación cuando dejan de existir países y civilizaciones completos. Sin embargo, con solo un descenso ocasional, el diseño, la fabricación y el almacenamiento de armamentos nucleares siguieron a veloz ritmo durante décadas, y podrían estar en alza otra vez.

Para los diplomáticos, el cese de los ensayos de estos armamentos parecía un punto de entrada viable para la reducción general de armas. A finales de los años de Eisenhower, Estados Unidos inició una moratoria de tres años en las pruebas nucleares. Esta no duró. A finales de 1961, Estados Unidos ya había reanudado las pruebas y la Unión Soviética había detonado su Bomba del Zar de 50 megatones a una altitud de 4 000 m sobre el mar de Barents, generando la mayor explosión en la historia de la humanidad. La Bomba del Zar desató 1 500 veces la energía de «Little Boy» y «Fat Man» combinadas, una explosión tan poderosa que su onda expansiva rodeó la Tierra tres veces. Tal como era su intención, la Unión Soviética había demostrado ser sumamente capaz y sumamente peligrosa.

Aún así, la cuestión de la supervivencia seguía siendo lo suficientemente vital como para obligar a los presidentes estadounidenses y líderes soviéticos a acomodarse en sillones contiguos de vez en cuando para intentar resolver algo. Mientras tanto, millones de ciudadanos estadounidenses y europeos, obispos católicos, exguerreros fríos e incluso anticomunistas acérrimos comenzaron a ejercer presiones para poner fin a la carrera armamentista. En otoño de 1986, Gorbachov les dijo a sus ayudantes: «Nuestro objetivo es

evitar la siguiente ronda de [la] carrera armamentista... Aquí, el *leitmotiv* es la liquidación de armas nucleares, y aquí lo que prevalece es el enfoque político, no el aritmético». En la primavera de 1987, él y su ministro de Asuntos Exteriores, Eduard Shevardnadze, sorprendieron a los Guerreros Fríos al aceptar una propuesta estadounidense anterior, conocida como la opción cero (diseñada por Richard Perle en 1981 y que nunca se pretendió que fuera aceptable).^[184] Cancelaría el emplazamiento de cientos de misiles de alcance intermedio en Europa occidental si la Unión Soviética destruía su propio arsenal de más de 1 000 de los mismos. Ahora los soviéticos también ofrecieron proactivamente recortar misiles de corto alcance. Y así, el 8 de diciembre de 1987, en Washington, D.C., Gorbachov y Reagan se sentaron en la misma mesa y firmaron el Tratado de las Fuerzas Nucleares de Alcance Intermedio.^[185] Algunos vieron esto como una capitulación soviética, otros como una victoria modesta para la humanidad.

En nuestros días, el tema de la victoria nuclear se ha reformulado como un duelo en torno al «derecho» de primer uso. Ambos lados de este duelo sostienen que su enfoque ofrece una mayor fuerza disuasoria y, por lo tanto, una mayor promesa de paz. Y recordemos: dada la creciente población de satélites, casi cualquier cosa que diga quienquiera sobre las armas nucleares en general aplica para las armas nucleares en, a través y desde el espacio.

Estados Unidos se ha negado durante mucho tiempo a renunciar a la opción de ser los primeros en utilizar armas nucleares en un conflicto. El «éxito —afirma un documento reciente de la Doctrina de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, Operaciones nucleares— depende de la superioridad en el aire, el espacio y el ciberespacio. Proporciona la libertad *de atacar*, así como estar libres de *ser atacados* [las cursivas son nuestras]. Esto es tan cierto para las misiones nucleares como para cualquier otra forma de ataque». El *Nuclear Posture Review Report* (Informe de la Revisión de la Postura Nuclear) de la administración Obama, después de señalar que el «arsenal nuclear masivo que heredamos de la confrontación militar bipolar de la era de la Guerra Fría es poco adecuado para abordar los desafíos planteados por los terroristas suicidas y los regímenes hostiles que buscan armas nucleares», toma una posición bastante compatible con la de *Nuclear Operations*: «Esto no significa que se haya vuelto irrelevante nuestra disuasión nuclear. De hecho, mientras existan las armas nucleares, Estados Unidos mantendrá fuerzas nucleares seguras, con protección y efectivas».^[186] El sucesor de Obama, no en un documento oficial sino en un tuit previo a la Navidad poco antes del comienzo de su presidencia, declaró: «Estados Unidos deberá fortalecer y

expandir su capacidad nuclear en gran medida hasta que el mundo vea la razón en cuanto a las armas nucleares», y siguió ese tuit al día siguiente con un alarde en el canal de MSNBC: «Que sea una carrera armamentista. Los superaremos en cada paso y los superaremos a todos». Después de un mes en la Casa Blanca, dijo en una entrevista con Reuters:

Soy el primero que quisiera ver a todo el mundo... a nadie tener armas nucleares, pero nunca quedaremos detrás de ningún país, aunque sea un país amigo, nunca nos vamos a atrasar con la energía nuclear.

Sería maravilloso, un sueño sería que ningún país tuviera armas nucleares, pero si los países van a tener armas nucleares, vamos a estar al frente del grupo.^[187]

Puede ser que a la política estadounidense oficial y la improvisada todavía les guste la opción de primer uso, pero muchos funcionarios anteriores ya condenan esa opción. Durante la agonía de la campaña electoral de 2016, dos de ellos expusieron sus argumentos en el *New York Times*. Uno es un exvicejefe del Estado Mayor Conjunto y excomandante del Comando Estratégico de Estados Unidos (USSTRATCOMM), el otro es un ex oficial de USSTRATCOMM y exinvestigador sénior de la Brookings Institution:

Las armas nucleares de hoy ya no sirven a ningún propósito más allá de disuadir el primer uso de dichas armas por parte de nuestros adversarios... Más allá de reducir [los] peligros, descartar el primer uso también traería innumerables beneficios. Para empezar, reduciría el riesgo de un primer ataque contra nosotros durante las crisis globales. Los líderes de otros países se tranquilizarían al saber que Estados Unidos veía sus propias armas como elementos disuasorios para la guerra nuclear, no como herramientas de agresión.^[188]

Unos días después del final de la Convención Nacional Republicana de 2016, escribiendo en un blog y no en un «periódico de referencia», Michael Krepon, un analista muy citado en los campos del desarme nuclear y seguridad del espacio exterior, fue más directo:

Estados Unidos no utilizará primero las armas nucleares en un conflicto. Los aliados que creen lo contrario se adhieren a una ficción y una muleta psicológica... La disuasión nuclear funciona mejor en abstracto. Se basa en la ambigüedad y la incertidumbre. El sistema de creencias construido alrededor de la disuasión nuclear colapsa una vez que aparece la primera nube de hongo. Dado que es muy probable que una detonación nuclear lleve a otra, las perspectivas para el control de la escalada dependen de renunciar al primer uso.^[189]

Por supuesto, la discusión no se detiene en la frontera de Estados Unidos, y una promesa de renuncia al primer uso no es sinónimo de desarme, aunque todos los países hicieran esa promesa. La OTAN sigue suscribiéndose firmemente a mantener una reserva de armas nucleares: «La disuasión, basada en una combinación adecuada de capacidades nucleares y convencionales, sigue siendo un elemento central de nuestra estrategia general... Mientras

existan armas nucleares, la OTAN seguirá siendo una alianza nuclear». Hoy en día, la situación nuclear mundial es un mosaico de temores, metas y compromisos en conflicto: la Constitución de Brasil compromete al país a utilizar la energía nuclear con fines pacíficos; Irán ha anulado su capacidad para producir rápidamente armas nucleares; mientras que Pakistán, tradicionalmente en desacuerdo con su gigante vecino, India, tiene la reserva de armas de más rápido crecimiento en el mundo. En julio de 2017, Corea del Norte probó dos misiles balísticos intercontinentales, alarmando no solo a sus vecinos cercanos sino también a los distantes Estados Unidos. Un ICBM de Corea del Norte capaz de lanzar una bomba nuclear a San Francisco es ahora una posibilidad a corto plazo. También en julio, en la Asamblea General de las Naciones Unidas en la ciudad de Nueva York, 122 países acordaron el lenguaje de un tratado para prohibir las armas nucleares para siempre. Ninguna de las nueve naciones con armas nucleares del mundo participó en su redacción. El tratado prohíbe a todos los signatarios desarrollar, probar, producir, poseer, transferir, desplegar, estacionar, usar o incluso amenazar con usar «armas nucleares u otros dispositivos explosivos nucleares». Una vez que 50 países hayan firmado y ratificado el tratado, se convertirá en ley. [190]

En un texto para el *Bulletin of the Atomic Scientists* tres semanas después de que apareciera la publicación del blog de Krepon, Ramesh Thakur, un exsecretario general adjunto de la ONU, caracterizó la situación global como precaria, especialmente en Asia:

Al diferencia del vis a vis de las superpotencias el siglo pasado, la segunda era nuclear presenta a una multiplicidad de potencias nucleares con vínculos entrecruzados de cooperación y conflicto, sistemas frágiles de comando y control, vulnerabilidades cibernéticas críticas, percepciones de amenaza que ocurren entre tres o más estados con armas nucleares a la vez... Esta es una situación que necesita todas las medidas de desescalada que pueda conseguir.^[191]

El *Bulletin of the Atomic Scientists*, por cierto, es la sede del Reloj del Día del Juicio Final. La portada de su edición de junio de 1947 presentaba un reloj esquemático puesto a los siete minutos para la medianoche, lo que indicaba «la urgencia del peligro nuclear». Desde entonces, las manecillas del reloj se han movido 21 veces, dependiendo de si «los eventos empujan a la humanidad más cerca o más lejos del apocalipsis nuclear». Diecisiete minutos hasta la medianoche, en 1991, es lo más seguro que ha estado el mundo. Hoy en día, el cambio climático y otras amenazas potenciales influyen en el reloj. En enero de 2015, las manecillas se movieron a tres minutos para la medianoche, el escenario más terrible desde el punto culminante de la Guerra Fría. Permanecieron a los tres minutos para la medianoche hasta el 26 de

enero de 2017, cuando se acercaron medio minuto más. Un año después — debido a que «los principales actores nucleares están en la cúspide de una nueva carrera armamentista», debido al «impulso... de las inversiones de las naciones en sus arsenales nucleares», debido al «lenguaje imprudente en el ámbito nuclear que aviva las situaciones de por sí peligrosas»— se acercaron todavía medio minuto más.^[192]

Volver a modelar un ejército para el holocausto nuclear potencial era un proyecto político de vanguardia de una era anterior. La remodelación de una fuerza aérea para el posible engaño, desorganización, negación, degradación y destrucción de activos espaciales hostiles es un proyecto militar de primer plano del actual. Pero dejemos algo claro: el proyecto actual incorpora el anterior. Desde el triunfo del misil balístico intercontinental, ha sido un esfuerzo largo y unificado en el que las armas nucleares nunca han desaparecido del catálogo de opciones, y en donde los satélites se han vuelto cada vez más indispensables para la práctica de la guerra.

Un arsenal copioso, y en parte nuclear, sirve como un poderoso elemento disuasorio simplemente porque existe. Cuanto más grandes, más mortíferas, más diversas, más ágiles y más numerosas sean las armas, más fuerte será la disuasión. Si se asusta a la gente lo suficiente, se acobardan y se retiran. Claro que no toda la gente está de acuerdo en cuanto a la dinámica de la disuasión y los mejores medios para lograrla (o echarla a perder), pero los que defienden la noción de un mayor arsenal como el modo de disuasión más fuerte son los que generalmente han tenido el megáfono. Como lo expresa *Operaciones nucleares*, el documento de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos: «Aunque las fuerzas nucleares no son el único factor en la ecuación de la disuasión, nuestra capacidad nuclear subyace a todos los demás elementos de la disuasión».

Un pequeño problema: es posible que la disuasión solo basada en las armas no funcione con todos los adversarios. Puede ser que algunos líderes no se dejen intimidar por nada. A otros quizá les entusiasmen las fantasías de supremacía. No importa cuán letales y salvajes sean las armas, al menos algunas personas imaginan circunstancias en las que estarían dispuestos a usarlas. En efecto, que a uno lo vean como listo y dispuesto a usar esas armas podría servir como un componente importante de la disuasión.

La mayoría de los analistas admite que una guerra espacial total es una posibilidad remota. Aún no existen la mayoría de las armas para conducirla, y

son colosales los peligros para los propios territorios, poblaciones y satélites. Sin embargo, según un exespecialista en ciencia y tecnología del Council on Foreign Relations (Consejo de Relaciones Exteriores), poner algunos vehículos convertidos en armas en la órbita baja de la Tierra serían un elemento disuasorio exquisitamente efectivo:

Las armas basadas en el espacio... ofrecerían la capacidad de ejercer presión usando diplomacia de cañonero en cualquier parte del mundo, de manera continua e instantánea. En la actualidad hay un hecho tremendamente subestimado, aunque sin duda esté pronto a realizarse, y sería que las armas espaciales ofrecerán a los países una capacidad omnipresente de influir en la política de otros estados por la simple posibilidad de una aplicación de la fuerza.^[193]

¿Y qué de la diplomacia que no sea de mano fuerte? Es muy dudosa, aunque indispensable. Las negociaciones diplomáticas nunca son fáciles y rara vez son garantía de una paz duradera. Se pueden ignorar los acuerdos internacionales existentes sobre el espacio exterior. Los diplomáticos pueden tener muy poco espacio para maniobrar y muy pocos incentivos para ofrecer. A los adversarios los puede impulsar el fervor, la enemistad o la negación hasta el punto de una inflexibilidad extrema. Los países conservan el derecho a renunciar a un tratado siempre y cuando sus disposiciones entren en conflicto con salvaguardar su seguridad nacional.^[194] También existe la opción de no ratificar un tratado, incluso cuando todos los demás en el mundo ya lo hicieron.

Por otro lado, si bien el ejercicio de la soberanía nacional puede parecer relativamente sencillo aquí en la superficie de nuestro planeta, es casi imposible de lograr en el espacio. Las fuerzas armadas (todavía) no pueden controlar el espacio físicamente, como lo harían con otros espacios de batalla. Así que a las naciones no les queda mucha opción. Cuando se trata del espacio, deben recurrir a la diplomacia.^[195]

Otro nivel del problema de la diplomacia es que el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre no cubre todas las armas o intervenciones posibles. Esa es una de las razones por las que muchos países y analistas han exigido la ampliación y clarificación de sus mandatos y una definición integral de «arma espacial». El Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre no prohíbe explícitamente orbitar armas convencionales (energía cinética o energía dirigida). No está prohibida la interferencia electrónica, incluida la interferencia con el control basado en tierra de naves espaciales. No están prohibidos los misiles balísticos que solo pasan por el espacio pero no logran órbita. No están prohibidas las armas antisatélite lanzadas desde tierra, mar o aire. No están prohibidos los sistemas espaciales de defensa de misiles

balísticos. No están prohibidos los ensayos de armas antisatélite en el espacio. Las armas orbitales basadas en principios físicos de vanguardia (entrelazamiento cuántico, haces de partículas) serían permisibles siempre y cuando no puedan caracterizarse como armas de destrucción masiva. No se prohibirían los microsátélites parasitarios y las minas espaciales. No se prohibirían los vehículos que podrían descender de la órbita para atacar objetivos terrestres. Se permitirían «maniobras emergentes» (*pop-up maneuvers*) a corto plazo en el espacio. Encima de todo esto, la verificación y la inspección siguen siendo temas espinosos.^[196]

Todas estas omisiones y limitaciones hacen que uno se pregunte cuán propicio para la seguridad personal, nacional o global puede ser el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre. Consideremos el Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares de 1996. El TPCEN fue un esfuerzo diplomático internacional para extender y fortalecer el tratado parteaguas de prohibición limitada de ensayos de 1963. Lo que el TPCEN obliga a sus signatarios a hacer es «no llevar a cabo», «promover y prevenir», y «abstenerse de causar, alentar o participar de cualquier manera en la realización» de «cualquier explosión de ensayo de armas nucleares, o cualquier otra explosión nuclear». Suena completo, especialmente si se toma en cuenta la frase «cualquier otra explosión nuclear». Pero esta es una prohibición de ensayos, no de armas. Se centra en el monitoreo, la inspección *in situ* y la verificación, y existen varias lagunas gigantes. Una es sencillamente el término *explosión*. Los preparativos para una explosión son perfectamente aceptables —que únicamente no sea una explosión real— y los experimentos no necesariamente incluyen explosiones. Otra laguna es que, según el artículo 51 de la Carta de las Naciones Unidas, invocada con frecuencia, es perfectamente razonable el uso de armas con fines de autodefensa («el derecho inherente a la autodefensa individual o colectiva si se produce un ataque armado»); por lo tanto, el uso de armas nucleares «defensivas» no está explícitamente prohibido por el TPCEN. Una tercera laguna es que los países están en total libertad de mantener un arsenal de armas nucleares, y muchos lo hacen.^[197] En todo caso, antes de que el TPCEN se pueda convertir en un principio del derecho internacional, lo deben firmar 44 países específicos, y además ratificarlo. De esos 44, tres ni siquiera lo han firmado, y otros cinco, incluyendo a Estados Unidos y China, lo han firmado pero no lo han ratificado.^[198]

En comparación, el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre tiene amplio apoyo: más de 100 estados lo han ratificado o confirmado mediante un

proceso equivalente, y más de 20 lo han firmado pero no lo han ratificado. ¿Podría esto ser en parte porque unas armas de destrucción masiva que continuamente rodean la Tierra a 1 000 km por encima de los residentes de nuestro planeta son, y se consideran, mucho más peligrosas para todos y todo que las armas que se encuentran en la superficie de la Tierra?

Las opciones políticas a futuro no son numerosas. Podemos continuar con los esfuerzos diplomáticos, la escalada militar incesante, las protestas públicas incesantes, la violencia real o un estado de temor permanente y paralizante; básicamente las mismas opciones previstas en el NSC 68 hace 70 años.

La diplomacia es hablar, en una versión elaborada y sancionada por el Estado. Es la manera en que uno se acerca a los adversarios, rivales, vecinos, canallas y matones. Como dijo el historiador de Asia Oriental Bruce Cumings, «no es algo que uno hace entre amigos».^[199] Si cada persona pensara, sintiera, creyera y quisiera exactamente las mismas cosas, si los intereses individuales, corporativos y nacionales fueran siempre congruentes, si las prioridades nunca cambiaran, si no existiera un conflicto de intereses o una sed de poder, sería innecesaria la diplomacia. Pero cuando se acerca un conflicto, la supervivencia exige décadas de esfuerzos diplomáticos de tira y afloja, incluso cuando hay éxitos esporádicos y los resultados son poco más que unos cuantos breves ceses de hostilidades o unas cuantas armas menos en la órbita terrestre.

En 1935, el exitoso autor Sinclair Lewis escribió la novela distópica *Eso no puede pasar aquí*, que describe la elección presidencial de Estados Unidos de 1936, una elección que transforma a la nación en una dictadura represiva y muy militarizada. La mayoría de los personajes de Lewis son intolerantes, de miras estrechas, «estadounidenses de verdad». Muy temprano en la novela, el lector se encuentra con el general de brigada retirado Herbert Y. Edgeways, estadounidense, quien pronuncia un discurso después de la cena en una fiesta del Club Rotario de la ciudad de Fort Beulah, Vermont, en una tarde de primavera medio año antes la elección. Su tema es «La paz a través de la defensa».

«Por primera vez en toda la historia —proclama el general Edgeways— una gran nación debe seguir armándose cada vez más. No para conquistar. No por envidia. ¡No para la guerra, sino para la paz!». Sin embargo, instado por otra oradora después de la cena, una tenaz Hija de la Revolución Americana,

para que admita que quizás a veces «la guerra venga bien», el general responde:

mejor será que confiese que, aunque detesto la guerra, pienso que existen cosas peores. ¡Ay, amigos míos, mucho peores! ¡Como un Estado de supuesta paz, donde las organizaciones laborales están llenas de conceptos enfermizos que se transmiten como gérmenes desde la Rusia roja y anarquista! Un Estado donde los profesores universitarios, los periodistas y los escritores famosos están promulgando en secreto esos mismos ataques sediciosos... ¡contra la antigua y espléndida Constitución! Un Estado en el cual, al ser alimentados con estas drogas mentales, ¡el pueblo es flojo, cobarde, codicioso y carente del fiero orgullo del guerrero! ¡Un Estado así es mucho peor que la guerra más monstruosa!

... Lo que realmente me gustaría que hiciéramos es salir y decirle a todo el mundo: «Bueno, chicos, ya no importa el aspecto moral del asunto. ¡Tenemos poder! ¡Y el poder no necesita excusas!». ^[200]

En 1935, el poder era menos poderoso de lo que es hoy. Tenía menos armas a su disposición. Podía hacer menos daño. Hoy tenemos megalomaniacos y megaarmamentos. Hemos elegido funcionarios que invocan el lema proarmamentista de «La paz a través de la fuerza» y hablan de «no quitar ninguna carta de la mesa».

Afortunadamente, también tenemos viajeros espaciales de muchas naciones que viven, conversan e indagan biología, química, investigaciones médicas y astrofísica en la Estación Espacial Internacional durante meses a la vez, un caso de prueba para la paz a través de la cohabitación y la colaboración. La estación espacial es su pequeño mundo. A diferencia de sus contemporáneos móviles aquí en la Tierra, no pueden levantarse e irse en cualquier momento. Y cuando los viajeros espaciales miran a la Tierra, no se pueden ver en ninguna parte esos países separados del globo terráqueo del aula. Lo único que ven son mares azules, masas de tierra verde y marrón, y el blanco de las nubes y los glaciares: un mundo, indivisible, el único hogar de la humanidad hasta el momento.

Algunos podemos estar esperando la oportunidad de colonizar Marte. No pasará mañana. Mientras tanto, quizás podamos intentar fingir que somos astronautas, porque a decir verdad, si lo consideramos en términos de la galaxia —y ni mencionemos el universo—, eso somos.

EL PODER DEL ESPACIO

El *poder* es la capacidad para lograr un resultado específico. Sus fuentes, trampas, abusos y encanto pueden detectarse en todas partes. A veces el poder en sí es la meta. En la novela distópica *1984* de George Orwell, el autor intelectual del Partido Interior le dice a su prisionero, un antiguo falsificador eximio del Ministerio de la Verdad que ha comenzado a exhibir una peligrosa lealtad a los hechos: «El poder no es un medio, sino un fin en sí mismo». Y luego: «El objeto de la persecución no es más que la persecución misma. La tortura solo tiene como finalidad la misma la tortura. Y el objeto del poder no es más que el poder».^[1]

El poder podrá ser cualquier cosa, pero no es misterioso. El espacio, por otro lado, lo es. Su inmensidad desafía la medida y la comprensión. Gran parte de lo que lo impulsa sigue siendo un acertijo, y aún así contiene todo lo que pudiéramos desear verificar jamás. No se ve afectado por la humanidad. El espacio, en movimiento sin cesar, es el escenario máximo en donde se presentan ciclos continuos de creación y destrucción.

El poder espacial consiste en tener el conocimiento, la capacidad material y la voluntad de tomar acciones fuertes y audaces más allá de los límites de la atmósfera de la Tierra. Cuando los políticos hablan sobre el poder espacial, hacen referencia a las naciones que pertenecen al pequeño pero influyente club de viajeros espaciales. Cuando los combatientes hablan de ello, hacen referencia a los medios para disuadir, defender y destruir y también, si se justifica, para negar a los adversarios el acceso al espacio para sus propios fines militares o incluso civiles.

El poder del espacio permite la comunicación, la intimidación, la vigilancia, el dominio, la evaluación de amenazas y, sí, la investigación científica en formas y en distancias nunca antes posibles. Es el principal agente de control remoto y acción instantánea. Aquel aforismo de Mao Zedong que reza: «el poder político nace de la boca de un fusil» podría tener

como versión espacial «el poder político nace del terreno alto del espacio». Así como una bala de cañón de hierro de 8 kg envalentonó a una docena de soldados de las tropas revolucionarias del general Washington para atacar a una fila de soldados británicos desde una arboleda a un kilómetro y medio de distancia, también el satélite ha permitido que un avión teledirigido operado por un piloto estadounidense sentado en un cobertizo cerca de Las Vegas pueda atacar a los insurgentes en las montañas de Afganistán.

El camino hacia el poder espacial de espectro múltiple es largo, difícil y costoso. Primero viene la ciencia, luego la investigación, la ingeniería, las fallas múltiples y el futuro dominio. Finalmente, los aspirantes llegan al control y, si eso buscan, a la ocupación y explotación. La China contemporánea entiende esta secuencia y ha estado dispuesta a costear los gastos. Hoy en día China cuenta con cuatro instalaciones de lanzamiento de naves espaciales, en comparación con tres de Rusia y tres de Estados Unidos, y durante los últimos años ha logrado un número de lanzamientos exitosos parecido al de las otras dos potencias espaciales. En otoño de 2016, China puso en órbita su segunda estación espacial y planea poner una gran estación multimodular en órbita a principios de 2020. También espera aterrizar del lado opuesto de la Luna y lanzar una sonda para orbitar y muestrear Marte.^[*]

«Las naciones que aspiren al liderazgo mundial en el siglo XXI deberán viajar por el espacio», dice el informe de 2002 de la Comisión sobre el Futuro de la Industria Aeroespacial de los Estados Unidos (en la que trabajé).^[2] China obviamente está de acuerdo con esta afirmación. En 2013, el presidente Xi Jinping declaró que «el sueño espacial es un componente importante para la realización del gran sueño del pueblo chino de renovación nacional». Se unen dos ideas en la declaración de Xi: la primera, que el poder espacial es la clave del poder general, y no algo secundario; y la segunda, la restauración de la grandeza anterior de China es clave para la grandeza de su futuro y, por lo tanto, su poder.

Con ese espíritu, China publicó una serie de libros blancos para el siglo XXI que anunciaban sus intenciones y logros, de modo que el resto del mundo pudiera saber cómo las intenciones regularmente se convierten en logros. Antes de comenzar su impresionante descripción de su progreso y tareas próximas, el libro blanco sobre el espacio 2006 adopta un tono decidido: «China ha establecido el objetivo estratégico de convertirse en una sociedad acomodada de una manera integral, clasificándose entre los países con las mejores capacidades innovadoras en los primeros veinte años del siglo XXI». El libro blanco de 2011 sobre el espacio incluye nuevamente una

lista de logros y temas de la agenda, pero afirma que «el gobierno chino hace que la industria espacial sea una parte importante de la estrategia de desarrollo general de la nación, y se adhiere a la exploración y utilización del espacio exterior con fines pacíficos», y que, habiendo creado las condiciones adecuadas para el rápido desarrollo de su industria espacial, «China [ahora] se clasifica entre los principales países del mundo en ciertas áreas importantes de la tecnología espacial». El libro blanco de 2015 sobre estrategia militar caracteriza al espacio y al ciberespacio como «nuevas alturas de mando en la competencia estratégica entre todas las partes», de modo tal que «los equipos y armas de largo alcance, precisos, inteligentes, sigilosos y no tripulados se van volviendo cada vez más sofisticados» y «[la] forma de la guerra acelera su evolución hacia la informatización». El libro blanco de diciembre de 2016 sobre el espacio declara: «Explorar el vasto cosmos, desarrollar la industria espacial y convertir a China en un poder espacial es un sueño que perseguimos incansablemente». Todas estas declaraciones públicas enfatizan que el espacio, sin el cual no habría ciberespacio, ofrece un camino codiciado hacia el poder nacional integral, un camino que China ha estado siguiendo a toda velocidad en los últimos años.^[3]

Allá en la década de 1960 en Estados Unidos, el presidente Kennedy envió a su país por el mismo arco, con velocidad similar y objetivos resonantes. En septiembre de 1962, después de jurar que su nación no se «hundiría en las repercusiones» de la era espacial ni toleraría que el espacio fuera «gobernado por una bandera de conquista hostil», le dijo a la multitud en el estadio de la Rice University en Houston:

La ciencia espacial, como la ciencia nuclear y toda la tecnología, no tiene conciencia propia. Depende del hombre que se convierta en una fuerza para bien o para mal, y solo si Estados Unidos ocupa una posición de preeminencia podremos ayudar a decidir si este nuevo océano será un mar de paz o un nuevo y aterrador teatro de guerra.^[4]

Un par de meses más tarde, Kennedy se reuniría con algunos altos funcionarios de la NASA en la Casa Blanca para decirles en un lenguaje menos efusivo por qué un alunizaje debía ocurrir sin demora. Para lograr la «preeminencia en el espacio» estadounidense, enfatizó, ir a la Luna tenía que convertirse en el «proyecto de máxima prioridad» de la NASA:

Nos guste o no, esto es, en cierto sentido, una carrera. Si llegamos a la Luna en segundo lugar, está bien, pero es como llegar en segundo lugar en cualquier momento...

No me interesa tanto el espacio. Creo que es bueno, creo que deberíamos de conocerlo, estamos listos para gastar cantidades razonables de dinero. Pero estamos hablando de esos gastos fantásticos que nos arruinan el presupuesto y todos los otros programas nacionales, y en mi opinión la única justificación para hacerlo en este momento o de este modo es porque

esperamos vencer [a la Unión Soviética] y demostrar que aunque comenzamos después, como lo hicimos nosotros por un par de años, por Dios, los superamos.^[5]

La demanda de Kennedy no podría haber sido más clara: Estados Unidos debía convertirse en nada menos que el poder espacial supremo. Y sí, los desembolsos eran fantásticos.

Después de menos de siete años y 16 mil millones de dólares de gastos del Proyecto Apolo, los estadounidenses pisaron con sus botas el polvoso regolito de la Luna justo cuando la presencia de tropas estadounidenses en Vietnam alcanzaba su máximo histórico de más de medio millón de soldados. En 1965 y 1966, mientras se construía la costosa infraestructura para el lanzamiento a la Luna de la NASA, el gasto total de la NASA superó el 4 % del gasto federal total. Después de los triunfos lunares de Estados Unidos de 1969 a 1972, la participación de la NASA en el gasto federal se ha mantenido en torno (y en su mayoría menor) al 1 por ciento.^[6]

Sin embargo, una gran cantidad de gastos del gobierno de Estados Unidos en el espacio no aparecen en los presupuestos de la NASA. Como se podrá sospechar, el Departamento de Defensa también tiene un presupuesto para el espacio. En 2012, fue de 27.5 mil millones de dólares, la mitad del presupuesto de la NASA; en 2015 fue de 23.6 mil millones de dólares, un tercio más. Estados Unidos —por mucho el país que más gastos militares hace en el mundo— también es el que más gasta en espacio militar. En 2008, Estados Unidos desembolsó casi 10 veces más que el resto del mundo en conjunto. Y eso no incluye el gasto en tecnología de doble uso, la cual incluye cualquier cosa que con la misma tranquilidad pueda llevar a cabo una tarea no militar hoy que una tarea militar mañana.^[7] Para 2016, el gasto en espacio militar de Estados Unidos se había reducido a dos veces del total mundial. El dominio del gasto estadounidense podrá estabilizarse aún más a medida que otros países vayan estableciendo una presencia espacial más fuerte, recalibración que probablemente tendrá repercusiones por toda la política y la inversión internacional.

Durante medio siglo, la retórica espacial de Estados Unidos hacía eco del tono asertivo de las declaraciones públicas de Kennedy. Los documentos de política militar y cuasimilitar que datan de la primera década del siglo XXI enfatizaban el espacio (combinadas reflexivamente con el ciberespacio, como si fueran Adán y Eva o el arroz con frijoles)^[8] como el campo de batalla del futuro, un dominio para capturar, controlar, y explotar. En contraste, los

documentos de política sobre la exploración humana y robótica del espacio profundo han celebrado el avance de la ciencia. Por lo general, invocan la necesidad de colaborar en lugar de dominar: nuevamente, el lenguaje de la ciencia en lugar del de conflicto. Sin embargo, desde los primeros días de la carrera espacial, cuando la palabra *carrera* era un inequívoco llamado a las armas científicas, los que están en el poder se han mostrado inflexibles en cuanto a que la ciencia juega un papel secundario a la capacidad militar.

Tomemos el documento de doctrina de la Fuerza Aérea de 2006 titulado *Operaciones espaciales*. La guerra del siglo XXI, dice, debe ser una «guerra habilitada por el espacio»:

Hoy en día, el control del máximo terreno alto es crítico para la superioridad del espacio y asegura las capacidades de multiplicación de la fuerza del poder espacial. Mañana, la superioridad espacial puede permitir un combate instantáneo en cualquier parte del mundo... [L]a Fuerza Aérea entiende el poder espacial como un ingrediente clave para lograr la superioridad en el espacio de batalla... El poder espacial debe integrarse en todas las operaciones conjuntas como habilitador y multiplicador de fuerza.

Como habilitadoras reconocidas, las organizaciones no militares estarían sujetas a la conscripción: «Hoy en día, muchas organizaciones civiles, comerciales y extranjeras contribuyen con capacidades espaciales a las operaciones militares [que] a menudo deben solicitarse de forma no planificada. Por ejemplo, los militares podrían solicitar a la NASA que redirija el enfoque de una misión científica para apoyar una operación militar».^[9] Así, ni la NASA ni Google, Intelsat, ExxonMobil, el Centro Harvard-Smithsonian de Astrofísica, ni la Agencia Europea de Navegación por Satélite se encuentran fuera del alcance del Departamento de Defensa.

Operaciones contraespaciales, un documento de doctrina de la Fuerza Aérea ligeramente anterior, da un tono más combativo. Detalla el compromiso militar de Estados Unidos de deshabilitar o destruir el activo de cualquier otro que interfiera, pueda o pudiera interferir con cualquier actividad realizada en el espacio por Estados Unidos o sus aliados. Es un tema recurrente proteger y preservar la superioridad espacial de Estados Unidos, junto con la opción de pasar a la ofensiva al hacerlo. Es esencial impedir que un adversario potencial «explote el espacio en su beneficio». Es primordial la disuasión. Pero si no basta la disuasión, el ejército tiene a su disposición una cartera de opciones, desde el camuflaje y la dispersión de los activos espaciales hasta el reposicionamiento de satélites y la «supresión de las capacidades contraespaciales adversarias», en otras palabras: un ataque ofensivo.

Atacar basándose en leves indicios de probabilidad sugiere una definición amplia de la defensa propia. Tomar la ofensiva para lograr esta autodefensa implica lo que la Fuerza Aérea llama las *Cinco D*: decepción, desarticulación, denegación, degradación y destrucción, llevadas a cabo por tecnología que va desde interceptores de radio frecuencia y códigos maliciosos hasta aviones pilotados a distancia, misiles, armas antisatélite y láseres. Las fuerzas de operaciones especiales también podrían unirse a la refriega. El contraespacio exige un amplio alcance.^[10]

El liderazgo era el tema principal del presidente Kennedy. Al igual que la asertividad ha tenido una larga vida temática. Durante al menos la primera década del presente milenio, era casi axiomático que sería intolerable un mundo en el que Estados Unidos no liderara:

- «Para lograr los objetivos de seguridad nacional y competir con éxito a nivel internacional, Estados Unidos debe mantener el liderazgo tecnológico en el espacio», afirma el informe de 2001 de la Comisión para Evaluar la Organización y Gestión del Espacio de Seguridad Nacional de los Estados Unidos.
- «Otras naciones, contra las cuales competimos por empleos en la economía global, también tienen la intención de explorar el espacio. Si no somos nosotros, alguien más liderará la exploración, la utilización y, en última instancia, la comercialización del espacio, mientras permanecemos con los brazos cruzados», afirma el informe de 2004 de la Comisión del Presidente sobre la Implementación de la Política de Exploración Espacial de Estados Unidos (otra comisión en la que serví).
- «Estados Unidos es la principal potencia espacial... Por lo tanto, el hecho de que Estados Unidos no permanezca en la vanguardia de las tecnologías espaciales tendría implicaciones tanto militares como comerciales. Los avances en los sectores militares o civiles se superpondrán, se intersecarán y se reforzarán entre sí. En consecuencia, el desarrollo en Estados Unidos de una industria espacial dinámica e innovadora del sector privado será indispensable para el futuro liderazgo espacial del país», afirma el informe de 2009 del Grupo de Trabajo Independiente sobre la Defensa de Misiles, la Relación Espacial y el siglo XXI, un proyecto del Institute for Foreign Policy Analysis [Instituto de Análisis de Política Exterior].

- «Durante más de 50 años, nuestra comunidad espacial ha sido un catalizador para la innovación y un sello distintivo del liderazgo tecnológico de Estados Unidos. Nuestras capacidades espaciales sustentan el comercio mundial y los avances científicos y refuerzan nuestras fortalezas de seguridad nacional y las de nuestros aliados y socios», afirma la Estrategia de Seguridad Nacional 2010 de la administración de Obama.
- «La seguridad nacional de Estados Unidos... cada vez más se predice basada en el liderazgo activo de Estados Unidos de los esfuerzos de alianza y coalición en tiempos de paz, de crisis y de conflicto... El liderazgo de Estados Unidos en el espacio puede ayudar a Estados Unidos y a nuestros socios a abordar los desafíos planteados por un dominio espacial cada vez más congestionado, disputado y competitivo», afirma el resumen sin clasificar de la Estrategia de Seguridad Nacional de 2011.

Mientras tanto, el resto del mundo no se ha quedado con los brazos cruzados. En cuanto a esa frase de 2011 —«congestionado, disputado y competitivo»—, en ciertos lugares se están socavando las presunciones de la primacía de Estados Unidos, debido al reconocimiento de la vulnerabilidad, o al menos de la multiplicidad. Incluso en 2006, *Operaciones espaciales* reconocía tres niveles de ventaja (paridad espacial, superioridad espacial y supremacía espacial) y reconocía que la supremacía «a veces puede ser un objetivo poco realista, porque las fuentes de poder espacial incluyen capacidades espaciales comerciales y de terceros, y es difícil negar completamente el acceso de un adversario a estas capacidades». Muy cierto, a menos que uno esté dispuesto a convertir el espacio en un campo de batalla permanente.

El poder no desaparece como meta solo porque hay competencia. En 2014, un subsecretario de defensa adjunto para la política espacial declaró: «El espacio sigue siendo vital para nuestra seguridad nacional... Es una clave para la proyección de poder de Estados Unidos, es un fuerte elemento disuasorio para nuestros potenciales adversarios y una fuente de confianza para nuestros aliados». Pero ese mismo secretario adjunto, en el mismo testimonio a un subcomité de Servicios Armados del Senado, también declaró que el ambiente estratégico espacial está evolucionando de modos que presentan un reto para Estados Unidos. El espacio, admitió, ya es una frontera abierta a todos.^[11]

A estas alturas, esa última idea es una verdad evidente. Queda claro que la actual ventaja asimétrica de Estados Unidos en el espacio no es inmune a la

erosión. Un régimen espacial multilateral ya se disparó mucho más allá de la fase de lanzamiento. El poder de Estados Unidos está bajo amenaza. Y cada vez es más claro que la fuerte dependencia militar, comercial y civil de Estados Unidos en los activos espaciales crea sus propios problemas pesados.

Así describió la situación en el verano de 2016 el General John E. Hyten, comandante del Comando Espacial de la Fuerza Aérea de Estados Unidos:

A pesar del interés mundial en evitar la militarización del espacio, los adversarios potenciales han identificado el uso del espacio como una ventaja para las fuerzas militares de Estados Unidos, y están desplegando sistemas activamente para negar nuestro uso del espacio en un conflicto. Esto no es algo sin precedentes. A lo largo de los siglos, las naciones formaron ejércitos, armadas y fuerzas aéreas para defender el derecho a utilizar los bienes comunes mundiales de tierra, mar y aire. Asegurar nuestro derecho a usar el espacio es simplemente una extensión de un principio antiguo para garantizar el uso de bienes comunes globales.

El espacio como un bien común global es vital para el comercio y es un elemento esencial de la Guerra Conjunta y la estabilidad global. El espacio ya no es un santuario en donde Estados Unidos o nuestros aliados y socios operamos con impunidad. Si bien el Comando Espacial de la Fuerza Aérea (AFSPC) tiene una larga historia de proporcionar capacidades espaciales vitales para la defensa de nuestra nación, el entrenamiento y las habilidades que sostuvieron nuestras operaciones espaciales durante las últimas décadas no son las mismas habilidades que necesitamos para luchar entre las amenazas y ganar en el entorno disputado, degradado y limitado operativamente [CDO, por sus siglas en inglés] de hoy.

Se acabaron las referencias repetidas al liderazgo de Estados Unidos, aquí reemplazadas por «nuestra ventaja competitiva en el espacio». También ya pasaron aquellos días en que el trabajo de las fuerzas espaciales de los Estados Unidos era «simplemente proporcionar servicios espaciales». Ahora el énfasis está en «mejorar la capacidad de combate contra amenazas cada vez mayores y escenarios complejos».^[12]

Un año después, y un día después de prestar juramento en su nueva oficina, la secretaria de la Fuerza Aérea, Heather Wilson, adoptó una postura similar enfocada en el combate en una audiencia del subcomité de las Fuerzas Estratégicas del Senado. Flanqueada por los tres principales oficiales espaciales de la Fuerza Aérea, ella declaró que el espacio ya no es simplemente «un facilitador y un potenciador de la fuerza para las operaciones militares de Estados Unidos». Ahora es «un dominio de combate como el aire, la tierra y el mar».^[13] La guerra espacial: solo una opción más.

Al igual que el general Hyten, los funcionarios de defensa de la Unión Europea invocan la estabilidad como un objetivo vital. Sin embargo, no lo presentan en la misma frase en la que mencionan guerra. Tampoco figuran en sus discusiones la proyección de poder, operar con impunidad ni la

superioridad espacial. Un documento reciente de la Unión Europea enumera la estabilidad junto con la inviolabilidad de las fronteras, los derechos humanos y las libertades fundamentales, el Estado de derecho, la libertad de los medios de comunicación y las elecciones democráticas justas. Otro sostiene que la dependencia de la UE del poder blando ha sido durante mucho tiempo un motivo de orgullo para los europeos, a pesar de que ven que el poder blando no es suficiente para abordar las realidades que están en evolución. En cuanto al patrimonio común [conocido también como *global commons*], la Unión Europea lo considera como un dominio principalmente civil, no militar: «[N]uestra seguridad y prosperidad dependen cada vez más de la protección de redes, infraestructura crítica y seguridad energética, de la prevención y el abordaje de las crisis de proliferación, así como del acceso seguro al patrimonio común (ciberespacio, espacio aéreo, espacio marítimo, el espacio) del que dependen nuestras sociedades modernas para prosperar». [14]

La Comisión Europea interpreta la lista cada vez mayor de actores espaciales principalmente en términos económicos: Europa ahora enfrenta una «competencia global más dura», «alta dependencia de componentes y tecnologías críticas no europeas», «una cadena de valor global que atrae cada vez más a nuevas empresas y empresarios». En el frente político, Europa está mucho menos preocupada por la disputa de liderazgo (la preocupación habitual de Estados Unidos) que por la cooperación, el respeto de las normas internacionales y el acceso sostenible al espacio para todos los que lo buscan. [15]

En resumen, el interés europeo de la posguerra por el espacio, y por la ciencia en general, ha sido predominantemente no militar. La Organización Europea para la Investigación Nuclear, conocida como CERN por sus siglas en francés, fue creada en 1954 para investigar la estructura fundamental del universo. El documento de 1962 que creó la Organización Europea para el Desarrollo de Transbordadores, encargada de construir un cohete que acabaría con la dependencia europea de la tecnología de lanzamiento estadounidense, estipulaba que la organización se limitaría a aplicaciones pacíficas. La Organización Europea de Investigación Espacial, creada en 1964 para desarrollar satélites europeos, «no debería —argumentó uno de sus primeros defensores— tener otro propósito que la investigación y, por lo tanto, debería de ser independiente de cualquier tipo de organización militar y estar libre de cualquier acto secreto oficial». El mandato de la Agencia Europea del Espacio, creada en 1975 como sucesora de las organizaciones anteriores, siempre fue el de «promover, con fines exclusivamente pacíficos, la

cooperación entre los estados europeos en investigación y tecnología espaciales». Los planes para Galileo, el sistema de posicionamiento global europeo, se iniciaron en 1999 de modo que el continente ya no tuviera que confiar en el GPS controlado por el ejército de Estados Unidos.^[16] Una motivación central era poder salir de la dominación y el control de Estados Unidos.

La Europa occidental contemporánea, tras haber salido de dos devastadoras guerras del siglo xx en su propio territorio en tres décadas, prefiere la resolución de conflictos a la confrontación militar. Entre 2006 y 2008, el gasto militar agregado de los casi 30 Estados miembros de la Unión Europea se mantuvo en torno a los 200 mil millones de euros, aproximadamente la mitad del de Estados Unidos y el segundo más alto a nivel mundial. En 2010 bajó a poco más de un tercio de la cantidad de Estados Unidos. Pero en respuesta a las oleadas de refugiados desesperados de África y Medio Oriente en la siguiente década, y a los múltiples ataques terroristas en ciudades europeas, los hacedores de política de Europa comenzaron a presionar para que hubiera más gastos militares. Sin embargo, incluso en medio de estas nuevas presiones, a partir de 2012, Asia ya había desplazado a Europa como el segundo lugar en gastos militares.^[17]

Un dato importante: en la actualidad no existe tal cosa como una fuerza armada europea de espectro completo y permanente, y mucho menos un comando espacial europeo. Está la Agencia Europea de Defensa, que se describe a sí misma como un catalizador: promover colaboraciones, lanzar nuevas iniciativas, introducir mejores capacidades de defensa. Existe la Política Común de Seguridad y Defensa, que hace hincapié en el mantenimiento de la paz, la prevención de conflictos y la gestión de crisis. Está la Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa, con su visión tridimensional de la seguridad: política / militar, económica / ambiental y humana. Hay ejércitos y gendarmerías individuales de los estados miembros de la Unión Europea y los frecuentes esfuerzos de Naciones Unidas en materia de mantenimiento de la paz. Ninguno de estos es una máquina de guerra permanente.

Las agencias de la UE relacionadas con el espacio están incluso menos orientadas a la guerra: la Agencia Espacial Europea, con sus más de 20 miembros; la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos; la Agencia Europea de Navegación por Satélite; y el Centro de Satélites de la Unión Europea.

Aparte de sus grupos de combate multinacionales de respuesta rápida, destinados a la gestión de crisis más que a una guerra total, el enfoque más cercano de la Unión Europea a una fuerza militar convencional es la OTAN, la Organización del Tratado del Atlántico Norte. Su nombre persiste, aunque el territorio que defiende ahora se extiende desde las costas occidentales de Canadá y Estados Unidos hasta la frontera oriental de Turquía: sin duda muy lejos del Atlántico Norte. El artículo 5 de su tratado fundacional, firmado en 1949, declara que un ataque contra un miembro es un ataque contra todos. Este es el principio de la defensa colectiva, invocado por primera vez en la historia de la OTAN después de los ataques terroristas del 11 de septiembre. La OTAN también ha intervenido en conflictos entre y dentro de estados no miembros, como la Guerra de Bosnia, la Guerra de Kosovo y la Guerra Civil de Libia.

Pero la OTAN no tiene una política espacial explícita ni un comando espacial integrado. Si hubiera otro ataque con el que se invocara el Artículo 5, los únicos activos espaciales que la OTAN podría reunir serían los de sus Estados miembros. Y lo que Europa podría contribuir actualmente consiste principalmente de teledetección, comunicaciones comerciales y datos de satélites meteorológicos y científicos, junto con Galileo y su compañero, EGNOS, el Servicio Europeo de Superposición de Navegación Geostacionaria, que aumenta las señales GPS en Europa. La vigilancia es algo que Europa podría contribuir, pero cualquier nave espacial lista para la batalla tendría que venir de Estados Unidos, cuyo presidente 45 no solo expresó su disgusto con el sustancial nivel de financiamiento de Estados Unidos para la OTAN sino que también, desde el principio, declaró que la organización estaba obsoleta.^[18]

El aspecto no militar de la política espacial europea coincide con la política global de seguridad y defensa europea. La «Estrategia espacial para Europa», un plan de la Comisión Europea adoptado a fines de 2016, destaca que las tecnologías espaciales contribuyen a la competitividad económica, la asistencia a los refugiados, el monitoreo del clima y la gestión sostenible de los recursos naturales. El papel del espacio en la seguridad y la defensa se presenta como un beneficio adicional, útil para abordar el aumento de personas que huyen de sus países de origen y la consiguiente demanda de un mayor control de las fronteras y de vigilancia marítima. Otras amenazas y riesgos mencionados incluyen la proliferación de escombros espaciales, los efectos en los satélites y en las infraestructuras a nivel del suelo del clima espacial generado por el Sol, el sabotaje cibernético de los activos espaciales

y el aumento de actores espaciales y objetos espaciales. Aquí el término *conciencia situacional* se refiere a los escombros espaciales y no a los planes de batalla. En general, Europa adopta un enfoque característicamente internacionalista. El poder espacial debe ser un poder compartido.

Sin embargo, el enfoque vuelve continuamente a la economía. La «Estrategia espacial para Europa» fija el sector espacial de la UE, incluidos los servicios de fabricación y servicios auxiliares, en más del 20 % del valor global total, y aunque la UE es ahora la tercera en gasto militar a nivel mundial, sigue siendo la segunda a nivel mundial en gasto en espacio público, con un presupuesto espacial proyectado para siete años de 12 mil millones de euros.^[19]

Aunque no es que la dimensión militar esté ausente.

El plan de la «Estrategia espacial» describe los programas de Europa para satélites de observación de la Tierra y de navegación global como «programas puramente civiles, completamente bajo control civil». Pero esa no es la imagen completa. Se pueden proporcionar los servicios y datos generados por esos programas a solicitud de un estado miembro individual para servicios de emergencia, gestión de crisis, gestión de fronteras, mantenimiento de la paz y operaciones policiales. Y las otras capacidades espaciales de la UE:

[P]ueden proporcionar capacidad operativa adicional para la implementación de la política común de seguridad y defensa, en particular con respecto a la navegación de precisión (Galileo), vigilancia (Copernicus), comunicaciones (Govsatcom), acceso autónomo al espacio (lanzadores) y conciencia situacional (SST), y puede contribuir a la autonomía estratégica y la no dependencia europeas. Las tecnologías del espacio y la defensa también están estrechamente vinculadas.^[20]

No suena tan distinto del poder declarado de la Fuerza Aérea de Estados Unidos para reclutar a la NASA o Google o incluso a los datos y activos satelitales de una entidad extranjera cuando sea necesario. La mayor diferencia podría ser que en la Europa Occidental posterior a la Conquista y posterior al Holocausto, *defensa* suena más pacífico que como suena en Estados Unidos.

A diferencia del Galileo y el Copérnico de la UE, la Agencia Espacial Europea (ESA) puede ser un conscripto menos probable para la gestión de crisis o el mantenimiento de la paz. Los temas declarados de primer plano de la ESA son la innovación, la inspección y la industria, y no la migración o el terrorismo. La ciencia es fundamental para todo esfuerzo de la ESA. La protección y la seguridad son auxiliares, mencionadas solo en relación con la necesidad de que los científicos espaciales europeos continúen su trabajo sin amenazas, ya sea de los desechos orbitales o del cibersabotaje. Si echamos un

vistazo a los comunicados de prensa y las páginas web producidos para la reunión trienal de política de ministros del espacio de la ESA en diciembre de 2016, no encontraremos la palabra *militar*. Lo que sí encontraremos, repetido con variaciones, es el simple deseo de buscar la mejoría económica y la ilustración científica para todos.^[21]

Una comparación directa entre las visiones oficiales que tienen Europa y Estados Unidos del poder espacial en el siglo XXI revela dos socios con agendas divergentes. Pero si les preguntáramos a los astrofísicos europeos y estadounidenses acerca de sus agendas, lo que escucharíamos coincidiría mucho.

El poder espacial —o, como algunos comentaristas militares prefieren escribirlo en una sola palabra en inglés, *spacepower*— se trasladó al frente de combate de la guerra a principios de 1991. Durante 43 días, entre el 17 de enero y el 28 de febrero, se lanzaron más de 80 000 ton de bombas sobre lo que antes era el próspero cuarto poder militar más grande del mundo: la nación de Irak, dotada de petróleo pero muy endeudada, que medio año antes había invadido a Kuwait —su pequeño vecino, aún próspero, también dotado de petróleo y su incansable acreedor— y se había negado a salir a pesar de una serie de resoluciones condenatorias de la ONU. Fue la primera guerra aérea importante de Estados Unidos desde Vietnam y el primer conflicto importante después de lo que en ese entonces parecía ser el final de la Guerra Fría. Fue «la primera guerra de satélites del mundo» (Arthur C. Clarke), «la fiesta de presentación del apoyo espacial» (Everett C. Dolman). El ejército de Estados Unidos, que había lanzado la mayoría de las bombas, repetidamente se refirió a esta como la «primera guerra espacial» del mundo. Nunca antes una fuerza militar había dependido tanto de los satélites que orbitan la Tierra para obtener amplio apoyo para su esfuerzo de guerra: estrategia, táctica, planificación, comunicaciones, identificación de objetivos, guiado de armas, movimientos de tropas, navegación, predicción meteorológica a largo plazo. Los satélites lo remodelaron todo, a la vez que proporcionaban una alerta temprana sobre los lanzamientos de misiles iraquíes y, por supuesto, cobertura de televisión en vivo.^[22]

A partir de finales de los ochenta, los componentes de los sistemas espaciales avanzados del propio ejército se pusieron en acción para la planificación de misiones en Libia, la eliminación de minas en el golfo Pérsico, las comunicaciones y las actualizaciones del clima en Panamá. Pero

no fue hasta la primera Guerra del Golfo que se hizo evidente el enorme potencial militar de dichos sistemas. En palabras de una evaluación del Comando Espacial de Estados Unidos publicada a principios de 1992: «Los sistemas espaciales respaldaron todos los aspectos de la planificación, el control y la ejecución de la guerra con Irak».^[23] O, en palabras de un contraalmirante de la Royal Navy y capitán retirado de la Royal Air Force británicas: «Fue la primera prueba real en condiciones de guerra de la máquina espacial estadounidense de 200 mil millones de dólares».^[24]

Una intrincada red de factores instigó la Guerra del Golfo y sus consecuencias. Las fronteras nacionales de Irak habían sido trazadas en gran parte por la Liga de las Naciones a principios del siglo xx, cuando se desmanteló el Imperio Otomano, e Irak, resentido de que prácticamente se le hubiera aislado del golfo Pérsico, había declarado tres veces a Kuwait como una parte apropiada de su territorio y hecho campaña por su anexión.^[25] Desde finales de los setenta, Estados Unidos había tratado al Irak de Saddam Hussein como un socio favorecido contra Irán, ignorando el uso de armas químicas por parte del régimen iraquí y otorgándole a ese país decenas de miles de millones de dólares en armamento a crédito. Ahora los ingresos petroleros de Irak se estaban desplomando, mientras que Kuwait estaba ayudando a mantener bajos los precios mundiales de petróleo a través de su propia sobreproducción. Un motivador tácito pero clave para el ataque de Estados Unidos contra Irak era su propia demanda de un suministro ininterrumpido de petróleo a bajo precio. El bombardeo intensivo de las fuerzas de la coalición lideradas por Estados Unidos en 1991 contra la infraestructura de telecomunicaciones, las centrales eléctricas, las plantas de tratamiento de agua, las secretarías de gobierno, puentes, carreteras, aeródromos, depósitos de municiones, refinerías de petróleo, fábricas de procesamiento de alimentos, soldados en retirada y civiles que hacían sus compras en los mercados de Irak resultó ser el prólogo de la posterior y completa destrucción de Irak como nación moderna.

Aquí, sin embargo, lo que nos atañe es la ascendencia del satélite como facilitador de la guerra: todo tipo de guerras, desde asaltos emprendidos por los ejércitos, armadas, fuerzas aéreas y fuerzas cibernéticas de los Estados nación hasta los actos terroristas dispersos de algún individuo en posesión de un teléfono móvil y propagados por medio de internet.

El GPS, el sistema de posicionamiento global NAVSTAR de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, fue una innovación destacada de la prosecución de la Guerra del Golfo por parte de Estados Unidos. El GPS de hoy es de 24 horas al día, siete días por semana, en tiempo real; es certero y preciso hasta unos pocos metros. Con la aportación de los sistemas de aumento ampliamente disponibles, esos pocos metros pueden llegar a medir unos centímetros.^[26] Para la mayoría de los usuarios, el GPS ya es cualquier cosa. Pero en 1991, era una idea extraordinaria que los soldados estadounidenses (cuyos comandantes habían visto muchas más selvas que desiertos) pudieran navegar por las arenas de Kuwait, Irak y Arabia Saudita con la ayuda de activos orbitales que incluían solo 16 satélites participantes de una constelación planeada de 24, los cuales podían proporcionar datos de longitud, latitud y elevación durante aproximadamente 19 horas al día, y que producían mediciones precisas hasta los 15 m, en el mejor de los casos, pero infinitamente mejores de lo que podía ofrecer un mapa en papel. Las tropas terrestres habrían podido incluso atravesar regiones que serían un reto para los navegadores iraquíes experimentados.

El GPS también ayudaba a los pilotos. Para los ataques aéreos iniciales en las instalaciones de radar iraquíes, por ejemplo, los helicópteros Pave Low equipados con GPS se asociaron con los helicópteros Apache equipados con el radar Doppler de estilo antiguo. Los Pave Lows iban abriendo el paso y señalaban los objetivos, que luego los Apaches atacaban con misiles Hellfire. Incluso los bombarderos B-52 no sigilosos equipados con GPS podrían entrar al teatro protegidos por el silencio electrónico. Temprano por la mañana del 17 de enero de 1991, siete Stratofortress B-52G, descritos como «camiones bombarderos voladores» por una fuente de aviación, volaron sin escalas desde Louisiana hasta Irak, donde lanzaron 35 misiles de crucero equipados con GPS en partes clave de la infraestructura de comunicaciones, destruyendo la mayor parte de sus objetivos. Los Nighthawks F-117A de la Fuerza Aérea, equipados con GPS y los primeros aviones sigilosos utilizados en el combate, lanzaban bombas seminteligentes guiadas por láser con una tasa de impacto promedio del 50 por ciento.^[27]

Cuando es completamente funcional, el GPS tiene tres componentes: (1) un mínimo de 21 satélites en órbita más al menos tres de repuesto, todos los cuales indican continuamente su posición siempre cambiante y el tiempo atómico en esa posición; (2) los receptores individuales, que calculan automáticamente su propia posición en función de las señales que recogen de múltiples satélites en diferentes posiciones; y (3) la red de control en tierra de

estaciones de monitoreo y antenas, que administran las trayectorias de vuelo y los relojes atómicos de los satélites. Los satélites ocupan seis planos orbitales diferentes de la órbita circular intermedia, a una altitud de unos 20 000 km. Las señales se envían como ondas de radio y, como con el radar, pueden distorsionarse por la ionosfera (que tiene una carga eléctrica) por la cual deben pasar en su camino hacia la superficie de la Tierra. Para establecer su posición en longitud, latitud, elevación y tiempo, un receptor debe detectar señales de al menos cuatro satélites diferentes. Si excluimos la elevación, solo necesita tres. La amplia cobertura del cielo de la constelación de GPS de hoy en día permite a los receptores captar amplias señales para todas las aplicaciones comerciales y militares.

No sería injusto decir que el GPS de la época de la Guerra del Golfo era rudimentario. Seis de los 16 satélites eran antiguas unidades de investigación y desarrollo obligadas a funcionar para la guerra; uno de los 16 había funcionado mal dos meses antes. Además, a medida que las señales de GPS se dirigían a la superficie de la Tierra, eran susceptibles a la interferencia o bloqueo.^[28] Luego estaba el problema de los receptores, específicamente: que no había suficientes. Al comienzo de la guerra, la reserva era insignificante. En 1989, el GPS tenía un canal militar encriptado, con una precisión de unos 15 m, y un canal civil sin cifrar, con una sexta parte de la precisión. Pero eran escasos los receptores capaces de usar el canal militar, lo que provocó que no solo el Pentágono, sino también los familiares de los soldados hicieran pedidos en el mercado abierto de miles de receptores comerciales portátiles para los hijos de Estados Unidos. A su vez, esto obligó al Pentágono a quitar el cifrado, haciendo que el canal militar, ya sin protección, fuera accesible para todos. Al final de la guerra, ya se habían desplegado oficialmente a las fuerzas de los Estados Unidos unos 4 500 receptores comerciales y 850 militares, además de todos los que fueron suministrados extraoficialmente por sus seres queridos, y aún así demasiado pocos para servir a los cientos de buques navales, los 1 600 aviones de combate, los 40 000 tanques, vehículos blindados y artillerías pesadas, y el medio millón de soldados estadounidenses. La escasez de receptores tuvo graves consecuencias; como decía una noticia reciente de la Fuerza Aérea: «Después de la Guerra del Golfo, el Ejército de Estados Unidos anunció que instalaría receptores de GPS en todos los vehículos blindados para ayudar a minimizar el fratricidio, el cual se convirtió en una fuente importante de víctimas en la Tormenta del Desierto, causada con más frecuencia por comandantes de

unidades blindadas perdidas en el monótono desierto iraquí o fuera de posición durante los ataques por tierra».^[29]

Este fue un momento de auge para los fabricantes de receptores GPS. Las ventas no militares ya se habían duplicado año tras año, ya que los excursionistas, navegantes, pilotos y agrimensores se iban enterando del dispositivo, que había pasado de la fase experimental solo a finales de 1988. Inicialmente, las ventas militares solo representaban una quinta parte de los ingresos totales del fabricante estadounidense más importante. Pero tan pronto como Irak invadió Kuwait, el Departamento de Defensa le hizo un pedido de unos 8 000 receptores de peso ligero tan solo de esa compañía: una venta de más de 40 millones de dólares, una cantidad que superaba sus ingresos totales de 1989. De repente, la fábrica estaba operando tres turnos al día para satisfacer la demanda.^[30]

A pesar de sus limitaciones, el GPS de la Guerra del Golfo convirtió los métodos tradicionales de navegación en un oficio arcano y arcaico, y cambió para siempre la planificación y prosecución de la guerra. Los primeros comentaristas quedaron impactados por su poder de transformación. Escribiendo para el *New York Times* en 1988, en los albores de la era del GPS, el periodista de ciencia y guerra Malcolm Browne evocó la importancia de la constelación de satélites neonatos en una pieza titulada «Nuevas balizas espaciales reemplazan a la brújula»:

Para el capitán de un clíper, un artefacto de bolsillo vinculado a balizas artificiales en el cielo que podría guiar infaliblemente a un viajero a cualquier punto de la Tierra podría haber parecido tan alejado de la realidad como un caballo alado. Pero el año que viene, cualquier persona que tenga unos pocos miles de dólares podrá comprar dicho navegador mágico...

Para el Departamento de Defensa, la finalización del Sistema de Posicionamiento Global será un hito. Guiado por el sistema, un misil que viaja al lado opuesto del mundo podría impactar a apenas unos metros de su objetivo, dicen los funcionarios del Pentágono. El sistema podría guiar a un equipo de asalto infaliblemente por una jungla sin sendas hasta un bastión enemigo, a un bombardero a un solo edificio enemigo o un bote hasta un hueco en un bajío peligroso...

Sin puntos de referencia, sextante, almanaque náutico, divisores o cualquier otra parafernalia de la navegación convencional, el usuario de un receptor de GPS portátil puede leer sin esfuerzo la dirección y distancia precisas a lo largo de un gran círculo de cualquiera de los cincuenta destinos almacenados en su memoria. Un vistazo a la pantalla de cristal líquido del dispositivo también le dice al viajero su propia latitud y longitud dentro de 30 m, su velocidad y rumbo sobre el suelo, y el tiempo probable de llegada a su destino.^[31]

La prosa exuberante de Browne se remonta a los relatos de quienes se entusiasman ante el poder y la alegría de usar la primera brújula de navegación, el primer catalejo, el primer cronómetro apto para navegar.

Algo trascendental ocurriría pronto al integrarse un paquete de guía de precisión GPS en las bombas inteligentes y ya no solo fuera parte del sistema de navegación del avión bombardero. Pero a mediados de la década de 1990, cuando las armas guiadas por láser de la época de la Guerra del Golfo seguían siendo la última palabra en cuanto a precisión, y los artefactos guiados por GPS como la Munición de Ataque Directo Conjunto (Joint Direct Attack Munition o JDAM, un kit de conversión para volver más inteligentes a las «bombas tontas» o bombas de caída libre) y el Arma de Lanzamiento a Distancia de Seguridad (Joint Standoff Weapon o JSOW, un arma alada de aire-superficie) aún no estaban disponibles, el teórico militar Colin Gray consideró útil señalar lo obvio:

Los sistemas que recolectan y proporcionan información no combaten al enemigo ellos mismos. La inteligencia Ultra utilizada en la Segunda Guerra Mundial, cuya potencia como influencia habilitadora es incuestionable, no hundió ningún submarino ni destruyó ningún avión, aunque sí dio poder a las unidades de combate tácticas para hacer esas cosas. El sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) NAV-STAR permite economías de fuerza en la planificación de misiones, pero el propio NAVSTAR no puede poner en blanco el objetivo... No siempre es obvio donde comienza y termina el poder espacial cuando la información de los satélites aumenta la potencia de las operaciones militares navales, aéreas y terrestres.

Para finales de los noventa, el sistema de GPS a gran escala ya estaba en funcionamiento, listo para dirigir las primeras generaciones de JDAM y JSOW más un modelo actualizado, dotado de GPS, del sistema de misiles tácticos del ejército (Army Tactical Missile System o ATACMS). ¿Estos desarrollos atenuarían la opinión de Gray de que el GPS no podía poner un arma en un objetivo? No, podría responder, la tecnología siempre está subordinada a la estrategia.^[32]

En 1988, las fuentes de Malcolm Browne le habían dicho que se comenzarían a entregar receptores de GPS de mano a los soldados estadounidenses en 1992 y que los primeros en obtenerlos probablemente serían las unidades de fuerzas especiales. Si bien el GPS no estuvo listo a tiempo para la invasión de la Coalición a Irak en enero de 1991, definitivamente estaba listo para marzo de 2003, cuando una fuerza de invasión (esta vez estadounidense y británica, principalmente) aplastó al país por segunda vez. Según el presidente George W. Bush, las razones fueron «para desarmarlo, para liberar a su gente y para defender al mundo de un grave peligro» y para «eliminar... a un régimen ilegal que amenaza la paz con armas de destrucción masiva».^[33]

En 1995, el sistema había logrado su complemento total de 24 satélites; para 2003 había 28. En el 2000, se había terminado la práctica conocida como disponibilidad selectiva (la degradación intencional de las señales GPS disponibles públicamente, implementada por razones de seguridad nacional). Al menos por un tiempo, todos, civiles o militares, siempre y en cualquier lugar tendrían acceso al mismo grado de precisión. Durante la invasión de 2003, de hecho, la precisión mejoró desde un poco más de 15 metros a un poco más de dos metros. Esa mejora provino de la actualización del paquete de navegación de cada satélite cada vez que el satélite comenzaba a elevarse por encima del horizonte de la zona de batalla. «Los errores que se acumularon con el tiempo, como la distorsión ionosférica y los efectos de la relatividad, se redujeron a cero durante un período de tiempo —dijo entusiasmado uno de los comandantes de operaciones espaciales que llevaron a cabo el apoyo de guerra a larga distancia desde el centro de operaciones de la 50.^a Ala Espacial en la Base de la Fuerza Aérea Schriever en Colorado—. Les dimos a todos media hora antes de que los satélites entraran al teatro de operaciones, y creamos este punto óptimo sobre Irak de menos de 4 metros [de precisión]». [34]

Hoy en día, el GPS consta de 31 satélites operativos más unos pocos que están fuera de servicio pero que aún siguen en órbita, listos para reactivarse de ser necesario. Los 12 más antiguos se lanzaron entre 1997 y 2004; los 12 más nuevos, entre 2010 y 2016. La próxima generación de GPS III está al acecho: los dos primeros satélites lanzados por SpaceX. Ahora que se ha descontinuado la práctica de degradar las señales disponibles para los usuarios civiles, el GPS transmite en varias frecuencias diferentes que requieren diferentes códigos de acceso, algunos de los cuales son estrictamente o parcialmente militares. El GPS básico es tan esencial para el bienestar público como lo son las carreteras y el agua corriente, pero sigue siendo un programa de la Fuerza Aérea, financiado principalmente a través del Departamento de Defensa, con aportes modestos del Departamento de Transporte. [35] En sí, ese acuerdo de administración y financiamiento muestra lo indispensable que se ha vuelto el sistema desde el punto de vista militar, desde su debut en Irak.

Aunque fue el primero, el GPS ya no es el único sistema de posicionamiento global, y los nombres del propio sistema se están multiplicando; dos acrónimos recientes son PNT (posición / navegación / temporización) y GNSS (sistemas globales de navegación por satélite). China ya casi completa su propia versión, Beidou, mientras que Galileo de la Unión

Europea está muy avanzado. Durante algunos años, sin embargo, el más importante ha sido el GLONASS de Rusia. Al igual que con el GPS, su complemento total es de 24 satélites. Después de comenzar a funcionar plenamente en 1995, el mismo año que el GPS, languideció durante varios años, ya que algunos de sus satélites dejaron de funcionar y no fueron reemplazados hasta que el presidente Putin dio prioridad al sistema durante la primera década del siglo XXI. Disponible solo para el ejército hasta 2007, GLONASS es ahora una operación más o menos conjunta del Ministerio de Defensa y la agencia espacial Roscosmos. Mientras que el GPS, a partir de la primavera de 2017, tenía 31 satélites posicionados en seis planos orbitales, GLONASS tenía 27, lanzados entre 2006 y 2014, y posicionados en tres planos ligeramente más cerca de la superficie de la Tierra e inclinados con un ángulo distinto al ecuador: un ángulo que hace que el GLONASS sea más efectivo que el GPS en latitudes más altas, en donde se ubica gran parte de Rusia. Moscú, por ejemplo, se encuentra más al norte que el punto más al norte de los Estados Unidos contiguos.^[36]

Hoy en día, muchos teléfonos inteligentes internacionales utilizan tanto GPS como GLONASS para una mayor cobertura. De hecho, Rusia ha ordenado que todas sus aplicaciones estatales y de seguridad usen el sistema dual, aunque este mandato podría eliminarse en respuesta a un clima político en deterioro. Pero como dijo el jefe de GLONASS en 2014, la capacidad de recibir y procesar señales de ambos sistemas aumenta no solo la velocidad a la que se procesan las coordenadas, sino también su confiabilidad, de 60 % a 70 % a «prácticamente el 100 %» para las condiciones urbanas comunes. A la vez que señalaba que depender de un solo sistema hace que los usuarios sean vulnerables a la denegación o la interrupción del servicio, argumentaba que ningún país individual debería controlar unilateralmente una infraestructura tan crucial para cada país y cada economía:

El operador del sistema de navegación... tiene la opción de apagar la señal civil para un área específica o desensibilizarla artificialmente... Esto ni siquiera se trata de conflictos militares, ya que la amenaza de apagar el interruptor de navegación por sí misma puede utilizarse para lograr objetivos políticos o económicos. Por lo tanto, hay solo un pequeño paso entre la dependencia tecnológica de un campo restringido de navegación por satélite y la dependencia económica, política y militar.^[37]

En otras palabras, el poder disuasorio de la amenaza debe evitarse por medio del poder de la independencia. Esta es una razón importante para la proliferación global de sistemas de posicionamiento global separados, aunque la interdependencia puede tener su propio poder disuasivo.

La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa (DARPA, apodada «el cerebro del Pentágono» por su cronista Annie Jacobsen) está llevando la independencia un gran paso más allá. Tras haber financiado ya la miniaturización de los receptores GPS, DARPA ha estado financiando el desarrollo de relojes atómicos a escala de chip que funcionan con baterías que podrían funcionar incluso en ausencia de una conexión satelital. El físico Robert Lutwak, el gerente de programas para este esfuerzo, llamado ACES (Atomic Clock with Enhanced Stability o reloj atómico con estabilidad mejorada), señala que la sincronización precisa es esencial no solo para el Departamento de Defensa sino también para la infraestructura de las necesidades civiles cotidianas, como la banca y la distribución de energía eléctrica. Reducir la dependencia de las señales de los sistemas de navegación satelitales es clave para mejorar la resiliencia.^[38]

La Agencia Espacial Europea también tiene un proyecto ACES, solo que en este caso el acrónimo significa «Atomic Clock Ensemble in Space» [conjunto de relojes atómicos espaciales], y su representación material es una gran carga útil pacífica que se lleva en la Estación Espacial Internacional, y no un objeto pequeño creado para caber en el paquete o bolsillo de un combatiente. Su agenda principal es la investigación científica sobre las leyes fundamentales de la física, no la facilitación de la planificación de la batalla o la banca.^[39] Pero en el corazón de ambas versiones de ACES se encuentra el reloj atómico, un mecanismo que rastrea el paso del tiempo al registrar la frecuencia de luz emitida por un salto cuántico específico —una transición— de electrones dentro de los átomos de un elemento elegido. En la actualidad, un segundo se define como exactamente 9 192 631 770 ciclos de la luz emitida por tal transición dentro del átomo de cesio-133. Es fácilmente reproducible en los laboratorios que lo necesitan, por lo que los científicos de todo el mundo pueden estar seguros de que su segundo medido es consistente con el segundo medido de todos los demás.

Por ahora, sin embargo, el mundo se basa en sistemas de posicionamiento global dependientes de satélites, que ya han transformado la manera en que miles de millones de personas y cosas navegan por sus caminos designados o elegidos. Para bien o para mal, el GPS y sus familiares han posibilitado innumerables invenciones, desde los aviones no tripulados Predator y Reaper de Estados Unidos hasta los taxis aéreos sin conductor de un solo pasajero de Dubai, hasta la gestión de cultivos a través de la agricultura de precisión. Así que, a menos que uno espere recrear el viaje conjetural de los polinesios a Perú hace 1 000 años, nunca más se tendrá que consultar un mapa o una

brújula y mucho menos un astrolabio o *kamal*. Ya sea que uno esté en Moscú o en Manhattan, en las zonas rurales de Rajastán o en el centro de Shanghái, el posicionamiento global lo dirigirá a su destino... siempre que no le importe que su paradero sea rastreado por los ojos en el cielo.

La facilidad de navegación por la arena y las nubes fue solo uno de los beneficios que los activos espaciales de la Guerra del Golfo proporcionaron a los combatientes occidentales. La comunicación rápida tanto de larga distancia como intrateatro fue otra.

El general Colin Powell, jefe del Estado Mayor Conjunto durante la Guerra del Golfo y más tarde secretario de estado de George W. Bush, sostenía que los satélites eran el factor más importante en la construcción de la red de comando, control y comunicación para la Operación Escudo del Desierto. Desde el punto de vista militar británico, los satélites «llevaban al Comandante Supremo de la Coalición a una llamada telefónica de la Casa Blanca, Downing Street y el Palacio del Elíseo».^[40]

No todos los canales de todos los satélites de comunicaciones utilizados durante la guerra podían ponerse a disposición de las fuerzas de la Coalición, por lo que, para maximizar su capacidad, se obtuvieron satélites de comunicaciones de muchas fuentes, incluyendo el sistema de comunicación por satélite DSCS de Estados Unidos, el sistema de comunicación FLATSCOM de la Marina de Estados Unidos, el sistema de datos por satélite de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, la OTAN y el sistema británico Skynet. También se reclutaron varios satélites militares y experimentales únicos en su tipo de Estados Unidos, así como activos arrendados de AT&T, Bell, Sprint y, especialmente, la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite (Intelsat) y la Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas (Inmarsat). También se recurrió a una constelación pionera llamada Sistema de Rastreo y Transmisión de Datos por Satélite (TDRSS, por sus siglas en inglés), operada por la NASA y destinada a apoyar la comunicación con naves espaciales en órbita. No todos los satélites estaban sintonizados en la misma frecuencia. La red era incómoda y complicada. A medida que las fuerzas terrestres iban avanzando, cientos de terminales terrestres satelitales tenían que moverse con ellas. Debido a la diversidad de equipo y la cantidad de agencias que lo controlaban, las partes no siempre funcionaban bien en conjunto. El sistema podía verse abrumado

cuando las comunicaciones no solo transmitían palabras sino también imágenes, las cuales consumen un ancho de banda muy alto.

Sin embargo, a pesar de los muchos problemas, todos los satélites a disposición del ejército aceleraron el ritmo del mando durante la guerra terrestre de Cien Horas. La información ahora podría pasar rápidamente del campo de batalla a los comandantes tácticos y luego a los estrategas. Los beneficios de esos satélites de comunicaciones recayeron también en las redes de televisión y, por lo tanto, en el público en general. CNN se convirtió en el lugar indicado para las noticias de guerra. La televisión de casa llegaba a las tropas, mientras que los televidentes en sus hogares podían ver los cielos de Bagdad en erupción.^[41]

Además de facilitar la comunicación, los satélites también proporcionaban una alerta temprana de los lanzamientos nocturnos de misiles Scud de Irak contra los aliados de Estados Unidos, Israel y Arabia Saudita. Tres satélites del Programa de Apoyo de Defensa exploraban los cielos continuamente en busca de brillantes destellos de infrarrojos, lo que indicaba el calor de la estela de un cohete. Los satélites DSP transmitían sus datos al Comando Espacial de Estados Unidos en Colorado, el cual podía confirmar de inmediato si cierta estela provenía de un lanzamiento de Scud y, de ser así, predecir la zona de impacto y luego enviar a toda velocidad el análisis (por satélite, por supuesto) al Comando Central en Arabia Saudita. Para entonces, el misil ya habría llevado en el aire unos cinco minutos, viajando a miles de kilómetros por hora hacia su objetivo, lo que daba como máximo dos minutos al Comando Central para emitir una advertencia y para que sus destinatarios tomaran acción.^[42]

Otro grupo de satélites proporcionaba datos cruciales sobre el clima. Advertían de un mayor riesgo de una tormenta de arena repentina; comprobaban la dirección del viento, lo cual era importante para predecir la propagación de cualquier agente químico; evaluaban las densas neblinas costeras que podían reducir la visibilidad drásticamente; monitoreaban las condiciones a mediodía en desiertos remotos que podrían augurar tormentas eléctricas, tormentas de polvo o tormentas de arena en las noches; y rastreaban las columnas de humo oscuro de cualquiera de los cientos de pozos petroleros kuwaitíes encendidos deliberadamente por los iraquíes. Las fuerzas de la coalición necesitaban saber de cualquier clima que pudiera comprometer los sistemas de armas o forzar a los comandantes a cancelar los ataques aéreos. De ahí la dependencia de los satélites meteorológicos, no solo del ejército estadounidense (DMSP o programa de satélites meteorológicos de

defensa) y de fuentes no militares (la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica), sino también de la Agencia Espacial Europea, Japón y Rusia. Según *La conducta de la Guerra del golfo Pérsico*, el exhaustivo informe final del Pentágono al Congreso, las imágenes meteorológicas eran tan importantes que el comandante del Componente Aéreo de la Fuerza Conjunta en Riad, Arabia Saudita, «tenía una mesa de luz junto a su escritorio para revisar los datos DMSP más recientes», y el Centro de Comando Aéreo Táctico no finalizaba sus «órdenes de asignación de misiones aéreas» de cada día hasta no haber recibido las imágenes DMSP más actualizadas. Sin embargo, en el campo, era más difícil acceder a los informes meteorológicos DMSP. El Ejército de Estados Unidos resolvió el problema comprando receptores comerciales alemanes que suministraban datos directamente de los satélites meteorológicos civiles que pasaban por encima de Medio Oriente, mientras que la Fuerza Aérea de Estados Unidos lo resolvía enviando imágenes DMSP por fax al campo vía teléfono fijo, lo cual ralentizaba el flujo de información.

Pero, de nuevo, al igual que con el GPS, los satélites meteorológicos ofrecieron información clave que, de lo contrario, no habría estado disponible para el combatiente en 1991. Las condiciones del cielo durante toda la Guerra del Golfo estuvieron más nubladas que en más de una década, y las actualizaciones sobre la nubosidad afectaban las decisiones tácticas diarias. Las nubes podrían interferir con los rayos láser utilizados para iluminar los objetivos, haciendo que las bombas guiadas por láser perdieran la orientación. ¿Y si de repente estaba demasiado nublado? A deshacerse de las bombas guiadas por láser de ese día. Las nubes también podían causar un cambio en los objetivos, que es lo que ocurrió debido a los cambios en la cobertura de nube visible en dos imágenes de satélite tomadas el mismo día de enero con menos de dos horas de diferencia. Una mostraba un claro en los cielos nublados sobre Bagdad; la otra mostraba los cielos soleados de Al-Basrah que empezaban a nublarse.^[43]

Y ahora, los satélites espía. Otro importante facilitador del ataque de 1991 fue la montaña de información (mapas, fotografías, imágenes multiespectrales) que fue posible gracias a la gran cantidad de satélites de vigilancia, almacenamiento y teledetección que habían estado escrutando el terreno de la Tierra desde lejos durante décadas. Sus propósitos variaban, pero su rendimiento era uniformemente útil. Millones de dólares en imágenes compradas a satélites comerciales de teledetección ayudaron a rastrear a las tropas iraquíes, a seleccionar objetivos, a planear operaciones anfibias, a

realizar campañas de bombardeos aéreos y a establecer rutas de acceso terrestre para las fuerzas terrestres de la Coalición que ingresaban desde los desiertos de Arabia Saudita en las últimas 100 horas de la guerra. Hoy en día, a nadie le tienen que contar que los satélites de observación de la Tierra pueden, como lo expresó una evaluación del Comando Espacial de los Estados Unidos en 1992, «mostrar lo que está oculto a la vista normal».^[44] Pero en ese entonces, una década antes del lanzamiento de Google Earth, era una capacidad que todavía valía la pena celebrar.

Durante la Guerra del Golfo, las imágenes de campo amplio, proporcionadas por satélites comerciales de teledetección, tanto el Landsat estadounidense como el SPOT francés, proporcionaban información sobre el terreno general, cambios sustanciales en el terreno en comparación con imágenes anteriores, áreas abiertas adecuadas para lanzamientos desde helicópteros, y movimiento a gran escala de tropas o material. Las imágenes de Landsat mostraban características tanto en la banda óptica como en la infrarroja del espectro, y solo venían a color con una resolución de 30 m al máximo, aproximadamente del tamaño de una ballena azul. Los datos de SPOT venían a color o en blanco y negro y ofrecían una mejor resolución (10 m para el blanco y negro) para hacer mapas detallados. Los especialistas en control de armas dicen que esos niveles de resolución están bien para la planificación general, pero que son insuficientes para identificar una unidad militar de tierra, la cual requiere una resolución de unos 5 m, y mucho menos un tanque que requiere alrededor de un metro.

Llegaron imágenes de campo estrecho y de mayor resolución (útiles para planificar y ejecutar ataques contra objetivos específicos y para evaluar el daño de una bomba) de los satélites de fotorreconocimiento KEYHOLE de los Estados Unidos, el KH-11 y el Advanced KH-11, ambos equipados con tecnología CCD, y del satélite Lacrosse, imágenes de radar que penetran las nubes, que en 1991 fue la única nave espacial que permaneció inmutada por el mal tiempo que hubo a toda hora, todos los días. Los satélites rusos y japoneses también proporcionaron imágenes multiespectrales de alta resolución al esfuerzo de guerra de la Coalición.

A principios de agosto de 1990, cuando las fuerzas militares de Estados Unidos se desplegaron por primera vez en la región, sus mapas de Kuwait, Irak y Arabia Saudita tenían entre 10 y 30 años, lo suficientemente viejos como para que no fueran confiables. Por medio de los datos, que en ese entonces eran actuales, de Landsat, la Agencia de Mapas de Defensa produjo un lote inicial de mapas actualizados a principios de septiembre. En ese

momento, los aeródromos de Arabia Saudita eran poco más que pistas en la arena, por lo que las imágenes Landsat se convirtieron en los dibujos de ingeniería utilizados para construir enormes bases aéreas modernas. Además, en cualquier momento y en cualquier lugar donde se perturbara el terreno (por movimientos de tropas, la construcción de carreteras, el paso de un *jeep* sobre la arena o el pasto), la perturbación aparecía como un cambio en la reflectividad en comparación con una imagen anterior del mismo lugar. Cuando se pasa rápidamente entre una escena y otra, como se hizo con dos imágenes Landsat de la frontera entre Kuwait y Arabia Saudita, la primera tomada en agosto de 1990 y la otra en diciembre de 1990, la mayor parte de lo que queda ahí sigue igual, por lo que es posible identificar de inmediato cualquier cambio en el sitio. Esta técnica, iniciada por astrofísicos con fotografías analógicas a principios del siglo xx, se adaptó fácilmente a las imágenes digitales en los tiempos modernos, con una computadora en lugar de un humano que revisaba las diferencias entre las imágenes. Es un medio simple pero potente para descubrir cambios de un momento a otro. Los descubrimientos astrofísicos generados por este tipo de comparaciones incluyen supernovas fugaces en el universo distante; la estrella de Barnard, la estrella que se ve con mayor movimiento en el cielo de la Tierra; Plutón, el primer objeto encontrado en lo que más tarde se llamaría el Cinturón de Kuiper; el agua salada que rezuma por la pared interior de un cráter de impacto en Marte; y el movimiento rápido de las estrellas en el centro de la Vía Láctea, lo que sugiere la presencia de un agujero negro supermasivo de otro modo no detectado.

Unos meses después del final de la operación Tormenta del Desierto, el ministro de Defensa francés declaró: «Sin la inteligencia aliada en la guerra, habríamos estado casi ciegos». En ese momento, Europa no tenía un solo satélite de espionaje militar, solo el SPOT de teledetección de Francia. Estados Unidos, por el contrario, como lo describieron los defensores del espacio militar británico en el invierno de 1991, tenía una «armada espacial polivalente con [una] enorme cadena de apoyo de procesamiento y comunicaciones».^[45] No hay comparación: Estados Unidos había puesto muchos recursos en el espacio militar, y Europa no.

Para el comienzo del siguiente combate en Irak, en marzo de 2003, la armada espacial de Estados Unidos era aún más grande. Las lecciones aprendidas a partir de las fallas y errores de Tormenta del Desierto habían sido

catalizadores para los escuadrones creativos de las corporaciones espaciales militares, laboratorios militares y agencias de investigación militar, y habían acelerado el trabajo que ya estaba en marcha. Sus variados esfuerzos durante la próxima década se dirigieron a una mejor conectividad; mayores números de satélites tácticos más pequeños y livianos para apoyar a los comandantes en el campo; sensores ultravioleta para naves espaciales de vigilancia militar; mayor número y capacidad de carga de pequeñas naves espaciales de comunicaciones; mejor GPS, con mejores antenas de tierra y entrada directa a armas guiadas de precisión; redes informáticas que pudieran fusionar la entrada de múltiples sensores; propulsión eléctrica para la transferencia de cargas útiles de gran masa a la órbita geosincrónica sin recurrir a enormes cohetes multietapa; paneles solares ligeros; un «bus» espacial multiusos estándar y básico, al cual se conectaría el equipo específico de la misión del mismo modo en que una ojiva se conecta a un cohete; un satélite experimental para probar sistemas de navegación autónomos; sensores de túnel infrarrojos que serían miles de veces más sensibles que los sensores piezoeléctricos; supercomputadoras; un conjunto de chips de circuito integrado de superalta velocidad y endurecidos por radiación. Todo esto y más ya estaba en marcha en la primavera de 1991, solo unos meses después del final de la primera Guerra del Golfo.

Como señaló en ese entonces *Aviation Week & Space Technology*: «El desarrollo de tecnología espacial militar avanzada para futuros satélites de defensa e inteligencia sigue creciendo a pesar de las presiones sobre el presupuesto de defensa de Estados Unidos». El presupuesto de 1991 para el nuevo Laboratorio Phillips de la Fuerza Aérea superaba los 600 millones de dólares, mientras que el presupuesto de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa era de 187 millones de dólares y se esperaba que aumentara el año siguiente a 290 millones. El dinero fluía; la tecnología militar estaba al alza. El presupuesto de la NASA era mucho más grande, sí —de casi 14 mil millones de dólares— pero la tecnología de doble uso era una parte significativa de eso. Además, como subrayó un grupo de trabajo en 1992 sobre la política espacial de Estados Unidos,

No hay dos bases industriales espaciales, una para la defensa y otra para el programa espacial civil; las dos beben del mismo pozo... En gran medida utilizan la misma industria, requieren tecnologías virtuales idénticas, comparten las habilidades humanas, a menudo utilizan instalaciones comunes y, sin duda, toman a sus nuevos participantes de las mismas instituciones académicas. Preservar la base de una ayuda a la otra, y viceversa.^[46]

No es de extrañar que la guerra de Irak de varios billones de dólares comenzara en 2003 con una mejor base de tecnología espacial que su antecesora, aunque podría ser más correcto decir que con una mejor base de operaciones espaciales.

La docena de años transcurridos había producido muchas mejoras tecnológicas. El sistema GPS ya tenía su complemento completo de satélites. La mayoría de los misiles de crucero ya estaban guiados por GPS. Los datos satelitales cruciales ya podían transmitirse directamente a los usuarios, sin pasar por una capa de analistas que consumen mucho tiempo. Al menos uno de los múltiples satélites de vigilancia ya mostraba el campo de batalla cada dos o tres horas mientras pasaba por encima. Aunque se tuviera un video continuo tomado por un satélite geoestacionario posicionado estratégicamente, no llegaría al nivel de resolución de un satélite de vigilancia común que orbita 100 veces más cerca del suelo. Además, ahora había muchas más terminales satelitales terrestres, y más potentes, con seis veces el ancho de banda que antes, y suficientes receptores GPS livianos como para proporcionar al menos uno por escuadrón de nueve personas entre las fuerzas terrestres.

Pero al hablar con *Aviation Week & Space Technology* poco después del final de la Operación Libertad Iraquí —los primeros 26 días de la invasión de 2003—, el oficial militar superior para el espacio del Centro de Operaciones Aéreas Combinadas en Arabia Saudita hizo hincapié en las mejoras en la organización y no simplemente las tecnológicas: «Toda nuestra intención era traer un efecto integrado al espacio de batalla... No es espacio solo por el espacio; es el espacio integrado con todo lo demás para producir efectos en la cadena de ataque». Mientras se dirigía al Comité de Servicios Armados de la Cámara de Representantes más o menos en esa misma época, el subsecretario de defensa Paul Wolfowitz estuvo de acuerdo:

Nuestro enfoque en [Operación Libertad Iraquí] reflejaba el concepto de «espacio de batalla» que reemplazaba el concepto de «campo de batalla».

En los campos de batalla anteriores, juntábamos fuerzas y lográbamos la unión mediante la pacificación en vez de la integración de fuerzas, y conducíamos una guerra de desgaste relativamente simétrica.

En este campo de batalla conjunto aéreo, terrestre, marítimo —que también incluye el espacio y el espectro electromagnético— acumulábamos información y conocimiento, utilizábamos formaciones más pequeñas que emplearan fuerza letal y no letal de forma rápida y asimétrica, y llevábamos a cabo operaciones basadas en efectos, dirigidas por relaciones flexibles y dinámicas de comando y control. Este espacio de batalla sinérgico hace que cada uno de nuestros miembros del servicio militar sea más poderoso en los efectos que puede lograr y confiere una mayor protección contra el enemigo.^[47]

Hay más que un poquito del arte de venta en esos párrafos. Dejando de lado la bravuconería, el intervalo entre las operaciones Tormenta del Desierto y Libertad Iraquí elevó el nivel de comodidad de los comandantes de Estados Unidos con las capacidades espaciales, lo que se tradujo en una velocidad aún mayor del procesamiento de la información y una comunicación aún más rápida en todos los niveles de la campaña. Para ayudar a llevar a cabo el enfoque de la Operación Libertad Iraquí a la guerra, se distribuyeron a 33 000 efectivos de apoyo expertos en el espacio por los servicios conjuntos y por toda el área de operaciones de 21 sitios estadounidenses y 15 sitios extranjeros. La combinación de todas esas personas y toda esa tecnología produjo resultados generales sin precedentes. Tal como lo resume Anthony H. Cordesman, analista de seguridad nacional, y omitiendo la hipérbole:

[E]sta fue la primera guerra a gran escala en la que Estados Unidos pudo pelear con la cobertura continua de sensores y satélites de inteligencia durante las 24 horas en el campo de batalla, así como el primer conflicto importante en el que pudo aprovechar la cobertura completa de 24 horas del sistema de posicionamiento global por satélite (GPS).

Estados Unidos y Gran Bretaña no tenían el dominio total del espacio. Irak tenía acceso a satélites para transmisión de televisión[,] había comprado grandes cantidades de fotografías satelitales... antes de la guerra, y podía hacer uso comercial del sistema de posicionamiento global por satélite.

Sin embargo, la coalición tenía una superioridad tan grande en todas las áreas del espacio que las capacidades de Irak eran triviales en comparación... La gama de activos de comunicaciones y sensores basados en el espacio, y el ancho de banda tan alto que Estados Unidos podía aportar a la gestión de las operaciones militares globales, le permitieron lograr el comando y control casi en tiempo real, así como la recopilación, el procesamiento y la difusión de inteligencia. Al mismo tiempo, el GPS permitía que las fuerzas estadounidenses y británicas localizaran fuerzas amigas y enemigas, y que pudieran tanto atacar como guiar las armas.^[48]

¿Ese poder espacial aumentado de Estados Unidos benefició a los 25 millones de iraquíes que se quedaron sin líder por la caída de Bagdad y la captura del presidente Saddam Hussein en abril de 2003? Al final, el segundo asalto rápido liderado por Estados Unidos contra Irak, seguido año tras año de todo tipo de violencia, destrozó al país. Era un delirio la victoria proclamada en la primavera y el verano de 2003 por tantos funcionarios y comentaristas de Estados Unidos, y también lo era ese «gobierno en la mano, listo para desplegar» promocionado por un general en jefe de Estados Unidos. Cordesman advierte en el primer párrafo de su libro de 2003 *La guerra de Irak. Estrategia, tácticas y lecciones militares*: «La historia está llena de esfuerzos para emitir juicios instantáneos sobre las lecciones de la guerra que en última instancia resultaron haberse basado en información y suposiciones falsas». No logra referirse al final de la guerra ni a la paz declarada sin alertar a sus lectores de la falsedad, o la arrogancia, incluso, de usar esas palabras,

por lo que las entrecorilla: «el costo de la lucha desde el “fin” de la guerra»; «la “paz” que siguió». Advierte que las operaciones de Estados Unidos no lograron reducir la violencia, y que bien podría ampliarse la escala de los enfrentamientos.

La advertencia de Cordesman se ha hecho realidad. La campaña de «conmoción y pavor» de Estados Unidos dio paso a la desintegración del Irak moderno, a la renovación de los conflictos sectarios y al surgimiento de ejércitos yihadistas regionales. Incluso hoy en día, en algunas partes del país, ir al mercado por un kilo de arroz puede ser una apuesta con la muerte, e ir a la escuela una imposibilidad. A raíz de la guerra, aparte del papel que jugaron los satélites de reconocimiento y teledetección para localizar la presencia oculta de ruinas antiguas y el saqueo de sitios antiguos, los formidables activos espaciales de Estados Unidos hicieron poco para mejorar las vidas de la gente de Irak.^[49]

En cuanto a las próximas guerras de Estados Unidos, se librarán con activos espaciales incluso más formidables, con menos tropas terrestres y más vehículos aéreos autónomos, con satélites y drones más ágiles, con más control remoto, más sabotaje cibernético y menos destrucción física general. El poder espacial y el poder cibernético producirán resultados menos complicados y menos sangrientos, lo que también será menos peligroso para quienes los impongan. Confiar en los datos satelitales para señalar la presencia de enemigos presuntos o reales, como Osama bin Laden, y eliminarlos a ellos y sus asociados, o al menos a sus familias y vecinos, se volverá cada vez más común. Destruir un edificio como videojuego será cada vez más fácil y estará cada vez más alejado de los tormentos del espacio de batalla.

Mientras tanto, aunque los costos en dólares de la guerra puedan disminuir, los costos humanos en todos los lados seguirán desafiando cualquier resarcimiento. Algunos de los activos espaciales de vanguardia de Estados Unidos se «desvanecerán a negro», como lo definió un defensor de la tecnología espacial, a medida que los vayan suplantando los de otros poderes espaciales. A la vez, los refinamientos continuos en el sabotaje cibernético podrían hacer que sean menos convincentes los llamados a tener armas espaciales físicamente destructivas. Es posible que tengan que esperar mucho más tiempo los analistas que estaban reservando su uso del término *guerra espacial* para el momento en que se lancen armas desde la órbita terrestre o hasta que comiencen los ataques de espacio a espacio. La agresión basada en el espacio en medio de la acumulación de desechos orbitales se convertirá en

un enfoque cada vez menos sensato para el conflicto, mientras que la vigilancia basada en el espacio podría volverse un medio de defensa cada vez más potente o invasivo. Por un tiempo todavía, la guerra —ya sea la librada por Estados Unidos y sus aliados o también por los yihadistas y sus propagandistas de las redes sociales— probablemente seguirá más habilitada por el espacio que situada en el espacio. El espacio militar —el segmento de espacio del combatiente, el sitio de las plataformas de vigilancia y comunicaciones, el lugar de fácil entrada y fácil control, tan distinto de las vastas y vastamente hostiles extensiones de un astrofísico— se mantendrán previsiblemente restringidas a la órbita cercana a la Tierra.^[50]

En total, la economía espacial mundial (que abarca gastos militares, civiles y comerciales, tanto gubernamentales como no gubernamentales) está superando los 330 mil millones de dólares, más que el PIB actual de potencias económicas como Hong Kong y Singapur, y más de 15 veces el presupuesto anual de la NASA.

La mayor parte de la economía espacial mundial es el rápido aumento de la actividad comercial, que representó más de tres cuartos del gasto mundial en espacio en 2016. Se incluye en esta categoría de todo, desde satélites de telecomunicaciones, televisión por satélite y radiodifusión, servicios de lanzamiento, seguros, fabricación de naves espaciales, monitoreo satelital de transporte de alimentos a larga distancia, imágenes de observación terrestre de alta resolución y turismo espacial, hasta posición/navegación/sincronización (PNT) para la entrega de nuestra más reciente compra innecesaria por internet o la ubicación óptima para ir a pescar este fin de semana. En otras palabras, parece que están listas para aprovecharse una gran cantidad de energía y de ganancias espaciales, o, como dice la Fundación del Espacio: «el proceso continuo de integrar la tecnología espacial en todos los aspectos de la vida» ha generado compañías que «buscan monetizar el creciente torrente de información que fluye desde y a través de los sistemas espaciales».

Eso no quiere decir que sea secundario el lado gubernamental de la actividad espacial. Actualmente existen más de 50 agencias espaciales en todo el mundo, algunas de ellas en países perjudicados por la pobreza, las deudas, la infraestructura inadecuada y otros males. Sin embargo, en 2016, la mayoría de los países aumentaron sus presupuestos espaciales.^[51]

Hoy en día, no hay país que pueda lograr o preservar la viabilidad económica y la seguridad nacional mientras ignora el espacio como una

fuente de datos, un canal de comunicación y un dominio de amenazas potenciales. La conectividad es clave para la modernidad, para la participación en la economía global y la forma de gobierno global. No tener conectividad significa que no hay acceso, ni presencia, ni poder. Como escribe Joan Johnson-Freese: «La necesidad de conectividad para evitar ser una víctima más en la economía globalizada hace del acceso a los beneficios del espacio una cuestión de seguridad nacional que no se les puede negar a los países».^[52]

Consideremos China e India. Juntos, albergan a más de un tercio de la población del planeta. A pesar de las tempestades que sacuden a sus economías, ninguno de los dos trata a la investigación y al desarrollo espacial o a la ciencia y tecnología como algo prescindible.

El programa espacial de China comenzó en los sesenta, con un primer lanzamiento satelital exitoso en 1970. Mao Zedong entendía la investigación de misiles y del espacio como un baluarte contra los superpoderes de la Guerra Fría, por lo que los excesos de la Revolución Cultural no suprimieron el programa espacial. Los líderes subsiguientes le han dado mucho más que apoyo simbólico. China es la tercera potencia espacial mundial: la tercera nación cronológicamente que envía a sus propios ciudadanos al espacio en su propia nave espacial, lanzada por sus propios cohetes desde su propio centro espacial. En palabras de un general chino, tras haber logrado esta posición China ha alcanzado una «nueva altura de mando para la competencia estratégica internacional». La retórica y el énfasis han sido militares, aunque la ciencia pura ha ido ganando terreno últimamente. La agenda espacial de China ha superado el terreno del dominio y comienza a avanzar por el de la indagación. Entre 2016 y 2030, las misiones de ciencia espacial chinas abordarán dos cuestiones fundamentales: el origen y la evolución de la materia y la relación entre el sistema solar y los seres humanos. El «objetivo estratégico», tal como se presenta en la publicación oficial de la Academia China de Ciencias, es «grandes descubrimientos científicos y... avances innovadores».

Entre los avances más recientes de China se encuentra su lanzamiento en agosto de 2016 del primer satélite cuántico del mundo, Micius (llamado así por un antiguo filósofo chino), que utiliza fibra óptica para transmitir señales a estaciones en la Tierra en forma de fotones «entrelazados». El entrelazamiento implica pares de fotones que nacen simultáneamente y después se separan. Medir uno de ellos instantáneamente otorga información sobre el otro, sin importar la distancia entre ellos. Considerado durante mucho

tiempo como un curioso experimento de laboratorio, en distancias del largo del laboratorio, este método de comunicación cuántica de vanguardia podría algún día establecer una Internet global a prueba de piratería.^[53] Y Micius es solo el comienzo de un programa más amplio de física satelital llamado QUESS, Quantum Experiments at Space Scale [Experimentos Cuánticos a Escala Espacial]. Mientras este libro iba a imprenta, los chinos seguían teniendo el récord de distancia de entrelazamiento: pares de fotones enviados por Micius a dos estaciones receptoras en las cimas de dos montañas en China, 1 200 km de distancia.

India, aunque todavía afligida por que Jawaharlal Nehru, su primer primer ministro postindependencia, llamara «problemas de hambre, falta de sanidad y analfabetismo» (problemas que China ha aliviado con más éxito), ha tenido una agencia espacial desde 1969. El énfasis ha sido más civil que militar, con una pizca de investigación científica: por ejemplo, los planes de la Agencia India de Investigación Espacial (ISRO, por sus siglas en inglés) para estudiar las eyecciones de masa coronal del Sol y su impacto en el clima espacial. Pero como dijo Vikram Sarabhai, físico, empresario industrial y fundador del programa espacial: «Si queremos desempeñar un papel significativo a nivel nacional y en la comunidad de naciones, debemos ser insuperables en la aplicación de tecnologías avanzadas a los problemas reales del hombre y la sociedad». En 1980, la India se unió a la pequeña comunidad de naciones que han usado su propio cohete portador para lanzar un satélite. Pronto, India comenzaría a construir los satélites mismos, dedicados principalmente a dos tareas: las telecomunicaciones, para brindar a su pueblo no solo las producciones de Bollywood sino también programación educativa y de salud pública; y la observación de la Tierra, que proporciona datos sobre amenazas de inundaciones y sequías, disponibilidad de agua dulce, infestaciones de plagas, condiciones oceánicas, tierras cultivables, recursos minerales y así en adelante. Pero como hemos visto, hay una línea muy delgada entre la observación de la Tierra y el reconocimiento militar. Cualquier satélite que haga una cosa puede hacerla el otro también.

India también se ha convertido en proveedor de servicios de lanzamiento y, a mediados de febrero de 2017, realizó un despliegue espectacular de 104 satélites (la mayoría de los cuales pesaban solo 4.5 kilos) desde un solo cohete en un lapso de 18 minutos, desplazando a Rusia en el récord mundial que tenía, basado en el lanzamiento de Roscosmos en 2014 de 37 satélites desde un solo cohete. Y, predeciblemente, en enero de 2018 India probó con éxito un misil balístico de largo alcance capaz de darle con una ojiva nuclear

a un objetivo a 5 000 (o, según fuentes chinas, 8 000) km de distancia. Un editorial en el *Delhi Defense Review* anunció el logro, diciendo que «marca la llegada de la India como un poder de misiles».^[54]

A modo de comparación, consideremos las historias espaciales de dos naciones más ricas, Canadá y Japón, en donde hay un alto nivel de alfabetización, el hambre es poco frecuente, el acceso a la atención médica asequible es un derecho de nacimiento y la esperanza de vida supera los 80 años. A diferencia de China e India, Canadá y Japón son estados socios de la Estación Espacial Internacional. También a diferencia de China e India, sus gastos militares, según el Instituto Internacional de Estocolmo para la Investigación de la Paz, constituyen menos del 3 % del gasto gubernamental, en comparación con el 6 % de China y el 9 % de la India, por no mencionar los gastos militares aún mayores de las dos tradicionales superpotencias espaciales, Estados Unidos (más del 9 % del gasto gubernamental, pero 36 % del gasto militar mundial) y Rusia (el 15 % del gasto gubernamental).^[55]

Durante décadas antes de que se estableciera la Agencia Espacial Canadiense en 1990, Canadá se había asociado con otros países en iniciativas espaciales, especialmente con Estados Unidos. Entre las muchas asociaciones iniciales se encontraban una antena de comunicaciones almacenable, construida en Ontario y utilizada durante los vuelos tripulados pioneros de los Estados Unidos entre 1961 y 1962, y las patas de aterrizaje construidas en Quebec para el módulo lunar del Apolo 11, la nave que colocó con seguridad a Neil Armstrong y Buzz Aldrin en el Luna en 1969. Canadá fue el tercer país en construir su propio satélite y el primer país en tener su propio satélite de comunicaciones en órbita geostacionaria. Más recientemente, Canadá ha realizado contribuciones robóticas de alto perfil al transbordador espacial de Estados Unidos y a la Estación Espacial Internacional. El primero fue el altamente versátil Canadarm, el brazo robótico cuya tarea principal durante las tres décadas completas del programa del transbordador fue maniobrar objetos espaciales dentro y alrededor del compartimento de carga útil del transbordador. Luego vino el Canadarm2, mucho más complejo y versátil, que puede moverse y engancharse a los dispositivos de alimentación y datos por toda la Estación Espacial Internacional y que no solo ha movido cientos de toneladas de carga útil, sino que también ha ayudado a ensamblar la mayor parte de la estación espacial misma, a acoplar y desacoplar naves espaciales que están de visita, y a dar a los astronautas un punto de apoyo en más de un centenar de caminatas espaciales. El más reciente es Dextre, una especie de «“mil usos” robótico» de precisión capaz de ejecutar tareas delicadas en la

ISS que Canadarm2 no puede hacer. Ocho astronautas canadienses han registrado colectivamente más de 11 000 horas en el espacio, principalmente en la Estación Espacial Internacional.^[56]

Todo lo anterior son esfuerzos civiles de ciencia y tecnología, lo que no significa que Canadá rehúya a las capacidades espaciales militares. Junto con Estados Unidos, Canadá es responsable de la advertencia y control aeroespacial por medio de NORAD, el Mando Norteamericano de Defensa Aeroespacial. Sus funciones incluyen monitorear objetos artificiales en el espacio, así como detectar, validar y advertir de cualquier ataque contra América del Norte desde el aire o el espacio. Pero para 1997, Canadá no tenía una estrategia espacial militar oficial. Y en 1998 —años después de que el ataque estadounidense contra Irak en la Operación Tormenta del Desierto demostrara de manera decisiva los usos de los sistemas espaciales en la guerra— un coronel canadiense se quejaba cortésmente en un escrito de que «nuestras fuerzas militares no parecen tener visión de futuro en el intento de hacer un uso completo del espacio», que «la doctrina espacial canadiense es virtualmente inexistente», y que «es sorprendente la falta de dirección en el uso del espacio en el nivel operativo o estratégico de la guerra».

No fue hasta 2013 que las fuerzas armadas de ese país tuvieron su propio satélite de vigilancia, Sapphire, construido en Canadá y lanzado desde la India. Este satélite, sin embargo, no participa en las guerras: sirve para garantizar la seguridad de los activos espaciales del mundo, y no solo los de Canadá, al monitorear cada trozo de basura espacial que mida más de 10 cm de ancho. Pensemos en este como un ejemplo eminentemente pacífico de la obligación tradicional de los militares de proteger y defender, así como la salva de bienvenida de las capacidades espaciales ampliadas de Canadá. A partir de 2014, el Cuerpo Espacial de las Fuerzas Aéreas de Canadá proporciona soporte las 24 horas al Mando de Operaciones Conjuntas, incluyendo avisos de misiles, notificaciones de lanzamiento, actualizaciones de estado de GPS y detección de cualquier interferencia electrónica dirigida a satélites. En la actualidad, las operaciones espaciales de Canadá son a menudo esfuerzos conjuntos: por ejemplo, su asociación con la AEHAF (Advanced Extremely High Frequency), la constelación en curso de comunicaciones seguras del Comando Espacial de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos. Una importante capacidad espacial canadiense independiente es el rápido procesamiento de datos de vigilancia por radar marítimo, combinado con un sistema de satélites que permite la identificación automática de buques.^[57]

Ahora tomemos a Japón que, en 2016, gastando el triple de lo que Canadá gastó como porcentaje del PIB, fue uno de los cinco principales gastadores en espacio del mundo.^[58]

Aunque JAXA, la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón, se estableció en 2003 al fusionarse tres organizaciones aeroespaciales que ya existían, la historia espacial del país abarca más de medio siglo. Desde la década de los cincuenta en adelante, Japón desplegó decenas de cohetes suborbitales continuamente mejorados para medir fenómenos de gran altitud como la densidad de electrones y la disminución de la capa de ozono; para 1980, estos cohetes eran lo suficientemente poderosos para servir como vehículos de lanzamiento para cargas útiles de varios cientos de kilos. El Instituto de Ciencia Aeronáutica y Espacial de la Universidad de Tokio (absorbido por JAXA en 2003) lanzó su primer satélite en febrero de 1970, convirtiendo a Japón en la cuarta nación —después de la Unión Soviética, Estados Unidos y Francia— en lograr un lanzamiento de satélite, con China tomando el quinto lugar menos de tres meses después. Al año siguiente, Japón lanzó en órbita su primer satélite científico. Durante las siguientes décadas, los japoneses orbitaron docenas de satélites dedicados a la observación de la Tierra y al posicionamiento local, así como a la observación astronómica y la exploración lunar y planetaria. Estos satélites han investigado precipitaciones tropicales, gases de efecto invernadero, cambios globales en el clima y el agua de la Tierra, minerales y topografía lunares, el clima de Venus y más. En el otoño de 2005, Hayabusa —una nave espacial japonesa no tripulada que había despegado de la Tierra en la primavera de 2003, propulsada de manera eficiente por el gas de xenón ionizado (un propulsor de plasma iónico)— se convirtió en la primera en visitar un asteroide, recoger material de la superficie y, cinco años después, volver a la Tierra con las muestras intactas. En particular, como parte de su contribución a la Estación Espacial Internacional, Japón opera un gran módulo científico, Kibo (Esperanza), que tiene sus propios brazos robóticos y puede alojar hasta 10 experimentos a la vez dentro del módulo, y casi la misma cantidad afuera, expuesto al medio ambiente espacial.^[59]

Al igual que Canadá, Japón retrasó su participación en el espacio militar, pero por diferentes razones. La demora se causó por las restricciones del artículo 9 de la constitución del país, redactado en 1946 por el personal de ocupación estadounidense y presentado a los japoneses como un hecho consumado. Afirma, en parte, que: «Aspirando sinceramente a una paz internacional basada en la justicia y el orden, los japoneses renuncian para

siempre a la guerra como un derecho soberano de la nación y a la amenaza o el uso de la fuerza como medios para resolver disputas internacionales». Este enfoque se reforzó en 1969 mediante una resolución de que el programa espacial del país se limitara a fines pacíficos, no militares y no nucleares, y que se dedicara a los principios de independencia, democracia, apertura y cooperación internacional.

A pesar de la apertura, la vigilancia espacial comenzó en la década de 1980, en forma de satélites de recolección de información que se presentaron como una tecnología común que ayudaría a las Fuerzas de Autodefensa y, por lo tanto, no serían un golpe para la paz. Pero lo que le cerró la puerta a la idea de que el programa espacial de Japón pudiese seguir dedicándose únicamente a fines pacíficos fue la prueba de lanzamiento del primer misil balístico de rango intermedio de Corea del Norte, Taepodong-1, en el espacio aéreo sobre Japón en agosto de 1998, combinado con una serie de fallas espaciales japonesas de alto perfil en las décadas de 1990 y 2000. El Taepodong-1 activó el rearme defensivo y creó presiones para desarrollar una mayor cooperación militar con Estados Unidos, proveedor espacial y árbitro de Japón desde hace mucho tiempo. La siguiente década fue de replanteamiento y reorganización institucional, y llevó a la Ley Básica del Espacio de 2008, aprobada por el parlamento japonés luego de solo cuatro horas de discusión. Una motivación espléndida para aprobar esa ley la proporcionó el hecho de que China aumentaba y diversificaba sus capacidades espaciales militares, situación resaltada por su prueba de un misil antisatélite de matanza cinética en 2007. Pasaron a primer plano las preocupaciones de seguridad nacional relacionadas con la proximidad de la China nuclear y la Corea del Norte nuclear. En 2016, Japón lanzó su cuarto Plan Básico para el espacio, el primer programa espacial del país totalmente financiado y centrado en la seguridad nacional, cuyo elemento central es el énfasis en la cooperación espacial con Estados Unidos.^[60]

¿Y qué hay del país más grande de la Tierra: la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, de 22 millones de km², sucedida por lo que seguía siendo el país más grande de la Tierra, la Federación Rusa, de 17 millones de km²? Desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta que China, Corea del Norte, Irán, los cárteles de la droga latinoamericanos y los terroristas islamistas surgieron como amenazas a la seguridad nacional de Estados Unidos, Rusia seguía siendo el principal adversario y competidor espacial de

Estados Unidos. Como socio del tratado sobre el desarme y, en la era posterior al transbordador, el único medio de Estados Unidos para transportar astronautas y suministros hacia y desde la Estación Espacial Internacional, Rusia se convirtió en su enemigo más querido. Pero el aumento gradual de las zonas de conflicto entre Estados Unidos y Rusia en todo el mundo —junto con la evidencia generalizada de la intervención cibernética rusa y las historias de noticias fabricadas en internet, algunas de las cuales venían a ser propaganda patrocinada por el Estado que tenían como blanco las elecciones de 2016 en Estados Unidos— ha resucitado la atmósfera política de la Guerra Fría antes muerta y enterrada.^[61]

Durante décadas, los analistas estadounidenses habían presentado el conflicto como binario, llevando adelante con intensidad variada la retórica dualista de la presidencia de Kennedy: dos superpotencias, dos sistemas económicos y políticos mutuamente excluyentes. En esta visión, el conflicto entre las superpotencias era inherente e inevitable, mientras que la cooperación era poco probable o, en el mejor de los casos, poco confiable. Aun así, la cooperación entre Estados Unidos y la Unión Soviética en el espacio tuvo éxitos diplomáticos tempranos, como el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967, el acuerdo bilateral de Cooperación en el Espacio de 1972, y el Proyecto de Pruebas Apollo-Soyuz hecho conjuntamente a mediados de 1975, cuando naves espaciales tripuladas de los dos superpoderes atracaron y orbitaron durante dos días en órbita terrestre baja.^[62] Claramente, el espacio no era solo una frontera de la ciencia y la tecnología, sino también una frontera de distensión.

Durante los años ochenta, mientras los partidarios de la Guerra de las Galaxias y los denunciantes de la Guerra de las Galaxias intensificaban sus tácticas en Estados Unidos, la Unión Soviética comenzó a desmoronarse, embestida por la agitación política y económica interna y por el creciente movimiento no comunista en estados satélites de Europa del Este. No era un buen momento para la investigación básica en ciencia espacial, pero era un excelente momento para las aplicaciones militares. En 1986, los dos lados de la Guerra Fría atravesaron varias semanas y meses terribles. En febrero, el transbordador espacial estadounidense Challenger se desintegró apenas unos segundos después del lanzamiento, matando a siete miembros de la tripulación. En abril, se incendió un reactor nuclear en la planta de energía de Chernobyl en Ucrania y lanzó material radioactivo al entorno, matando a decenas de trabajadores y causando cáncer de tiroides en miles de niños debido a la leche contaminada. Como escribió William E. Burrows en *This*

New Ocean: «El final del comienzo empezó en 1986. Estuvo marcado por dos rupturas, que en general se creía que eran tecnológicas, pero cuyas causas eran mucho más profundas... Las dos hicieron que el planeta se estremeciera».^[63]

En marzo de 1989, la Unión Soviética celebró elecciones para la legislatura de reciente creación, en la que los votantes pudieron elegir candidatos por primera vez desde 1917. Muchos funcionarios del Partido Comunista enfrentaron la derrota. En la tarde del 9 de noviembre de 1989, en una conferencia de prensa transmitida en vivo por televisión, un cansado burócrata de Alemania del Este metió la pata con un anuncio inesperado y no del todo autorizado de que el Partido había «decidido implementar hoy (hummm) un reglamento que permite a todos los ciudadanos de la República Democrática Alemana (hummm) dejar la RDA por cualquiera de los cruces fronterizos». En cuestión de horas, los berlineses orientales estaban bailando sobre el odiado Muro, lo azotaban con martillos y fluían hacia Berlín Occidental.^[64] A principios de diciembre de 1991, 11 de las 15 exrepúblicas soviéticas formaron la Comunidad de Estados Independientes. Apenas unas semanas después, el 25 de diciembre, el líder soviético Mijaíl Gorbachov, defensor de la *glasnost* (apertura) y la *perestroika* (reestructuración), renunció a su puesto designado. El siguiente febrero en Washington, D.C., el líder de la Rusia independiente, Boris Yeltsin, y el presidente de Estados Unidos, George H.W. Bush, anunciaron que la Guerra Fría había terminado oficialmente.

Consideremos apenas un puñado de estadísticas económicas soviéticas de 1990 a 1991, que representan a la Unión Soviética en colapso y a Rusia como recién nacida y asolada por adversidades. El 40 % de la formidable cosecha de granos de la URSS de 1990 se echó a perder o fue devorada por alimañas, debido al estado lamentable del procesamiento y transporte de los alimentos. Las fábricas enfrentaron aumentos abrumadores en el precio de los materiales: el índice de precios al productor para la producción industrial aumentó un 200 %, año sobre año, durante la primera mitad de 1991 y siguió aumentando. Los precios de los bienes y servicios comunes aumentaron en un 240 % entre diciembre de 1990 y diciembre de 1991, pero los ingresos de la gente común no siguieron el mismo ritmo. Las exportaciones disminuyeron en un 33 % en 1991. Mientras el Estado pagaba sus facturas imprimiendo más rublos, los trabajadores pagaban algunas de sus facturas con vodka. La aspirina, sin mencionar los antibióticos, se volvió escasa. Cayó la esperanza de vida.

Dado el conflicto y las privaciones en la URSS durante los últimos años en que Gorbachov estuvo en el poder, uno podría suponer que el formidable programa espacial soviético se habría desplomado junto con el colapso del producto nacional bruto.^[65] No fue del todo así: resulta complicado.

Según James Clay Moltz en *The Politics of Space Security* (La política de la seguridad espacial) en 1985, durante el primer año de Gorbachov como secretario general, él y sus asesores estaban hartos de las «competencias militares de ajuste de cuentas»; estaban convencidos de que los logros de la exploración espacial podían «servir como una locomotora efectiva para la revolución científica y tecnológica», y tenían la intención de romper el dominio del ejército en el programa espacial. Su primer paso fue crear la agencia espacial Glavkosmo, una agencia abierta al exterior y diseñada para comercializar algunos de los impresionantes servicios espaciales, equipo e investigación de la Unión Soviética hacia Occidente, para atraer la moneda fuerte que tanto necesitaban, entre otros beneficios. «Las tecnologías soviéticas relacionadas con el espacio ahora constituían una de las pocas áreas en donde la URSS estaba a la par con los líderes mundiales, y en algunos casos incluso adelantada», argumenta Moltz.^[66] Entre esas tecnologías soviéticas comercializables se encontraba el sistema de lanzamiento Protón y el cohete lanzador Energiya, con la capacidad para poner 100 ton en órbita. Y no vaya a ser que lo pasemos por alto: la lista de primicias espaciales soviéticas es mucho más larga que la de Estados Unidos. Para 1985, la Unión Soviética había orbitado con éxito seis estaciones espaciales en 14 años, mientras que Estados Unidos había orbitado una.

En febrero de 1986, la Unión Soviética lanzó su estación espacial de larga vida Mir, la octava en su serie Salyut, pero ahora con un nuevo nombre que significa «Paz». Más tarde ese mismo año, Ronald Reagan y Mijaíl Gorbachov se reunieron en una cumbre de desarme nuclear en Islandia, que podría haber tenido éxito si no fuera por el inquebrantable compromiso de Estados Unidos con la guerra de las galaxias, la Iniciativa de Defensa Estratégica. De hecho, sin que Gorbachov lo supiera en el momento de la cumbre, estaban en marcha las propias versiones ofensivas de la guerra de las galaxias de la Unión Soviética: un cañón láser en órbita, Skif, y una estación de batalla en órbita con misiles armados, Kaskad. Aunque disgustado al enterarse de lo de Skif, Gorbachov permitió un lanzamiento de demostración a través de Energiya en mayo de 1987, pero sin el láser. El cohete gigante hizo su parte admirablemente, pero el Skif cayó al Pacífico Norte. El

financiamiento para la guerra de las galaxias soviética se evaporó poco después.

Una vez más, el espacio se trasladó a la frontera de la distensión. Los funcionarios espaciales civiles soviéticos presentaron propuestas a Occidente, incluyendo una misión conjunta entre Estados Unidos y la Unión Soviética a Marte y una estación espacial internacional financiada por la Unión Soviética. En abril de 1987, incluso antes de la muerte de Skif, el futuro parecía haberse iluminado lo suficiente como para permitir que el secretario de Estado de Estados Unidos y el ministro de Relaciones Exteriores soviético firmaran un acuerdo sobre 16 proyectos de cooperación de ciencia espacial, entre ellos varias misiones a Marte.^[67] A principios de diciembre de 1988, pocos meses después de un par de desastres espaciales soviéticos cuya intención original era la de mostrar a la URSS como un «socio confiable y todavía innovador», Mijaíl Gorbachov habló frente a la Asamblea General de la ONU. Además de anunciar que su país reduciría unilateralmente sus fuerzas armadas y armamentos, reiteró la posición soviética de que «las actividades en el espacio ultraterrestre deben descartar la aparición de armas allí» y ofreció una estación de radar soviética que sirviera como una instalación espacial internacional bajo el control de la ONU.^[68] El costo del conflicto espacial potencial era demasiado alto, y ponía en peligro mucho más. La Unión Soviética ya no podía permitirse nada de eso.

En sus cautivadoras memorias de 1994, *Aventuras y desventuras de un científico soviético*, el físico de plasma Roald Sagdeev, director del Instituto de Investigación Espacial de la Academia de Ciencias de Rusia (Institut Kosmicheskikh Issledovany, IKI) de 1973 a 1988, un hombre al que Carl Sagan describe en el prólogo como alguien que «instituyó la *glasnost* antes que Gorbachov» y que «ayudó a prevenir una aceleración de la carrera de armamentos nucleares tanto en el espacio como en la Tierra», detalla la degradación de la ciencia espacial soviética. Al describir el «iceberg militar-industrial» y su sensación de que la principal tarea nacional seguía siendo la «construcción de una enorme maquinaria militar», escribe, con más que un dejo de sarcasmo: «En mi trayectoria espacial, cuando tenía que lidiar extensamente con las industrias de Defensa, se proporcionaban cohetes en el espacio como una muestra de filantropía por parte de las empresas militares». Secretos y mentiras: eran habituales las «mentirillas para una causa noble» (aunque no es que la URSS inventara esa táctica) y siguieron adelante en la era de Gorbachov. Sagdeev no escatima palabras y se refiere a los gerentes del programa espacial de su nación como «los barones corruptos de la mafia

espacial soviética» y «hombres de la edad de piedra». Cerca del final de sus memorias, traza la distinción entre la agenda de la ciencia y la agenda del complejo militar-industrial, una frase que él acoge, e incluso utiliza como el título de uno de sus capítulos:

La diferencia entre la comunidad de las ciencias espaciales y la comunidad del sector espacial yace en el hecho de que, mientras que la industria prefiere por instinto los contratos que repiten proyectos y modelos ya existentes, los científicos necesitan novedad. Los viejos resultados mundanos no tienen un valor científico real. Nuestra profesión, por definición, exige que pasemos a nuevos diseños. La diferencia entre la ciencia espacial y la tecnología es, en esencia, un conflicto filosófico entre dos formas de vida.

... La industria espacial había desarrollado una capacidad especial para sobrevivir en [un] entorno [en donde] todo se mantenía en secreto. Ahora tenían miedo de comenzar una nueva vida con la *glasnost*.^[69]

El día que Gorbachov dejó el cargo, su adversario Yeltsin asumió el poder en la nueva Rusia. Yeltsin llevaba varios años exigiendo que se suspendieran todos los programas espaciales. Primero lo primero. La economía, que de por sí estaba tambaleándose, sufrió más golpes por la privatización agresiva de los recursos y la capacidad industrial. A esto le podemos agregar el aumento de oligarcas, mafiosos y repúblicas disidentes, las luchas por el desarrollo de petróleo y oleoductos, la caída de los precios del petróleo y la salida de dinero a los bancos suizos. Según el Fondo Monetario Internacional, en 1992 el PIB de Rusia cayó más del 14 %, mientras que los precios aumentaban en más de 1 700 %; en 1993, el PIB disminuyó otro 9 %, mientras que la inflación avanzaba a una tasa anual de casi el 900 %. Hasta 1997, la economía rusa no mejoró.^[70] Mientras tanto, la Agencia Espacial Rusa (en asociación con empresas estadounidenses) comenzó a vender tiempo en sus satélites de espionaje, que antes eran secretos y de primera línea. Estaban disponible vuelos civiles en aviones de combate MIG-29 por unos cuantos miles de dólares. Y en 1993, Sotheby's de Nueva York subastó 200 piezas de los programas espaciales soviético y ruso, desde bitácoras y trajes espaciales usados, hasta un juego de ajedrez con ranuras diseñado para funcionar en gravedad cero o una cápsula Soyuz quemada y recuperada. Ese último artículo se vendió por 1.7 millones de dólares. Yo estaba ahí: no era exactamente una venta de garaje, pero la sala de subastas tenía un tufillo a los vencedores que se reparten el botín de la guerra, una victoria de la Guerra Fría combatida por tanto tiempo. Un comprador importante fue el multimillonario anticomunista de Texas y el candidato presidencial independiente de 1992, H. Ross Perot, quien más tarde donó sus compras al Museo Nacional del Aire y del Espacio en Washington.^[71]

Para 1996, Rusia ya le debía a Kazajstán cientos de millones de dólares en alquiler no pagado por el uso de las instalaciones principales para lanzamientos espaciales en Baikonur en el que, en diciembre de 1991, repentinamente, se volvería un país aparte. Con un presupuesto espacial de 700 millones de dólares en 1996, Rusia ya era el penúltimo país en gastos espaciales, justo por encima de la India. Mientras rogaba por una miseria equivalente a una doceava parte del presupuesto espacial civil de Estados Unidos, el director general de la Agencia Espacial Rusa le dijo al parlamento ruso en 1996 que casi la mitad de los ingenieros y técnicos del programa espacial se habían ido porque no podían sobrevivir con el salario mensual promedio de 100 dólares. Esto tuvo consecuencias. La red de satélites de alerta temprana de Rusia confundió a un cohete científico noruego con un ataque de un misil Trident estadounidense lanzado desde el mar. El reconocimiento espacial ruso quedó ciego durante medio año porque algunos de los satélites espía de corta duración estaban fallando y no podían reemplazarse. Otra misión más de colaboración en el espacio profundo se cayó en el océano, debido a una falla del cohete Protón de Rusia.

Luego, escribe Burrows, «todo empeoró. A principios de 1997, el paso del tiempo y el presupuesto gravemente reducido empezaron a pasar factura a la única estación espacial del mundo, en ese entonces en su undécimo año en órbita». La estación Mir, para entonces un «juego de herramientas volante, hecho a las apuradas, que había superado por seis años su vida útil», casi estira la pata. El ahorro de dinero había desbancado a la seguridad. En lugar de obtener mantenimientos de rutina, las piezas de Mir se usaron hasta que morían. En 1998, el GLONASS también comenzó a fallar, sin que hubiera dinero para reponer el sistema con nuevos satélites, como se había planeado. Después de realizar 10 lanzamientos espaciales en 1998, el ejército ruso logró financiar solo cuatro lanzamientos en cada uno de los siguientes dos años. En cuanto a la ciencia espacial, según el director del Instituto de Investigación Espacial en Moscú, «estábamos apenas funcionando».

Los gigantes corporativos se abalanzaron para ofrecer su versión de rescate: las empresas conjuntas. Lockheed se unió a Khrunichev para comercializar el cohete Protón; las fusiones y adquisiciones subsiguientes atrajeron a Martin Marietta y a la corporación Energiya, lo que resultó en International Launch Services, que ya para 1995 había obtenido el 15 % del mercado de lanzamiento espacial comercial global. El grupo de diseño ucraniano Yuzhnoye se unió a Boeing, a Energiya y al grupo marítimo Kvaerner de Noruega para formar la asociación Sea Launch. Pratt & Whitney

en Estados Unidos se unió a Energomash en Rusia para fabricar y mantener el motor de cohete RD-180, para el cual el principal cliente se volvió el ejército estadounidense. La compañía francesa Arianespace, la primera compañía comercial de transporte espacial del mundo, se unió a la oficina de diseño rusa Starsem para comercializar el lanzador Soyuz.

También el gobierno de Estados Unidos encontró maneras de apoyar a Rusia y al mismo tiempo servir a sus propios intereses de seguridad nacional. Una de ellas fue canalizar dinero a través del presupuesto de la Estación Espacial Internacional para garantizar que se completara el crucial módulo de servicio ruso. Estados Unidos también le pagó a la Agencia Espacial Rusa para que transportara a siete astronautas estadounidenses a Mir. Con el desmoronamiento del estado soviético, se evaporó ese espantajo de la era reaganiana con malignas estaciones espaciales soviéticas que orbitaban sobre ciudades estadounidenses, y Estados Unidos aceptó la participación de científicos e ingenieros soviéticos en proyectos espaciales estadounidenses: lo que fuera para hacer que los rusos brillantes, pero huérfanos institucionalmente, siguieran dedicándose a la ciencia en vez de a hacer bombas, ya fuera para Rusia o para un adversario de Estados Unidos.^[72]

El ascenso de Vladimir Putin al poder el último día de 1999 acarreo cambios. Poco a poco se fue reemplazando la constelación de 24 satélites GLONASS. Dentro de las fronteras de la Federación de Rusia se construyó Vostochny, una nueva instalación de lanzamiento espacial, aunque considerablemente por encima del presupuesto. Roscosmos se transformó en una corporación estatal después de una serie de fallas en los cohetes y escándalos de corrupción. Y con el final del programa de transbordadores espaciales de Estados Unidos en 2011, las naves espaciales Soyuz se convirtieron, y siguen siendo, la única forma de transportar suministros y tripulantes de cualquier nacionalidad desde y hacia la Estación Espacial Internacional.

Sin embargo, a pesar de las mejoras de la era Putin, el programa espacial de Rusia sigue sufriendo de manera general. Si bien el viceprimer ministro de Rusia para el Espacio y la Defensa se beneficia personalmente de las ventas de motores de cohetes de fabricación rusa para vehículos de lanzamiento estadounidenses, un ingeniero de Roscosmos gana menos de 300 dólares al mes. Mientras que el programa espacial de China emprende proyectos cada vez más grandes, el de Rusia se vuelve cada vez más precario. Mientras que los astronautas europeos y japoneses realizan múltiples experimentos científicos en sus áreas de la Estación Espacial Internacional, los cosmonautas

rusos no tienen siquiera un laboratorio adecuado en el suyo. Roscosmos ahora opera dentro de un presupuesto de 10 años (2016-2025) de aproximadamente 20 mil millones de dólares, apenas un poco más de lo que recibe la NASA cada año. Estos recortes y restricciones para la ciencia espacial son el resultado de los continuos bajos ingresos del petróleo para el gobierno ruso, de las sanciones de Occidente contra el suministro de artículos de doble uso para Rusia, incluso para proyectos obviamente científicos, y la priorización del gasto militar.

La colaboración abre un camino para salir de este callejón sin salida, aunque las sanciones y los escasos fondos siguen presentando obstáculos. Entre las asociaciones actuales del Instituto de Investigación Espacial de Rusia se encuentran ExoMars, con la Agencia Espacial Europea, para emprender la exploración robótica de la superficie y la atmósfera marcianas; Venera-D, con la NASA y el Jet Propulsion Laboratory, para desarrollar un orbitador y módulo de aterrizaje para reanudar las investigaciones pioneras rusas de Venus que se remontan a 1961; y el observatorio orbital de rayos X Spektr-RG, con el Centro Espacial Alemán (DLR, por sus siglas en alemán), para realizar un estudio de gran angular de las estructuras a gran escala del universo, incluyendo cien mil cúmulos de galaxias.^[73]

Entre 2013 y 2016, el presupuesto espacial anual del gobierno ruso se redujo en dos tercios, de poco menos de 5 mil millones de dólares a 1.6 mil millones de dólares. Rusia proporcionó más de la mitad de las misiones de reabastecimiento a la Estación Espacial Internacional y todo el transporte de la tripulación en 2015, pero lo malo es que dos de sus lanzamientos fallaron ese año y fracasaron 15 entre 2011 y finales de 2016. Afortunadamente, ninguno de esos incluía una cápsula tripulada. Pero los expertos en espacio se están jubilando, la mano de obra disponible no siempre cumple con los estándares previos, y está disminuyendo el control de calidad. Evidentemente, se ha quedado de lado uno de los dos superpoderes espaciales originales, al menos por ahora.^[74] En cambio, el as bajo la manga de Rusia se ha vuelto el dominio de las armas de reacción nuclear submarinas y próximas a la Tierra (misiles superpoderosos, invencibles y maniobrables, con capacidad de alcances ilimitados), como declaró Putin en su discurso sobre el estado de la nación en 2018:

Hablamos de misiles que son capaces de sortear, de evitar, las barreras defensivas. Nuestros planes no son ningún secreto. Hablamos abiertamente de lo que estábamos por hacer. Queríamos motivar a nuestros homólogos. Esto fue en 2004... Rusia es una gran potencia nuclear, pero nadie quería hablar con nosotros seriamente. Siguieron ignorándonos. Nadie nos escuchó. Así que escuchémoslos ahora.^[75]

La Estación Espacial Internacional —un enorme laboratorio y hábitat en órbita que funciona con energía solar, que hoy involucra a 15 países, representados por las agencias espaciales de Canadá, Europa, Japón, Rusia y Estados Unidos, así como el apoyo de empresas comerciales— es la colaboración espacial por excelencia de la humanidad de principios del siglo XXI. Su propósito primario actual no es ni astrofísico ni agresivo. Más que nada sirve como un ensayo tecnológico, fisiológico, psicológico, sociológico e incluso agrícola para la supervivencia humana en el espacio profundo. Los desafíos que enfrentan los habitantes rigurosamente entrenados durante las semanas y meses que pasan en sus confines ayudan a mostrar lo que es y no es posible en el futuro no terrestre de nuestra especie. Seguramente la capacidad de vivir y trabajar fuera del planeta a largo plazo sería, para el *Homo sapiens*, lo máximo en poder espacial.

Anunciada como una meta por Ronald Reagan en 1984, esta extensa nave ha tenido una gran historia. El triunfo más importante es que la ISS, todas sus 460 ton, ensambladas gradualmente en la órbita terrestre baja, realmente existe y funciona. Sin embargo, ese triunfo ha ido de la mano con dificultades, por supuesto.

Por ejemplo, el Departamento de Defensa de Estados Unidos, que seguía luchando en la Guerra Fría y desconfiaba de la participación internacional, se insertó muy temprano en la fase de negociación de lo que se había anunciado como un esfuerzo civil con fines pacíficos. En diciembre de 1986, el Departamento de Defensa de repente exigió garantías de que el ejército pudiera llevar a cabo tareas de seguridad nacional en la estación, sin que otras naciones las aprobaran, y que cualquier noción de una asociación igualitaria «no desplazaría ni la realidad ni el símbolo del liderazgo de Estados Unidos».

[76]

También surgieron dificultades en otros frentes. Con el repentino fin de la Unión Soviética, Europa y Rusia consideraron construir una estación espacial conjunta, pero Estados Unidos decretó que Rusia se volvería uno de los socios de la estación espacial de Estados Unidos. Se había excluido a China repetidamente de participar. Los costos excesivos, que estaban muy por encima de las estimaciones iniciales ridículamente bajas, hicieron que se cancelaran componentes e incluso amenazaron con que se abortara el proyecto en conjunto antes de tiempo. Y, por supuesto, la política terrestre actúa como un irritante permanente. Por otro lado, hay detalles como la hora de la cena en la estación —en la que se ha sabido que los rusos intercambian

sus estofados enlatados por helados estadounidenses— que regularmente producen una renovación positiva de las relaciones internacionales.^[77]

En la década de los cincuenta, las conversaciones norteamericanas sobre una estación espacial estaban muy infundidas de lenguaje inflamatorio. Concebida como laboratorio y plataforma de armas, se construiría como un activo estrictamente nacional. La primera nación en construirla seguramente controlaría toda la Tierra. La superioridad espacial de Estados Unidos sería la única situación aceptable. Esa visión se transmitió magníficamente en una popular serie de ocho partes sobre la conquista del espacio que publicó la revista *Collier's* de 1952 a 1954, y que se basó en varios talleres organizados por el Planetario Hayden de la ciudad de Nueva York que reunieron a ingenieros, científicos, artistas, futuristas y periodistas. Pero en su mayoría no se trataba de un entusiasmo quimérico: el supremo ingeniero aeroespacial Wernher von Braun dio forma a gran parte del contenido. William E. Burrows señala que la serie también incluye «uno de los ejemplos más antiguos y más influyentes de la típica retórica espacial de la Guerra Fría». Aunque estos artículos dramáticamente ilustrados representaron el primer vistazo del público a su futuro espacial, incluyendo los viajes a la Luna, a Marte y más allá, también estaban bien aderezados de alarmismo:

A decir verdad, un enemigo despiadado establecido en una estación espacial podría someter a los pueblos del mundo. Al girar alrededor de la Tierra en una órbita fija, como una segunda luna, esta isla artificial en los cielos podría usarse como una plataforma desde la que se podrían lanzar misiles guiados. Armados con ojivas atómicas, los proyectiles controlados por radar podrían dirigirse a cualquier objetivo en la superficie terrestre, con una precisión devastadora.

El concepto inicial soviético de una estación espacial era solo un poquito menos aterrador que el estadounidense. Habría de tener espacio para tres cosmonautas, capacidades de teledetección, cápsulas para enviar imágenes a la Tierra y un cañón defensivo para usar contra un ataque estadounidense.^[78] Por suerte, con el tiempo los dos lados dejaron fuera sus planes de una versión mortífera de una estación espacial.

Y entra en escena el presidente Ronald Reagan. En medio de su discurso sobre el Estado de la Unión en enero de 1984, en el que las palabras *libre* o *libertad* aparecen 25 veces, Reagan dijo al Congreso:

Esta noche, le estaré dando órdenes a la NASA de que desarrolle una estación espacial con tripulación permanente, y de que lo haga en menos de una década.

Una estación espacial permitirá saltos cuánticos para nuestra investigación en la ciencia, las comunicaciones, los metales, y los medicamentos para salvar vidas que podrían fabricarse solo en el espacio. Queremos que nuestros amigos nos ayuden a enfrentar estos retos y compartir sus beneficios. La NASA invitará a otros países a participar para que podamos fortalecer la paz,

construir la prosperidad y expandir la libertad para todos los que comparten nuestros objetivos.
[79]

Debía ser un proyecto dirigido por Estados Unidos con algunos aportes de subordinados selectos, y no una asociación de iguales. Propuesta en un momento de tensiones cada vez mayores de la Guerra Fría, estuvo motivada, al menos en parte, por una agenda poco generosa; como sugiere el politólogo Michael Sheehan, «Reagan estaba tratando de llevar a la URSS a la bancarrota, no solo al volver a encender la carrera de armamentos con la Iniciativa de Estrategia Defensiva, sino al relanzar la carrera espacial a través de la estación espacial».

Pronto, la hipotética estación espacial se llamaría Libertad. Los costos se dispararían, el Congreso protestaría, se escribirían informes, se corregirían los planes, habría una metástasis de las tasas de fallas probables de los componentes individuales e irían aumentando las horas pronosticadas para los paseos espaciales de mantenimiento. En 1984, el precio estimado era de 8 mil millones de dólares; en un par de años, el Consejo Nacional de Investigación lo calculó en 28 mil millones de dólares. Con el tiempo, el costo llegaría a los cientos de miles de millones.^[80]

Ante la lluvia de críticas al proyecto, la NASA y sus contratistas prometieron múltiples beneficios científicos y decenas de miles de empleos. Tras el aparente final de la Guerra Fría, la estación espacial adquirió su nombre actual y muy descriptivo. El primer componente que se lanzó al espacio, en noviembre de 1998, fue el módulo de servicio de fabricación rusa. El primer componente construido en Estados Unidos subió a principios del mes siguiente. Canadarm2 se unió a la estación en evolución en 2001. El laboratorio Columbus de la Agencia Espacial Europea se enlazó en febrero de 2008, seguido en marzo por el primer segmento del laboratorio Kibo de Japón. Estados Unidos rescató a Rusia más de una vez para que pudiera entregar las contribuciones acordadas. Hoy en día, una elaborada red de acuerdos intergubernamentales, memorandos de entendimiento, derechos de uso, derechos de propiedad intelectual, acuerdos de intercambio, subcontratos, convenios de responsabilidad y campañas de relaciones públicas rigen más o menos lo que ocurre en la Estación Espacial Internacional, hacia ella, desde ella y en sus alrededores. En la opinión de Joan Johnson-Freese, toda esa complejidad se anima con una doble agenda estadounidense de no proliferación y creación de empleo. «De no ser por los empleos nacionales y la política internacional —escribió en 2007— no habría una ISS».^[81]

A decir verdad, un número de personas —incluyendo algunos notables científicos estadounidenses— preferirían que no hubiera una ISS. Quieren ciencia espacial y no equipo espacial, y en particular no quieren astronautas que se encarguen del mantenimiento del equipo.

En septiembre de 2007, Stephen Weinberg, premio Nobel de Física, declaró durante un taller en el Instituto de Ciencias del Telescopio Espacial en Baltimore: «La Estación Espacial Internacional es un fiasco orbital». Y apenas comenzaba. Continuó diciendo:

No ha salido ninguna ciencia importante de ella. Casi podría decir que no ha salido ciencia alguna. Y me gustaría ir más allá y decir que todo el programa de vuelos espaciales tripulados, que es sumamente costoso, no ha producido nada de valor científico.

Esto, al mismo tiempo que está aumentando el presupuesto de la NASA, un aumento impulsado por lo que yo percibo por parte del presidente y de los administradores de la NASA como la fijación infantil de poner a gente en el espacio.^[82]

Estos sentimientos, sostenidos por muchos académicos destacados que de hecho fueron profundamente influenciados en la infancia por las misiones tripuladas a la Luna, no son ni nuevos ni recientes. Hay una insatisfacción con la relegación de la ciencia clara y muy parecida en la apasionada y frustrada carta de renuncia de Donald U. Wise, científico en jefe y subdirector de la Oficina de Exploración de la Luna de Apolo, enviada al Administrador Asociado de la NASA Homer Newell en agosto de 1969, apenas un mes después de que Apolo 11 volviera a salvo a la Tierra:

Vine a la Agencia porque las juntas de asesores científicos de la NASA en las que yo participaba parecían tener poca influencia sobre el programa lunar tripulado. Después de trabajar dentro del sistema para dar a la ciencia una voz más efectiva, me convencí de que el sistema era igual de obstinado frente al asesoramiento científico interno...

Hasta que el Administrador, junto con los Administradores Asociados, determine que la ciencia es una función crucial de los vuelos espaciales tripulados y que esta debe apoyarse con la mano de obra y los fondos adecuados, lo más probable es que cualquier otro científico en el puesto que dejo habría de desperdiciar su tiempo inútilmente.^[83]

Unos 40 años separan esas dos críticas. Sin embargo, durante todo ese tiempo, la ciencia promedió alrededor del 25 % del presupuesto de la NASA, a pesar de una variación considerable de un año a otro. Dos cosas son ciertas: cuando la NASA está sana y bien financiada, también lo está la cartera de ciencia de la agencia; y el dinero que no se gasta en la Estación Espacial Internacional no entra automáticamente al presupuesto científico. Dadas las bases de la Guerra Fría en la existencia misma de la NASA, ningún astrofísico debería de ver a la NASA como nuestra agencia personal de financiamiento de la ciencia. Somos como la cola que agita un gran perro geoestratégico que toma decisiones sin hacer referencia directa a los deseos de los astrofísicos. La

hegemonía impulsa la ciencia porque la ciencia viaja a costas de la geopolítica.

La colaboración y su pariente un poco menos exigente, la cooperación, son fundamentalmente difíciles de lograr. Una vez logradas, pueden bloquearse, rechazarse, sabotearse o utilizarse como moneda de cambio, lo que, para la ISS, podría amenazar su imagen, mandato, operabilidad y vida útil. Para Estados Unidos, gerente oficial y «socio hegemónico»^[84] de la estación espacial, colaborar o no colaborar es una cuestión altamente politizada. Y usualmente el cuestionamiento involucra a Rusia o China.

En la mañana del 2 de abril de 2014, dos semanas después de la anexión de Crimea por parte de Rusia, la NASA emitió un memorándum interno en el que afirmaba que la agencia estaba suspendiendo «todos los contactos de la NASA con representantes del gobierno ruso». A varios comentaristas les pareció una movida arriesgada, ya que Rusia simplemente podía interrumpir el acceso de Estados Unidos al servicio de transbordador Soyuz, el cual para Estados Unidos había sido la única forma de llegar a la estación espacial después de que cerrara su propio programa de transbordadores. Más tarde, ese mismo día, llegó otra declaración: «Sin embargo, la NASA y Roscosmos continuarán trabajando juntos para mantener la operación segura y continua de la Estación Espacial Internacional. La NASA está muy enfocada en un plan para volver a llevar los lanzamientos espaciales humanos a suelo estadounidense y terminar con nuestra dependencia de Rusia para llegar al espacio». Pronto, Estados Unidos y la Unión Europea impusieron una serie de sanciones contra Rusia, incluyendo el suministro de ciertos componentes de alta tecnología estadounidenses importantes para la industria rusa.

A mediados de mayo de 2014 Rusia tomó represalias. Antes de poner este freno, Estados Unidos había tenido planes de mantener la ISS operativa hasta 2024, cuatro años más que la misión acordada previamente que llegaba hasta finales de 2020. Ahora, el viceprimer ministro de Rusia anunció que su país no solo no colaboraría en la ISS después de 2020, sino que en ciertos casos también detendría las exportaciones de motores de cohetes rusos a Estados Unidos, una movida potencialmente devastadora que aseguraría el dominio espacial ruso en las próximas décadas.

Los cohetes US Atlas III y Atlas V usaban motores RD -180 de fabricación rusa. Los cohetes Antares estadounidenses usaban motores RD-181 de fabricación rusa. Estos cohetes impulsaban a sus destinos a

docenas de misiones importantes de Estados Unidos, desde sondas del espacio profundo (como el astromóvil Curiosity de Marte) hasta satélites espía y satélites de alerta temprana, así como los envíos de cargamento a la ISS. La dependencia militar estadounidense sobre los motores de cohetes rusos se había convertido en algo más, en una especie de colaboración: la United Launch Alliance, una asociación de Lockheed Martin y Boeing que en 2014 tenía casi un monopolio en el lanzamiento de satélites militares estadounidenses, es quien fabrica el cohete Atlas V. Según las nuevas restricciones de exportación de Rusia, solo se prohibirían los cohetes para lanzamientos militares. Pero en la práctica sería difícil para Estados Unidos importar cualquier tipo de motor de cohetes.

El Congreso respondió a la prohibición de motores rusos de 2014 con una prohibición de motores propia. Si bien la prohibición se levantó en diciembre de 2015, algunos miembros del Congreso continuaron presionando para que se reinstaurara. A principios de 2016, según el sitio web NASA Spaceflight.com, los que sostenían que el Congreso estaba «poniendo a la economía de Rusia por encima de los intereses militares y de seguridad nacional de Estados Unidos» estaban denunciando a quienes querían garantizar «cesantías en el mercado de lanzamiento» hasta que un sucesor hecho en Estados Unidos del motor del Atlas V realmente estuviera listo para el mercado. Las fuerzas a favor de la prohibición perdieron. Para finales de 2016, las ventas rusas de motores de cohetes ya habían vuelto a la normalidad. TASS, la agencia rusa de noticias, anunció que Rusia entregaría 19 motores a Estados Unidos en 2017, señalando que «el Congreso de los Estados Unidos [había impuesto] una prohibición en el uso de estos motores después de 2019 en medio de un deterioro de las relaciones con Rusia, pero más tarde la había levantado cuando quedó claro que Estados Unidos no podrían desarrollar motores propios en los próximos tres años». Todas esas amenazas, contraamenazas, acusaciones y fanfarroneo solo sirvieron para que hubiera un nerviosismo temporal sobre un acuerdo de mil millones de dólares firmado veinte años antes para la entrega de 101 motores RD-180.

En cuanto a los problemas de Estados Unidos y Rusia en torno a la ISS, tampoco ahí ha llegado a nada la bravuconería. La amenaza rusa de 2014 de cesar la colaboración a partir de 2020 habría significado, en la práctica, que Estados Unidos tendría que abandonar su propia parte de la estación. ¿Por qué? Debido a que la parte rusa (específicamente el módulo de servicio Zvezda) incluye sistemas utilizados por toda la nave espacial, en particular para funciones de soporte vital tales como el enfriamiento, la

deshumidificación y la separación del oxígeno del agua. En 2014, el viceprimer ministro de Rusia había dicho: «El segmento ruso puede existir independientemente del estadounidense. El estadounidense no». Para el año siguiente, como escribe el periodista espacial Anatoly Zak, «en Moscú prevalecieron los más serenos». Rusia seguiría con su colaboración en la ISS hasta 2024.^[85]

En ningún momento durante todas estas tensiones Rusia dejó de transportar astronautas hacia y desde la ISS por medio de su cápsula Soyuz. Quizá, solo quizá, sea porque la NASA le paga a Roscosmos 82 millones de dólares por asiento para un viaje de ida y vuelta en 2018, frente a los 21 millones de dólares en 2006.^[86]

Como la potencia espacial más ambiciosa del mundo, la República Popular China presenta acertijos únicos para Estados Unidos de América. Para los políticos que están comprometidos con el dominio global estadounidense, China es un adversario, una amenaza, no un aliado o un socio potencial. La colaboración, en su opinión, es imprudente.

China es la potencia económica del siglo XXI. En 2016, el Banco Mundial clasificó a China como el número uno en una versión matizada del PIB, basado no solo en el valor de mercado total de todos los bienes y servicios del país, sino en el poder adquisitivo relativo de su moneda. Según esa medida, Estados Unidos ocupaba el segundo lugar. Las consecuencias económicas son reveladoras. Durante ocho años, hasta que comenzó a deshacerse de los bonos del Tesoro de Estados Unidos a finales de 2016, China era el mayor acreedor extranjero de Estados Unidos. En 2017, Estados Unidos registró un déficit en la balanza comercial (muchas más importaciones que exportaciones) de 375 mil millones de dólares con China, superando los 350 mil millones de dólares acumulados en 2016.^[87]

En cuanto al poder espacial, Joan Johnson-Freese sostiene que «el potencial de China como un competidor a la par de Estados Unidos es una preocupación constante de quienes consideran que es inevitable la competencia de suma cero». Michael Sheehan sostiene que China «no tiene ninguna razón para aceptar el dominio hegemónico del espacio autoproclamado por Estados Unidos» y que «ha intentado refutarlo a través de una política de fomento de modificaciones multipolares en el régimen espacial internacional». El informe anual de 2016 del Departamento de Defensa sobre las capacidades militares chinas declara que, aunque durante

2015, «China demostró estar dispuesta a tolerar mayores niveles de tensión en la búsqueda de sus intereses, [todavía] busca evitar el conflicto directo y explícito con Estados Unidos». Sin embargo, a largo plazo, «la modernización militar de China está produciendo capacidades que tienen el potencial de reducir las ventajas tecnológicas militares de Estados Unidos». Un ejemplo de esa modernización es una nueva rama, la Fuerza de Soporte Estratégico, creada por el Ejército Popular de Liberación el último día de 2015. Su enfoque son las capacidades de guerra electrónica, espacial y cibernética. Otro aspecto de la modernización, según la versión de 2017 del informe, es el creciente interés de China en las misiones más allá de su periferia, incluyendo la proyección de poder, el socorro en casos de desastre y la construcción de bases en el extranjero. Los líderes de China, afirma el informe, ahora buscan relaciones estables y quieren que se perciba que buscan políticas de desarrollo pacífico. Pero China también es cada vez más asertiva y «ve a Estados Unidos como el actor regional y global dominante con el mayor potencial para apoyar o interrumpir el ascenso de China». En cuanto a la Fuerza de Soporte Estratégico, está haciendo grandes progresos con las capacidades contraespaciales, la manufactura de naves espaciales y vehículos de lanzamiento espacial, vuelos espaciales humanos y el ensamblaje en el espacio de su propia estación espacial.^[88]

A diferencia de Europa, Estados Unidos se ha opuesto persistentemente a la participación china en la Estación Espacial Internacional. En los primeros días de la planificación de la estación espacial, antes de que se viera a China como una amenaza real o imaginaria al dominio espacial de los Estados Unidos, la denuncia de las violaciones de derechos humanos por parte de China era una forma fácil de excluir a la República Popular del arenero espacial de Estados Unidos. El año en que cayó el Muro de Berlín, 1989, fue también el año de las protestas de la Plaza de Tiananmén lideradas por estudiantes en Pekín, que acapararon los titulares mundiales, terminaron con disparos contra estudiantes y trabajadores, y provocaron una protesta internacional. Cuanto más ruidosa la indignación declarada contra la China Comunista y las crueldades de la Plaza de Tiananmén se iba volviendo menos probable una invitación a participar en la ISS. Sin embargo, durante la siguiente década, como lo relata el escritor espacial Brian Harvey, «China hizo varias propuestas para unirse al proyecto de la ISS, soltándoles indirectas más bien directas a periodistas y funcionarios de otros programas espaciales, especialmente los europeos». La respuesta de Estados Unidos fue «un rechazo inflexible».

Ese rechazo provenía del Comité Cox en la Cámara de Representantes. Formado en 1998, el comité estaba impulsado por la disposición de Estados Unidos a ver a China como un actor global malicioso. Su mandato era investigar «cualquier transferencia de tecnología, información, asesoramiento, bienes o servicios que puedan haber contribuido» a la mejora de las capacidades de armamento o inteligencia de China. Su enfoque tenía un dejo al macartismo de los años cincuenta.

Johnson-Freese considera que los esfuerzos del Comité Cox eran «melodramáticos», «sensacionalistas», «con retos técnicos y fabricaciones políticas». «De la noche a la mañana —escribe— se empezó a describir a los satélites de comunicación como amenazas a la seguridad nacional norteamericana» y «como tecnología de doble uso, [se] empezaron a someter a los mismos controles gubernamentales que los satélites, tanques o armas militares, para fines de venta en el extranjero». La tecnología espacial civil ya no era una ingeniería impresionante y polivalente. Ahora se trataba de armamentos potenciales, sujetos a la AECA, el Acta de Control de Exportación de Armas; a la USML, la Lista de Municiones de los Estados Unidos y sus definiciones de tecnología estadounidense sensible; al COCOM, el Comité Coordinador para el Control Multilateral de las Exportaciones; el Arreglo de Wassenaar sobre control de Exportaciones de Armas Convencionales y bienes y tecnología de Doble Uso; y especialmente a ITAR, el Reglamento de Tránsito Internacional de Armas, que, en general, impedía el libre intercambio de ideas científicas y tecnológicas en nombre de la seguridad nacional. Una curiosa cartera de poses políticas, dado que varios otros países, ayudados por los esfuerzos de Estados Unidos que habían comenzado en la década de 1960, eran bastante capaces de producir esa tecnología en la década de 1990, y ya estaban en el dominio público grandes extensiones de avances relevantes de ingeniería.^[89]

El informe final del Comité Cox abría con acusaciones contra la República Popular China: que había «robado información de diseño sobre las armas termonucleares más avanzadas de Estados Unidos» y «penetrado en nuestros laboratorios nacionales de armas». La víctima de perfil más alto fue Wen Ho Lee, científico de Los Álamos y ciudadano estadounidense nacido en Taiwán que en 1999 fue catalogado como espía, despedido sin que se revisara su caso y detenido por 278 días sin fianza y en confinamiento en solitario por descargar datos restringidos, hasta que un juez federal ordenó su liberación expresando su «gran tristeza» por haber sido «engañado el pasado diciembre por el poder ejecutivo de nuestro gobierno... que ha avergonzado a nuestra

nación completa... por la manera en que comenzó y se manejó este caso». El gobierno terminó por retirar 58 de sus 59 cargos.^[90]

En total, estas medidas para restringir las exportaciones espaciales y dejar fuera a un competidor potencial pueden haber creado más problemas de los que resolvieron. Los empleos aeroespaciales y la participación en el mercado global de Estados Unidos se fueron a pique de manera importante y duradera. China comenzó a buscar una ruta cooperativa independiente en el espacio, incluida su propia estación espacial, que recibiría módulos extranjeros que se acoplaran para estadías prolongadas y vehículos de transporte de tripulación extranjeros para estadías cortas. Una extraña parte de la historia es que unos meses después de la publicación del Informe Cox, el Congreso votó para otorgar a China el estatus de «nación más favorecida» como socio comercial de Estados Unidos, con la excepción del sector aeroespacial.

Mientras tanto, Francia y Gran Bretaña comenzaron a trabajar con China para desarrollar una nave espacial «libre de ITAR», evitando las restricciones de Estados Unidos. La cooperación ruso-china siguió adelante. Los cohetes Larga Marcha de China se volvieron una opción atractiva y de costo moderado disponible a otros países para lanzamientos. Para 2007, China había desplazado a Europa del tercer lugar como potencia de lanzamiento de satélites, detrás de Rusia y Estados Unidos. En 2011 había desplazado a Estados Unidos. James Clay Moltz concluye que China había avanzado mucho para «superar con éxito las sanciones de Estados Unidos, aunque también llamó la atención no deseada al papel central y continuo del ejército en su programa espacial».^[91]

A pesar de la evidente incapacidad de Estados Unidos para seguir el ritmo de la comunidad espacial internacional de rápido crecimiento, el Congreso siguió obstinándose. A finales de 2011, ambas cámaras acordaron incluir una disposición en la ley de asignaciones anuales que prohibía explícitamente que la NASA se comprometiera en cualquier contrato o colaboración con China que permitiera a los chinos acceder a tecnologías occidentales avanzadas relacionadas con la «seguridad nacional o la seguridad económica». Los funcionarios chinos no podían ni poner pie en una instalación de la NASA.^[92]

Estas políticas de exclusión fueron tan contraproducentes, restrictivas y poco generosas que los funcionarios de Estados Unidos —entre ellos no solo jefes de la NASA sino también presidentes— las ignoraban periódicamente, o por lo menos intentaban ir un paso más allá. En 2005, Estados Unidos proporcionó a China datos de rastreo de desechos espaciales para ayudar a garantizar una trayectoria segura para una misión tripulada de Shenzhou. En

2006, el presidente George W. Bush propuso al presidente Hu Jintao que Estados Unidos y China se beneficiarían de una importante cooperación espacial en un futuro no especificado. Ese mismo año, Michael Griffin, el administrador de la NASA, se reunió con el administrador auxiliar de la CNSA en territorio estadounidense y más tarde, a pesar de la oposición de algunos miembros del Congreso, viajó a China, aunque una vez allí, se le prohibió el acceso a las instalaciones espaciales controladas por el ejército. Después de su cumbre en 2009, el presidente Obama y el presidente Hu pidieron «ampliar las discusiones sobre la cooperación en ciencia espacial y comenzar un diálogo sobre el vuelo espacial humano y la exploración espacial». En 2010, Charles Bolden, el siguiente administrador de la NASA, tuvo una mejor visita a China que su predecesor. En 2014 se eliminaron los satélites de la lista ITAR. Para el año 2015, estaban por comenzar discusiones sobre la invitación a un taikonauta chino —un *yuhangyuan* o «viajero del universo»— a bordo de la Estación Espacial Internacional. John Logsdon, fundador del Instituto de Política Espacial de la Universidad George Washington, señala que las prohibiciones de 2011 son meramente bilaterales y que acoger a China en la ISS multilateral sería una «ruta de escape» políticamente inteligente para salir de «las limitaciones actuales». Johnson-Freese y Sheehan señalan que el mecanismo de acoplamiento para la nave tripulada espacial Shenzhou de China es un diseño ruso, que ya está en uso en la Estación Espacial Internacional para acomodar vehículos tanto rusos como estadounidenses. Sin embargo, ningún taikonauta ha servido como miembro de la tripulación de la ISS. Con todo, como sugiere Johnson-Freese, la propia estación espacial china Tiangong, que está en evolución y disfrutará de la cooperación de la Agencia Espacial Europea, tiene la posibilidad de convertirse en «la estación espacial internacional *de facto*» cuando Estados Unidos y Rusia se despidan de la ISS.^[93]

El 20 de enero de 2017, Donald J. Trump asumió el cargo de presidente de Estados Unidos. Una semana después, emitió una orden ejecutiva que prohibía permanentemente a los refugiados de Siria y negaba temporalmente el ingreso a inmigrantes de siete naciones de mayoría musulmana, ya sea que los inmigrantes solicitaran por primera vez o estuvieran regresando de viajes al extranjero. Miles de personas y decenas de abogados se congregaron en aeropuertos en protesta, y la orden terminó en los tribunales.

Expertos en muchos campos utilizaron su poder y prestigio para denunciar la prohibición contra la inmigración y los viajes. Los científicos no fueron la excepción; después de todo, las leyes del universo trascienden la nacionalidad, la etnicidad y la herencia genética. El secretario general de la Unión Astronómica Internacional instó a que «cualquier limitación nueva o existente a la libre circulación de los ciudadanos del mundo... tomara en cuenta la movilidad necesaria de los astrónomos, así como los derechos humanos en general». La Royal Astronomical Society caracterizó la prohibición como «impedir que los investigadores compartan su trabajo con sus compañeros, un principio fundamental del esfuerzo científico». Casi 200 organizaciones científicas estadounidenses y universidades agregaron sus nombres a una carta al presidente advirtiéndole que la prohibición «desalentaría a muchos de los mejores y más brillantes estudiantes, académicos, ingenieros y científicos internacionales de estudiar y trabajar, asistir a conferencias académicas y científicas o buscar construir nuevos negocios en Estados Unidos». Incluso antes de que el nuevo presidente asumiera el cargo, el físico Richard L. Garwin organizó una carta abierta a Trump que fue firmada por varias docenas de especialistas en «física y tecnología de la energía nuclear y de las armas nucleares», incluyendo a varios premios Nobel. Los firmantes sostenían que el acuerdo multilateral con Irán —a menudo ridiculizado por el presidente durante la campaña electoral como «el peor acuerdo jamás negociado»— era, de hecho, «un fuerte baluarte contra un programa de armas nucleares iraní». Hasta la fecha, este acuerdo sigue vigente.

A finales de enero, solo unos días después de que se llevaran a cabo grandes marchas de mujeres en todo el mundo, científicos preocupados tomaron la decisión de celebrar una Marcha por la Ciencia en Washington, D.C., el 22 de abril de 2017. Más de 300 organizaciones científicas, incluida la American Astronomical Society y la Planetary Society, firmaron como socios. En el día designado, la lista global de marchas «satélite» llegó a 610. ¿Por qué marchar? «Las personas que valoran la ciencia han permanecido en silencio durante demasiado tiempo frente a políticas que ignoran la evidencia científica y ponen en peligro tanto la vida humana como el futuro de nuestro mundo —respondieron los organizadores—. Nos enfrentamos a un posible futuro en el que las personas no solo ignoran la evidencia científica, sino que buscan eliminarla por completo. Permanecer en silencio es un lujo que ya no podemos permitirnos».^[94]

¿Y qué podemos permitirnos?

A finales de marzo, las ideas presupuestarias de la nueva administración para el resto del año fiscal 2017 incluían un aumento de 52.3 mil millones de dólares (10 %) para el Departamento de Defensa, aunado a grandes recortes porcentuales en la mayoría de los demás departamentos, agencias y programas, desde el Departamento de Estado (29 %) hasta la Agencia de Protección Ambiental (31 %) y la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada – Energía [ARPA –E] (50 %), junto con la eliminación de fondos para lujos tales como la National Endowment for the Arts (NEA, o la Fundación Nacional para las Artes), la National Endowment for the Humanities (NEH, o Fundación Nacional para las Humanidades) y la Corporation for Public Broadcasting (CPB o Corporación para la Difusión Pública). La NASA pasaba por un pelo con un recorte del 1 %. Pero a principios de mayo de 2017, el Congreso tuvo otras ideas: un aumento del 3 % para la ciencia de la NASA dentro de un aumento del 2 % para la NASA en general. ARPA –E obtuvo un aumento del 5 %, mientras que la NEA, la NEH y la CPB se mantuvieron sin cambios. Para el año fiscal 2018, el financiamiento para los programas de ciencia y tecnología del Departamento de Defensa aumentó un 6 %, con la investigación aplicada y el desarrollo de tecnología avanzada al frente. El objetivo era convertir los diseños en capacidades operativas, y las armas de energía dirigida ocupaban una partida presupuestaria popular.^[95]

La reacción contra el presidente 45 de Estados Unidos, su administración, sus partidarios y su partido provienen de muchos sectores. Pero con cualquier aumento en la resistencia popular, existe una mayor posibilidad de represalias por parte de quienes tienen un poder más obvio y que puede usarse como arma.

En una confrontación entre los muchos y los pocos, el poder militar nunca es irrelevante. Desplegado por orden de cualquier gobierno, el poder militar no es autónomo. Es una herramienta de la política. Y como los militares nos han dicho de cientos de maneras en miles de documentos, el poder espacial — especialmente los muchos tipos de satélites en órbita terrestre— ahora es una pieza indispensable del arsenal del combatiente. Al igual que con otras formas de poder, el poder espacial próximo a la Tierra puede usarse tanto para la protección como para la persecución, contra un individuo o un grupo, un edificio o un puente, una amenaza doméstica o una milicia extranjera. Puede utilizarse contra la ciudadanía en general. Las muchas variedades de vigilancia pueden ser tanto legítimas como ilegítimas, cazando a enemigos conocidos y ataques imprevistos con la misma facilidad que a un transeúnte o

que una cita romántica al azar. La vigilancia satelital de los sitios de lanzamiento de misiles en Corea del Norte ofrece una fuente de alerta crucial para los vecinos de Corea del Norte, mientras que el rastreo satelital de automóviles en la provincia de Xinjiang, donde el gobierno chino ha ordenado que se instale un sistema de posicionamiento en todos los vehículos como parte de su campaña antiterrorista, tiene más bien un tufillo a extralimitación del gobierno e invasión de la privacidad.

El poder espacial, tal como lo adoptan y ejercen los militares, parece estar a mundos de distancia del poder del espacio tal como lo entiende el astrofísico. Sin embargo, como hemos visto, se cruzan sorprendentemente a menudo, en beneficio mutuo. A lo largo de la historia, la lista de naciones que ejercieron el mayor poder en el escenario mundial, tanto militar como económico, coincide en gran medida con la lista de naciones cuyos científicos eran los que más conocían de los quehaceres del universo.

Lo que impulsó a Estados Unidos a la Luna no fue la ciencia o la exploración, sino el miedo y la competencia con la Unión Soviética. Una lucha de cosmovisiones. Una batalla de filosofías políticas y económicas. ¿Podría el consiguiente aumento de cohetes de China, en todos los aspectos que importan en el escenario mundial —económico, político, tecnológico, militar— impulsar a Estados Unidos de regreso al espacio? ¿Es un formidable adversario espacial un incentivo más poderoso que un aliado pacífico? En los años sesenta, frente a un adversario espacial de la Guerra Fría, Estados Unidos puso las huellas de las botas de 12 astronautas en la polvosa superficie lunar. Desde entonces, frente a los colaboradores de la ISS en tiempos de paz, nuestros astronautas se han mantenido en órbita terrestre baja, yendo audazmente hacia donde cientos de personas han ido antes.

El descubrimiento cósmico a menudo se habilita, incluso cuando no es el eje impulsor, e incluso cuando la demostración de fuerza no es un arma sino una bravuconería tecnológica. Todos los astronautas de Mercurio, Géminis y Apolo, menos uno, sirvieron en el ejército de Estados Unidos. Sin embargo, fue la NASA, una agencia civil, la que los envió al espacio. El poder blando en su máxima expresión. Los presupuestos de la ciencia no pagaron los alunizajes, pero la ciencia sin duda se benefició. La historia astrofísica del sistema Tierra-Luna y la geología de la superficie lunar se volvieron nítidas solo después de que las rocas recolectadas por los astronautas del Apolo fueran devueltas a la Tierra para su análisis. El espacio interplanetario es el

próximo escenario en donde el poder blando de la bravuconería tecnológica, aumentado por la atracción de los recursos ilimitados, nos impulsa a tomar vuelo.

TIEMPO PARA SANAR

El 21 de julio de 1969 —el día en que se leía en el titular del *New York Times* «Hombres caminan en Luna: astronautas alunizan en llanura; recogen rocas, plantan bandera»— el periódico también proporcionó espacio para las reacciones de varias docenas de personajes notables: el Dalai Lama, R. Buckminster Fuller, Jesse Jackson, Charles Lindbergh, Arthur Miller, Pablo Picasso. Algunos mostraban entusiasmo; otros, cierta ambivalencia. Picasso no tenía el menor interés. Lewis Mumford, admirado historiador urbano y tecnológico, estaba disgustado.

Cinco años antes, Mumford había recibido la Medalla Presidencial de la Libertad. Ahora sentía el impulso de describir los logros científicos y técnicos más importantes de la era moderna —cohetes, computadoras, bombas nucleares— como «productos directos de la guerra», promocionados como investigación y desarrollo

para fines militares y políticos que se marchitarían bajo un examen racional y una evaluación moral sincera. El programa de alunizaje no es una excepción: es un acto simbólico de guerra, y el lema que llevarán los astronautas, al proclamar que es para beneficio de la humanidad, está en el mismo nivel que la monstruosa hipocresía de la Fuerza Aérea: «Nuestra profesión es la paz».

Mumford también caracterizó al programa lunar de Estados Unidos como una bestia voraz que mutilaba o devoraba a todas las demás empresas humanas:

No es casual que el alunizaje coincida con los recortes en la educación, la quiebra de los servicios hospitalarios, el cierre de bibliotecas y museos y la creciente contaminación del medioambiente urbano y natural, por no hablar de muchas otras evidencias de un grave fracaso social y deterioro humano.

Mientras decía que los triunfos tecnológicos habían llevado a la «lunática» especie humana al borde de la catástrofe, Mumford resaltaba la hipocresía de los partidarios de la exploración espacial que prodigaban apoyo en las «élites del poder» al mismo tiempo que hacían creer a «los ignorantes de la ciencia

que un futuro mejor podía esperar a la humanidad en la Luna estéril; o en Marte, aún más hostil a la vida».^[1]

Sin embargo, muchos de los habitantes del mundo obtienen notables beneficios colaterales de los avances científicos y técnicos que comenzaron su vida como proyectos militares. Las comunicaciones y los satélites meteorológicos, el GPS, las tecnologías médicas y los teléfonos celulares ayudan tanto al agricultor en la India rural como al cirujano en un hospital de Manhattan.

Como forma de protección, la militarización del espacio puede parecer inevitable, incluso deseable, como una especie de escudo para nuestros recursos orbitales cada vez mayores. Sin embargo, la armamentización viene justo después de la militarización. Por otro lado, la humanidad ha adoptado oficialmente una agenda espacial pacífica. Elaborado por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas (la cual fue creada para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos), el Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes de 1967 es ambicioso e inspirador. Sin embargo, ¿quién de nosotros cree que los humanos actuarán pacíficamente en el espacio? El espacio no es un lugar mágico donde de repente y de alguna manera todos son amigables. Seguimos siendo la misma especie, con los mismos deseos primarios que nuestros ancestros tribales. ¿Qué tal si trabajamos en los usos pacíficos de la Tierra? Una vez que resolvamos eso, tal vez podamos imaginar los usos pacíficos del espacio de una manera que no sea tan ilusoria.

Una forma de evaluar a una sociedad es examinar cómo recompensa o castiga a quienes actúan con impulsos primarios; cómo intenta alentar, canalizar o inhibir esos impulsos, ¿la guerra es algo primario? El hecho de que siquiera exista la civilización, de que en un momento dado la mayoría de las personas y la mayoría de los Estados nación no están librando guerras entre sí, implica que no somos del todo las víctimas desafortunadas de una compulsión oportunista que espera un momento para matar. También podemos ser capaces de aprovechar oportunamente un tiempo para sanar.

Como científico, cuando pienso en cómo y dónde y cuándo podría tener lugar esta sanación, pienso en el conocimiento, el análisis racional y la cooperación. Pienso en cómo sería vivir en un país —llamémoslo Razonalia— en el que todas las decisiones que afectan a la población en su conjunto fluyeran de un solo principio constitucional: «Las leyes se basarán

únicamente en el peso de la evidencia». Lo que significa que, en donde la evidencia no sea concluyente, no puede haber ley.

En Razonalia, sostengo, la exploración espacial podría servir como el máximo sanador al ofrecer el mejor camino a la paz. Para hablar sobre las fuentes de paz tenemos que preguntar: ¿cuáles han sido las causas, los costos y las víctimas de la guerra? Una de ellas es la escasez de recursos naturales: petróleo, agua dulce, sal, nitratos, minerales, guano, madera para construir barcos. El acceso interrumpido o disminuido a cada uno de estos productos ha figurado en los conflictos armados del pasado.^[2] Las llamadas *tierras raras*, como el itrio, el disprosio y el neodimio —junto con otros componentes que forman toda una fila de la tabla periódica de elementos— podrían fácilmente unirse a esta lista.

Los sectores tecnológicos prosperan con elementos de tierras raras. Sin ellos, las industrias de electrónica, defensa y energía verde de Estados Unidos podrían colapsar. No tendríamos satélites, teléfonos inteligentes, computadoras portátiles livianas, motores de reacción, sistemas de guía de misiles, sistemas de defensa antimisiles, blindajes de reactores nucleares, láseres, convertidores catalíticos, baterías recargables para vehículos híbridos, imanes para bocinas y auriculares, turbinas eólicas avanzadas, sistemas de iluminación LED, resonancias magnéticas o acondicionadores de aire que ahorran energía. Alrededor del 90 % de la oferta mundial proviene actualmente de China. Otras fuentes, en orden descendente de productividad, son Australia, Rusia e India. Hasta 1989, Estados Unidos, específicamente la mina a cielo abierto Mountain Pass en California, era el principal productor del mundo. Pero después de suministrar una gran cantidad de europio para los tonos rojos de los televisores a color, mientras que durante una década o dos dejaban que se filtraran las aguas residuales radioactivas a los alrededores, la mina puso un alto a sus operaciones y finalmente se declaró en bancarota. China ofreció una alternativa más barata, lo que obligó a Estados Unidos a vender sus reservas. Ahora todos los países industrializados sienten atracción por los proveedores chinos, que son muy conscientes de las implicaciones económicas y estratégicas de ser el proveedor dominante de recursos escasos con una demanda inelástica.^[3]

Pero hay un remedio. Lo que se pelea en la Tierra debido a su escasez suele ser común en el espacio. Hay asteroides selectos con cantidades ilimitadas de metales y minerales. Los cometas tienen cantidades ilimitadas de agua. Y la energía solar es ilimitada en el espacio vacío entre los planetas. El acceso al espacio nos da acceso a estos recursos. Incluso si el control de

ese acceso está en manos de personas que uno odiaría que tuvieran el control de lo que fuera, los recursos en sí no serán escasos, y es la escasez lo que genera conflicto.

Los asteroides son fragmentos de planetas que no siguieron siendo planetas. Comienzan sus vidas por medio del *acrecimiento*. Se acumulan escombros en el espacio, y cualquier partícula que sea ligeramente más grande que las partículas circundantes tendrá más gravedad y atraerá más escombros. Pronto tendremos masas en lugar de solo partículas. Una masa grande crece más rápido que una masa pequeña. Mientras tanto, se está depositando mucha energía en lo que ahora llamaríamos un *protoplaneta*, ya que la energía cinética de otras partículas y masas se va acumulando. Esas colisiones fueron significativas y continuas durante un par de cientos de millones de años de la infancia tardía de nuestro sistema solar (un período sensatamente llamado *bombardeo intenso tardío* o LHB, por sus siglas en inglés). La energía cinética se convierte completamente en calor al impacto, y la energía depositada hace que el protoplaneta se funda. Y cuando algo está fundido, los ingredientes densos (como los metales pesados puros) caen hacia la parte media, y los ingredientes menos densos (como los silicatos) suben a la superficie. Mediante este proceso, la naturaleza separa las cosas pesadas de las cosas ligeras, y los geólogos le dan a eso una palabra de cinco sílabas: *diferenciación*.

Toda la Tierra alguna vez estuvo fundida. Es por eso que tiene un núcleo rico en hierro, que contiene abundantes cantidades de otros metales que son raros en la superficie.^[4] Los metales de tierras raras en realidad no son raros: simplemente no se encuentran en ninguna concentración significativa en la corteza terrestre, y no tenemos acceso al núcleo de la Tierra, donde se encuentran en abundancia. Lo más profundo que hemos perforado es de menos de un quinientosavo de la distancia al centro de nuestro planeta, y el núcleo se extiende hasta la mitad del radio del planeta.

Con el tiempo, todo objeto fundido se enfría y solidifica. Pero si un objeto grande y veloz se estrella contra él, obtenemos un campo despedazado y desperdigado de desechos espaciales pretamizados. Así se obtienen asteroides completos hechos de roca pura y otros de metal puro. Lo que le importa al futuro minero espacial es que algunos asteroides provinieron del núcleo destrozado y diferenciado de un protoplaneta, y que están repletos de metales

de tierras raras, así como otros metales que consideramos preciosos, como el oro, plata, platino, iridio y paladio.

Una vez que tengamos acceso a múltiples fuentes de metales de tierras raras, ya no hay que preocuparse del control unilateral de la oferta estratégica por parte de nadie. Es cierto que los Prospectores Espaciales No. 1 —algún país o alguna empresa privada— serán los primeros en comenzar a explotar el asteroide rico en tierras raras más cercano y, por lo tanto, controlarán esa parte del suministro. Pero ¿y eso qué tiene? Los Prospectores Espaciales No. 2 solo tendrán que planear llegar a un asteroide distinto y comenzar a minar ese. En ese momento comienzan a funcionar las fuerzas económicas y políticas normales. El PE1, el pionero, no querrá que nadie empiece una mina en un asteroide diferente. Van a querer que los demás compremos las tierras raras que extrajeron ellos. Por lo tanto, le pondrán precio a su producto en el punto en el que a todos les resulte más barato comprar los metales de PE1 que enviar sus propias misiones a otros asteroides. Si PE1 supera ese precio de venta al público, los demás simplemente saldremos a minar nuestros propios asteroides.

Sin lugar a duda, algún día la minería de asteroides será una industria de un billón de dólares, incluso si el enorme aumento de la oferta deprime los altos precios en los que en la actualidad se comercializan las tierras raras. A medida que va bajando el precio de los bienes de gran utilidad, el número de aplicaciones asequibles tiende a crecer. Sin embargo, en el corto plazo, ya que la minería de asteroides no comenzará mañana (aunque se están multiplicando las nuevas empresas, y el Instituto Meteorológico de Finlandia, por ejemplo, propone una flota de nanosatélites que funcionan con energía solar y eólica para recopilar datos sobre la composición de varios centenares de asteroides), tendremos que encontrar otras soluciones.^[5] Tal vez alguien invente un teléfono inteligente que no necesite disprosio. Tal vez alguien más invente finalmente un mecanismo de almacenamiento de energía solar, en vez de usar baterías.

Los asteroides no son los únicos cuerpos celestes pequeños que pueden brindarnos un poco más de paz y seguridad. Algunos cometas contienen tanta agua como todo el océano Índico, y no es agua salada; con filtrarla un poco se obtiene agua dulce. Para atrapar a un cometa hay que hacer que coincidan nuestras órbitas y quebrar un trozo, algo que debería de ser sencillísimo. Los cometas están unidos con soltura, como si fueran bolas de nieve hechas de nieve seca. Buscan pretextos para separarse. Le sirve hasta el más suave empujón de las fuerzas de marea de un planeta pasajero. Una vez que

agarráramos un trozo del cometa, podríamos ponerlo en órbita alrededor del sitio donde existiera la necesidad (la Tierra, la Luna, Marte, donde sea) y subir de forma intermitente para tomar pedazos del tamaño de un glaciar. Por supuesto, habría que descubrir cómo lograr todo eso, pero se estaría trabajando en problemas de ingeniería, no en problemas científicos. Para cualquier ingeniero inteligente sería un deleite que le encargaran su resolución.

Ahí está: una visión de una futura vía para la paz y la sanación. En la alianza de siglos entre combatientes y observadores del cielo, las dos partes han estado en sincronía con más frecuencia de lo que han estado en desacuerdo. Ahora los astrofísicos y los científicos espaciales, herederos de los observadores del cielo de antaño, pueden tener el poder de borrar una de las razones perennes para la guerra.

Pero aún no hemos llegado a ese punto. Parece que la guerra entre las naciones, regiones, facciones religiosas, clanes o humanos que tienen competencias o desacuerdos generales ha estado en el horizonte (si no es que en curso) durante milenios. Sin embargo, a pesar de su ubicuidad y persistencia, «nosotros (o al menos nosotros los estadounidenses) hemos olvidado el significado de la guerra —escribió el destacado historiador Tony Judt poco antes de su muerte—. Esto quizá se deba en parte a que el impacto de la guerra en el siglo xx no fue el mismo en todas partes, aunque fuera de alcance global». En África, en Europa, en América Latina, en Asia, en el Medio Oriente, la guerra en el siglo pasado «significó ocupación, desplazamiento, privación, destrucción y masacres», la pérdida de familiares y vecinos, de hogares y tiendas, de seguridad personal y autonomía nacional. Los recuerdos del horror fueron parecidos tanto para los vencedores como para los perdedores en ambos lados de la larga serie de guerras civiles. Estados Unidos, por otro lado,

evitó todo eso. Los estadounidenses experimentaron el siglo XX desde una perspectiva mucho más positiva. Estados Unidos nunca estuvo ocupado. No perdió un gran número de ciudadanos ni grandes franjas del territorio nacional como resultado de alguna ocupación o desmembramiento. Aunque humillado en las guerras neocoloniales (en Vietnam y ahora en Irak), nunca ha sufrido las otras consecuencias de la derrota. A pesar de la ambivalencia de sus emprendimientos más recientes, la mayoría de los estadounidenses todavía sienten que las guerras libradas por su país fueron «guerras buenas». Estados Unidos se enriqueció, y no empobreció, con el papel que tuvo en las dos Guerras Mundiales y sus resultados. [Y así], para muchos comentaristas y legisladores estadounidenses, el mensaje del siglo pasado es que la guerra *sirve*... Para Washington, la guerra sigue siendo una opción: en este caso, la primera opción. Para el resto del mundo desarrollado se ha convertido en un último recurso.^[6]

Si alguna vez se produjera una guerra total en el espacio, no tendría nada que ver con las guerras mundiales representadas en *Sin novedad en el frente* o *Los desnudos y los muertos* o en los poemas de Siegfried Sassoon o Wilfred Owen. Tampoco sería como Vietnam o Irak o Afganistán. No habría trincheras fangosas y pestilentes ni desiertos ardientes e implacables; no habría muchachos de 19 años dando tumbos a ciegas por junglas que se encuentran a medio mundo de distancia; ningún infante de marina vería cómo le disparan en la cabeza a su amigo a media metro de donde él está agazapado. Las verdaderas guerras de la era espacial serían asépticas, sin emociones, serían totales y probablemente breves. Las naciones fracasarían en un día.

Por más frecuente que sea la proclamación de las figuras públicas estadounidenses de la prominencia o dominio de su país, el trabajo que debe hacerse en este siglo es inevitablemente cooperativo, algo que señaló el presidente Barack Obama en un discurso frente a la Asamblea General de la ONU ocho meses después de asumir el cargo:

[Mi] responsabilidad es actuar en el interés de mi nación y mi pueblo, y nunca me disculparé por defender esos intereses. Pero creo firmemente que en el año 2009, más que en ningún otro momento de la historia de la humanidad, se comparten los intereses de las naciones y los pueblos... La tecnología que aprovechamos puede iluminar el camino hacia la paz, u oscurecerlo para siempre...

En una era en la que nuestro destino es compartido, el poder ya no es un juego de suma cero. Ninguna nación puede ni debe tratar de dominar a otra nación. Ningún orden mundial que eleva a una nación o grupo de personas sobre otra tendrá éxito. No habrá equilibrio de poder entre las naciones.^[7]

Si alguna vez lograra arraigarse esta noción —que el dominio no puede ser la piedra angular de la seguridad en un mundo interconectado—, la cooperación que resultaría no solo ayudaría a prevenir una carrera armamentista en el espacio exterior, sino que también podría ayudar a rescatar a nuestro propio planeta de algunos de los trastornos del cambio climático.

El Acuerdo de París —el convenio climático de las Naciones Unidas de 2016, aceptado por 197 partes a principios de 2018—,^[8] representa la primera vez que un consenso científico riguroso le haya dado forma a la agenda política del mundo. Los que están en el poder han aprendido que las moléculas de aire y agua no llevan pasaporte, como le gustaba decir al astrofísico estadounidense Carl Sagan. Un glaciar que se está derritiendo eleva el nivel del mar de todas las costas del mundo. Los gases de efecto invernadero generados en una zona de la Tierra se mezclan rápidamente con las corrientes de aire que los llevan a todas las áreas de la Tierra. El aire y las

corrientes oceánicas que se van calentando no respetan las fronteras nacionales ni los derechos de propiedad. Tampoco lo harían los miles de fragmentos mortíferos de los escombros orbitales descarriados que se producirían con el ataque a un satélite. Los habitantes de la Tierra ya no pueden sobrevivir como una colección de tribus, cada una cuidando solo a sus propios miembros. El mundo en sí se ha convertido en una tribu.

El mismo día en que Obama habló en las Naciones Unidas, la revista *Nature* publicó graves noticias sobre el derretimiento drásticamente acelerado de las capas de hielo en la Antártida y Groenlandia en 2003-2007 en comparación con la década anterior. Este fue un hallazgo de los climatólogos británicos, quienes basaron su determinación en cincuenta millones de lecturas láser de un satélite de la NASA: un ejemplo de cooperación internacional, en este caso entre aliados. Pero a veces también los adversarios le agregan un poco de cooperación a sus confrontaciones. Es el fuerte de la diplomacia.

En julio de 2015, las relaciones entre Estados Unidos y Rusia apuntaron hacia el comienzo de la Guerra Fría 2.0. La retórica inflamatoria se había incrementado a raíz de la anexión de la península de Crimea a Rusia y las incursiones militares rusas por la frontera ucraniana. En respuesta, Estados Unidos había hecho un llamado a las sanciones occidentales contra Rusia. Sin embargo, todo ese encono no impidió que Rusia enviara a la Estación Espacial Internacional una nave de cargamento no tripulada, repleta de comida, agua, oxígeno y equipo para hacer lo que la comunidad de naciones navegantes del espacio necesitaban que se hiciera tras el fracaso de tres misiones de suministro en menos de siete meses (dos intentos fallidos estadounidenses y uno ruso). Rusia envió su confiable cohete Soyuz-U, no solo porque la tripulación de la estación espacial estaba compuesta por dos rusos y un estadounidense, y no solo porque Rusia y Estados Unidos son socios fundadores de la ISS, sino también por las grandes sumas que Rusia había estado obteniendo al ser la única proveedora de transporte para la Estación Espacial Internacional.

Sí, es complicado. Y sí, las contradicciones no faltan. Pero al final, la supervivencia extraplanetaria entre camaradas espaciales puede superarlas todas.

Un resultado notable del siglo xx de las innumerables alianzas entre la astrofísica y las fuerzas armadas es la bomba de fusión termonuclear, cuyos

principios de diseño surgen en parte de las investigaciones de los astrofísicos sobre el crisol cósmico que ocupa el centro de cada estrella. Un ejemplo menos explosivo de nuestro propio siglo es el instrumento ChemCam (abreviatura en inglés de Química y Cámara) sobre el astromóvil Curiosity que comenzó a moverse por Marte en agosto de 2012. Desde su posición en el mástil del astromóvil, la ChemCam emite pulsos láser contra las rocas y el suelo y luego utiliza su espectrómetro para analizar la composición química de lo que se vaporizó.

¿Quién o qué construyó la ChemCam? El Laboratorio Nacional de Los Álamos: lugar de nacimiento de la bomba atómica, creador de cientos de instrumentos de naves espaciales diseñados para uso militar, y sede del Centro de Ciencias de la Tierra y del Espacio, una división del Centro de Educación para la Seguridad Nacional, así como un centro de apoyo a la astrofísica. El laboratorio de Los Álamos opera bajo los auspicios de la Administración Nacional de Seguridad Nuclear, cuya misión es mantener y proteger las reservas de armas nucleares de Estados Unidos, mientras que al mismo tiempo trabaja para socavar la proliferación de dichas reservas en otras partes del mundo. Y para calcular el rendimiento de la fusión de hidrógeno en el corazón de una estrella, los astrofísicos del laboratorio usan la misma supercomputadora y un software similar a los que usan los físicos para calcular el rendimiento de una bomba de hidrógeno. Habría que buscar muy lejos para encontrar un ejemplo más claro del doble uso.

Digamos que queremos saber qué ocurre durante la explosión de una bomba nuclear. Si hubiera que tabular las múltiples variedades de partículas subatómicas y rastrear las formas en que interactúan y se transmutan entre sí en condiciones controladas de temperatura y presión (sin mencionar las partículas que se crean o destruyen en el proceso), nos daríamos cuenta rápidamente de que se necesita más que lápiz y papel. Necesitamos computadoras. Computadoras potentes.

Una computadora debidamente programada puede calcular parámetros cruciales para el diseño de bombas nucleares, para la ignición y los rendimientos explosivos, para poder predecir qué esperar de un experimento. Por supuesto, *experimento* significa la detonación real de una bomba nuclear, ya sea en una prueba o en una guerra. Durante el Proyecto Manhattan, en la década de 1940, Los Álamos usó calculadoras mecánicas y los primeros tabuladores de tarjetas perforadas de IBM para calcular los rendimientos de la bomba atómica. Década tras década, a medida que la capacidad informática aumentaba exponencialmente, también lo hacía la capacidad de cálculo y

comprensión en detalle de los acontecimientos nucleares en una explosión nuclear. Y las necesidades de Los Álamos fomentaron la búsqueda sostenida para construir la computadora más rápida del mundo.

Las computadoras de segunda generación de la década de los sesenta, equipadas con transistores que aceleraron enormemente su rendimiento, en parte hicieron posible el Tratado de Prohibición de Ensayos Nucleares de 1963. Aunque las generaciones posteriores de computadoras no detuvieron la carrera armamentista, ofrecieron una forma viable de probar los sistemas de armas sin detonar nada. Para 1998, Blue Mountain, la supercomputadora de Los Álamos, podía realizar 1.6 billones de cálculos por segundo. Para 2009, la computadora Roadrunner del laboratorio había aumentado esa velocidad más de 600 veces, hasta el hito de cálculos de 1 000 billones por segundo. Y a fines de 2017, su supercomputadora Trinity había acumulado otro factor de 14 en capacidad informática.^[9]

Sabemos que las estrellas generan energía exactamente de la misma manera que lo hacen las bombas de hidrógeno. La diferencia es que la fusión nuclear controlada que ocurre en el núcleo de la estrella está contenida por el peso de la propia estrella, mientras que en la guerra la fusión nuclear está extremadamente descontrolada: el objetivo preciso de una bomba. Y es por eso que los astrofísicos llevan mucho tiempo asociados con el Laboratorio Nacional de Los Álamos y sus supercomputadoras. Imaginemos a los científicos trabajando en lados opuestos de una pared clasificada. De un lado hay investigadores involucrados en proyectos secretos que son «responsables de mejorar la seguridad nacional a través de la aplicación militar de la ciencia nuclear».^[10] Del otro, hay investigadores que tratan de descubrir cómo viven y mueren las estrellas en el universo. Cada lado es cómplice de las necesidades, intereses y recursos del otro.

Si quisiéramos más evidencia, podríamos buscar en el Sistema de Datos de Astrofísica SAO/NASA^[11] en las investigaciones publicadas en 2017 cuyos coautores estuvieran afiliados al Laboratorio Nacional de Los Álamos. Recuperaríamos 102 artículos. En promedio, se trata de un artículo sobre astrofísica publicado cada 3.6 días. Y esa es la investigación *no* clasificada. A continuación, leamos detenidamente los títulos de los artículos afiliados a Los Álamos a lo largo de los años. Resulta que las supernovas son un favorito perenne. Publicado en el año 2013, por ejemplo, está el «Proyecto Los Álamos de la curva de luz de la supernova. Métodos de cálculo». Entre 2013 y 2014 hay una secuencia de tres artículos: «La búsqueda de las primeras explosiones cósmicas. I. Supernovas de inestabilidad de pares»,

«II. Supernovas de colapso de núcleo», y «III. Supernovas de inestabilidad de pares pulsacionales». Para 2006, encontraremos «El modelado de choques de supernova con láseres intensos». En años anteriores, veremos títulos como «Pruebas de astrofísica en el laboratorio. Simulaciones con el código FLASH» (2003) y «Explosiones de rayos gamma. Las explosiones cósmicas más poderosas» (2002).

Nacida en el miedo a la Guerra Fría, la alianza entre el espacio y la seguridad nacional sigue viva y coleando en los inestables climas geopolíticos del siglo XXI. Y está posicionada frente a una puerta que se abre y se cierra.

Sin embargo, algunas alianzas se nos imponen a todos en todos los dominios de todos los lados porque no hay otra opción, como sucede con los enjambres de basura que vuelan por encima de la órbita terrestre y representan una amenaza involuntaria no solo para todo lo demás que circula allí, sino también para nuestro modo de vida aquí abajo, que depende por completo del espacio. Se reconoce ampliamente que los desechos orbitales son un peligro, algo tan grave que Bill Maher, en la gran tradición estadounidense de la sátira política —la alianza necesaria para la supervivencia de la verdad, la parodia, el dolor y la curación— hizo una rutina al respecto:

STAR DRECK: BASURA A LAS ESTRELLAS

Los seres humanos son tan sucios que, de ahora en adelante, los cerdos tendrán que declarar que nosotros somos la otra carne blanca. ¿Usted sabía que en este momento hay tanta basura desechada en el espacio exterior que en tres ocasiones el mes pasado, la Estación Espacial Internacional casi chocó con un trozo inútil de metal flotante... algo que no es tan diferente de la Estación Espacial Internacional misma? Así que en serio, hay que darle crédito a la raza humana: solo los humanos podrían visitar un vacío infinito y dejarlo desordenado. No solo hemos arruinado nuestro propio planeta; de alguna manera también hemos logrado agotar todo el espacio que hay en el espacio.

Bien, la historia muestra una y otra vez que, si los ciudadanos de la Tierra se lo proponen, pueden destruir cualquier cosa. No importa qué tan remoto o prístino, juntos, sí, podemos arruinarlo. La era de la exploración espacial tiene solo cincuenta años, y ya hemos logrado transformar la última frontera en los pantanos de Nueva Jersey.^[12]

Un lugar en donde no se encontrará una pausa para reírse es en un informe de la comisión presidencial de Estados Unidos o documento de doctrina militar sobre el espacio, el Milspace [una especie de Facebook para uso exclusivo del Ejército] y contraespacio de seguridad nacional. Parte del lenguaje en estas cosas podría llevar a un lector a suponer que el ejército de Estados Unidos ya tiene a su disposición no solo decenas de satélites especializados, cosa que sí tiene, sino también una gran cantidad de armas espaciales completamente

funcionales adecuadas para varios tipos de confrontaciones, cosa que no tiene. El lector puede suponer además que otros países pronto también tendrán esas armas y que todas las partes están listas y dispuestas y que tienen la capacidad de desplegarlas. No es así.

En 2009, el comandante Scott A. Weston de la Fuerza Aérea de Estados Unidos publicó un artículo en la revista *Air & Space Power Journal* de la USAF en el que trata de separar los hechos de la ficción en cuanto a las perspectivas para la guerra espacial. El comandante, quien imagina un cielo retacado de escombros peligrosos en cualquier escenario de conflicto abierto en el espacio, desmantela «el concepto mismo de Pearl Harbor». Ese es un espectro que se menciona una y otra vez en el reporte final de enero 2001 de la Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization [Comisión para Evaluar la Gestión y Organización Espacial para la Seguridad Nacional de Estados Unidos], presidida por Donald Rumsfeld. Después de apenas dos páginas del resumen ejecutivo, el informe afirma que no es improbable un ataque a los activos espaciales estadounidenses durante una crisis o conflicto. «Si Estados Unidos habrá de evitar un “Pearl Harbor Espacial”, deberá de tomar en serio la posibilidad de un ataque a los sistemas espaciales de Estados Unidos».^[13] Weston discrepa enfáticamente:

Si ocurre un conflicto en los próximos cinco a diez años, los principales sistemas espaciales involucrados se restringirían a los que están desplegados ahora, debido al largo proceso de adquisición de sistemas espaciales y los tiempos limitados para los lanzamientos espaciales...

Muchos trabajos sobre armas espaciales pasan rápidamente de lo que Estados Unidos y sus adversarios pueden hacer ahora a lo que podrían hacer pronto, principalmente porque son pocas las armas emplazadas que puedan atacar activos espaciales, y porque no existen activos de ataque declarados basados en el espacio. Es probable que pudiéramos emplazar rápidamente algunas tecnologías prometedoras en condiciones de guerra, pero como dijo el anterior secretario de Defensa Donald Rumsfeld, «se tiene que ir a la guerra con el ejército que hay, no con el ejército que uno quisiera». Las armas desplegadas incluyen solo las que están probadas y entregadas a las fuerzas militares entrenadas para emplearlas como una parte integrada de las fuerzas del campo de batalla...

Estados Unidos solo tiene un arma de contraespacio: un sistema electrónico de contracomunicación específicamente diseñado y desplegado con la intención de interrumpir las comunicaciones satelitales enemigas...

Después de tanta euforia sobre la guerra espacial y las armas espaciales, un examen de las fuerzas que actualmente están desplegadas y son capaces de realizar operaciones contraespaciales directas contra satélites muestra con claridad que pocos países pueden llevar a cabo este tipo de guerra. La mayoría de las amenazas que se contemplan en la doctrina espacial militar de Estados Unidos simplemente no existen de un modo desplegado operativamente.^[14]

Por lo visto, esa última aseveración sigue siendo válida.

La primera frase de un libro blanco de ocho páginas producido por la Oficina del Subsecretario de Defensa para la Defensa Nacional y la Seguridad

Global en septiembre de 2015 dice: «Las arquitecturas espaciales de hoy, diseñadas y desplegadas bajo condiciones que reflejan la disuasión de los combates nucleares más que la sostenibilidad de los combates de guerra convencionales, en general carecen de la solidez que normalmente se consideraría obligatoria en este tipo de servicios vitales de combate».^[15] En pocas palabras, esta es una queja de que Estados Unidos no puede librar una guerra espacial.

En lo profundo de la Ley de Autorización de Defensa Nacional para el año fiscal 2017, descubrimos que los hallazgos del Congreso en diciembre de 2016 incluían:

- Las ventajas de Estados Unidos en el espacio de seguridad nacional ahora se ven amenazadas en un grado sin precedentes por el crecimiento y la seria capacidad de contraespacio de los posibles adversarios exteriores, y las ventajas espaciales de Estados Unidos deben protegerse.
- El Departamento de Defensa ha reconocido la amenaza y ha dado los pasos iniciales necesarios para defender el espacio; sin embargo, es posible que la organización y la administración no estén posicionadas estratégicamente para abordar completamente este cambio en el dominio de las operaciones a largo plazo.
- Los elementos espaciales proporcionan capacidades críticas a todas las Fuerzas Armadas en la lucha conjunta; sin embargo, las actividades dispares en todo el Departamento no tienen un líder único que esté facultado para tomar decisiones que afecten a las fuerzas espaciales del Departamento.^[16]

Nuevamente, en lenguaje claro: el dominio estadounidense en el espacio es cosa del pasado, y la futura defensa de los activos espaciales estadounidenses requerirá la reestructuración de las fuerzas armadas.

Después del punto culminante de los alunizajes del programa Apolo, ha habido un abismo constante entre la retórica y la realización, entre el mandato grandioso y el seguimiento inadecuado: muchas relaciones públicas y poca implementación. Durante más de una década, la política espacial de Estados Unidos estuvo determinada por el tono combativo del informe final de la Comisión Rumsfeld, que cristalizó una visión del espacio exterior como un campo de batalla potencial. A pesar de que las palabras *paz* o *pacífico* aparecen unas 20 veces en el informe, su postura es todo menos eso:

- «Los comisionados creen que el gobierno de Estados Unidos debe perseguir enérgicamente las capacidades... para garantizar que el Presidente tenga la opción de desplegar armas en el espacio para disuadir amenazas y, si es necesario, defenderse contra los ataques a los intereses de Estados Unidos».
- En el próximo período, Estados Unidos realizará operaciones hacia, desde, dentro y a través del espacio en apoyo de sus intereses nacionales, tanto en la Tierra como en el espacio.
- A diferencia de las armas iniciadas desde aeronaves, fuerzas terrestres o naves marítimas, las misiones espaciales iniciadas desde la Tierra o el espacio podrían llevarse a cabo con pocas demoras de tránsito, información o clima. Tener esta capacidad le daría a Estados Unidos una fuerza disuasoria mucho más fuerte y, en un conflicto, una ventaja militar extraordinaria.^[17]

Este informe, seguido unas pocas semanas después por el inicio de la trabajo de Rumsfeld como secretario de Defensa del presidente George W. Bush, hicieron sonar la alarma en el extranjero de manera más o menos parecida a como lo han hecho los comentarios de campaña, tuits mordaces y amenazas desatadas de una escalada nuclear hechas más recientemente por el presidente Donald J. Trump.^[18] El director del Programa de Control de Armas de la Universidad de Tsinghua en Pekín, por ejemplo, señaló en 2003: «Hemos visto algunos movimientos explícitos en Estados Unidos en los últimos años en preparación para las guerras espaciales», incluyendo las directivas militares «para participar en la organización, entrenamiento y equipo para operaciones espaciales rápidas, continuas, ofensivas y defensivas» e iniciativas para el desarrollo corporativo de «armas para operaciones espaciales ofensivas». Concluyó que «los tomadores de decisiones de Estados Unidos prefieren la preparación de la guerra en el espacio a los enfoques pacíficos» y «es posible que crean que Estados Unidos puede definitivamente ganar una guerra espacial».^[19]

Nadie puede ganar una guerra espacial «definitivamente», al igual que nadie puede ganar una guerra luchada con armas nucleares. ¿Se declara la victoria después de que todas las armas nucleares hayan alcanzado sus objetivos y uno tenga menos ciudades calcinadas que el enemigo? Después de casi dos décadas de proliferación de esfuerzos espaciales tanto civiles como militares por parte de varios países, la truculencia rumsfeldiana-trumpiana por parte de Estados Unidos parece fuera de lugar.^[20] Como escribió la especialista en seguridad nacional Joan Johnson-Freese: «Si la tecnología

podiera ofrecer a Estados Unidos una forma de “controlar” el espacio, entonces tendría sentido seguir ese curso. Pero no es así. Los políticos no quieren oír eso porque quieren creer lo contrario».^[21] Las corporaciones de defensa tampoco quieren que ellos creen lo contrario. Como mandatos, la «conciencia de la situación espacial», la «libertad de acción en el espacio», «mantener la superioridad del espacio» y la «resiliencia de la arquitectura espacial» producen ganancias confiables.

Sin embargo, con el tiempo, de una forma u otra, intervendrá la realidad: económica, política, ambiental, social, física. Cuando eso ocurra, es casi seguro que Estados Unidos se verá obligado a adoptar una imagen más pacífica, simplemente porque no puede —ni tampoco puede ningún otro país— alcanzar el grado de superioridad espacial, y mucho menos el control del espacio, previsto regularmente por sus estrategias militares hace no mucho tiempo.^[22] En el futuro previsible, es poco probable que Estados Unidos satisfaga esas aspiraciones, y muchos miembros del ejército ya lo reconocen.^[23] Como resultado, es probable que aparezca en la agenda el dominio de las complejidades de una convivencia tranquila, mucho antes de que los frutos de las incursiones de extracción a los cometas y asteroides logren acallar algunas de las fuentes más destacadas de la tensión internacional.

Mientras tanto, como sería de esperar, las personas que están convencidas de que el militarismo no promueve la seguridad nacional o un mundo más seguro no están sentadas en casa esperando una paz generada espontáneamente o las condiciones óptimas para un tratado multilateral de armas espaciales. Brian Weeden, exoficial de la Fuerza Aérea que trabaja con el Centro de Operaciones Espaciales Conjuntas del Comando Estratégico de los Estados Unidos, ha estado impulsando movidas más fáciles de lograr: la desmilitarización y la internacionalización de la conciencia situacional espacial, por ejemplo. El Consejo de la Unión Europea ha creado un código de conducta espacial que hace hincapié en la seguridad y la sostenibilidad. Una asociación canadiense-australiana-china-estadounidense ha estado publicando un índice anual de seguridad espacial desde 2004. Una gran cantidad de organizaciones de la sociedad civil están haciendo todo lo posible para evitar que el espacio se convierta en otra zona de combate.^[24]

Son metas loables. Pero en la actualidad estamos más cerca de lo que quisiéramos a que esté abierta la veda allá arriba, en el espacio próximo a la Tierra. Desapareció hace mucho ese antiguo espacio de dos superpotencias;

así también la visión de Estados Unidos como el hegemónico del espacio. Múltiples empresas privadas y naciones más pequeñas se están convirtiendo en viajeros espaciales. Siguen presentándose nuevos proyectos y problemas: emprendimientos mineros potencialmente rentables; un turismo espacial lucrativo; una órbita terrestre geostacionaria cada vez más poblada para los satélites de comunicaciones; satélites maniobrables que podrían utilizarse como vehículos de ataque; servicios de lanzamiento a la venta por países competidores; insuficiente cobertura en los cinco tratados espaciales de la ONU relacionada con temas relevantes para los emprendimientos privados; la invocación frecuente pero legalmente pantanosa del «patrimonio universal»; la reaparición de la pesadilla de la escalada y proliferación nuclear; la creciente dependencia de todos sobre las capacidades de los satélites. El derecho espacial no consagra una definición firme y única de «arma espacial». No hay fronteras reconocidas que marquen los territorios en el espacio. No hay una entidad única, gubernamental o de otro tipo, que tenga el mandato de mantener el orden en el espacio. Es considerable el potencial tanto para un conflicto sin precedentes como para una cooperación sin precedentes. Algunos de los que diagnostican el estado de seguridad nacional aconsejan primero la diplomacia, luego la tecnología y una gran dosis de prevención proactiva. Otros señalan que la verdadera seguridad del espacio no se trata de poner en primer plano los intereses de países o corporaciones particulares, sino la seguridad y la sostenibilidad del espacio exterior para todos.^[25]

De las tres zonas de órbita de la Tierra (baja, media y geosincrónica), encontramos que la mayoría de los telescopios espaciales, incluido el Hubble, dan vueltas en la zona baja (conocida como LEO, por las siglas en inglés de *Low Earth Orbit*), entre 400 y 650 km sobre la superficie de la Tierra. En estas altitudes accesibles, los recursos orbitales preciosos son vulnerables al ataque de los adversarios. Pero la órbita terrestre baja no es la única zona de exploración disponible para el astrofísico moderno. También se revela la naturaleza del universo frente a los telescopios y sondas que lanzamos a las regiones del espacio profundo poco pobladas y sin oposición. Y aquí es donde abunda la colaboración total.

La astrofísica moderna es diferente a la mayoría de las otras ciencias. En conjunto, los objetos del deseo de la astrofísica son algo que vuela muy por arriba de nosotros, y no se acomodan dentro de las fronteras de uno o incluso de varios países, al menos no hasta que las naciones reclamen la propiedad de los planetas. Múltiples investigadores dispersos por todo el mundo y

provenientes de Estados nación que históricamente han estado en conflicto pueden estudiar el mismo objeto al mismo tiempo con herramientas y telescopios similares o complementarios, ya sea que esos instrumentos estén basados en el suelo, que circulen a unos pocos cientos de kilómetros por encima de la Tierra o estén en órbita en el espacio profundo. El impulso que tienen los científicos hacia la colaboración trasciende la religión, la cultura y la política, porque en el espacio no hay religión, cultura o política: solo el límite en retroceso de nuestra ignorancia y el avance de la frontera de nuestro descubrimiento cósmico.

Una de nuestras principales herramientas ha sido el telescopio espacial Hubble, con mucho el instrumento científico más fértil jamás construido. Desde su lanzamiento en 1990, Hubble ha producido más de 15 000 artículos de investigación, escritos por colaboradores en casi todos los países del mundo donde residan astrofísicos, y esos documentos han generado tres cuartos de millón (y contando) de citas en revistas revisadas por pares.^[26] Hoy, Hubble tiene muchos primos extraordinarios, cada uno de los cuales recibe a colaboradores internacionales.

¿Qué cosas maravillosas y extrañas han descubierto estos astrofísicos?

Investigadores de Canadá, Alemania, los Países Bajos, el Reino Unido y Estados Unidos han encontrado una ola colosal de gas caliente —de 200 mil años luz de ancho, dos veces el ancho de la Vía Láctea, y tan tórrida que brilla intensamente en los rayos X — que se ha estado abriendo paso por Perseo, el cúmulo de galaxias supermasivo, durante varios miles de millones de años, causado por dislocaciones gravitacionales de un cúmulo más pequeño que rozaba a Perseo mientras viajaba por el espacio.

Un equipo de dos docenas de investigadores (de Australia, Francia, Portugal, España, Suiza y Estados Unidos, dirigido por un astrofísico del Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) ha identificado un prometedor candidato exoplanetario para la vida extraterrestre: LHS 1140B, un planeta rocoso con núcleo de metal un poco más grande que la Tierra que orbita en la zona habitable de una estrella fría y que muy posiblemente ha conservado su atmósfera.

El Observatorio de Ondas Gravitacionales de Interferómetro Láser (LIGO, por sus siglas en inglés), una colaboración de más de 1 000 científicos de más de 100 instituciones distribuidas por 18 países, ha detectado ondas gravitacionales provenientes de agujeros negros en colisión a miles de millones de años luz de distancia.

Un equipo enorme de Bélgica, Francia, Marruecos, Arabia Saudita, Sudáfrica, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos, dirigido por un astrofísico de la Universidad de Lieja en Bélgica, ha identificado un sistema de siete exoplanetas probablemente rocosos del tamaño de la Tierra (TRAPPIST-1) que orbitan muy cerca alrededor de una sola estrella cuya temperatura superficial es de menos de la mitad de la de nuestro Sol. Tres de esos exoplanetas viven en la zona habitable.

Varias permutaciones de astrofísicos de Canadá, Chile, Francia, Israel, Italia, Polonia, España, el Reino Unido y Estados Unidos han estado estudiando los efectos cuánticos del intenso campo magnético que rodea a una estrella de neutrones; un vasto vacío intergaláctico que, al repelerla, está ayudando a impulsar a nuestra galaxia a través del espacio; una región fría aún sin explicación en el fondo cósmico de microondas (una huella del Big Bang) que puede ofrecer la primera evidencia del multiverso. Han encontrado una galaxia esferoidal grande, oscura y relativamente cercana, similar en masa total a la Vía Láctea, que apenas se descubrió recientemente porque el 99.99 % de esta es materia oscura. Han sido testigos de un asteroide interestelar, el primer visitante al sistema solar de otra parte de la Vía Láctea, que se abalanzó junto al Sol y avanzó hacia Marte a 300 000 km/h en el otoño de 2017.

Además de hacer descubrimientos, los astrofísicos han especulado con que los extraterrestres podrían usar láseres para transmitir señales obvias de su existencia que serían captadas por observadores del cielo que monitorean cuidadosamente los exoplanetas conocidos y sospechosos. Algunos también especulamos que los extraterrestres pueden alimentar sus sondas interestelares con haces continuos de gigantescos transmisores de radio que obtienen su energía de las estrellas, lo que podría explicar los breves e inexplicables destellos de ondas de radio que han sido captados por los radiotelescopios más grandes de la Tierra y que parecen venir de miles de millones de años luz de distancia.

Es cierto que algunos de nuestros alucinantes descubrimientos y especulaciones pueden despertar el interés de los guerreros y de los constructores de armas. Pero otros pueden socavar cualquier noción de que alguna vez sería posible algo como la superioridad espacial a largo plazo.

Un descubrimiento alucinante que es anterior por décadas a Hubble y a todos sus primos espaciales fue el origen de los elementos en el universo.

Los átomos clave de nuestra bioquímica y de toda la vida en la Tierra se pueden rastrear hasta la fusión termonuclear en el corazón de las estrellas. Existimos en el universo, y el universo existe dentro de nosotros. Esta idea, este obsequio casi espiritual de la investigación del siglo xx a la civilización moderna, no surgió de un momento en el que se le prendió el foco a un investigador solitario e insomne, sino de una colaboración seminal de cuatro científicos durante los años cincuenta.

El origen y la abundancia de los elementos químicos había sido un largo misterio para la astrofísica moderna. La investigación sobre la radioactividad —la transmutación natural de los elementos— llevó a fuertes sospechas de que detrás de todo esto se ocultaba algún tipo de proceso nuclear natural, tal vez el mismo proceso nuclear que había liberado suficiente energía para mantener a las estrellas brillando.

En 1920, recién terminada la carnicería de la Gran Guerra, el astrofísico inglés sir Arthur Eddington ofreció reflexiones sobre la fuente de energía estelar en una reunión de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia:

Una estrella está chupando un vasto depósito de energía por medios desconocidos para nosotros. Este depósito no puede ser otra cosa que la energía subatómica que, como se sabe, existe en abundancia en toda la materia; a veces soñamos que el hombre algún día aprenderá a liberarla y que la aprovechará. Las provisiones son prácticamente inagotables, si tan solo se pudieran explotar...

Si, en efecto, la energía subatómica en las estrellas se está utilizando libremente para mantener funcionando sus grandes calderas, parece que nos acerca un poco más a nuestro sueño de controlar este poder latente por el bienestar de la raza humana... o para su suicidio.^[27]

Los principales avances de la física cuántica se desarrollaron en la década de 1920 y continuaron hasta 1932 con el descubrimiento del neutrón, una nueva partícula subatómica, por el físico británico James Chadwick. Hasta entonces, lo único que se sabía sobre la estructura estelar nos decía que, a pesar de la temperatura y presión extremas en el núcleo de una estrella, los elementos no se podían forjar allí. Pero eso no impidió que Eddington se involucrara en especulaciones racionales o que comentara en su libro de 1926, *La constitución interna de las estrellas*: «No discutiremos con el crítico que insiste que las estrellas no son lo suficientemente calientes para este proceso; mejor le decimos que se vaya a buscar un lugar más caluroso».^[28] ¿Habría sido su manera de mandar al infierno a sus detractores?

En todo caso, la física cuántica tal como existía en la década de 1930 explicaba los conceptos básicos de cómo el Sol convierte el hidrógeno en helio, generando energía como un subproducto. Pero seguía eludiéndonos el

origen de todos los elementos más pesados. La respuesta la darían las armas nucleares, desarrolladas por el Proyecto Manhattan, en el que participó Chadwick.

La única manera de saber cómo se combinan los núcleos atómicos para hacer núcleos pesados a altas temperaturas y presiones (como sería la situación que se encontraría dentro del núcleo de una estrella) es estudiar todas las formas, todos los lugares y todas las posibilidades de que un núcleo específico pueda chocar contra otro núcleo específico. Estas denominadas secciones transversales de colisión se pueden estimar en teoría pero, idealmente, se miden directamente en experimentos de laboratorio.

El acceso reciente a los datos desclasificados de la física nuclear de la Segunda Guerra Mundial y de la serie de pruebas de bombas nucleares que le siguieron (bajo tierra, en el suelo, en el agua y en el aire) se convirtió justo en el tipo de laboratorio que se necesitaba. A mediados de los cincuenta, se disponía de suficientes datos sobre lo que hacen las partículas subatómicas y los núcleos atómicos al combinarse, como para que Margaret y Geoffrey Burbidge, William Fowler y Fred Hoyle pudieran descubrir cómo y por qué la explosiva vida y muerte de una estrella fabrica elementos pesados.

En una presentación previa de ese trabajo, publicada a principios de 1957, Fowler reflexiona sobre el valor del acceso a los datos desclasificados:

[C]reemos que [el elemento] californio-254 se produce en las explosiones de supernovas y que su deterioro especialmente energético con una vida que es convenientemente observable hace que se destaque su presencia, pero se presume que otros elementos pesados se producen de manera similar... Este resultado altamente desclasificado salió a la luz menos de cuatro semanas después de que se publicaran los resultados de las pruebas en Bikini tras un lapso de casi cuatro años.^[29]

Estados Unidos detonó 23 bombas nucleares en el atolón Bikini en el Pacífico Sur entre 1946 y 1958.^[30] Personas desplazadas; terrenos radioactivos; flora y fauna incineradas: se pagó un precio muy alto por esos datos.

La investigación del equipo de Burbidge se publicó en octubre de 1957, el mismo mes en que la Unión Soviética lanzó el Sputnik, dando el pistoletazo inicial de la carrera espacial. Si bien su artículo tenía el título neutral de «Síntesis de los elementos en las estrellas» y su tono era invariablemente objetivo, su trabajo recibió un apoyo por parte de un programa conjunto de la Oficina de Investigación Naval y Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos.^[31] Como Fowler había escrito anteriormente, el californio 254 producido en Bikini contribuyó significativamente a las conclusiones del equipo. Y si se ignora la ciencia arcana y se leen las últimas páginas del artículo de Burbidge *et al.*, no se puede evitar captar una

expectativa o esperanza implícita de que continúen las pruebas como las que se hicieron en Bikini, en parte debido a los notables beneficios para la astrofísica:

La identificación del Cf^{254} en la prueba Bikini y luego en la supernova en IC 4182 sugirió por primera vez que aquí estaba la sede de la producción del proceso r . Si esto finalmente resulta correcto, dependerá tanto de trabajos adicionales sobre la vida media de la fisión del Cf^{254} como de estudios adicionales de las curvas de luz de supernova.^[32]

No existe emprendimiento alguno que sea incesantemente noble o electrizante. Con el tiempo se entromete la cuestión del dinero. No son baratas las sondas espaciales, los telescopios espaciales ni el soporte para las investigaciones de vanguardia. Sin embargo, queda claro que los gastos de la investigación astrofísica mundial (esa otra colaboración entre las naciones que no es los Juegos Olímpicos ni la Copa del Mundo) son de una orden de magnitud mucho menor que los gastos de una guerra mundial.^[33] Incluso cuando el mundo no está realmente librando una guerra total, gastamos billones de dólares para prepararnos.

Hoy en día, la astrofísica en todo el mundo se financia con menos de 3 mil millones de dólares al año,^[34] mientras que el gasto militar global se acerca a los 1.7 billones. Con un PIB mundial en 2016 de casi 76 billones, eso equivale a 0.004 % para la astrofísica y 2.2 % para el ejército.^[35] Un año de ese nivel de gasto militar podría financiar abundantemente a todos los astrofísicos del mundo durante medio milenio.

Ahora veamos a Estados Unidos. Consideremos la contribución norteamericana a la Segunda Guerra Mundial. En solo un año, 1943, el gasto militar en la guerra devoró el 42 % del ingreso nacional de Estados Unidos.^[36] El gasto directo y por adelantado de las operaciones militares estadounidenses fue de 75 mil millones de dólares al año. Si Estados Unidos financiara una guerra hoy al mismo ritmo, en relación con el PIB, esos 75 mil millones de dólares se convertirían en casi 7 billones de dólares al año, o 19 mil millones de dólares al día.^[37] Tan solo dos horas de ese nivel de gasto de guerra podría financiar la astrofísica estadounidense durante todo un año.

Es como esa máxima de los periodistas: «Hay que seguirle la pista al dinero»; lo que un país financia es lo que ese país prioriza, por definición. Hace décadas, el dictador fascista Benito Mussolini, al hablar de la economía italiana, declaró que «el Estado solo asumirá los sectores relacionados con la defensa, la existencia y la seguridad de la patria».^[38] Bueno, pues la

economía estadounidense se ha estado deslizando en esa dirección. Es lo que el general y presidente Dwight D. Eisenhower reprobó, y es un camino dudoso hacia la verdadera seguridad. En 2015, el gobierno de Estados Unidos asignó 600 mil millones de dólares —el 54 % de sus dólares discrecionales— a gastos militares, en comparación con 30 mil millones de dólares, o el 3 %, a la ciencia y la ingeniería. En 2016, Estados Unidos representó una mayor proporción del gasto militar global (611 mil millones de dólares de los 1.7 billones de dólares del mundo) que los siguientes ocho países combinados (China, Rusia, Arabia Saudita, India, Francia, Reino Unido, Japón y Alemania, en orden descendiente).^[39]

Tomando en cuenta todos los miles de millones que fluyen por el sistema, ¿es posible que no haya dinero disponible para modernizar los subterráneos centenarios de la ciudad de Nueva York, para evitar que Nueva Orleans se vuelva a inundar, para construir viviendas realmente asequibles para las personas que colectivamente hacen funcionar nuestras ciudades, para ayudar al Museo Metropolitano de Arte a restablecer su tarifa de admisión voluntaria para todos los visitantes y para ampliar la búsqueda de otros planetas habitables?

La última palabra, o casi, la tiene el portador anónimo de una pancarta en una de las más de seiscientas Marchas por la Ciencia que se llevaron a cabo en todo el mundo el 22 de abril de 2017. PIENSE MIENTRAS AÚN SEA LEGAL, suplicaba la pancarta. Y mientras pensamos, tratemos de imaginar que cada uno de nosotros es un ensamblaje transitorio de átomos y moléculas; que nuestro planeta es un pequeño guijarro que deambula en órbita por el vacío del espacio; que la astrofísica, la sierva histórica del conflicto humano, ahora ofrece una manera de redirigir esos impulsos de matar que tiene nuestra especie para que sean impulsos de colaboración para explorar, descubrir civilizaciones alienígenas, vincular a la Tierra con el resto del cosmos — genéticamente, químicamente, atómicamente— y proteger nuestro planeta natal hasta que el horno del Sol se consuma por sí solo en cinco mil millones de años.

Tratemos de imaginar esas cosas, no porque sean imaginarias, sino porque son ciertas.

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos, por separado y conjuntamente, con las innumerables personas e instituciones cuyos escritos, conferencias, correos electrónicos, conversaciones, verificaciones de datos, críticas, consultas, respuestas y recursos nos permitieron construir este libro.

Nuestra larga asociación no habría comenzado jamás sin la intersección espacio-tiempo proporcionada por la revista *Natural History*. Sin el personal del Planetario Hayden, el American Museum of Natural History y la Biblioteca de Investigación del museo —en especial Tom Baione, Gwen King, Mai Reitmeyer, Elizabeth Stachow y Rachel Wysoki— habría sido mucho más difícil llevar a cabo nuestra colaboración.

Por compartir sus visiones del mundo y su experiencia en las últimas dos décadas (supieran o no que en ese momento se estaba confeccionando un libro), Neil quisiera agradecer a Buzz Aldrin, exastronauta de la NASA; Wanda M. Austin, expresidenta y CEO de la Aerospace Corporation; Ashton Carter, exsecretario de Defensa de los Estados Unidos; John W. Douglass, expresidente y CEO de la Asociación de Industrias Aeroespaciales; la comandante Sue Hegg, Marina de los Estados Unidos (retirada), anteriormente de Sistemas de Inteligencia y Seguridad, Boeing; el general Lester L. Lyles, Fuerza Aérea de Estados Unidos (retirado), excomandante, Mando de Material de la Fuerza Aérea; Joanne M. Maguire, exvicepresidenta ejecutiva de Lockheed Martin Space Systems; Arati Prabhakar, exdirectora de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa; Elliot Pulham (†), exdirector general de la Space Foundation; William Schneider Jr., expresidente de la Defense Science Board, Departamento de Defensa de los Estados Unidos; Michael Shara, astrofísico, Museo de Historia Natural de Estados Unidos; Robert J. Stevens, anterior director, presidente y director ejecutivo de Lockheed Martin; Robert Walker, expresidente, Comité de Ciencia de la Cámara de Representantes de la Administración Reagan; y Heidi Wood, antigua directora y analista *senior* de Aeroespacio y Defensa, Morgan Stanley.

Por su generosa asistencia, Avis está particularmente agradecida con Vivek Chibber de la Universidad de Nueva York; Mark Harrison de la Universidad de Warwick; Alexander R. Jones del Institute for the Study of the Ancient World, New York University; John P.C. Moffett, de la East Asian History of Science Library, Needham Research Institute, Universidad de Cambridge; James Clay Moltz de la Naval Postgraduate School; Stephen C. Sambrook de la Universidad de Glasgow; y Louise S. Sherby de Archivos y Colecciones Especiales, Hunter College Libraries, City University of Nueva York. Por su gentil respuesta a las solicitudes de información, traducción, confirmación o aclaración, quisiera agradecer a Peter Abrahams, Linda J. Bilmes, Michael Buckland, Anita Cochran, Larry J. Curtis, Neal Evans, Gary W. Ewer, Alexander Field, Toby Huff, Mark Johnson, Mary Knight, Walter F. Laferer, Norton D. Lang, Theresa Levitt, Russ Levrault, John Logsdon, Lu Xiuyuan, Steve Maran, Andy Martin, Surendra Parashar, Keneth Pomeranz, Charles Post, Jessica Rawson, Stéphan Reeb, M. Eugene Rudd, Michael Scholtes, Anwar Shaikh, Maryline Simler, Steven Soter, Steven Topik, Jason Walkowiak, Micah Walter-Range y James G. Wilson.

Avis está más que agradecida con Neil por presentarle un reto tan inmenso y por confiar en que ella lo cumpliría. Además, por sus consejos y aliento durante la prolongada gestación del libro, agradece a Nan Bauer-Maglin, Josely Carvalho, Nivedita Majumdar, Fran Nesi, Julia Scully, Gerry Wallman y Shelly Wallman. Y en el plano más amplio de la vida misma, agradece a Elliot Podwill, ministro de Cultura, Gastronomía, Turismo y Servicios humanos del gobierno Lang-Podwill.

Durante nuestra década y media de trabajo en *Cómplices de la guerra*, nuestra editorial, W.W. Norton, ha tolerado nuestros retrasos y respaldado nuestros avances. Agradecemos especialmente a nuestro editor, John Glusman, editor en jefe de Norton, por su paciencia persistente, su atención a cada palabra de nuestro manuscrito, su flexibilidad y su capacidad para compartir nuestro entusiasmo por este proyecto, incluso cuando nuestro ritmo de avance no parecía justificarlo. Además, agradecemos a nuestra agente, Betsy Lerner, quien valoró extraordinariamente de dónde veníamos, hacia dónde íbamos y por qué.

Finalmente, los autores quisieran agradecerse mutuamente por su perseverancia, por la despiadada edición mutua y por la disposición a juzgar de manera racional las justificaciones que hacía el otro de cierta palabra, frase, eliminación u otra digresión.

BIBLIOGRAFÍA SELECTA

Para una compilación más completa de fuentes, véanse las notas al final de cada capítulo. Las fuentes en las que no se indica la página o detalles se pueden acceder en línea.

2MASS: 2 Micron All Sky Survey, «Introduction: 1. 2MASS Overview», 20 de diciembre de 2006.

Abrahamson, James A. y Henry F. Cooper, «What Did We Get for Our \$30-Billion Investment in SDI/BMD?», National Institute for Public Policy, septiembre de 1993.

Air Force Doctrine Documents, GlobalSecurity.org.

Air Force Space Command, «Commander's Strategic Intent», 6 de mayo de 2016.

American Presidency Project, University of California, Santa Bárbara.

Anson, Peter y Dennis Cummings. «The First Space War: The Contribution of Satellites to the Gulf War», *RUSI Journal* 136:4, invierno de 1991, pp. 45-53.

Arago, François, «Report» (1839), en Alan Trachtenberg, ed., *Classic Essays in Photography*, New Haven, Leete's Island Books, 1981, pp. 15-26.

Arbatov, Alexei y Vladimir Dvorkin, eds., *Outer Space: Weapons, Diplomacy, and Security*, Washington, D.C., Carnegie Endowment for International Peace, 2010.

Ariake, Ando, «The Soft-Kill Solution: New Frontiers in Pain Compliance», *Harper's*, marzo de 2010, pp. 38-47.

Augenstein, Bruno W., «Evolution of the U.S. Military Space Program, 1945-1960: Some Key Events in Study, Planning, and Program Development», *paper P-6814*, RAND Corporation, septiembre de 1982.

- Austin, B.A., «Precursors to Radar: The Watson-Watt Memorandum and the Daventry Experiment», *International Journal of Electrical Engineering Education* 36, 1999, pp. 365-372.
- Ball, Philip, *Invisible: The Dangerous Allure of the Unseen*, Chicago, University of Chicago Press, 2015.
- «Barry Goldwater on Space: GOP Candidate Wants Military, Not Civilians, to Run Space Program», *Science* 145, 31 de julio de 1964, pp. 470-471.
- Bartusiak, Marcia, ed., *Archives of the Universe: A Treasury of Astronomy's Historic Works of Discovery*, Nueva York, Pantheon, 2004.
- Barty-King, Hugh, *Eyes Right: The Story of Dollond & Aitchison Opticians, 1750-1985*, Londres, Quiller Press, 1986.
- Bedini, Silvio A., «Of 'Science and Liberty': The Scientific Instruments of King's College and Eighteenth Century Columbia College in New York», *Annals of Science* 50:3, mayo de 1993, pp. 201-227.
- Bhaskaran, Shyam, «Autonomous Navigation for Deep Space Missions», American Institute of Aeronautics and Astronautics SpaceOps 2012 Conference, Estocolmo.
- Biagioli, Mario, «Did Galileo Copy the Telescope? A 'New' Letter by Paolo Sarpi», en Albert van Helden, Sven Dupré, Rob van Gent y Huib Zuidervart, eds., *The Origins of the Telescope*, Ámsterdam, KNAW Press/Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2010, pp. 203-230.
- Brown, J. Willard, *The Signal Corps, U.S.A. in the War of the Rebellion*, Boston, US Veteran Signal Corps Association, 1896.
- Brown, Louis, *A Radar History of World War II: Technical and Military Imperatives*, Filadelfia, Institute of Physics Publishing, 1999.
- Browne, Malcolm W., «New Space Beacons Replace the Compass», *The New York Times*, 8 de noviembre de 1988.
- Bruger, Steven J., «Not Ready for the 'First Space War,' What About the Second?», Operations Department, Naval War College, 17 de mayo de 1993.

- Burbidge, E. Margaret, G.R. Burbidge, William A. Fowler y F. Hoyle, «Synthesis of the Elements in Stars», *Reviews of Modern Physics* 29:4, octubre de 1957, pp. 547-650.
- Burns, Richard Dean y Joseph M. Siracusa, *A Global History of the Nuclear Arms Race: Weapons, Strategy, and Politics*, 2 vols., Santa Bárbara, California, Praeger/ABC-CLIO, 2013.
- Burrows, William E., *This New Ocean: The Story of the First Space Age*, Nueva York, Random House, 1998.
- Butrica, Andrew J., *To See the Unseen: A History of Planetary Radar Astronomy*, NASA History Series, NASA SP -4218, Washington, D.C., NASA, 1996.
- Cañizares-Esguerra, Jorge, *Nature, Empire, and Nation: Explorations in the History of Science in the Iberian World*, Stanford, Stanford University Press, 2006.
- Casson, Lionel, *The Ancient Mariners: Seafarers and Sea Fighters of the Mediterranean in Ancient Times*, Princeton, Princeton University Press, 1991.
- Chaisson, Eric J., *The Hubble Wars: Astrophysics Meets Astropolitics in the Two-Billion-Dollar Struggle over the Hubble Space Telescope*, Nueva York, Harper-Collins, 1994.
- Chandra, Satish, ed., *The Indian Ocean: Explorations in History, Commerce, and Politics*, Nueva Delhi, Sage, 1987.
- Chang, Iris, *Thread of the Silkworm*, Nueva York, Basic Books, 1995.
- Clark, Stuart, «Russia Halts Rocket Exports to US, Hitting Space and Military Programmes», *The Guardian*, 15 de mayo de 2014.
- Commission on the Future of the United States Aerospace Industry, *Anyone, Anything, Anywhere, Anytime*, Informe final, noviembre de 2002.
- Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization, *Report-Pursuant to Public Law 106-65*, 11 de enero de 2001.

Committee on Aeronautical and Space Sciences, US Senate, *Staff Report: Documents on International Aspects of the Exploration and Use of Outer Space, 1954-1962*, 9 de mayo de 1963.

«Cooperation in Space: Agreement Between the United States of America and the Union of Soviet Socialist Republics Concerning Cooperation in the Exploration of the Use of Outer Space for the Peaceful Purposes», 24 de mayo de 1972.

Cordesman, Anthony, *The Iraq War: Strategy, Tactics, and Military Lessons*, Westport, Connecticut, Praeger/Center for Strategic and International Studies, 2003.

Costello, John, «China Finally Centralizes Its Space, Cyber, Information Forces», *The Diplomat*, 20 de enero de 2016.

Cotter, Charles H., *A History of Nautical Astronomy*, Nueva York, American Elsevier, 1968.

Covault, Craig, «Desert Storm Reinforces Military Space Directions», *Aviation Week & Space Technology*, 8 de abril de 1991, pp. 42-47.

_____, «Recon Satellites Lead Allied Intelligence Effort», *Aviation Week & Space Technology*, 4 de febrero de 1991, pp. 25-26.

Covert, Claudia T., «Art at War: Dazzle Camouflage», *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America* 26:2, otoño de 2007, pp. 50-56.

Crawford, Neta C., «US Costs of Wars Through 2016: \$4.79 Trillion and Counting: Summary of Costs of the US Wars in Iraq, Syria, Afghanistan, and Pakistan and Homeland Security», Watson Institute, Brown University, septiembre de 2016.

C-SPAN, «SDI Debate: Is the Strategic Defense Initiative in the National Interest». Programa 532-1, 18 de noviembre de 1987.

Cunliffe, Barry, *The Extraordinary Voyage of Pytheas the Greek*, Nueva York, Walker, 2002.

Curtis, Heber D., «Optical Glass», *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, abril de 1919, pp. 77-85.

- David, Leonard, «US-China Cooperation in Space: Is It Possible, and What's in Store?», *Space.com*, 16 de junio de 2015.
- Davis, Jason, «What's the Matter with Russia's Rockets?», publicación de blog, *Planetary Society*, 2 de diciembre de 2016.
- Day, Dwayne A., «The Flight of the Big Bird (parts 1-4)», *Space Review*, 17 de enero-28 de marzo de 2011.
- _____ y Robert G. Kennedy III, «Soviet Star Wars», *Air & Space Smithsonian*, enero de 2010.
- Democracy Now!*, «How the U.S. Narrowly Avoided a Nuclear Holocaust 33 Years Ago, and Still Risks Catastrophe Today», video y transcripción, 18 de septiembre de 2013.
- Deng, Gang, *Chinese Maritime Activities and Socioeconomic Development, c. 2100 BC-1900 AD: Contributions in Economics and Economic History* 188, Westport, Connecticut, Greenwood Press, 1997.
- Denny, Neil, «Interview: Eric Schlosser's *Command and Control*», *Little Atoms* 1, 17 de enero de 2016.
- DeVorkin, David, *Science with a Vengeance: How the Military Created the US Space Sciences after World War II*, Nueva York, Springer-Verlag, 1992.
- Doel, Ronald E., *Solar System Astronomy in America: Communities, Patronage, and Interdisciplinary Science, 1920-1960*, Nueva York, Cambridge University Press, 1996.
- _____ y Kristine C. Harper, «Prometheus Unleashed: Science as a Diplomatic Weapon in the Lyndon B. Johnson Administration», en «Global Power Knowledge: Science and Technology in International Affairs», *Osiris* 21:1, 2006, pp. 66-85.
- Dolman, Everett C., *Astropolitik: Classical Geopolitics in the Space Age*, Londres, Frank Cass, 2002.
- Duffner, Robert W., *The Adaptive Optics Revolution: A History*, Albuquerque, University of New Mexico Press, 2009.

- Dupuis, Andre, «An Overview of Canadian Military Space in 2014», parte 1, 9 de febrero de 2015; parte 2, 17 de febrero de 2015, *SpaceRef Canada*.
- Dyson, George B., *Darwin Among the Machines: The Evolution of Global Intelligence*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley Longman, 1997.
- Eddington, Arthur S., *The Internal Constitution of the Stars*, Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1926/1988.
- «Edison and the Unseen Universe», *Scientific American* 39:8, supl. 138, 24 de agosto de 1878, p. 112.
- Eisenhower, Dwight D., «Annual Message to the Congress on the State of the Union», 10 de enero de 1957, en Gerhard Peters y John T. Woolley, American Presidency Project, University of California, Santa Bárbara.
- _____, «Atoms for Peace: Address to the 470th Plenary Meeting of the UN General Assembly», 8 de diciembre de 1953, International Atomic Energy Agency.
- _____, «Farewell Address: Transcript», 17 de enero de 1961, sec. IV, The Presidency, Miller Center, University of Virginia.
- _____, «Radio and Television Address to the American People on Science in National Security», 7 de noviembre de 1957, en Gerhard Peters y John T. Woolley, *American Presidency Project*, Santa Bárbara, University of California.
- Ellis, Emma Grey, «Russia's Space Program Is Blowing Up. So Are Its Rockets», *Wired*, 7 de diciembre de 2016.
- Erickson, John, «Radio-location and the Air Defence Problem: The Design and Development of Soviet Radar 1934-40», *Science Studies* 2:3, julio de 1972, pp. 241-263.
- European Commission, «Space Strategy for Europe», COM (2016) 705, 26 de octubre de 2016.
- European Council, Council of the European Union, «Implementation Plan on Security and Defence», 14 de noviembre de 2016.
- European Space Agency, «Council Meeting Held at Ministerial Level on 1 and 2 December 2016: Resolutions and Main Decisions», 2 de diciembre

de 2016.

_____, «International Space Station Legal Framework», 19 de noviembre de 2013.

Evangelista, Matthew, «Cooperation Theory and Disarmament Negotiations in the 1950s», *World Politics* 42: 4, julio de 1990, pp. 502-528.

Ezell, Edward Clinton, y Linda Neuman Ezell, *The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project*, Washington, D.C., NASA, 1978.

Field, Alexander J., «French Optical Telegraphy, 1793-1855: Hardware, Software, Administration», *Technology and Culture* 35:2, abril de 1994, pp. 315-347.

Fishel, Edwin C., *The Secret War for the Union: The Untold Story of Military Intelligence in the Civil War*, Boston, Houghton Mifflin, 1996.

Fisher, David E., *A Summer Bright and Terrible: Winston Churchill, Lord Dowding, Radar, and the Impossible Triumph of the Battle of Britain*, Berkeley, California, Shoemaker & Hoard, 2005.

Fleurant, Aude, Pieter D. Wezeman, Siemon T. Wezeman y Nan Tian, «Trends in International Arms Transfers, 2016», hoja de datos, SIPRI, febrero de 2017.

Freeth, Tony y Alexander Jones, «The Cosmos in the Antikythera Mechanism», *ISAW Papers* 4, 4 de febrero de 2012.

Galilei, Galileo, *Sidereus Nuncius, or The Sidereal Messenger* (1610), traducción al inglés y comentario de Albert van Helden, Chicago, University of Chicago Press, 1989/2016.

Garthoff, Raymond L., «Banning the Bomb in Outer Space», *International Security* 5:3, invierno de 1980-81, pp. 25-40.

Gaskin, Thomas M., «Senator Lyndon B. Johnson, the Eisenhower Administration and U.S. Foreign Policy, 1957-60», *Presidential Studies Quarterly* 24:2., primavera de 1994, pp. 341-361.

Gerovitch, Slava, «Stalin's Rocket Designers' Leap into Space: The Technical Intelligentsia Faces the Thaw», *Osiris* 23:1, 2008, pp. 189-209.

Goodrick-Clarke, Nicholas, *The Occult Roots of Nazism: Secret Aryan Cults and Their Influence on Nazi Ideology: The Ariosophists of Austria and Germany, 1890-1935*, Nueva York, New York University Press, 1992.

GPS.gov, «Selective Availability».

Grafton, Anthony, «Girolamo Cardano and the Tradition of Classical Astrology: The Rothschild Lecture, 1995», *Proceedings of the American Philosophical Society* 142:3, septiembre de 1998, pp. 323-354.

Gray, Colin S., «Clausewitz Rules, OK? The Future Is the Past: With GPS», *Review of International Studies* 25, diciembre de 1999, pp. 161-182.

_____, «The Influence of Space Power upon History», *Comparative Strategy* 15:4, 1996, pp. 293-308.

Greely, A.W., «The Signal Corps», en Francis Trevelyan Miller y Robert Sampson Lanier, eds., *Photographic History of The Civil War in Ten Volumes*, vol. 8, Nueva York, Review of Reviews Co., 1912, pp. 312-340.

Greenemeier, Larry, «GPS and the World's First 'Space War'», *Scientific American*, 8 de febrero de 2016.

Grego, Laura, George N. Lewis y David Wright, *Shielded from Oversight: The Disastrous US Approach to Strategic Missile Defense*, Union of Concerned Scientists, julio de 2016.

Hagen, Antje, «Export versus Direct Investment in the German Optical Industry: Carl Zeiss, Jena and Glaswerk Schott & Gen. in the UK, from Their Beginnings to 1933», *Business History* 38:4, 1996, pp. 1-20.

Hardy, John W., *Adaptive Optics for Astronomical Telescopes*, Nueva York, Oxford University Press, 1998.

Hartung, William D., *Tangled Web 2005: A Profile of the Missile Defense and Space Weapons Lobbies*, Nueva York, World Policy Institute-Arms Trade Resource Center, 2005.

Harvey, Brian, *China in Space: The Great Leap Forward*, Nueva York, Springer-Praxis, 2013.

Harwit, Martin, *Cosmic Discovery: The Search, Scope, and Heritage of Astronomy*, Nueva York, Basic Books, 1981.

- _____, «The Early Days of Infrared Space Astronomy», en J.A. Bleeker, J. Geiss y M. Huber, eds., *The Century of Space Science*, Dordrecht, Kluwer, 2002, pp. 301-328.
- Hawkes, C.F.C., *The Eighth J.L. Myres Memorial Lecture-Pytheas: Europe and the Greek Explorers*, Oxford, Blackwell, 1977.
- Heginbotham, Eric, et al., *The U.S.-China Military Scorecard: Forces, Geography, and the Evolving Balance of Power 1996-2017*, Santa Monica, California, RAND, 2015.
- Herschel, William, «Investigation of the Powers of the prismatic Colours to heat and illuminate Objects; with Remarks, that prove the different Refrangibility of radiant Heat», *Philosophical Transactions of the Royal Society* 90, 1800, pp. 255-283.
- Hertzfeld, Henry R., Brian Weeden y Christopher D. Johnson, «Outer Space: Ungoverned or Lacking Effective Governance?: New Approaches to Managing Human Activities in Space», *SAIS Review of International Affairs* 36:2, verano-otoño de 2016, pp. 15-28.
- Hitchens, Theresa y Joan Johnson-Freese, «Toward a New National Security Space Strategy: Time for a Strategic Rebalancing», Atlantic Council Strategy Paper 5, junio de 2016.
- Holzmann, Gerard J. y Björn Pehrson, *The Early History of Data Networks*, Los Alamitos, California, IEEE Computer Society Press, 1995.
- Howard-Duff, Ian, «Joseph Fraunhofer (1787-1826)», *Journal of the British Astronomical Association* 97:6, 1987, pp. 339-347.
- Howe, Ellic, *Astrology and Psychological Warfare During World War II*, Londres, Rider, 1972.
- Hyten, John E., General, «Space Mission Force: Developing Space Warfighters for Tomorrow», libro blanco, US Air Force Space Command, 29 de junio de 2016.
- Jansky, Karl G., «Directional Studies of Atmospherics at High Frequencies», *Proceedings of the IRE* 20, 1932, 1920-1932.
- _____, «Electrical Disturbances Apparently of Extraterrestrial Origin», *Proceedings of the IRE* 21:10, octubre de 1933, pp. 1387-1398.

Johnson, Lyndon Baines, Discurso en la inauguración y dedicación de la Florida Atlantic University, 25 de octubre de 1964.

Johnson-Freese, Joan, *Heavenly Ambitions: America's Quest to Dominate Space*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 2009.

_____, *Space as a Strategic Asset*, Nueva York, Columbia University Press, 2007. Joint Chiefs of Staff, *Joint Vision 2020: America's Military-Preparing for Tomorrow*, verano de 2000.

_____, *Space Operations: Joint Publication 3-14*, 29 de mayo de 2013.

Jones, Alexander, «The Antikythera Mechanism and the Public Face of Greek Science», *Proceedings of Science*, PoS(Antikythera & SKA)038, 2012. «From Antikythera to the Square Kilometre Array: Lessons from the Ancients», Kerastari, Grecia, 12 a 15 de junio de 2012.

Jones, Sam, «Satellite Wars», *Financial Times*, 20 de noviembre de 2015.

Josephson, Paul R., «Atomic-Powered Communism: Nuclear Culture in the Postwar USSR», *Slavic Review* 55:2, verano de 1996, pp. 297-324.

Kaiser, Walter, «A Case Study in the Relationship of History of Technology and of General History: British Radar Technology and Neville Chamberlain's Appeasement Policy», *Icon* 2, 1996, pp. 29-52.

Kalic, Sean A., *US Presidents and the Militarization of Space, 1946-1967*, College Station, Texas A & M University Press, 2012.

Kallender, Paul, «Japan's New Dual-Use Space Policy: The Long Road to the 21st Century», *Notes de l'Ifri: Asie.Visions* 88, noviembre de 2016.

Katz, Jonathan I., *The Biggest Bangs: The Mystery of Gamma-Ray Bursts, the Most Violent Explosions in the Universe*, Nueva York, Oxford University Press, 2002.

Kennedy, John F., «Address at Rice University on the Nation's Space Effort», 12 de septiembre de 1962, John F. Kennedy Presidential Library and Museum.

_____, «President Kennedy's Special Message to the Congress on Urgent National Needs», 25 de mayo de 1961, John F. Kennedy Presidential Library and Museum.

- Klebesadel, Ray W., Ian B. Strong, y Roy A. Olson, «Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin», *Astrophysical Journal* 182, 1 de junio de 1973, pp. L84-L88.
- Klein, John J., *Space Warfare: Strategy, Principles and Policy*, Londres y Nueva York, Routledge, 2006.
- Kramer, Miriam, «NASA Suspends Most Cooperation with Russia; Space Station Excepted», Space.com, 2 de abril de 2014.
- Krepon, Michael, «Not Just Yet for No First Use», publicación de blog, Arms Control Wonk, Leading Voices on Arms Control, Disarmament and Non-Proliferation, 31 de julio de 2016.
- _____, con Michael Katz-Hyman, «Space Weapons and Proliferation». *Nonproliferation Review* 12:2, julio de 2005, pp. 323-341.
- LaFeber, Walter, *America, Russia, and the Cold War, 1945-2006*, 10a ed., Nueva York, McGraw Hill, 2006.
- Lankford, John, «The Impact of Photography on Astronomy», en Owen Gingerich, ed., *Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950: Part A-The General History of Astronomy*, vol. 4, Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1984, pp. 16-39.
- Launius, Roger D., «Historical Dimensions of the Space Age», en Eligar Sadeh, ed., *Space Politics and Policy: An Evolutionary Perspective*, Dordrecht, Springer Netherlands, 2004, pp. 3-25.
- Lee, T.-W., *Military Technologies of the World*, vol. 1, Westport, Connecticut, Greenwood/Praeger Security International, 2009.
- Lequeux, James, «Early Infrared Astronomy», *Journal of Astronomical History and Heritage* 12:2, 2009, pp. 125-140.
- Lovell, Bernard, «The Cavity Magnetron in World War II: Was the Secrecy Justified?», *Notes and Records of the Royal Society of London* 58:3, septiembre de 2004, pp. 283-294.
- _____, *The Story of Jodrell Bank*, Nueva York, Harper & Row, 1968.
- Lu, Edward T. y Stanley G. Love, «Gravitational Tractor for Towing Asteroids», *Nature* 438, 10 de noviembre de 2005, pp. 177-178.

- Martin, Andy, «Mentioned in Dispatches: Napoleon, Chappe and Chateaubriand», *Modern & Contemporary France* 8:4, 2000, pp.445-455.
- Mastny, Vojtech, *The Cold War and Soviet Insecurity: The Stalin Years*, Nueva York, Oxford University Press, 1996.
- McDougall, Walter A., *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1985/1997.
- McNamara, Robert S., «The Military Role of Nuclear Weapons: Perceptions and Misperceptions», *Foreign Affairs* 62:1, otoño de 1983, pp. 59-80.
- McNeill, William H., *The Pursuit of Power: Technology, Armed Force, and Society since A.D. 1000*, Chicago, University of Chicago Press, 1982.
- Meadows, A.J., «The New Astronomy», en Owen Gingerich, ed., *Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950: Part A-The General History of Astronomy*, vol. 4, Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1984, pp. 59-72.
- _____, «The Origins of Astrophysics», en Owen Gingerich, ed., *Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950: Part A-The General History of Astronomy*, vol. 4, Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1984, pp. 3-15.
- Menzel, Donald H., «Venus Past, and the Distance of the Sun», *Proceedings of the American Philosophical Society* 113:3, 16 de junio de 1969, pp. 197-202.
- Merton, Robert K., «Science, Technology and Society in Seventeenth Century England», *Osiris* 4, 1938, pp. 360-632.
- Moltz, James Clay, *Asia's Space Race: National Motivations, Regional Rivalries, and International Risks*, Nueva York, Columbia University Press, 2012.
- _____, *Crowded Orbits: Conflict and Cooperation in Space*, Nueva York, Columbia University Press, 2014.
- _____, *The Politics of Space Security: Strategic Restraint and the Pursuit of National Interests*, Stanford, Stanford University Press, 2008.

Morgan, J.H., *Assize of Arms: The Disarmament of Germany and Her Rearmament (1919-1939)*, Nueva York, Oxford University Press, 1946.

Mumford, Lewis. «No: ‘A Symbolic Act of War...’», *The New York Times*, 21 de julio de 1969.

Myer, Albert J., *A Manual of Signals: For the Use of Signal Officers in the Field, and for Military and Naval Students, Military Schools, etc.*, Nueva York, D. van Nostrand, 1868.

National Aeronautics and Space Act of 1958. Public Law 85-568, 72 Stat., 426. Firmada por el presidente el 29 de julio de 1958.

National Science Board, *S & E Indicators 2016*, Arlington, Virginia, National Science Foundation, 2016.

_____, *Science & Engineering Indicators 2018 Digest.*, Arlington, Virginia, National Science Foundation, enero de 2018.

National Security Archive, George Washington University.

National Security Council, «National Security Council Report: Statement of Preliminary U.S. Policy on Outer Space», NSC 5814/1, 18 de agosto de 1958.

National Security Council-Executive Secretary, «Report to the National Security Council on Basic National Security Policy», NSC 162/2, 30 de octubre de 1953.

_____, «Report to the National Security Council on United States Objectives and Programs for National Security», NSC 68m 14 de abril de 1950.

Newton, Isaac, «A Serie’s of Quere’s propounded by Mr. Isaac Newton, to be determin’d by Experiments, positively and directly concluding his new Theory of Light and Colours; and here recommended to the Industry of the Lovers of Experimental Philosophy, as they were generously imparted to the Publisher in a Letter of the said Mr. Newtons of July 8. 1672», *Philosophical Transactions of the Royal Society* 85, 15 de julio de 1672, pp. 5004-5007.

_____, *Opticks: or, A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, 4a ed. corr., Londres, William Innys, 1730. Proyecto Gutenberg.

North Atlantic Military Committee. «Final Decision on MC 14/2 (Revised): A Report by the Military Committee to the North Atlantic Council on Overall Strategic Concept for the Defense of the North Atlantic Treaty Organization Area [«Massive Retaliation»], 23 de mayo de 1957, en Gregory W. Pedlow, ed., «NATO Strategy Documents 1949-1969», NATO International Staff Central Archives.

Office of Inspector General, «NASA's Commercial Crew Program: Update on Development and Certification Efforts», IG-16-028, NASA, 1 de septiembre de 2016.

Office of the Secretary of Defense, «Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2016», 117FA69, 26 de abril de 2016.

Oliver, Bernard M., «Colloquy 4-The Rationale for a Preferred Frequency Band: The Water Hole», SP -419. SETI, The Search for Extraterrestrial Intelligence, 1977.

Parker, Geoffrey, *The Military Revolution: Military Innovation and the Rise of the West, 1500-1800*, 2a ed., Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1996.

Parry, J.H., *The Age of Reconnaissance*, Londres, Phoenix Press, 1963.

Peebles, Curtis, *High Frontier: The U.S. Air Force and the Military Space Program*. Washington, D.C., Air Force History and Museums Program, 1997.

Pollpeter, Kevin, Eric Anderson, Jordan Wilson, y Fan Yang, *China Dream, Space Dream: China's Progress in Space Technologies and Implications for the United States*, Washington, DC: IGCC/US -China Economic and Security Review Commission, 2015.

Portree, David S.F., «NASA's Origins and the Dawn of the Space Age», monografía 10, NASA History Division, 2005.

President of the United States, «National Space Policy of the United States of America», 28 de junio de 2010.

Preston, Bob, Dana J. Johnson, Sean J.A. Edwards, Michael Miller y Calvin Shipbaugh, *Space Weapons Earth Wars*, Santa Mónica, California,

RAND, 2002.

Price, S.D., *History of Space-Based Infrared Astronomy and the Air Force Infrared Celestial Backgrounds Program*, AFRL-RV-HA-TR - 1008-1039, Hanscom AFB, Massachusetts, Air Force Research Laboratory-Space Vehicles Directorate, abril de 2008.

Project Ploughshares, *Space Security Index*, publicación anual, 2003.

Raines, Rebecca Robbins, *Getting the Message Through: A Branch History of the U.S. Army Signal Corps*, Washington, D.C., Center of Military History, US Army, 1996.

Randall, J.T., «Radar and the Magnetron», *Journal of the Royal Society of Arts* 94:4715, 12 de abril de 1946, pp. 302-323.

Reagan, Ronald, «Address Before a Joint Session of the Congress on the State of the Union», 25 de enero de 1984, en Gerhard Peters y John T. Woolley, *American Presidency Project*, University of California, Santa Bárbara.

_____, «Address to the Nation on Defense and National Security», 23 de marzo de 1983, Ronald Reagan Presidential Library and Museum.

Reed, Sidney G., Richard H. Van Atta, y Seymour J. Deitchman, *DARPA Technical Accomplishments: An Historical Review of Selected DARPA Projects*, vol. 1, IDA paper P-2192, Institute for Defense Analyses, noviembre de 1990.

Regis, Ed., «What Could Go Wrong? The Insane 1950s Plan to Use H-bombs to Make Roads and Redirect Rivers», *Slate*, 30 de septiembre de 2015.

Reiffel, Leonard, *A Study of Lunar Research Flights*, vol.I. AD 425380/AFSWC TR -59-39. Kirtland AFB, NM, Air Force Special Weapons Center, 19 de junio de 1959.

Richelson, Jeffrey T., *America's Space Sentinels: The History of the DSP and SBIRS Satellite Systems*, 2a ed., Lawrence, University Press of Kansas, 2012.

_____, ed., «U.S. Satellite Imagery, 1960-1999: National Security Archive Electronic Briefing Book No. 13», National Security Archive, George Washington University, abril de 1999.

- Rogalski, A., «History of Infrared Detectors», *Opto-Electronics Review* 20:3, 2012, pp. 279-308.
- Roseman, Christina Horst, *Pytheas of Massalia: On the Ocean-Text, Translation and Commentary*, Chicago, Ares, 1994.
- Rowe, A.P, *One Story of Radar*, Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1948/2015.
- «Russia Makes Plans to Kill Space Station in 2020 Due to Sanctions», *NBC News*, 13 de mayo de 2014.
- Sagan, Carl y Steven J. Ostro, «Dangers of Asteroid Deflection», *Nature* 368, 7 de abril de 1994, p. 501.
- Sagan, Scott D., «On the Brink: How Safe Are Our Nukes?», *American Scholar*, 5 de septiembre de 2013.
- Sagdeev, Roald, *The Making of a Soviet Scientist: My Adventures in Nuclear Fusion and Space from Stalin to Star Wars*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1994.
- Sambrook, Stephen C., «The British Armed Forces and Their Acquisition of Optical Technology: Commitment and Reluctance, 1888-1914», en *Year Book of European Administrative History* 20, Baden-Baden, Nomos Verlagsgesellschaft, 2008.
- _____, «No Gunnery Without Glass: Optical Glass Supply and Production Problems in Britain and the USA, 1914-1918», documento de trabajo, 2001.
- _____, «The Optical Munitions Industry in Great Britain, 1888-1923», tesis de doctorado, University of Glasgow, 2005.
- Sawako, Maeda, «Transformation of Japanese Space Policy: From the 'Peaceful Use of Space' to 'the Basic Law on Space'», *Asia-Pacific Journal: Japan Focus* 7:44:1, noviembre de 2009, pp. 1-7.
- Scheips, Paul J., «Union Signal Communications: Innovation and Conflict», *Civil War History* 9:4, diciembre de 1963, pp. 399-421.
- Schilling, Govert, *Flash! The Hunt for the Biggest Explosions in the Universe*, traducción al inglés de Naomi Greenberg-Slovin, Cambridge,

- Reinod Unido, Cambridge University Press, 2002.
- Schlosser, Eric., *Command and Control: Nuclear Weapons, the Damascus Accident, and the Illusion of Safety*, Nueva York, Penguin, 2013.
- Schuster, Richard J., *German Disarmament After World War I: The Diplomacy of International Arms Inspection*, Londres, Routledge, 2006.
- Scott, William B., y Craig Covault, «High Ground over Iraq», *Aviation Week & Space Technology* 158:23, 9 de junio de 2003, pp. 44-48.
- Seamans, Robert C., Jr., *Project Apollo: The Tough Decisions*, monografías en *Aerospace History* 37, SP-2005-4537, Washington, D.C., NASA History Division, 2007.
- Sheehan, Michael, *The International Politics of Space*, Londres, Routledge, 2007.
- Shrock, Keith A., «Space-Based Infrared Technology Center of Excellence», hoja de datos, AFRL Space Vehicles Directorate, Space Technology Division, Infrared Technologies Center of Excellence Branch, Kirtland AFB y Hanscom AFB, 3 de abril de 2007.
- Siddiqi, Asif A., «Korolev, Sputnik, and the International Geophysical Year», en Roger D. Launius, John M. Logsdon y Robert W. Smith, eds., *Reconsidering Sputnik: Forty Years Since the Soviet Satellite*, Londres, Routledge, 2000, pp. 43-72.
- _____, *The Red Rockets' Glare: Spaceflight and the Soviet Imagination, 1857-1957*, Nueva York, Cambridge University Press, 2010.
- Sluiter, Engel, «The Telescope Before Galileo», *Journal of the History of Astronomy* 28:92, agosto de 1997, pp. 223-234.
- Smith, Marcia S., «Military and Civilian Satellites in Support of Allied Forces in the Persian Gulf War», Congressional Research Service, 27 de febrero de 1991.
- Sobel, Dava, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*, Nuevo York, Walker, 2005.
- Space Foundation, *The Space Report: The Authoritative Guide to Global Space Activity*, publicación anual, 2006.

- Stanley-Lockman, Zoe y Katharina Wolf, «European Defence Spending 2015: The Force Awakens», European Union Institute for Security Studies-*Brief Issue* 10, marzo de 2016.
- State Council Information Office of the People's Republic of China, «China's Space Activities in 2016-Preamble», *Global Times/Xinhua*, 27 de diciembre de 2016.
- Stine, Deborah D., «U.S. Civilian Space Policy Priorities: Reflections 50 Years After Sputnik», Congressional Research Service, 2 de febrero de 2009.
- Stone, Richard, «A Renaissance for Russian Space Science», *Science*, 7 de abril de 2016.
- Talbot, David, «How Technology Failed in Iraq», *MIT Technology Review*, noviembre de 2004.
- Taylor, E.G.R., *The Haven-Finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*, Londres, Hollis & Carter, 1956.
- Technological Capabilities Panel of the Science Advisory Committee, Office of Defense Mobilization, «Report: Meeting the Threat of Surprise Attack» [Killian Report], 14 de febrero de 1955.
- Tester, S.J., *A History of Western Astrology*, Woodbridge, Reino Unido, Boydell Press, 1987.
- Thompson, George Raynor, «Civil War Signals», *Military Affairs* 18:4, invierno de 1954, pp. 188-201.
- Tibbetts, G.R., *Arab Navigation in the Indian Ocean Before the Coming of the Portuguese*, Londres, Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, 1971.
- Tseng, Lillian Lan-ying, *Picturing Heaven in Early China*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Asia Center, 2011.
- Turnbull, David, «Cartography and Science in Early Modern Europe: Mapping the Construction of Knowledge Spaces», *Imago Mundi* 48, 1996, pp. 5-24.
- Union of Concerned Scientists, UCS Satellite Database.

United Nations General Assembly, Resolutions Adopted by the General Assembly During Its Twelfth Session: 1148 (XII), 1149 (XII), 14 de noviembre de 1957.

_____, Resolution 1884 (XVIII): «Question of General and Complete Disarmament», 17 de octubre de 1963.

_____, Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, firmado en Londres, Moscú y Washington, 27 de enero de 1967.

United Nations Office at Geneva: Conference on Disarmament, CD Documents on Prevention of an Arms Race in Outer Space.

United Nations Office for Disarmament Affairs, Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, in Outer Space, and Under Water, 5 de agosto de 1963.

United Nations Office for Outer Space Affairs, Space Law.

United States Air Force, *Counterspace Operations: Air Force Doctrine Document 2-2.1*, 2 de agosto de 2004.

_____, *Space Operations: Air Force Doctrine Document 3-14*. 27 de noviembre de 2006. Incorpora el Cambio 1, 28 de julio de 2011. [El AFDD 3-14 es el AFDD 2-2 más el cambio].

United States Army Ordnance Department/Lt. Col. F.E. Wright, *The Manufacture of Optical Glass and of Optical Systems: A Wartime Problem*, Washington, D.C., Government Printing Office, 1921.

United States Central Command, «Operation Desert Shield/Desert Storm: Executive Summary», 11 de julio de 1991.

United States Department of Defense, *Conduct of the Persian Gulf War: Final Report to Congress*, abril de 1992.

_____, *Quadrennial Defense Review 2014*, 4 de marzo de 2014.

United States Government Accountability Office, *Operation Desert Storm: Evaluation of the Air Campaign*. GAO/NSAID -97-134, junio de 1997.

- United States Space Command, «Operations Desert Shield and Desert Storm: Assessment», enero de 1992.
- Van Creveld, Martin, *Command in War*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1985.
- _____, *Technology and War, From 2000 BC to the Present*, ed. revisada y ampliada, Nueva York, Free Press, 1991.
- Van Helden, Albert, «The Invention of the Telescope», *Transactions of the American Philosophical Society* 67:4, junio de 1977, pp. 1-67.
- _____, «Telescopes and Authority from Galileo to Cassini», *Osiris* 9, 1994, pp. 8-29.
- Vaucouleurs, Gérard de, *Astronomical Photography: From the Daguerreotype to the Electron Camera*, t raducción al inglés de R. Wright, Nueva York, Macmillan, 1961.
- Vice President's Space Policy Advisory Board, «The Future of the U.S. Space Industrial Base: A Task Group Report», noviembre de 1992.
- Viotti da Costa, Emilia, «The Portuguese-African Slave Trade: A Lesson in Colonialism», *Latin American Perspectives* 12:1, invierno de 1985, pp. 41-61.
- Walker, Christopher B.F., ed., *Astronomy Before the Telescope*, Londres, British Museum Press, 1996.
- Walker, Russell G., y Stephan D. Price, *AFCRL Infrared Sky Survey*, vol. 1, *Catalog of Observations at 4, 11, and 20 Microns*. ADA 016397, Hanscom AFB, Massachusetts, Optical Physics Laboratory, Air Force Cambridge Research Laboratories, julio de 1975.
- Warner, Deborah Jean, *Alvan Clark & Sons: Artists in Optics*, Washington, D.C., Smithsonian Institution Press, 1968.
- Watson, Fred, *Stargazer: The Life and Times of the Telescope*, Cambridge, Massachusetts, Da Capo Press, 2005.
- Watson-Watt, Robert, «Radar Defense Today-and Tomorrow», *Foreign Affairs* 32:2, enero de 1954, pp. 230-243.

- Weekes, Trevor, «Very High Energy Gamma Ray Astronomy 101», Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, junio de 2012.
- Westfall, Richard S., «Science and Patronage: Galileo and the Telescope», *Isis* 76:1, marzo de 1985, pp. 11-30.
- Weston, Scott A., «Examining Space Warfare: Scenarios, Risks, and US Policy Implications», *Air & Space Power Journal* 23:1, primavera de 2009, pp. 73-82.
- Wie, Bong, «Optimal Fragmentation and Dispersion of Hazardous Near-Earth Objects: NIAC Phase I Final Report», Asteroid Deflection Research Center, Iowa State University, 25 de septiembre de 2012.
- Williams, J.E.D., *From Sails to Satellites: The Origin and Development of Navigational Science*, Oxford, Oxford University Press, 1992.
- Wolter, Detlev, *Common Security in Outer Space and International Law*, Ginebra, United Nations Institute for Disarmament Research, 2006.
- Wright, David, Laura Grego y Lisbeth Gronlund, *The Physics of Space Security: A Reference Manual*, Cambridge, Massachusetts, American Academy of Arts and Sciences, 2005.
- Zak, Anatoly, «A Rare Look at the Russian Side of the Space Station», *Air & Space Smithsonian*, septiembre de 2015.
- _____, «Russia Approves Its 10-Year Space Strategy», publicación de blog, Planetary Society, 23 de marzo de 2016.
- Zimmerman, David, *Britain's Shield: Radar and the Defeat of the Luftwaffe*, Stroud, Reino Unido, Amberly, 2013.



NEIL DE GRASSE TYSON nació en la ciudad de Nueva York la misma semana en que se fundó la NASA. Su interés en el universo se remonta a los 9 años de edad, después de una primera visita al Planetario Hayden del Museo Americano de Historia Natural. Fue educado en escuelas públicas de la ciudad de Nueva York hasta la preparatoria en Ciencias de la Bronx High School. Se graduó en Física en Harvard y obtuvo el doctorado en Astrofísica en Columbia, y después una beca de investigación posdoctoral en Princeton. Desde 1996, Tyson es director del Planetario Hayden. Es autor de *Orígenes*; *Muerte por agujeros negros*; *Crónicas del espacio*, y *Astrofísica para gente con prisa*.

AVIS LANG ha colaborado durante casi dos décadas con Neil deGrasse Tyson. Al principio, se desempeñó como editora senior responsable de la columna de su revista de Historia Natural, «Universe». Varias de las columnas hechas bajo su supervisión más tarde llegaron a las antologías de Tyson. Tras el cese de la columna, editó su libro *Crónicas del espacio*.

Notas

[*] La cifra se presenta tal y como aparece en el original en inglés. [*N. de E.*].
<<

[*] En el original en inglés 5.8 billion. Recuérdese que el *billion* inglés no equivale al billón español, sino a mil millones, así que todas las cifras aquí presentadas han sido convertidas a nuestro sistema. [*Nota de E.*]. <<

[*] Traducido al español por Eduardo Iriarte como *El último imperio*, Ed. Síntesis, 2002. <<

[*] Según la edición en español traducida por José Luis Gil Aristu, «*Blowback* es una palabra inventada por la CIA en la década de 1950 que puede traducirse aproximadamente por *contragolpe*, *represalia*, *reacción* o *efecto bumerán*: se trata de las consecuencias no deseadas, sufridas por los propios ciudadanos norteamericanos, de la política exterior imperial y agresiva de su país, tanto en guerras abiertas como en operaciones clandestinas llevadas a cabo por la CIA u otras agencias o ‘fuerzas especiales’». [*N. de la T.*]. <<

[**] Traducido al español por María Isabel Campos Agrados como *Las amenazas del imperio*, Crítica, 2004. <<

[1] Edmund Phelps entrevistado por Steve Evans, *Business Daily*, BBC World Service, 11 de diciembre de 2008. <<

[2] Christopher Bodeen, AP, «China Breaks Ground on Space Launch Center», *US News & World Report*, 14 de septiembre de 2009. <<

[3] Christiaan Huygens, *The Celestial Worlds Discovered: Or, Conjectures Concerning the Inhabitants, Plants and Productions of the Worlds in the Planets*, Londres, Timothy Childe, 1698, pp. 39-41. <<

[4] Véase la superfunción «Defensa Nacional» dentro de la Tabla Histórica 3.1 de la Oficina de Administración y Presupuesto (OMB, por sus siglas en inglés), «Outlays by Superfunction and Function: 1940-2021», www.whitehouse.gov/omb/budget/Historicals (consultada el 3 de abril de 2016). En cuanto a la actualización de la tabla en el transcurso de los años, la OMB indica: «Hasta donde fuera posible, los datos se ajustaron para proporcionar consistencia con el presupuesto de 2017 y proporcionar comparabilidad en el transcurso del tiempo». A partir de la primavera de 2016, el gasto menor en defensa nacional durante los setenta fue de 76.7 mil millones de dólares en el año fiscal 1973; el más alto fue de 116.3 mil millones de dólares en 1979. Para el año fiscal 1983, el presupuesto de defensa había excedido los 200 mil millones de dólares; para el año fiscal 1989, había excedido los 300 mil millones de dólares. <<

[5] Frase introductoria de un anuncio de campaña de 1984 de Ronald Reagan, en el Museum of the Moving Image, «The Living Room Candidate: 1984 Reagan vs. Mondale», www.livingroomcandidate.org/commercials/1984/prouder-stronger-better (consultado el 20 de marzo de 2016). <<

[6] Ronald Reagan, «Inaugural Address, January 20, 1981», American Presidency Project, www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=43130 (consultado el 20 de marzo de 2016). <<

[7] Para saber más sobre el tema y la historia de la fotografía ganadora del Pulitzer, véase BBC News, «Picture Power: Vietnam Napalm Attack», **news.bbc.co.uk/2/hi/4517597.stm** (consultado el 5 de abril de 2016). <<

[8] Desde principios de 2008, miembros de Veteranos de Irak Contra la Guerra (IVAW, por sus siglas en inglés) comenzaron a ofrecer testimonios públicos en una campaña llamada Soldado de Invierno, que culminó en un evento de cuatro días en marzo de 2008 cerca de Washington, D.C.; véase www.ivaw.org/wintersoldier; www.ivaw.org/blog/press-releases; www.ivaw.org/blog/press-coverage (consultado el 5 de abril de 2016). Respecto de las demostraciones que acompañaron una movilización del 17 de febrero de 2003, la BBC declara: «Se calcula que marcharon entre seis y 10 millones de personas en hasta 60 países durante el fin de semana... las demostraciones más grandes de su tipo desde la guerra de Vietnam». BBC News, «Millions Join Global Anti-War Protests», 17 de febrero de 2003, news.bbc.co.uk/2/hi/europe/2765215.stm (consultado el 5 de abril de 2016). Las encuestas de opinión pública muestran una constante y a veces creciente oposición a la guerra; véase la compilación de encuestas sobre la guerra de Irak de Pew Research, CNN, ABC News/*The Washington Post*, y otras en «Iraq», PollingReport.com, www.pollingreport.com/iraq.htm (consultado el 5 de abril de 2016). <<

[9] Aunque la Constitución de Estados Unidos le otorga al Congreso poder único para declarar la guerra, ningún Congreso lo ha hecho desde 1942. En su lugar, el Congreso ha aceptado resoluciones que autorizan el uso de la fuerza militar, ha controlado las partidas presupuestarias y ejercido una supervisión limitada. Durante la primera y la segunda Guerra Mundial, la guerra de Corea y la guerra de Vietnam, los demócratas tenían la mayoría tanto en el Senado como en la Cámara. Senado de Estados Unidos, «Official Declarations of War by Congress» y «Party Division», www.senate.gov/pagelayout/history/h_multi_sections_and_teasers/WarDeclarationsbyCongress.htm y www.senate.gov/pagelayout/history/one_item_and_teasers/partydiv.htm; United States House of Representatives: History, Art & Archives, «Party Divisions of the House of Representatives, 1789-Present», history.house.gov/Institution/Party-Divisions/Party-Divisions/ (consultado el 10 de octubre de 2017). <<

[10] Sobre los ataques con gas venenoso, véase Dexter Filkins, «The Fight of Their Lives», *The New Yorker*, septiembre 29 de 2014, pp.44-45. Véase también a Chris Maume, «It Was Better to Live in Iraq under Saddam», *Independent*, 12 de junio de 2014; Costs of War Project, «Education: Universities in Iraq and the U.S.», Watson Institute for International Studies, Brown University, costsofwar.org/article/education-universities-iraq-and-us (consultado el 27 de junio de 2014); Benjamin Busch, «‘Today Is Better Than Tomorrow’: A Marine Returns to a Divided Iraq», *Harper’s*, octubre de 2014, p. 38. <<

[11] FTSE 350 Aerospace & Defence Index. Véase «Global Defence Outlook» (columna «Lex»), *Financial Times*, enero 26 de 2007. <<

[12] Commission on the Future of the United States Aerospace Industry, *Anyone, Anything, Anywhere, Anytime*, informe final, noviembre de 2002, 7-2, 7-4, history.nasa.gov/AeroCommissionFinalReport.pdf (consultado el 3 de abril de 2016). Designado en 2001 por George W. Bush, Neil deGrasse Tyson era miembro de la comisión presidencial que produjo este informe. En su análisis de la consolidación aeroespacial, Andrew Cockburn («Game On», *Harper's*, enero de 2015) cita una reunión que fue un punto de inflexión en 1993 entre el subsecretario de defensa William Perry y un «grupo de titanes de la industria». En esta reunión («La Última Cena»), Perry advirtió que los recortes presupuestales exigirían consolidación, y llevarían a algunos de ellos a la quiebra. Cockburn escribe: «La advertencia de Perry desató un atracón de fusiones y absorciones, lubricadas por subsidios generosos a costas de los contribuyentes en forma de reembolsos del Pentágono para “reestructurar costos”», p. 68. <<

[13] Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization, *Report*— Pursuant to Public Law 106-65, 11 de enero de 2001, www.dod.gov/pubs/space20010111.pdf (consultado el 3 de abril de 2016). La frase «Pearl Harbor Espacial» aparece siete veces y hace eco de otra frase creada intencionalmente para infundir miedo, común durante la década de 1950: «Pearl Harbor Nuclear». En el resumen ejecutivo, las otras frases aparecen en los incisos xvi, viii y xi. <<

[14] William D. Hartung *et al.*, «Introduction», *Tangled Web 2005: A Profile of the Missile Defense and Space Weapons Lobbies*, Nueva York, World Policy Institute—Arms Trade Resource Center, 2005, www.worldpolicy.org/projects/arms/reports/tangledweb.html (consultado el 12 de abril de 2017): «Desde su inceptión durante la administración Reagan hasta el presente [2005], la actual generación de desarrollo de defensa contra misiles ha costado más de 130 mil millones de dólares... La Unión de Científicos Preocupados estima que tan solo lanzar suficientes Sistemas de Defensa instalados en el espacio (Spaced-Based Interceptors o SBI) para garantizar toda una cobertura global podría costar de 40 a 60 mil millones de dólares. Todos estos gastos podrían justificarse si se pudiera comprobar que el sistema de defensa contra misiles balísticos funciona, y si la amenaza de los misiles balísticos fuera el peligro más urgente que enfrenta Estados Unidos. Pero ninguna de estas proposiciones es cierta». <<

[15] Al haber contribuido con un poco más de 4 millones de dólares en total a solo 30 miembros del Congreso en 2001-2006, la mayoría de ellos miembros del Comité de Servicios Armados o del Subcomité de Asignaciones de Defensa, la industria de defensa contra misiles se aseguró de tener un fuerte apoyo. Los reformadores de finanzas de campaña ven este tipo de acuerdo como algo muy favorable para la industria: se gastan 4 millones de dólares en fondos de campaña y se reciben 50 mil millones de dólares en costos de adquisición para programas de defensa contra misiles, produciendo un rendimiento sobre la inversión de 12 500 %. Los dos beneficiarios principales de contribuciones relacionadas con defensa de misiles en el Senado 2001-2006 fueron los republicanos de Alabama Richard Shelby y Jeff Sessions. Muchos miembros de la Cámara de Representantes superaron a los miembros del Senado, en especial Jack Murtha, demócrata de Pensilvania que era líder de la minoría demócrata en el Subcomité de Asignaciones de Defensa de la Cámara de Representantes durante las administraciones republicanas pos-Clinton. Las seis donaciones más generosas a miembros de la Cámara iban desde los 73 000 hasta los 41 000 dólares, tres para demócratas y tres para republicanos: (1) Lockheed Martin a Jim Saxton (R-NJ), presidente de Subcomité sobre el Terrorismo, Amenazas no Convencionales y Capacidades del Comité de Servicios Armados de la Cámara de Representantes, y miembro de Sucomité de Fuerzas de Proyección del Comité de Servicios Armados; (2) BAE Systems a Jack Murtha (D-PA), líder de la menoría demócrata, Subcomité de Defensa del Comité de Asignaciones de Defensa de la Cámara de Representantes; (3) Northrop Grumman a Jane Harman (D-CA), miembro de la Comisión Permanente Selecta sobre Inteligencia de la Cámara de Representantes, y miembro de la Comisión de la Cámara de Representantes para Seguridad Nacional; (4) Boeing a James Moran (D-VA), miembro del Subcomité de Asignaciones de Defensa de la Cámara; (5) L-3 a Jerry Lewis (R-CA), presidente del Comité de Asignaciones de la Cámara de Representantes, y anterior presidente del Subcomité de Defensa del Comité de Asignaciones de la Cámara; y (6) Titan a Duncan Hunter (R-CA), presidente del Comité de Servicios Armados de la Cámara. Hartung *et al.*, *Tangled Web*; Brandon Michael Carius, «Procuring Influence: An Analysis of the Political Dynamics of District Revenue from Defense Contracting», tesis para obtener la Maestría en Políticas Públicas, Georgetown University, 2009, pp. 3-6. <<

[16] Los totales presupuestarios cambian retroactivamente a medida que se van agregando posteriormente los gastos de emergencia y se asignan los fondos. Aquí, «2001» y «2004» se refieren a los años fiscales. Para las figuras correspondientes al AF2001 y AF2004, véase la Tabla 1-1, «National Defense Budget Summary», en la Oficina del Subsecretario de Defensa (Auditoría), Estimaciones Presupuestarias de la Defensa Nacional para AF2003, marzo de 2002 y AF2007, marzo de 2006, p. 4. Para la explicación de la autoridad y los desembolsos presupuestarios, véase «Resumen» en, por ejemplo, Estimaciones Presupuestarias de la Defensa Nacional para el AF2009, p. 1. Comenzando en el AF2005, el total de la autoridad presupuestaria más desembolsos excede 1 billón de dólares. La información presupuestaria no clasificada para la defensa se resume en los «Libros Verdes» anuales, disponibles en la Subsecretaría de Defensa (Auditoría), «DoD Budget Request», comptroller.defense.gov/budgetmaterials.aspx (consultado el 3 de abril de 2016). Para los gastos de Irak, véase Donald L. Barlett y James B. Steele, «Billions Over Baghdad», *Vanity Fair*, octubre de 2007; Matt Kelley, «Rebuilding Iraq: Slow but Steady Progress», *USA Today*, 22 de marzo de 2010. Hasta 2004, Estados Unidos había gastado 6.8 mil millones de dólares en la reconstrucción de Irak; hasta 2009, había gastado 44.6 mil millones de dólares. <<

[17] American Security Project, «About: Vision–Strategy–Dialogue», www.americansecurityproject.org/about/ (consultado el 1 de julio de 2014; 10 de abril de 2017). <<

[18] Al verla en julio de 2014, la descripción personal del Proyecto de Seguridad Nacional de la ACLU tiene un tono elevado: «El camino a seguir es darle la espalda decisivamente a las políticas y prácticas que violentan nuestra mayor fortaleza: nuestra Constitución y el compromiso que representa para con la ley. La libertad y seguridad no compiten en un juego de suma cero; nuestras libertades son el fundamento mismo de nuestra fortaleza y seguridad». Al verlo en abril de 2017, el banner de la página rediseñada sobre Seguridad Nacional se había vuelto un poco más prosaico: «El Proyecto de Seguridad Nacional de la ACLU está dedicado a asegurarse de que las políticas y prácticas de seguridad nacional de Estados Unidos sean consistentes con la Constitución, los derechos civiles y los derechos humanos». Proyecto de Seguridad Nacional de la ACLU, «National Security: What's at Stake», www.aclu.org/national-security. <<

[19] National Security Agency/Central Security Service, www.nsa.gov; «Mission and Strategy», www.nsa.gov/about/mission-strategy (consultado el 10 de abril de 2017). En abril de 2016, la misión se expresaba como «Dominio criptológico global por medio de la presencia responsiva y la ventaja de redes». <<

[20] Respecto a Snowden, véase, por ejemplo, *Citizenfour*, documental dirigido por Laura Poitras, 2014; entrevistas en video por Jane Mayer de la revista *The New Yorker*, 2014, www.youtube.com/watch?v=fidq3jow8bc; y al profesor Lawrence Lessig de la Escuela de Derecho de Harvard (2014), www.youtube.com/watch?v=o_Sr96TF QQE (consultado el 10 de abril de 2017). Tras siete meses de revelaciones y acusaciones por y contra Snowden, uno de los principales periódicos de Estados Unidos sostenía: «La estridente brigada de sus críticos dice que el señor Snowden ha dañado profundamente a las operaciones de inteligencia de Estados Unidos, pero nadie ha presentado la menor prueba de que sus revelaciones realmente hayan dañado la seguridad nacional». Consejo Editorial, «Edward Snowden, Whistle-Blower», página de opinión, *The New York Times*, 1 de enero de 2014. En una entrevista de octubre de 2014 publicada en *The Nation*, Snowden dijo que ciertas frases «repetidas como loro» por los medios tenían la intención de «provocar cierta respuesta emocional: por ejemplo, *seguridad nacional*... pero no es la seguridad nacional lo que les preocupa; es la seguridad estatal. Y esa es una distinción clave. No nos gusta usar la frase *seguridad estatal* en Estados Unidos porque nos recuerda a todos los regímenes malos. Pero es un concepto clave, porque cuando estos oficiales salen a la televisión, no están hablando de lo que es bueno para los negocios; no están hablando de lo que es bueno para la sociedad. Están hablando de la protección y la perpetuación de un sistema estatal nacional». Katrina vanden Heuvel y Stephen F. Cohen, «Edward Snowden: A ‘Nation’ Interview», *The Nation*, 17 de noviembre de 2014. <<

[21] National Priorities Project, «Cost of National Security», www.nationalpriorities.org/cost-of (consultado el 3 de abril de 2016). <<

[22] Respecto a la resistencia a los antibióticos, véase, por ejemplo, Sabrina Tavernise, «U.S. Aims to Curb Peril of Antibiotic Resistance», *The New York Times*, 18 de septiembre de 2014; Gardiner Harris, «‘Superbugs’ Kill India’s Babies and Pose an Overseas Threat», *The New York Times*, 3 de diciembre de 2014. En cuanto al Departamento de Defensa y el cambio climático, véase Department of Defense, *2014 Climate Change Adaptation Roadmap*, www.acq.osd.mil/ie/download/CCARprint.pdf (consultado el 4 de diciembre de 2014). La primera oración de la página 1 dice: «El cambio climático afectará las habilidades del Departamento de Defensa para defender a la Nación y plantea riesgos inmediatos para la seguridad nacional de Estados Unidos». James Mattis, secretario de defensa, reiteró esta postura a principio de 2017: «El cambio climático está impactando la estabilidad en áreas del mundo en donde operan hoy nuestras tropas... Es apropiado que los Comandos de Combatientes incorporen en su planeación a los impulsores de inestabilidad que tienen impacto sobre el ambiente de seguridad en sus áreas». Andrew Revkin (ProPublica), “Trump’s Defense Chief Cites Climate Change as National Security Challenge”, *Science*, 14 de marzo de 2017, DOI: 10.1126/science.aal0911 (consultado el 10 de abril de 2017). <<

[23] European Commission, «Horizon 2020 Programme: Security», ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/security (consultado el 8 de julio de 2017). <<

[24] Mientras miraba desde la Estación Espacial Internacional la devastación por la guerra en Siria, el astronauta canadiense Chris Hadfield observó: «Todos estamos en esto juntos... Así que cuando bajamos la mirada hacia un lugar que en la actualidad sufre una gran agitación o conflicto, es difícil reconciliar la paciencia y belleza inherentes al mundo con las cosas tan terribles que podemos hacernos unos a otros como personas, y que podemos hacerle a la Tierra misma». «Canadian Astronaut Appeals for Peace from Space», Phys.org, 10 de enero de 2013, phys.org/news/2013-01-canadian-astronaut-appeals-peace-space.html. Otro de muchos ejemplos es la astronauta norteamericana de origen indio Sunita Williams, quien en enero de 2007 dijo en vivo por satélite desde la EEI: «Es difícil imaginarse que alguien esté discutiendo allá abajo». «Peace Is the Message of Sunita Williams», *OneIndia*, 11 de enero de 2007, www.oneindia.com/2007/01/11/peace-is-the-message-of-sunita-williams-1168510495.html (consultado el 10 de abril de 2017). <<

[25] *The Space Report 2006*, p. 1. <<

[26] El evento se llamó el Simposio Nacional Espacial de 1984 a 2013. En 2014 se le cambió el nombre, para «reflejar el perfil verdaderamente global del evento». Space Foundation, «About the Space Symposium: History», www.spacesymposium.org/about/space-symposium. Entre 2003 y 2009, la fundación también organizó un Simposio Estratégico Espacial adicional, específicamente militar y copatrocinado por el Comando Estratégico de Estados Unidos del Departamento de Defensa y por *Space News*. Más recientemente, la fundación comenzó a organizar una «conferencia boutique de inversiones» llamada el Foro de Tecnología e Inversión Espacial, www.spacetechnforum.com/(consultada el 10 de abril de 2017). <<

[27] CNN.com/WORLD, «War in Iraq: U.S. Launches Cruise Missiles at Saddam», 20 de marzo de 2003, www.cnn.com/2003/WORLD/meast/03/19/sprj.irq.main/(consultado el 10 de abril de 2017). <<

[28] Según la Fundación Espacial, el XIX Simposio Espacial Nacional «creció 20 % comparado con el evento de 2002... Más de 5 200 participantes en total... A más de 1 400 inscritos al simposio los acompañaron más de 1 000 estudiantes y maestros y un número estimado de 2 800 exhibidores, voluntarios, representantes de servicio al cliente, medios, invitados y otros... Más de 120 compañías, agencias y organizaciones participaron en el centro de exhibiciones, también un nuevo récord». Boletín de prensa «Space Foundation Reports National Space Symposium Growth», 29 de abril de 2003, disponible en SpaceRef, www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=11401 (consultado el 3 de abril de 2016). <<

[29] Leonard David, «Military Space Operations in Transformation», Space.com, 8 de abril de 2003, www.space.com/news/nss_warfighter_030408.html (enlace deshabilitado).
<<

[30] Para conocer el cronograma, véase «War in Iraq: War Tracker / Archive», CNN.com, www.cnn.com/SPECIALS/2003/iraq/war.tracker/index.html; «Struggle for Iraq—War in Iraq: Day by Day Guide», BBC News, news.bbc.co.uk/2/hi/in_depth/middle_east/2002/conflict_with_iraq/day_by_da (consultado el 3 de abril de 2016). <<

[31] Commission to Assess US National Security Space Management, *Report*, p. xviii. <<

[32] National Science Board, *S & E Indicators 2016*, Arlington, Virginia, National Science Foundation, 2016, O-4, O-5, 3-6, 3-7, 3-18, 3-19, Fig. 3-33, 3-77, 3-103, 4-55, fig. 6-3, 6-20, www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/uploads/1/nsb20161.pdf; National Science Board, *S & E Indicators 2014*, Arlington, VA, National Science Foundation, 2014, Apéndice tabla 2-33, 2-34, www.nsf.gov/statistics/seind14/content/etc/nsb1401.pdf; Space Foundation, *The Space Report 2016*, pp. 16, 24-25, 64-68; *Space Report 2017*, pp. 47-48. Véase también Neil deGrasse Tyson, «Science in America», Facebook, 21 de abril de 2017, www.facebook.com/notes/neil-degrasse-tyson/science-in-america/10155202535296613/ (consultado el 8 de julio de 2017). <<

[33] Northrop Grumman, «2016 Annual Report», [www.northropgrumman.com/AboutUs/AnnualReports/Documents/pdfs/2016_21-22, 1, 45](http://www.northropgrumman.com/AboutUs/AnnualReports/Documents/pdfs/2016_21-22_1_45); «Starshade», Northrop Grumman, www.northropgrumman.com/Capabilities/Starshade/Pages/default.aspx; «Capabilities», Northrop Grumman, www.northropgrumman.com/Capabilities/Pages/default.aspx (consultado el 11 de abril de 2017). <<

[34] Eric Schmitt con Bernard Weinraub, «A Nation at War: Military; Pentagon Asserts the Main Fighting Is Finished in Iraq», *The New York Times*, 15 de abril de 2003; CNN.com, «Inside Politics: Commander in Chief Lands on USS Lincoln», 2 de mayo de 2003, www.cnn.com/2003/ALLPOLITICS/05/01/bush.carrier.landing/; Jarrett Murphy, AP, «Text of Bush Speech», CBS News, 1 de mayo de 2003, www.cbsnews.com/news/text-of-bush-speech-01-05-2003/ (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[35] Según una encuesta de Zogby International de 2006 de tropas que servían en Irak, «[t]res cuartas partes de los soldados habían hecho múltiples misiones y habían estado expuestos más tiempo al conflicto: 26 % estaban en su primer gira de servicio, 45 % estaban en su segunda gira y 29 % estaban en Irak por tercera vez o más». www.zogby.com/NEWS/ReadNews.dbm?ID=1075 (enlace deshabilitado). <<

[36] «Cuando el cargo de Rumsfeld llegaba a su fin a finales de 2006, se estimaba que había 100 000 contratistas privados en tierra en Irak, una proporción de casi uno a uno con los soldados estadounidenses en servicio activo». Jeremy Scahill, «Bush's Shadow Army», *The Nation*, 2 de abril de 2007. Según un informe del Servicio de Investigación del Congreso referente a un período ligeramente posterior, «la cantidad de soldados en Irak bajó de un punto alto de 169 000 en septiembre de 2007 a un punto bajo de 95 900 en marzo de 2010, una disminución de 43 %. El número total de contratistas cayó de un punto alto de 163 000 en septiembre de 2008 a 95 461 en marzo de 2010, una disminución de 42 %. El número de PSCs [empresas militares privadas] alcanzó su máximo con 13 232 en junio de 2009». Moshe Schwartz, *The Department of Defense's Use of Private Security Contractors in Iraq and Afghanistan: Background, Analysis, and Options for Congress*, report, Congressional Research Service, 22 de junio de 2010, p.7, fpc.state.gov/documents/organization/145576.pdf (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[37] El 23 de abril de 2006, el saldo de muertes iraquíes era de mínimo 34 511 y máximo 38 660, según Iraq Body Count (descrita por BBC News en octubre de 2004 como «una base de datos respetada dirigida por un grupo de académicos y activistas de la paz»), www.iraqbodycount.net (consultada el 23 de abril de 2006). Se encuentra un número mucho mayor de «muertes iraquíes en exceso como consecuencia de la Guerra» —entre 392 979 y 942 636— en un estudio reconocido de Gilbert Burnham *et al.*, «Mortality After the 2003 Invasion of Iraq: A Cross-Sectional Cluster Sample Survey», *The Lancet* 368:9545 (21 de octubre de 2006), 1421-1428, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17055943 (consultado el 4 de abril de 2016). A partir de la primera semana de abril de 2006, había 17 469 soldados estadounidenses heridos, según «U.S. Wounded by Month», en Iraq Coalition Casualty Count, icasualties.org/oif/woundedchart.aspx (consultado el 23 de abril de 2006). <<

[38] La estimación de los costos reales hecha por dos economistas eminentes, el Premio Nobel Joseph E. Stiglitz y Linda Bilmes, aumentó constantemente desde 1-2 billones de dólares a principios de 2006 hasta un mínimo de 2 267 billones de dólares a finales de 2006, tomando en cuenta los costos macroeconómicos y a largo plazo tales como cuidados médicos y discapacidad para los veteranos; gastos de capital para reemplazar o restaurar equipo militar destruido o agotado durante la guerra; los costos reales de reclutamiento, activación, pérdida de ingresos, discapacidad y muerte de los soldados; y el aumento de los precios del petróleo. El interés sobre el dinero que se tomó prestado para la guerra agregaría otros 264-308 mil millones de dólares. Habría costos adicionales intangibles en, por ejemplo, la capacidad reducida de Estados Unidos para responder a amenazas de seguridad nacional en otras regiones, aumento de sentimiento antiestadounidense en el extranjero, el declive de la influencia de Estados Unidos en cuestiones que van desde las negociaciones comerciales hasta la justicia criminal. A principios de 2008, la estimación llegaba a los 3 billones de dólares; a finales de 2015 subió a 5-7 billones de dólares (Stiglitz); a finales de 2016, a casi 5 billones de dólares (Bilmes). Bilmes y Stiglitz, «A Careless War of Excessive Cost—Human and Economic», *San Francisco Chronicle*, 22 de enero de 2006, www.sfgate.com/opinion/article/A-careless-war-of-excessive-cost-human-and-2542816.php; Bilmes y Stiglitz, «Encore: Iraq Hemorrhage», *Milken Institute Review* (4o. bimestre, 2006), 76-83, www8.gsb.columbia.edu/faculty/jstiglitz/sites/jstiglitz/files/2006_Iraq_War_M Stiglitz y Bilmes, *The Three Trillion Dollar War: The True Cost of the Iraq Conflict*, Nueva York, W.W. Norton, 2008; véase también el sitio (constantemente actualizado) de Three Trillion Dollar War: The True Cost of the Iraq and Afghanistan Conflicts, threetrilliondollarwar.org. A inicios de 2010, los costos mensuales de la guerra en Afganistán estaban excediendo los de la guerra en Irak; véase Richard Wolf, «Afghan War Costs Now Out-pace Iraq's», *USA Today*, 13 de mayo de 2010, usatoday30.usatoday.com/news/military/2010-05-12-afghan_N.htm (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[39] Space Foundation, «‘One Industry—Go for Launch!’ at the 22nd National Space Symposium», boletín de prensa, 3 de abril de 2006, www.nss.org/pipermail/isdc2006/2006-April/000239.html: «Más de 135 empresas y organizaciones presentarán exhibiciones en el Centro de Exposiciones Lockheed Martin, representando un aumento del 40 % en los metros cuadrados de las exposiciones comparado con el año pasado». Véase también Space Foundation, «Space Foundation Declares 22nd National Space Symposium a Huge Success», boletín de prensa, 8 de abril de 2006, www.spacefoundation.org/media/press-releases/space-foundation-declares-22nd-national-space-symposium-huge-success (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[40] American Institute of Physics, «House Appropriators Want More Money for NASA», *FYI: The American Institute of Physics Bulletin of Science Policy News* 47, 13 de abril de 2006. <<

[41] Según una encuesta de The Harris Poll en 2005 de todo el país con 1 833 adultos estadounidenses, «[e]n 10 años, siete de cada 10 (70 %) adultos estadounidenses piensa que China será un superpoder. 41 % cree que Japón lo será también, seguido por la Unión Europea (31 %), el Reino Unido (25 %), India (20 %) y Rusia (15 %)). Véase PRNewswire, «U.S. Public Less Concerned about China's Potential to Grow Economically than Militarily in the Next Ten Years», 15 de noviembre de 2005, www.prnewswire.com/news-releases/us-public-less-concerned-about-chinas-potential-to-grow-economically-than-militarily-in-the-next-ten-years-55627132.html (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[42] NASA, «NASA Names Worden New Ames Center Director», boletín de prensa 06-193, 21 de abril de 2006, www.nasa.gov/home/hqnews/2006/apr/HQ_06193_Worden_named_director.h (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[43] University Communications, «Scientists Polled on Solar System Exploration Program Priorities», boletín de prensa, *UA News*, University of Arizona, 24 de abril de 2006, uanews.arizona.edu/story/scientists-polled-on-solar-system-exploration-program-priorities (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[44] Véase Space Foundation, *Space Report 2012*, 109; *Space Report 2014*, p. 104; *Space Report 2017*, p. 43, «Exhibit 3b: Space Workforce Trends in the United States, Europe, Japan and India» y «Exhibit 3c: U.S. Space Industry Core Employment, 2005-2016». Véase también Bureau of Labor Statistics, «Databases, Tables & Calculators by Subject: Employment, Hours, and Earnings from the Current Employment Statistics Survey (National)—All employees, thousands, total nonfarm, seasonally adjusted, 2007-2017», US Department of Labor, data.bls.gov/timeseries/CES0000000001 (consultado el 2 de octubre de 2017). El período cubierto por el Exhibit 3b del *Space Report 2017* va de 2005 a 2015; el del Exhibit 3c, desde 2005 hasta el segundo trimestre de 2016; y por el cuadro y la tabla no agropecuaria del Buró de Estadísticas Laborales (BLS), de enero de 2007 a junio de 2017. <<

[45] Mike Wall, «NASA to Pay \$70 Million a Seat to Fly Astronauts on Russian Spacecraft», Space.com, Apr. 30, 2013, www.space.com/20897-nasa-russia-astronaut-launches-2017.html; «NASA: Seats on Russian Rockets Will Cost U.S. \$490 Million», CBS/AP, 6 de agosto de 2015, www.cbsnews.com/news/nasa-seats-on-russian-rockets-will-cost-u-s-490-million/ (consultado el 3 de abril de 2016). <<

[46] Véase, por ejemplo, William J. Broad, «Physicists Compete for the Biggest Project of All», *The New York Times*, 20 de septiembre de 1983; Associated Press, «Legislation Introduced to Spur Super Collider», *New York Times*, 10 de agosto de 1987; Ben A. Franklin, «Texas Is Awarded Giant U.S. Project on Smashing Atom», *The New York Times*, 11 de noviembre de 1988; David Appell, «The Super Collider That Never Was», *Scientific American*, 15 de octubre de 2013; Trevor Quirk, «How Texas Lost the World's Largest Super Collider», *Texas Monthly*, 21 de octubre de 2013, www.texasmonthly.com/articles/how-texas-lost-the-worlds-largest-super-collider/ (consultado el 10 de enero 2018). <<

[47] US General Accounting Office, «Federal Research—Super Collider Is Over Budget and Behind Schedule», Report to Congressional Requesters, GAO/RCED-93-87, febrero de 1993, babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uiug.30112033998011;view=1up;seq=1 (consultado el 12 de enero de 2018). <<

[48] Audiencia ante el Subcomité para Supervisión e Investigaciones del Comité de Energía y Comercio, Cámara de Representantes, 103.º Congreso, «Mismanagement of DOE's Super Collider», Serial 103-76, 30 de junio de 1993, Washington, D.C., US Government Printing Office, 1994, babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.31210013511959 (consultado el 12 de enero de 2018). John Dingell (D-MI), presidente de la comisión, declaró desde el principio de la audiencia que, «[a]unque es fascinante la ciencia de este proyecto, ese no es el enfoque de la audiencia de hoy... El Subcomité de Cámara para Supervisión e Investigaciones ha examinado concienzudamente docenas de adquisiciones para la defensa. Se encontró que el mal manejo de muchas de ellas fue grave. Pero el SSC se ubica entre los peores proyectos que hemos visto en términos de malos manejos contractuales y supervisión gubernamental fallida», p. 1. <<

[49] Presidente Bill Clinton, comunicación personal a Tyson; Michael Wines, «House Kills the Supercollider, And Now It Might Stay Dead», *The New York Times*, 19 de octubre de 1993. <<

[50] «Contributions to Growth of Worldwide R & D Expenditures, by Selected Region, Country, or Economy: 2000-15», gráfico circular, en National Science Board, *Science & Engineering Indicators 2018 Digest*, NSB-2018-2, enero de 2018, 5, fig. D, www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/assets/1407/digest.pdf (consultado el 23 de enero de 2018). De modo más general, en el año 2000 Estados Unidos representaba más de 31 % de la economía mundial, y China 4 %. Con la llegada de 2015, esa figura cayó a un poco más de 24 % para Estados Unidos, y llegó a casi 15 % para China. Véase Robbie Gramer, «Infographic: Here's How the Global GDP Is Divvied Up», *Foreign Polic* y, 24 de febrero de 2017, foreignpolicy.com/2017/02/24/infographic-heres-how-the-global-gdp-is-divvied-up/ (consultado el 23 de enero de 2018); Evan Osnos, «Making China Great Again», *The New Yorker*, 8 de enero de 2018, p. 38. <<

[51] Scott Simon, «Razor Technology, On the Cutting Edge», *Weekend Edition Saturday*, 17 de julio de 2010, www.npr.org/templates/transcript/transcript.php?storyId=128583887 (consultado el 11 de abril de 2017). <<

[52] En cuanto a la deseabilidad de la preeminencia estadounidense, véase, por ejemplo, un informe del Project for the New American Century, grupo de estudios conservador con sede en Washington, D.C.: «Estados Unidos es el único superpoder del mundo al combinar poder militar preeminente, liderazgo tecnológico global y la economía más grande del mundo. Además, Estados Unidos encabeza un sistema de alianzas que incluye a los demás poderes democráticos líderes del mundo. En este momento, Estados Unidos no enfrenta ningún rival global. La gran estrategia de Estados Unidos debe dirigirse a preservar y extender esta postura ventajosa lo más a futuro posible». *Rebuilding America's Defenses: Strategy, Forces and Resources For a New Century*, septiembre de 2000, p. i, www.informationclearinghouse.info/pdf/RebuildingAmericasDefenses.pdf (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[53] United States Commission on National Security/21st Century, *Road Map for National Security: Imperative for Change* —Phase III Report, 15 de febrero de 2001, p. 30, govinfo.library.unt.edu/nssg/PhaseIIIFR.pdf (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[54] Council on Competitiveness, *Competitive Index: Where America Stands*, 2007, pp. 15, 67, www.compete.org/storage/images/uploads/File/PDF%20Files/Competitiveness_Index_Where_America_Stand_March_2007.pdf (consultado el 4 de abril de 2016). <<

[55] Joan Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions: America's Quest to Dominate Space*, Filadelfia, University of Pensilvania Press, 2009, p. ix. <<

[56] Marc Kaufman y Dafna Linzer, «China Criticized for Anti-Satellite Missile Test», *The Washington Post*, 19 de enero de 2007; Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions*, pp. 9-10, 15. <<

[57] La traducción al inglés que se exhibe en el Museo Británico, sala 7, dice: «[...] the great King, the mighty King, King of Assyria; the valiant man, who acts with the support of Ashur, his lord, and has no equal among the princes of the four quarters of the world; ... the King who makes those who are not subject to him submissive; who has subjugated all mankind; the mighty warrior who treads on the neck of his enemies, tramples down all foes, and shatters the forces of the proud; the King who acts with the support of the great gods, and whose hand has conquered all lands, who has subjugated all the mountains and received their tribute, taking hostages and establishing his power over all countries». Otra traducción al inglés de la Inscripción Estándar, adaptada a partir de la de Samuel M. Paley, dice, en parte: «the divine weapon of the Great Gods, the potent king, the king of the world, the king of Assyria;... the powerful warrior who always lived by [his] trust in Assur, his lord; who has no rival among the princes of the four quarters of the earth; [who is] the shepherd of his people, fearless in battle, the overpowering tidewater who has no opponent; [who is] the king, subjugator of the unsubmissive, who rules the total sum of all humanity; [who is] the potent warrior, who tramples his enemies, who crushes all the adversaries; [who is] the disperser of the host of the haughty; [who is] the king who always lives by [his] trust in the Great Gods, his lords; and captured all the lands himself, ruled all their mountainous districts, [and] received their tribute; who takes hostages, who establishes victory over all their lands». Vaughn E. Crawford, Prudence O. Harper, y Holly Pittman, *Assyrian Reliefs and Ivories in the Metropolitan Museum of Art: Palace Reliefs of Assurnasirpal II and Ivory Carvings from Nimrud*, Nueva York, Metropolitan Museum of Art, 1980, texto completo en archive.org/stream/AssyrianReliefsandIvoriesinTheMetropolitanMuseumofAr (consultado el 5 de abril de 2016). <<

[58] J.H. Parry, *Trade and Dominion: The European Overseas Empires in the Eighteenth Century*, Nueva York, Praeger, 1971, pp. 3, 5-6. <<

[59] J.M. Coetzee, *Waiting for the Barbarians*, Nueva York, Penguin, 1982, p. 133. <<

[60] Ron Suskind, «Without a Doubt» [título de la versión impresa] o «Faith, Certainty and the Presidency of George W. Bush» [título de la versión en línea], *New York Times Magazine*, 17 de octubre de 2004. <<

[61] Maureen Dowd, «Are We Rome? Tu Betchus!», oposición editorial, *The New York Times*, 11 de octubre de 2008. <<

[62] Mick Weinstein, «Ben's Bid to Boost Buck», Yahoo Finance, 6 de junio de 2008, finance.yahoo.com/expert/article/stockblogs/86614 (enlace deshabilitado). <<

[1] Véase la discusión sobre la medición biológica del tiempo en organismos desde las algas verdeazuladas hasta los humanos en Roger G. Newton, *Galileo's Pendulum*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2004, pp. 4-23. <<

[2] Por ejemplo, el hueso de Lebombo de *ca.* 35000 a. C.de las montañas en la frontera entre Sudáfrica y Suazilandia; el huso Ishango de *ca.* 20000 a. C.de la frontera entre Zaire y Uganda; las pinturas rupestres de *ca.* 18000 a. C.en Lascaux, Francia. Se especula que muchos de los primeros «huesos calendario» con muescas los usaban mujeres para monitorear sus ciclos menstruales. <<

[3] Ronald A. Wells, «Astronomy in Egypt», *Astronomy Before the Telescope*, ed. Christopher B.F. Walker, Londres, British Museum Press, 1996, pp. 33-34; James Henry Breasted, «The Beginnings of Time-Measurement and the Origins of Our Calendar», *Scientific Monthly*, 41:4, octubre, 1935, pp. 294. <<

[4] En *Astronomy Before the Telescope*, ed. Walker, véase David Pingree, «Astronomy in India», p. 129, para una discusión de la *kalpa* y unidades asociadas; y Anthony F. Aveni, «Astronomy in the Americas», pp. 272-273, para los mayas. <<

[5] Nicholas Goodrick-Clarke, *The Occult Roots of Nazism: Secret Aryan Cults and Their Influence on Nazi Ideology: The Ariosophists of Austria and Germany, 1890-1935*, Nueva York, New York University Press, 1992, pp. 104, 192-197. Lanz von Liebenfels, editor de *Ostara*, estaba obsesionado con todo lo oculto, extraño, espiritual y ario. El subtítulo de *Ostara* se puede traducir en algo así como «los rubios y los derechos del hombre». Hitler descubrió esta publicación de joven y fue a la oficina de *Ostara* para conseguir ediciones anteriores, pero era tan obvio que era pobre que Liebenfels simplemente le regaló los ejemplares. <<

[6] Lillian Lan-ying Tseng, *Picturing Heaven in Early China*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Asia Center, 2011, pp. 45-47, 238, 316-319, 335-336. La visión del cielo de la dinastía Han combinaba al cielo con la deidad suprema; la tumba, al ser un microcosmo, tiene un techo que representa el reino celestial. Además, lo cuadrado se refiere a la Tierra, lo redondo al Cielo. En cuanto a las mansiones lunares, escribe Tseng, los chinos ancestrales dividían al cielo en 28 segmentos. Dentro de cada segmento, las estrellas más brillantes se entendían como una mansión —un lugar para descansar o residir— porque la Luna se movía cíclicamente de un segmento al siguiente. Jessica Rawson, en «The Eternal Palaces of the Western Han: A New View of the Universe», *Artibus Asiae* 59:1/2, 1999, observa que las tumbas Han talladas de piedra que eran más elaboradas eran «ambientes completos para la vida después de la muerte. Cada tumba era un universo entero centrado en su ocupante» (p. 13). Agradecemos a Jessica Rawson de la Universidad de Oxford y a John P.C. Moffett, bibliotecario del Needham Research Institute, Universidad de Cambridge, por su asistencia. <<

[7] Clive Ruggles, «Archaeoastronomy in Europe», *Astronomy Before the Telescope*, ed. Walker, pp. 21-23. <<

[8] Ron Cowen, «Peru's Sunny View», *Science News* 171:18, 5 de mayo de 2007, pp. 280-281; J. McK Malville *et al.*, «Astronomy of Nabta Playa», *African Skies/Cieux Africains* 11, julio de 2007, pp. 2-7. <<

[9] Como un ejemplo de las crónicas chinas detalladas, Gang Deng, *Chinese Maritime Activities and Socioeconomic Development, c. 2100 bc -1900 ad: Contributions in Economics and Economic History* 188, Westport, CT, Greenwood Press, 1997, p. 36, tiene un fragmento de un libro de la dinastía Zhou (ca. 1046-256 a.C.) sobre las posiciones de Tauro en la noche: «Aparece subiendo por el este a nivel del mar durante el Sexto Mes, /... Llega a su cénit en el Octavo Mes, /... Cae al nivel del mar en la Décima Luna». Colin Ronan, «Astronomy in China, Korea and Japan», *Astronomy Before the Telescope*, ed. Walker, p.247, enfatiza la exclusividad de la actividad astronómica, así como la meteorológica y la astrológica, y el potencial de interrupción de los descubrimientos. A cualquiera que no formara parte del equipo experto de astrónomos del emperador se le disuadía de participar en actividades relacionadas con la astronomía. Los registros astronómicos se vigilaban de cerca; en efecto, eran documentos clasificados. Véase también a F. Richard Stephenson, «Modern Uses of Ancient Astronomy», *Astronomy Before the Telescope*, ed. Walker, pp. 331-332. <<

[10] Noel Barnard, «Astronomical Data from Ancient Chinese Records: The Requirements of Historical Research Methodology», *East Asian History* 6, diciembre de 1993, pp. 47-74; David S. Nivison, Kevin Pang, *et al.*, «Astronomical Evidence for the *Bamboo Annals*' Chronicle of Early Xia», *Early China* 15, 1990, pp. 87-95, 97-196; Salvo De Meis y Jean Meeus, «Quintuple Planetary Groupings—Rarity, Historical Events and Popular Beliefs», *J. Brit. Astronomical Assoc.* 104:6, 1994, pp. 293-297. <<

[11] Alexander Jones, «The Antikythera Mechanism and the Public Face of Greek Science», *Proceedings of Science*, PoS (Antikythera & SKA) 038, 2012, pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=170; Tony Freeth y Alexander Jones, «The Cosmos in the Antikythera Mechanism», *ISAW Papers* 4, febrero de 2012, dlib.nyu.edu/awdl/isaw/isaw-papers/4/ (consultado el 7 de abril de 2017); Tony Freeth *et al.*, «Decoding the Ancient Greek Astronomical Calculator Known as the Antikythera Mechanism», *Nature* 444, 30 de noviembre de 2006, pp. 587-591. ¿Era único el mecanismo? Un objeto relacionado notable (aunque ya no sobrevive) es la *sphaera* de Posidonio, descrita en un relato de primera mano de Cicerón, «en donde los giros individuales tienen el mismo efecto para el Sol y la Luna y los cinco planetas como los que ocurren en cada día y noche». Además, los historiadores de la tecnología afirman que nadie en el mundo ancestral habría fundido en bronce «costoso e intrincado» un dispositivo complejo a escala completa, a menos que hubiera quedado claro a partir de modelos previos de madera que funcionaría, y las versiones y componentes en madera no sobreviven; el mecanismo habría formado «parte de un largo período de evolución técnica que en gran medida está oculta para nosotros». Stephanie Dalley y John Peter Oleson, «Sennacherib, Archimedes, and the Water Screw: The Context of Invention in the Ancient World», *Technology and Culture* 44:1, enero de 2003, pp. 16. Respecto a descartar la posibilidad de una fecha posterior para el mecanismo, escribe Jones, en parte, «la escala frontal del calendario egipcio se diseñó para que fuera removible, para que se pudiera alinear el inicio del año egipcio con cualquier posición del Sol en el zodíaco. Eso era necesario porque el año del calendario egipcio siempre tenía 365 días de duración, sin años bisiestos, así que el año calendario retrocedía gradualmente en relación con las estaciones naturales y el movimiento aparente del Sol a través del zodíaco. Pero después de que Egipto quedara bajo el dominio romano en el año 30 a. C., se instituyeron los años bisiestos cada 4 años, así que después de la reforma no habría necesidad de hacer que la escala fuera ajustable de ese modo. En un sentido más general, el estado de conocimiento de la astronomía que forma parte del mecanismo tiene sentido hacia el segundo y el primer siglo a. C., mientras que, digamos, cuando llegó la época de Ptolomeo (siglo II d. C.), ya habría parecido bastante rudimentario y arcaico» (correo electrónico a Avis Lang, 7 de abril de 2017). Para el contexto, véase «Time and Cosmos

in Greco-Roman Antiquity», exposición con curaduría de Alexander R. Jones, octubre de 2016-abril de 2017, Institute for the Study of the Ancient World, New York University, isaw.nyu.edu/exhibitions/time-cosmos. Las tecnologías avanzadas utilizadas en trabajos recientes sobre el objeto fueron proporcionadas por X-Tek Systems y Hewlett-Packard. <<

[12] Véase, por ejemplo, D.L. Simms, «Archimedes and the Burning Mirrors of Syracuse», *Technology and Culture* 18:1, enero de 1977, pp. 1-24; Wilbur Knorr, «The Geometry of Burning-Mirrors in Antiquity», *Isis* 74:1, marzo de 1983, pp. 53-73. En otoño de 2005, David Wallace, ingeniero mecánico del MIT, y sus estudiantes montaron dos simulaciones del incidente; véanse los recuentos detallados en «Archimedes Death Ray: Idea Feasibility Testing», web.mit.edu/2.009/www/experiments/deathray/10_ArchimedesResult.html, y «2.009 Archimedes Death Ray: Testing with MythBusters», web.mit.edu/2.009/www/experiments/deathray/10_Mythbusters.html (consultado el 17 de diciembre de 2006). <<

[13] John Noble Wilford, «Homecoming of Odysseus May Have Been in Eclipse», *The New York Times*, 24 de junio de 2008. <<

[14] En Heródoto, *Historias*, 440 a. C., disponible en la traducción al inglés de George Rawlinson como *The History of Herodotus*, Internet Classics Archive, classics.mit.edu/Herodotus/history.html (consultado el 4 de abril de 2017), leemos: «A ellos, que proseguían en condiciones de igualdad la guerra, en el sexto año, iniciado el combate, les aconteció que, trabada la batalla, el día de repente se hizo noche. Tales de Mileto había predicho a los jonios que sucedería esta mutación del día, habiendo propuesto como término el año ese en el que ciertamente tuvo lugar el cambio. Y los lidios y los medos, cuando vieron que se hacía de noche en lugar de día, pusieron fin a la batalla y de manera especial se apresuraron también ambos a que se hiciera la paz entre ellos». (1.74). <<

[15] Libro 9.12-21, *The Histories of Polybius*, Loeb Classical Library Edition, vol. 4, 1922-27, texto de dominio público, penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Polybius/9*.html (consultado el 4 de abril de 2017). Versión en español de D. Ambrosio Rui Bamba, Madrid, Luis Navarro Editor, 1884, pp. 255-256. <<

[16] *Historias de Polibio*, 9.15.1-5 <<

[17] *Historias de Polibio*, 9.19.1-3. Versión en español de D. Ambrosio Rui Bamba, pp. 259-260. Los «peritos» habrían incluido, más notablemente, a Anaxágoras, quien podría haber visto tanto el eclipse de 463 a. C., como el de 478 a.C., y quien de joven había tenido la hipótesis de que la Luna es opaca y por lo tanto capaz de arrojar una sombra sobre la Tierra; véase Dana Mackenzie, «Don't Blame It on the Gods», *New Scientist*, 14 de junio de 2008, pp. 50-51. <<

[18] Alan C. Bowen, «The Art of the Commander and the Emergence of Predictive Astronomy», en *Science and Mathematics in Ancient Greek Culture*, ed. C.J. Tuplin y T.E. Rihll, Oxford, Oxford University Press, 2002, pp. 76, 87-89. <<

[19] Edward Cavendish Drake, *A New Universal Collection of Authentic and Entertaining Voyages and Travels*, Londres, J. Cooke, 1768, p. 32. <<

[20] Para repastos de la astrología en la historia, véase, por ejemplo, S. J. Tester, *A History of Western Astrology*, Woodbridge, Boydell Press, 1987; Anthony Grafton, «Girolamo Cardano and the Tradition of Classical Astrology: The Rothschild Lecture, 1995», *Proc. Amer. Philosophical Society* 142:3, septiembre de 1998, pp. 323-33; Ellic Howe, *Astrology and Psychological Warfare During World War II*, Londres, Rider, 1972. En referencia a Rodolfo II, Kepler escribió en una carta en la Pascua de 1611: «La astrología le hace un sinfín de daño al emperador cuando un astrólogo astuto desea jugar un poco con la credulidad de la gente. Debo asegurarme de que no le suceda a nuestro emperador... La astrología ordinaria es una basura y puede distorcionarse rápidamente, y sus mensajes recitar una cosa y a la vez la otra». Mark Graubard, «Astrology's Demise and Its Bearing on the Decline and Death of Beliefs», *Osiris* 13, 1958, p. 239. Véase también la reseña de Richard Kremer de *History of Western Astrology* de Tester en *Speculum* 65, 1990, p. 209; Sheila J. Rabin, «Kepler's Attitude Toward Pico and the Anti-Astrology Polemic», *Renaissance Quarterly* 50:3, otoño de 1997, pp. 759, 764. <<

[21] Ptolomeo, *Tetrabiblos* I.1, editado y traducido al inglés por F.E. Robbins, Cambridge, Harvard University Press, 1940, pp. 3-4. <<

[22] Grafton, «Girolamo Cardano», p. 326. <<

[23] Ptolemeo, *Tetrabiblos* I.4: «Of the Power of the Planets»; I.5: «Of Beneficent and Maleficent Planets»; I.6: «Of Masculine and Feminine Planets»; II.3: «Of the Familiarities Between Countries and the Triplicities and Stars». <<

[24] Goodrick-Clarke, *Occult Roots of Nazism*, p. 103, hace eco de esto: «La primera obra de [Otto] Pöllner, *Mundan-Astrologie* [Astrología mundana] (1914), sentó las bases de la astrología política al elaborar los horóscopos de estados, gente y ciudades, para poder determinar su destino futuro, mientras que su segunda obra, *Schicksal und Sterne* [El destino y las estrellas] (1914), daba seguimiento a las carreras de la realeza europea según los mandatos de sus horóscopos natales. [Ernst] Tiede hizo un análisis de todos los horóscopos de los líderes de los estados beligerantes, antes de declarar que había una posibilidad de victoria de dos a uno para los Poderes Centrales». <<

[25] Con frecuencia, por supuesto, una configuración celestial tiene una conexión clara con un evento terrestre. Es más probable que ocurran terremotos significantes durante la luna nueva y llena, cuando las mareas llegan a sus puntos más altos y más bajos, y hay cantidades particularmente enormes de agua que están tensando los límites de las placas. Pero tales fenómenos son cuestiones de física y sismología comunes, y no de astrología. La perspectiva opuesta la expresa un astrólogo indio bien conocido, fundador de la *Astrological Magazine*, quien argumentaba en su libro *Astrology in Forecasting Weather and Earthquakes* que «hay necesidad por parte de los sismólogos y meteorólogos de abandonar sus prejuicios y embarcarse en la aventura de los métodos ingeniosos usados con tanto éxito por miles de años». Michael T. Kaufman, «Bangalore Venkata Raman, Indian Astrologer, Dies at 86», *The New York Times*, 23 de diciembre de 1998. <<

[26] Grafton, «Girolamo Cardano», p. 326. <<

[27] «[L]os errores de quienes no están instruidos precisamente en su práctica, y hay muchos de ellos, como sería de esperarse en un arte importante y polifacética, han acarreado la creencia de que incluso sus predicciones verdaderas dependen de la suerte... En segundo lugar, la mayoría, con afán de lucro, hacen pasar otro arte a nombre de este, y engañan al ignorante, porque tienen la reputación de prever muchas cosas, incluso aquellas que no se pueden saber previamente de manera natural... Y esto tampoco es merecido; sucede lo mismo con la filosofía: no tenemos que abolirla porque haya canallas evidentes entre los que fingen hacerla». Ptolomeo, *Tetrabiblos* I:2: «That Knowledge by Astronomical Means is Attainable, and How Far». <<

[28] George Sarton, «Astrology in Roman Law and Politics», *Speculum* 31:1, enero de 1956, p. 160; Tester, *History of Western Astrology*, p. 110. <<

[29] Durante la Guerra de los Treinta Años, en la corte española, el diplomático Diego de Saavedra Fajardo argumentó contra la recomendación hecha por el Consejo de Estado de Felipe IV de que el rey debiera dejar de ponerle atención a las predicciones astrológicas. Para Saavedra, tanto la astrología como la historia proporcionaban conocimiento y modelos relevantes de acción; como escribió un historiador, «la humanidad no podría conocer las leyes divinas y naturales sin el uso de las disciplinas doctas que fueran en alguna medida confiables... Sin estos medios, se desplomaba todo el paradigma de orden y el vínculo orgánico entre el macrocosmo y el microcosmo humano». Abel A. Alves, «Complicated Cosmos: Astrology and Anti-Machiavellianism in Saavedra's *Empresas Políticas*», *Sixteenth Century J.* 25:1, primavera de 1994, pp. 67-68. <<

[30] Tester, *History of Western Astrology*, p. 220. <<

[31] William D. Stahlman, «Astrology in Colonial America: An Extended Query», *William and Mary Quarterly*, 3^a ser., 13:4, octubre de 1956, p. 557.
<<

[32] Véase también, por ejemplo, N.M. Swerdlow, «Galileo's Horoscopes», *J. History of Astronomy* 35, pt. 2:119, 2004, pp. 135-141; Mario Biagioli, «Galileo the Emblem Maker», *Isis* 81:2, junio de 1990, pp. 232-236; Richard S. Westfall, «Science and Patronage: Galileo and the Telescope», *Isis* 76:1, marzo de 1985, pp. 11-30; Nick Kollerstrom, «Galileo's Astrology», *Largo Campo di Filosofare, Eurosymposium Galileo 2001*, ed. J. Montesinos y C. Solís, Puerto de la Cruz, Fundación Canaria Orotava de Historia de La Ciencia, 2001, pp. 421-431, también en www.skyscript.co.uk/galast.html; *Galileo's Astrology*, ed. Nicholas Campion y Nick Kollerstrom, edición especial de *Culture and Cosmos* 7:1, primavera-verano de 2003. <<

[33] Véase, por ejemplo, Stahlman, «Astrology in Colonial America», p. 561; Ellic Howe, *Urania's Children: The Strange World of the Astrologers*, Londres, William Kimber, 1967, pp.21-67; Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp.14-17. En la ciudad de Londres, se le había otorgado a la Stationers' Company (un gremio de artesanos) el monopolio para la publicación de almanaques desde 1603, cuando se comenzó a publicar un almanaque mundial. El *Vox Stellarum*, escrito por Francis Moore durante muchos años (incluso bastante después de su muerte), tenía una orden de impresión de 393 750 ejemplares en 1803. El primer periódico semanal astrológico en cualquier idioma, publicado en Londres cada sábado a partir de 1824, se llamaba *The Stragglng Astrologer of the Nineteenth Century; Or, Magazine of Celestial Intelligences*; el primer almanaque en tener predicciones diarias fue *The Prophetic Messenger for 1827, An Original, Entertaining, and Interesting Melange*, también publicado en Londres (Howe, *Urania's Children*, placas 1 y 2, a partir de la p. 36). Stahlman escribe que en las colonias norteamericanas se publicaron más de 1000 almanaques entre 1639 y 1799, algunos con considerable participación de los primeros astrónomos de las colonias (p. 561). En un escrito de 1931, Carl Jung criticó la noción común de que «se había desechado la astrología desde hace mucho y era algo de lo que se podía uno burlar sin problema. Pero hoy, elevándose de las profundidades sociales, toca a la puerta de las universidades de las que fue desterrada hace unos 300 años». C.G. Jung, “The Spiritual Problem of Modern Man”, *Civilisation in Transition*, citado en Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp. 12-13. <<

[34] Encuestas hechas en 1978, 1985, 1990, 2005 y 2012. Shoshana Feher, «Who Looks to the Stars? Astrology and Its Constituency», *J. Scientific Study of Religion* 31:1, marzo de 1992, p. 88; Stephanie Rosenbloom, «Today's Horoscope: Now Unsure», *The New York Times*, 28 de agosto de 2005; Pew Research Center, «Many Americans Mix Multiple Faiths», 9 de diciembre de 2009, www.pewforum.org/2009/12/09/many-americans-mix-multiple-faiths/ (consultado el 3 de agosto de 2017); National Science Foundation, «Science and Technology: Public Attitudes and Understanding», *Science and Engineering Indicators* 2014, www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/chapter-7/c7h.htm (consultado el 5 de abril de 2017); Joan Quigley, «What Does Joan Say?» *My Seven Years as White House Astrologer to Nancy and Ronald Reagan*, Nueva York, Pinnacle, 1991, pp. 9-14, 19; Snopes.com, «Urban Legends Reference Pages: Rumors of War (False Prophecy)», www.snopes.com/rumors/predict.htm (consultado el 3 de diciembre de 2006); Brooks Hays, «Majority of Young Adults Think Astrology Is a Science», UPI, 12 de febrero de 2014, www.upi.com/Science_News/2014/02/11/Majority-of-young-adults-think-astrology-is-a-science/5201392135954/ (consultado el 5 de abril de 2017). <<

[35] Khushwant Singh, *The Collected Novels: Train to Pakistan*, Nueva Delhi: Penguin, 1999, p. 64; Maseeh Rahman, «Wedding Frenzy Hits India as Every Sphere of Life Comes under Influence of Planets», *The Guardian*, 29 de noviembre de 2003; Agence France Presse-English, «Indian Couples Rush to Marry on Luckiest Day of Wedding Season», 26 de noviembre de 2005; Press Trust of India, «30,000 Couples Tie Knot in Delhi», 27 de noviembre de 2005; Indo-Asian News Service, «Flower Business Soars with Delhi's Marriage Season», 2 de diciembre de 2005; Amrit Dhillon, «Down the Aisle», *South China Morning Post*, 7 de noviembre de 2006. Cita sobre los satélites tomada de «India's Space Science», *Statesman (India)*, 31 de diciembre de 2005. Véase también «A Havan Kund in the Laboratory?», *The Hindu*, 22 de mayo de 2001; «Master of Business Astrology», *Economist*, 1 de mayo de 2004; «India's Supreme Court Approves University Instruction in Astrology», Agence France Presse-English, 5 de mayo de 2004. <<

[36] Vikram Chandra, *Sacred Games*, Nueva York, HarperCollins, 2007, pp. 547. <<

[37] Brian Diemert, «The Trials of Astrology in T.S. Eliot's *The Waste Land*: A Gloss on Lines 57-59», *J. Modern Literature* 22:1, otoño de 1998, p. 178.
<<

[38] Joanne Kaufman, «Profiting from the Positions of Planets», *The New York Times*, 3 de noviembre de 1985; N.R. Kleinfield, «Seeing Dollar Signs in Searching the Stars», *The New York Times*, 15 de mayo de 1988; Gary Weiss, «When Scorpio Rises, Stocks Will Fall», *Business Week*, 14 de junio de 1993, 106; Anne Matthews, «Markets Rise and Fall, but He's Always Looking Up», *The New York Times*, 12 de marzo de 1995; Reid Kanaley, «Astrological Web Sites Predict Market Movements», *Philadelphia Inquirer*, 15 de octubre de 1999; «Investrend Co-Sponsors Astrologers Fund Triple Gold Investment Conference February 1», *Financial Times Information*, 30 de enero de 2006; David Roeder, «Some Large-cap Deals Hide in Plain Sight», *Chicago Sun Times*, 30 de abril de 2006. <<

[39] Ilia D. Dichev y Troy D. Janes, «Lunar Cycle Effects in Stock Returns», Social Science Research Network, agosto de 2001, pp. 3-4, papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=281665 (consultado el 5 de abril de 2017). <<

[40] Theodore White, «The Challenging Transits of Autumn 2007: How to Survive & Prosper», publicado en línea en agosto de 2007, www.internationalastrologers.com/astro_meteorologist.htm; «Transits and the Economy», 20 de septiembre de 2007, www.internationalastrologers.com/transits_and_the_economy.htm. Véase también «Theo's 2009-2010 World Economic Astrological Report: How to Survive the 2010s in a New Global Structure», 20 de noviembre de 2008, skyscript.co.uk/forums/viewtopic.php?t=3962&sid=d4b80774bb6e39ca2d48a16faa7d7aa8 (consultado el 7 de febrero de 2009). <<

[41] Para conocer más sobre las actividades de Howe como falsificador en tiempos de guerra, véase Herbert A. Friedman, «Conversations with a Master Forger», *Scott's Monthly Stamp Journal*, enero de 1980, www.psywar.org/forger.php (consultado el 5 de abril de 2017). <<

[42] Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp. 27-28. <<

[43] Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp. 29-30, 36, 66, 197. El astrónomo era H.H. Kritzinger, autor de un libro titulado *Mysteries of the Sun and Soul* [Misterios del sol y del alma], en donde interpretaba un cuarteto de Nostradamus como una predicción de una crisis en 1939 entre Gran Bretaña y Polonia; véase Geoffrey Ashe, *Encyclopedia of Prophecy*, Santa Bárbara, ABC - CLIO, 2001, p.126. Después de la guerra aparecieron libros con títulos como *Las estrellas de la guerra y la paz*, de Louis de Wohl (1952), y *El zodiaco y la suástica*, de Wilhelm Wulff (1968). Véase también Goodrick-Clarke, *Las oscuras raíces del nazismo*. <<

[44] Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, capítulo 3. No se puede silenciar por completo nada de lo que interese a la gente. En la p. 49, n. 1, Howe cita un pasaje de la autobiografía de Hans Blüher, uno de los fundadores del movimiento juvenil Wandervögel, quien en 1934 le pidió a un amigo astrólogo que le dijera el horóscopo de Hitler: «Mi amigo... se inclinó hacia mí y me susurró en el oído por una mano ahuecada: ‘¡Es un maniático homicida!’». <<

[45] Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp.145-146; Jo Fox, «Propaganda and the Flight of Rudolf Hess, 1941-45», *J. Modern History* 83:1, marzo de 2011, pp. 78-110; James Edgar, «Rudolf Hess Plane Wreckage Hidden by Scottish Farmers, Letter Reveals», *Telegraph*, 30 de mayo de 2014. Muchas personalidades británicas de la arena política, militar y médica interrogaron a Hess en el transcurso de los días y las semanas, pero «los interrogatorios revelaron que Hess estaba tan infundido del espíritu de trabajar por el Führer que había emprendido su misión para complacerlo, no para socavarlo. Durante sus entrevistas, insistió que Gran Bretaña ya no era lo que antes, que la capitulación era inevitable, y que una paz negociada era la única manera de salvar a las ciudades británicas de los estragos causados en Róterdam o Varsovia», Fox, «Propaganda and the Flight», p. 87. <<

[46] El Ministerio de Propaganda encontró dos cuartetos contiguos en Nostradamus que eran particularmente apropiados para la campaña francesa de operaciones psicológicas: «Trasladará a la gran Germania / Brabante y Flandes, Gante, Brujas y Boulogne, / La tregua falsa del gran duque de Armenia / Asediará Viena y Colonia. / Ahora comienza una era de la humanidad de origen divino, / la era de la paz está fundada por la unidad, / la guerra, ahora cautiva, se estriba sobre la mitad del mundo, / y se preservará la paz por mucho tiempo». Un asistente reportó que Goebbels discutió el asunto de la siguiente manera: «Esto es algo que podremos explotar por mucho tiempo. Estas predicciones hechas por *monsieur* Nostradamus... se deben diseminar solo a través de volantes, escritos a mano, o a máquina, a lo más, en secreto... El asunto debe tener aire de ser algo prohibido... La interpretación: la Gran Alemania introduce el nuevo orden en Europa; la ocupación de Francia solo es temporal; la Gran Alemania abre paso a Reich de mil años y a la paz de mil años. Naturalmente, todas estas tonterías también tendrán que salir a Francia a través de los transmisores [secretos]». Citado en *The Secret Conferences of Dr. Goebbels: The Nazi Propaganda War 1939-43*, ed. Willi A. Boelcke, Nueva York, E.P. Dutton, 1970, p. 6. El tema de cuál era la mejor manera de diseminar la noticias según Nostradamus recurrió hasta 1940. Véase también Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, capítulo 10, «Nostradamus and Psychological Warfare», pp. 133-144. <<

[47] Además de una selección de pasajes relevantes, esta comisión produjo 299 copias de un facsímil de la compilación póstuma de 1568, *Les Prophéties de M. Michel Nostradamus*, con un comentario de 32 páginas escrito por Krafft. Como dice Howe: «Jamás estuvo en discusión que el libro estuviera disponible libremente en librerías. Lo último que deseaban las autoridades era un interés público generalizado en Nostradamus y sus profecías, pues se daban cuenta de que no había mejor autor como fuente de rumores potenciales, y que de haber cualquier rumor, entonces ellos preferían inventar los propios». Krafft murió en 1945 mientras lo trasladaban del campo de concentración de Oranienburg al de Buchenwald. Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp.190-191; Ashe, *Encyclopedia of Prophecy*, pp.125-127. <<

[48] Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp. 197-199, 177-191. <<

[49] Según Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, p. 158, un reporte que circulaba entre los oficiales del partido nazi en el verano de 1944 mencionaba que las operaciones de seguridad habían visto «un aumento considerable en todas las formas posibles de profecía sobre el rumbo futuro de la guerra». Aparece otro ángulo sobre esto en Anthony Heilbut, *Exiled in Paradise: German Refugee Artists and Intellectuals in America from the 1930s to the Present*, Nueva York, Viking, 1983, p. 131: «A medida que la guerra empieza a llegar a su fin, se introduce un poco de diversión ligera para, en palabras de Goebbels, “distraer sutilmente del día laboral”. La música sensiblera, las charlas con adivinos, astrólogos y quirománticos son todas señales de desesperación». Aparece una corroboración general en Ernst Kris y Hans Speier, *German Radio Propaganda: Report on Home Broadcasts During the War*, Londres, Oxford University Press, 1944, p. 103, n. 1: «Es más probable que se consulte a los astrólogos en tiempos de guerra que en tiempos de paz. En la prensa londinense han aumentado los anuncios astrológicos desde que empezó la guerra, a pesar de que el tamaño de los periódicos ha disminuido en general». <<

[50] Kris y Speier, *German Radio Propaganda*, pp. 107 (fig. III), 109. <<

[51] *Idem.*, pp. 103-110. <<

[52] Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp. 191-196 <<

[53] Quizá la excepción más importante a esto fuera Heinrich Himmler, más que Rudolf Hess. Véase, por ejemplo, Goodrick-Clarke, *Occult Roots of Nazism*, pp. 5-6, 192; y Hugh Trevor-Roper, *The Last Days of Hitler*, 6ª ed., Chicago, University of Chicago Press, 1992, pp. 71-74, 127-131. Sin embargo, Howe implícitamente niega la declaración de Trevor-Roper de que «[e]s cierto que su corte personal incluía algunas figuras extrañas;... que (como Hitler y Wallenstein) estaba excesivamente influenciado por su astrólogo, Wulf». <<

[54] Goodrick-Clarke, *Occult Roots of Nazism*; Howe, *Astrology and Psychological Warfare*; Trevor-Roper, *Last Days of Hitler*, p. 143. <<

[55] Trevor-Roper, *Last Days of Hitler*, pp. 138-144; Howe, *Astrology and Psychological Warfare*, pp. 200-204. <<

[56] Del recuento de una secretaria que trabajaba en el mismo cuarto que la secretaria de Goebbels, citada en Trevor-Roper, *Last Days of Hitler*, pp. 142-143. <<

[57] Fritz Brunhübner, *Pluto*, trad. al inglés de Julie Baum, Washington D.C., American Federation of Astrologers, s/f. [prefacio fechado en diciembre de 1934]. Agradecemos a Louise S. Sherby y los Archivos y Colecciones especiales de las bibliotecas de Hunter College por hacer disponible la copia del manuscrito que está en manos de Hunter. Véanse pp. 16, 67, 81, y pássim para encontrar numerosas evocaciones astrológicas adicionales de las características de Plutón. <<

[58] Brunhübner, *Pluto*, 75. <<

[1] Se han encontrado restos humanos de más de 40 000 años en la cueva Tianyun cerca de Beijing; los restos de las cuevas Fa Hien y Batadomba Lena en Sri Lanka tienen 35 000 años. Algunos arqueólogos aseguran que los humanos modernos, equipados con nueva tecnología, comenzaron a emigrar desde África siguiendo las costas y llegaron al sur de Asia hace unos 65 000 años. La evidencia por medio del ADN, por ejemplo la prevalencia de altas proporciones de mutaciones inusuales entre los neoguineanos, australianos y andamanenses, apoya esta afirmación. Véase Dan Jones, «Going Global», *New Scientist*, 27 de octubre de 2007, pp.36-41. Véase también Heather Pringle, «Follow That Kelp», *New Scientist*, 11 de agosto de 2007, p. 41; J.F. O'Connell y J. Allen, «Dating the Colonization of Sahul (Pleistocene Australia-New Guinea): A Review of Recent Research», *J. Archaeological Science* 31:6 (junio de 2004), abstracto en doi:10.1016/j.jas.2003.11.005. Citando la obra de Jon Erlandson, Pringle dice que los humanos modernos llegaron a la región de los lagos de Willandra «hace unos 50 000 años». O'Connell y Allen «concluyen que aunque el continente probablemente ya estaba ocupado para 42-45,000 AP, no están bien fundamentadas las fechas de arribo más tempranas». También hubo humanos arcaicos que viajaron desde distancias tan lejanas como África: se han encontrado huesos de homínidos arcaicos (posiblemente neandertales) de casi 40 000 años en lugares tan al oriente como Siberia. Véase, por ejemplo, Roxanne Khamsi, «Neanderthals Roamed as Far as Siberia», *New Scientist*, 30 de septiembre de 2007. David Lewis, *We, the Navigators: The Ancient Art of Landfinding in the Pacific*, ed. Derek Oulton, 2a ed., Honolulu, University of Hawai Press, 1994, 205ff., 21; E.G.R. Taylor, *The Haven-Finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*, Londres, Hollis & Carter, 1956, pp. 72-78; Barry Cunliffe, *The Extraordinary Voyage of Pytheas the Greek*, Nueva York, Walker, 2002, pp. 120-21. <<

[2] Lewis subraya que los bobos de Naca y las aves fragata evitan aterrizar en el mar porque las alas se les empapan. Cunliffe relata otra historia de la saga islándica de Flóki, quien liberó tres cuervos en el transcurso de su viaje hacia el oeste desde Noruega. El primero voló al este, de vuelta a tierra; el segundo voló en círculos sobre la nave; el tercer voló directamente al oeste, hacia Islandia. Cunliffe también menciona el papel protagónico de las aves terrestres en el encuentro que tuvo el navegante portugués Pedro Alvares Cabral con la tierra desconocida de Brasil en 1500: mientras navegaba muy lejos de la costa del oeste de África durante un viaje que tenía como intención llegar a la India, Cabral vio los pájaros, los siguió, y terminó en un puerto ahora conocido como Porto Seguro. Avistamientos de alcatraces el 19 y 20 de septiembre de 1492: «Después vino un alcatraz: venía de Oesnoroeste; iba al Sudeste, que era señal que dejaba la tierra al Oesnoroeste, porque estas aves duermen en tierra y por la mañana van a la mar a buscar su vida, y no se alejan veinte leguas». Cristóbal Colón, *Personal Narrative of the First Voyage of Columbus to America: From a Manuscript Recently Discovered in Spain*, traducción al inglés de Samuel Kettell, Boston, T.B. Wait, 1827, archive.org/details/personalnarrativ00colu (consultado el 6 de abril de 2017). En [https://es.wikisource.org/wiki/Diario_de_a_bordo_del_primer_viaje_de_Cristóbal_Colón](https://es.wikisource.org/wiki/Diario_de_a_bordo_del_primer_viaje_de_Crist%C3%B3bal_Col%C3%B3n) (consultado el 10 de marzo de 2019). <<

[3] En inglés, «haven-finding art». Esta frase data desde tiempos isabelinos; véase Taylor, *Haven-Finding Art*, xii. <<

[4] Fragmento de Michiel Coignet, *Instruction nouvelle des poincts plus excellents & necessaires, touchant l'art de naviguer* (1581), citado en J. H. Parry, *The Age of Reconnaissance*, Londres, Phoenix Press, 1963, p. 83. <<

[5] Charles H. Cotter, *A History of Nautical Astronomy* (Nueva York: American Elsevier, 1968), p. 1. Este hidrógrafo daba clases de artillería, navegación y varias ramas de las matemáticas, y tenía una tienda de mapas en Londres. Véase, por ejemplo, “John Seller [ca. 1630-1697], New York Public Library, www.nypl.org/research/chss/epo/mapexhib/seller.html (consultado el 6 de abril de 2017). <<

[6] El texto de *Shangshu*, una obra anónima de la dinastía Zhou, dice así: «Aparece desde el este a nivel del mar en el Sexto Mes, / Se levanta a la mitad del cénit en el Séptimo Mes, / Llega al cénit en el Octavo Mes, / Declina hacia el oeste a medio camino al nivel del mar en el Noveno Mes, / Cae al nivel del mar en el Décimo Mes». Gang Deng, *Chinese Maritime Activities and Socioeconomic Development, c. 2100 b.c. -1900 a.d.: Contributions in Economics and Economic History 188* (Westport, CT: Greenwood Press, 1997), p. 36. Para el *Kitab al-Fawa'id*, véase G.R. Tibbetts, *Arab Navigation in the Indian Ocean Before the Coming of the Portuguese*, Londres, The Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, 1971, pp. 130-131. Esta obra incluye una traducción al inglés del *Kitab al-Fawa'id* y una discusión detallada de la navegación árabe. <<

[7] Para Homero y 1955, véase Taylor, *Haven-Finding Art*, pp.9-13; para 1492, véase J.E.D. Williams, *From Sails to Satellites: The Origin and Development of Navigational Science* (Oxford: Oxford University Press, 1992), p.32. Taylor dice que «a más de 12 grados de distancia» en los tiempos de Homero, pero incluye una carta que compara a Polaris en 1000 a.C.(mostrándola a 72/73 grados N) y en 1955 (mostrándola a 90 grados N). Williams se refiere al «polo celeste verdadero». Para la posición de Polaris en 15 000 d. C. (declinación 44° 27'), véase Starry Night Pro, Simulation Curriculum Corp., v. 6.4.3. <<

[8] Ursa Major también se conoce como el Arado. En *Haven-Finding Art*, Taylor indica que el nombre griego de la constelación, Arctos, oso, también era la palabra usada para *norte*, y que el nombre en latín, Septentrio o *norte*, deriva de *septem triones*, siete bueyes (p. 9). William B. Gibbon, en «Asiatic Parallels in North American Star Lore: Ursa Major», *J. Amer. Folklore* 77:305 (julio-septiembre 1964), p.236, indica que muchos pueblos precolombinos de Estados Unidos y Canadá también llamaban a Ursa Major *la Osa*, mientras que otros la llamaban los Siete Hermanos. La imagen del cazo también estaba generalizada: a los esclavos que escapaban del sur de Estados Unidos se les decía que siguieran «la jícara para beber» para abrirse paso hasta el norte. En el mundo árabe, se consideraba que las estrellas en el mango del Arado tenían la forma de un barco, e ibn Ma Ājid propone que Noé se inspiró en la forma de la Osa/el Arado para construir un barco y volverse el primer navegante (Tibbetts, *Arab Navigation*, p. 69). <<

[9] Homero, *Odyssey*, V.278-80, traducción al inglés de A.T. Murray, en www.theoi.com/Text/HomerOdyssey5.html (consultado el 6 de abril de 2017); Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 9, 40, 43. Taylor usa la traducción citada aquí (*the constellation that «alone of them all never takes a bath in the Ocean»*), mientras que la traducción de Murray dice: «la Osa, también llamada el Carro por los hombres, que siempre hace círculos en donde está y mira a Orión, y es la única que no participa en los baños de Océano» («*the Bear, which men also call the Wain, which ever circles where it is and watches Orion, and alone has no part in the baths of Ocean.*»). <<

[10] Las dificultades para los vikingos resultaban de la oblicuidad de su curso en relación con el horizonte, así como los cambios estacionales tan drásticos en la duración del día y de la noche. Véase Taylor, *Haven-Finding Art*, cap. 4, «The Irish and the Norsemen», pp. 65-85. Para los nativos de Polinesia, véase Lewis, *We, the Navigators*. <<

[11] En Egipto se han encontrado imágenes que datan a ca. 3100 a.C., de naves con velas, y también un modelo que data a ca. 3400 a.C., en Mesopotamia. Lionel Casson, *The Ancient Mariners: Seafarers and Sea Fighters of the Mediterranean in Ancient Times*, Princeton, Princeton University Press, 1991, p. 4. <<

[12] Casson, *Ancient Mariners*, pp. 30-32. <<

[13] Casson, *Ancient Mariners*, pp. 6-21, 170-173; Deng, *Chinese Maritime Activities*, p. 113; Andrew Lawler, «Indus Script: Write or Wrong», *Science* 306:5704, 17 de diciembre de 2004, 2027; *The Indian Ocean: Explorations in History, Commerce, and Politics*, ed. Satish Chandra Nueva Delhi, Sage, 1987, pp. 30-31, 153-157; Lionel Casson, *Travel in the Ancient World*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1994, p. 369. Los tres principales artículos que se encuentran en ánforas de naufragios en el Mediterráneo son granos, aceite de oliva y vino. <<

[14] Hay inscripciones que relatan la fundición de Athena Promachos, una altísima estatua de bronce que alguna vez se encumbró en la Acrópolis, e indican que a mediados del siglo v a. C., un talento de estaño se vendía en 233 drachmas y un talento de bronce en 35 drachmas. James D. Muhly, «Sources of Tin and the Beginnings of Bronze Metallurgy», *Amer. J. Archaeology* 89:2, abril de 1985, pp. 276-277. <<

[15] Muhly escribe, «El contacto entre los egeos (y los territorios al este) e Iberia se remonta a no antes del siglo IX a. C. y el comienzo de la expansión / colonización fenicia del Mediterráneo occidental» («Sources of Tin», p. 286). Javier G. Chamorro parece discrepar: «La evidencia arqueológica y metalúrgica apunta a la explotación ibérica de las minas [de plata de Tartessos] antes de la llegada de los fenicios y griegos en los siglos VIII a VI a. E.C. Las minas permanecieron en manos tartesias; los fenicios y griegos simplemente proporcionaron nuevos mercados». Chamorro, «Survey of Archaeological Research on Tartessos», *Amer. J. Archaeology* 91:2, abril de 1987, p. 200. <<

[16] Una revisión hecha por K. Zimmerman de *Pitea di Massalia: L'Oceano*, de S. Bianchetti, menciona viajes anteriores al noroeste europeo hechos por Coleo (que se desvió de la ruta por los vientos), Midácrito e Himilcón (*Classical Review*, nueva serie 50:1 [2000], 29). Pero algunos estudiosos parecen pensar que hay incluso menos fragmentos de evidencia irrefutable sobre estos que los que conciernen al de Piteas. Un recuento que le atribuye mayor credibilidad al viaje de Himilcón que al de Piteas es el de Luis A. Garcíá Moreno, «Atlantic Seafaring and the Iberian Peninsula in Antiquity», *Mediterranean Studies* 8, 1999, pp. 1-13. <<

[17] Casson, *Ancient Mariners*, p. 75. <<

[18] Christina Horst Roseman, *Pytheas of Massalia: On the Ocean—Text, Translation and Commentary* (Chicago, Ares, 1994). C. F. C. Hawkes, en *The Eighth J.L. Myres Memorial Lecture—Pytheas: Europe and the Greek Explorers*, Oxford, Blackwell, 1977, menciona que la frase de Virgilio era *ultima Thule*; asevera que «Thule como Islandia me parece claro» (pp. 34-35). Otro estudioso, sobre Thule: “[H]abía tres escuelas de pensamiento: que Thule es sin duda Islandia; que era Noruega; y que era Shetland. Quedará claro por la manera en que he presentado la evidencia que pertenezco a la escuela de Islandia. A mí, la evidencia me parece irrefutable». Cunliffe, *Extraordinary Voyage*, pp. 131-132. <<

[19] Cunliffe, *Extraordinary Voyage*, pp. 95-97, 102-103, 128-131; Hawkes, *Eighth Myres Lecture*, p. 37; Roseman, *Pytheas*, p. 121. Las descripciones citadas están tomadas de Gémino, *Introducción a los fenómenos* (d. C.), y Polibio. Cunliffe indica que Piteas estaría midiendo con la unidad conocida como estadio, equivalente a 125 pasos, y equivaliendo 8.0 o 8.3 estadios a una milla romana, dependiendo de quién estaba midiendo. Si se ignoran los fractales, la costa británica, como se encuentra en la *Encyclopaedia Britannica* y la cita Cunliffe, mide en resumidas cuentas 4 548 millas [7 319 kilómetros]—y la aproximación de Piteas equivalía a algo parecido a las 4 400 millas [7 081 kilómetros]. Hoy (tomando en cuenta solo algunos de los pormenores, se presume), según la Ordnance Survey, la agencia cartográfica nacional de Gran Bretaña, «la longitud de la costa del territorio continental de Gran Bretaña es de 11 072.76 millas [17 819 kilómetros]» www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/freefun/didyouknow/ (consultado el 17 de mayo de 2010). Pero, como bien se sabe que propuso Benoit Mandelbrot en «¿Cuánto mide la costa de Gran Bretaña?», hay un sinfín de números distintos. Sin embargo, Piteas sin duda iba por buen camino comparado con otros contemporáneos suyos, como el incrédulo de Estrabón. <<

[20] Roseman, *Pytheas*, pp. 7-20, escribe que 18 escritores conocidos de la antigüedad se referían por nombre a Piteas entre 300 a. C., y 550 d. C., notablemente Eratóstenes, Hiparco, Polinio, Estrabón y Plinio el Viejo. Hay dos más, Posidonio y Diodoro, que probablemente usaron su información pero no lo nombraron en sus obras existentes. Para una discusión de las razones para no atribuirle este viaje a Piteas, véase Moreno, «Atlantic Seafaring and the Iberian Peninsula». <<

[21] Taylor, *Haven-Finding Art*, p.44; Casson, *Ancient Mariners*, p.124; Cunliffe, *Extraordinary Voyage*, pp.99-100; Hawkes, *Eighth Myres Lecture*, pp.27-28, 30, 35-37. <<

[22] Roseman, *Pytheas*, 117ff. <<

[23] Existen muchas dudas con respecto a si se completó la expedición de Neco, aunque no hay duda de que se emprendiera. Heródoto, en *Historias* 4.42, reportaba que «tras sus llegadas, declararon (yo por mi parte no les creo, pero quizás otros sí) que al navegar alrededor de [África] tenían el sol del lado de la mano derecha». De hecho, con solo ir al sur del ecuador uno puede ver al Sol en tal posición, así que la misma aseveración negada por Heródoto es la que mejor argumenta a favor de que el viaje realmente se haya llevado a cabo. Véase la discusión de los viajes de Neco en el siglo VII a. C., y el de Hannón, el rey cartaginés, en el siglo V a. C., en Casson, *Ancient Mariners*, pp. 116-124. <<

[24] Dava Sobel, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*, Nueva York, Walker, 2005, p. 4. <<

[25] Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 12-13; Williams, *Sails to Satellites*, pp. 8-9; Tibbetts, *Arab Navigation*, pp. 129-132, 314; B. Arunachalam, «Traditional Sea and Sky Wisdom of Indian Seamen and Their Practical Applications», en *Tradition and Archaeology: Early Maritime Contacts in the Indian Ocean*, ed. Himanshu Prabha Ray y Jean-François Salles, Nueva Delhi, Manohar, 1996, 264 y nn. pp. 6-8. Tibbetts incluye una cita que hace ibn Mājid del filósofo racional y poeta sirio al-Ma'arri (129):

Suhail es la mejilla de la amada a color

Como el corazón de una amante con su latido

Parada sola, como el primer jinete

Claramente visible frente para las filas de la caballería <<

[26] Tibbetts, *Arab Navigation*, p.125; Alfred Clark, «Medieval Arab Navigation on the Indian Ocean: Latitude Determinations», *J. Amer. Oriental Society* 113:3, julio-septiembre 1993, p. 360, 363. <<

[27] Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 129, 161, x. <<

[28] Deng, *Chinese Maritime Activities*, 37; Abdul Sheriff, «Navigational Methods in the Indian Ocean», en *Ships and the Development of Maritime Technology on the Indian Ocean*, ed. Ruth Barnes and David Parkin, Nueva York, Routledge Curzon, 2002, pp. 216-218. <<

[29] Deng, *Chinese Maritime Activities*, p. 39; Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 92, 96, y en general pp. 89-97. Véase también a Barbara M. Kreutz, «Mediterranean Contributions to the Medieval Mariner's Compass», *Technology and Culture* 14:3, julio de 1973, pp. 367-383. <<

[30] Guiot de Provins, citado en Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 95-96. <<

[31] Taylor, *Haven-Finding Art*, 111-16, 140; Parry, *Age of Reconnaissance*, 1-16, 38-40, 77, 88-89. <<

[32] Gail Vines, «The Other Side of Ohthere», *New Scientist*, 28 de junio de 2008, pp. 52-53; Taylor, *Haven-Finding Art*, 97, pp. 155-56. Como dice Williams, «Plutarco, quien escribía en el siglo I d. C., tenía una idea más clara de la geografía africana que cualquier europeo occidental tuviera en, digamos, 1400 d. C.» (*Sails to Satellites*, p. 6; véase también p. 13). En cuanto a Zheng He, Deng nota: «El maratón de Zheng He alrededor de Asia no era de ninguna manera algo sin precedentes en la diplomacia china; doce siglos antes, durante el Periodo de los Tres Reinos, Sun Quan, rey de Wu, envió a Zhu Ying y a Kang Tai al extranjero para una misión diplomática de veinte años, para visitar el sudeste asiático, el subcontinente asiático, la región del mar arábigo, e incluso el imperio romano de oriente» (*Chinese Maritime Activities*, p. 12). Véase también «Tuan Ch'eng-shih: Chinese Knowledge in the Ninth Century», en G.S.P. Freeman-Grenville, *The East African Coast: Select Documents from the First to the Earlier Nineteenth Century*, Oxford, Clarendon Press, 1962, p. 10. Deng también asevera que «Las actividades marítimas de Zheng He eran militares, o al menos semimilitares», subrayando que «la gran mayoría de los pasajeros eran soldados para ‘presumir la riqueza y fuerza de China en el extranjero al presentar armas’» (p. 10). Mark Denny, en contraste, presenta los viajes de Zheng He como una versión del *potlatch* pacífico en *How the Ocean Works: An Introduction to Oceanography*, Princeton, Princeton University Press, 2008: «A diferencia de los portugueses, quienes arribaron a India pensando en el comercio de especias y esclavos, los chinos deseaban demostrar la superioridad de China entregando regalos. Así, la Nave de Tesoros llevaba tesoros de China al resto del mundo para deslumbrar a los nativos con la majestuosidad del Reino Medio». Capítulo 1, «Discovering the Oceans», disponible en press.princeton.edu/chapters/s8693.html (consultado el 7 de abril de 2017). <<

[33] Traducción de la crónica de Azurara en Emilia Viotti da Costa, «The Portuguese-African Slave Trade: A Lesson in Colonialism», *Latin American Perspectives* 12:1, invierno de 1985, 44; véase también Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 35-36. <<

[34] William E. Burrows, *This New Ocean: The Story of the First Space Age*, Nueva York, Random House, 1998, p. 435. <<

[35] Jorge Cañizares-Esguerra, *Nature, Empire, and Nation: Explorations in the History of Science in the Iberian World*, Stanford, Stanford University Press, 2006, pp. 10-11, 20-21. El autor cita un número de imágenes que refuerzan esta interpretación: el capitán John Smith, colonizador de Virginia, aparece en su *General Historie of Virginia* (1624) «como un caballero en armadura completa parado justo al lado de un globo terráqueo». *America Rectio* (ca. 1589), una serie de grabados por un artista flamenco, muestra a Américo Vespucio usando un cuadrante para hacer observaciones astronómicas; junto a él hay un «estandarte con una cruz, un recordatorio de que Vespucio por primera vez describió la constelación de la Estrella del Sur. Un mástil roto recuerda al observador que el caballero y cosmógrafo ha sobrevivido una tempestad». En otro grabado, Fernando de Magallanes está «representado como un caballero vestido en armadura completa que traza los cielos por medio de una esfera armilar, una calamita y una brújula». <<

[36] Arthur Davies, «Prince Henry the Navigator», *Transac. and Papers (Institute of Brit. Geographers)* 35, diciembre de 1964, pp. 119-127; Taylor, *Haven-Finding Art*, 159; Viotti da Costa, «Portuguese-African Slave Trade», pp. 45-46; el conquistador español Bernal Díaz del Castillo sobre las razones para emprender los viajes de conquista, citado en Parry, *Age of Reconnaissance*, p. 19. <<

[37] Kenneth Pomeranz y Steven Topik, *The World That Trade Created: Society, Culture, and the World Economy, 1400 to the Present*, 2a ed., Armonk, NY, M.E. Sharpe, 2006, pp. 3-40. Véase también «al-Idrisi: The First Western Notice of East Africa», en Freeman-Grenville, *East African Coast*, pp. 19-20: «Los Zanj de la costa de África oriental no tienen barcos para viajar, pero usan las naves de Omán y otros países que navegan a las islas de Zanj que dependen de la Indias... Poseen y explotan minas de hierro; para ellos, el hierro es un artículo de intercambio y la fuente de sus principales ganancias». <<

[38] Parry, *Age of Reconnaissance*, p. 15; Pomeranz y Topik, *World That Trade Created*, pp. 142-43. <<

[39] Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 80-81, pp. 83-99; Williams, *Sails to Satellites*, p. 27; Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 160-61. <<

[40] Viotti da Costa, «Portuguese-African Slave Trade», pp. 44-45, 47. Véase también Garrett Mattingly, «No Peace beyond What Line?» *Transac. Royal Historical Society*, 5a ser., 13, 1963, 147; Parry, *Age of Reconnaissance*, p. 32 <<

[41] John Law, «On the Methods of Long Distance Control: Vessels, Navigation, and the Portuguese Route to India», *Sociological Rev.* 32:S1 (mayo de 1984), 234-63; Parry, *Age of Reconnaissance*, 94-96; Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 162-66. El primer globo terrestre existente (1492), el «Erdapfel», hecho por Martin Behaim, se ejecutó en pergamino y luego se extendió sobre un globo. <<

[42] Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 11-15. <<

[43] El autor de *Breve compendio de la sfera y de la arte de navegar* (1551) notó: «Si dos puntos en el ecuador están separados por 60 leguas de distancia, dos puntos en la los mismos meridianos en la latitud 60° tienen solo 30 leguas de distancia, pero la carta, al *ser plana*, muestra que siguen estando a 60 leguas de distancia». El miembro de la Royal Society era John Wood, quien intentó el Pasaje Noreste Northeast Passage en 1676. Véase Williams, *Sails to Satellites*, p. 42, 45. <<

[44] Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 72-73. <<

[45] David B. Quinn, «Columbus and the North: England, Iceland, and Ireland», *William and Mary Quarterly*, 3a ser., 49:2, abril de 1992, pp. 278-297; P.E.H. Hair, «Columbus from Guinea to America», *History in Africa* 17 (1990), p. 115. Existe cierto debate sobre el viaje a Islandia. El viaje a lo que hoy es Ghana fue a un fuerte portugués recién establecido en la Costa de Oro, São Jorge da Mina de Ouro. <<

[46] Se discuten en detalle los cálculos incorrectos de Colón en, por ejemplo, W.G.L. Randles, «The Evaluation of Columbus' 'India' Project by Portuguese and Spanish Cosmographers in the Light of the Geographical Science of the Period», *Imago Mundi* 42, 1990, pp. 50-64; Williams, *Sails to Satellites*, pp. 15-16. Véase también «Privileges and Prerogatives Granted by Their Catholic Majesties to Christopher Columbus: 1492», Avalon Project, Yale Law School, avalon.law.yale.edu/15th_century/colum.asp (consultado el 8 de abril de 2017). <<

[47] Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 69-70; Williams, *Sails to Satellites*, pp. 9, 16, 18; Randles, «Evaluation of Columbus' 'India' Project», pp. 54-55. Diecisiete siglos antes, Eratóstenes había mencionado la idea de dirigirse al oeste desde Lisboa para llegar a China. Para Mandeville, véase C.W.R.D. Moseley, «Behaim's Globe and 'Mandeville's Travels,'» *Imago Mundi* 33 (1981), pp. 89-91. El libro electrónico de *The Travels of Sir John Mandeville* está disponible en www.gutenberg.org/ebooks/782 (consultado el 8 de abril de 2017). Dos pasajes contradictorios dan una idea: «Y por lo tanto ahí en el Septentrión, que es muy al norte, la tierra es tan fría que ningún hombre puede habitar ahí, puesto que el sol, cuando está al sur, arroja sus rayos directos sobre esa parte» (capítulo 14) vs. «En Etiopía, que llaman Cusis, hay varias clases de gentes muy distintas y extrañas. Así, existen hombres que solo tienen un pie y sin embargo es una maravilla ver cómo corren tan deprisa; además, su pie es tan ancho que cuando se echan hacia atrás, sujetándose la pierna para taparse del sol, la sombra del pie les llega a cubrir todo el cuerpo, como si fuera una sombrilla. En Etiopía, cuando los niños son jóvenes y pequeños, son todos amarillos; y, cuando llegan a la mayoría de edad, ese amarillo se vuelve todo negro» (capítulo 17). Para más detalles de la intriga de los hermanos Colón, véase Arthur Davies, «Behaim, Martellus and Columbus», *Geographical J.* 143:3, noviembre de 1977, pp. 451-459. <<

[48] Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 70, 83-84, 90-96. <<

[49] Williams, *Sails to Satellites*, pp. 26-27. Versión en español de la cita en *Colección de los viages y Descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo xv*, Madrid, Imprenta Real, 1825, <https://play.google.com/store/books/details?id=rA8muSmEJ0wC&rdid=book-rA8muSmEJ0wC&rdot=1> <<

[50] Sobre Hiparco, véase David Royster, «Mathematics and Maps», Carolinas Mathematics Conference, 17 de octubre de 2002, 2-3, www.ms.uky.edu/~droyster/talks/NCCTM_2002/Mapping.pdf (consultado el 8 de abril de 2017). Para un análisis extensivo del mapa como secreto de estado, véase J. B. Harley, «Silences and Secrecy: The Hidden Agenda of Cartography in Early Modern Europe», *Imago Mundi* 40, 1988, pp. 57-76. Sobre las cuadrículas, véase Parry, *Age of Reconnaissance*, p. 101. <<

[51] Véase Gomes Eannes de Azurara (cronista real de Portugal), *The Chronicle of the Discovery and Conquest of Guinea*, trad. C. R. Beazley (Londres: Hakluyt Society, 1899), pp.84-85, texto electrónico en archive.org/details/chroniclediscov00presgoog (consultado el 8 de abril de 2017). <<

[52] Antonio Pigafetta, *Magellan's Voyage: A Narrative Account of the First Circumnavigation* (1534), trad. y ed. R. A. Skelton, Nueva York, Dover, 1969, pp. 1, 5-8, 148. Versión en español de *Primer viaje alrededor del Globo*, trad. José Toribio Medina, Barcelona, Ediciones Orbis, 1986, p. 54.
<<

[53] J.B. Harley, «Rereading the Maps of the Columbian Encounter», *Annals of the Association of American Geographers* 82:3, septiembre de 1992, pp. 529-530. <<

[54] Denis Cosgrove, «Globalism and Tolerance in Early Modern Geography», *Annals of the Assoc. of Amer. Geographers* 93:4, diciembre de 2003, pp. 854; 852-870. <<

[55] E.G.R. Taylor, «Gerard Mercator: a.d. 1512-1594», *Geographical J.* 128:2 (junio de 1962), p. 202; Mark Monmonier, *Rhumb Lines and Map Wars: A Social History of the Mercator Projection*, Chicago, University of Chicago Press, 2004, capítulo 3, «Mercator's Résumé», www.press.uchicago.edu/Misc/Chicago/534316.html (consultado el 8 de abril de 2017); David Turnbull, «Cartography and Science in Early Modern Europe: Mapping the Construction of Knowledge Spaces», *Imago Mundi* 48, 1996, p. 14, 23 nn. 46, 48. Mercator no solo era cartógrafo, sino también hacía instrumentos, era grabador y también autor de un proyecto completo, publicado en tres fases, llamado el *Atlas sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura* [Atlas, o meditaciones cosmográficas sobre la creación del universo y el universo en tanto creación]. Una de sus especulaciones era que la variación magnética de las brújulas tenía una causa terrestre. Sin embargo, su obra no resultó en una cientización amplia de la cartografía, ya sea oceánica o terrestre; ya alrededor de 1759, en un mapa importante de Alemania que incluía doscientas locaciones, tan solo treinta y tres estaban fijadas por determinaciones astronómicas de latitud, y ninguna bien fijada por longitud. Mercator, por cierto, fue encarcelado en 1544 por cuatro meses por herejía. En cuanto a los cuestionarios, Turnbull escribe que el Consejo Real y Supremo de las Indias los publicó entre 1569 y 1577: «En general, este intento de ensamblar el imperio fracasó debido a la falta de personal entrenado y disciplinado. Muchos no lograban responder el cuestionario; los que lo hacían a menudo entendían mal las preguntas o las instrucciones sobre hacer observaciones o daban respuestas imprecisas». <<

[56] Wright publicó sus principios matemáticos y su mapamundi en 1599, en *Certaine Errors in Navigation*, y a veces se le atribuye la creación del primer mapa del mundo basado en la proyección de Mercator, después de la propia de Mercator en 1569. Pero Wright le había dado a Jodocus Hondius, un conocido suyo holandés, una versión temprana del manuscrito de *Certaine Errors* en algún momento antes de 1593, y Hondius, aunque había prometido no publicar nada de la información, parece haberse adelantado a Wright, creando un mapamundi propio en 1598, así como mapas de regiones individuales. A medida que los holandeses redoblaban esfuerzos en la exploración marítima en la década de 1590, se presume que Hondius habría sacado mucho provecho de robarse las ideas de Wright. Véase Brian Hooker, «New Light on Jodocus Hondius' Great World Mercator Map of 1598», *Geographical J.* 159:1 (marzo de 1993), pp. 45-46. Incluso más interesante es la expedición que a fin de cuentas resultó en *Certaine Errors*: tras convertirse en matemático y cosmógrafo reconocido, en 1589 a Wright «se le convocó al asunto público de la nación, por la Reina», y se le pidió que participara en una «expedición» —un destacamento de robos, un viaje de piratas— a las Azores, dirigida por el Conde de Cumberland. Véase E.J.S. Parsons y W.F. Morris, «Edward Wright and His Work», *Imago Mundi* 3:1, 1939, p. 61. «El objeto de la expedición de Cumberland», escriben Parsons y Morris, «era apoderarse del comercio español». Cumberland y sus hombres tomaron varios barcos: uno lleno de especias, tres llenos de azúcar, y el quinto, el más valioso, lleno de pieles, platas y grana cochinilla, que naufragó en las costas de Cornwallis. <<

[57] Véase, por ejemplo, Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 100-127. En el capítulo 2, Parry argumenta que «No fue en el siglo xv, sino en el xvii, que se vio el eclipse del Mediterráneo. Los herederos del dominio mercantil italiano no fueron los portugueses, sino los ingleses y los holandeses... Los españoles y los portugueses, sin embargo, no tenían el capital... ni la organización financiera para explotar comercialmente los descubrimientos que habían hecho» (p. 48). <<

[58] Joyce E. Chaplin, «The Curious Case of Science and Empire», *Rev. in Amer. History*, 34:4, diciembre de 2006, pp.436-437. Chaplin enmarca el tema general de la siguiente manera: «Esos europeos tan atareados de la temprana era moderna: entre muchas de las cosas que lograron hacer en los siglos que se extendieron de 1500 a 1800, definieron la ciencia moderna y crearon imperios modernos. ¿Cómo lo hicieron? ¿El trabajo dependía de una sinergia eficiente, en donde los dos proyectos de alguna manera se apoyaban el uno al otro, la ciencia como la sierva del imperio? ¿O acaso los logros de los europeos dependieron de la división del trabajo, en donde distintas personas hacían cosas distintas en paralelo, contribuyendo sin embargo al programa más amplio de definición y control del globo por Europa? ¿O simplemente fueron coincidencia las revoluciones en la ciencia y en el dominio global, sin que realmente tuvieran que ver nada una con otra?» (p. 434). <<

[59] State Library of New South Wales, «The Crew on the *Endeavour*», Papers (consultado el 26 de septiembre de 2017). <<

[60] Véase en general Donald H. Menzel, «Venus Past, and the Distance of the Sun», *Proc. Amer. Philosophical Society* 113:3, 16 de junio de 1969, pp. 197-202; Donald A. Teets, «Transits of Venus and the Astronomical Unit», *Mathematics Magazine* 76:5, diciembre de 2003, pp. 335-348; «James Cook and the Transit of Venus», NASA Science, 27 de mayo de 2004, science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/28may_cook (consultado el 8 de abril de 2017); Neil deGrasse Tyson, «The Long and the Short of It», *Natural History* 114:3, abril de 2005, pp. 26-27. A principios del siglo III a. C., Aristarco estimó que el Sol estaba por lo menos 19 veces más lejos de la Tierra que de la Luna. En el siguiente siglo, Hiparco coincidió con él. También Ptolomeo. Esa estimación es alrededor de 20 veces menor de lo que debe ser. Copérnico no cambió esa estimación, pero Kepler sí lo hizo, proponiendo una distancia de 3 469 radios terrestres, que es alrededor de siete veces más pequeña. Entre 1671 y 1673, tres astrónomos franceses, basados en sus observaciones de Marte desde París y la Guyana francesa, calcularon la distancia Tierra-Sol en 140 000 000 km, que es solo alrededor de 7 % más pequeña de lo que debe ser. En 1771, basando su cálculo en los descubrimientos del tránsito de Venus de 1769, un astrónomo británico llamado Thomas Hornsby calculó 93 726 900 millas inglesas [150 838 824.15 km]. Hoy, la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, que constituye una unidad estándar llamada la UA, o unidad astronómica —nuestra propia vara de medir— es de exactamente 149 597 870 700 metros. El reverendo Hornsby erró por solo ocho décimas partes de 1 %. Pero, ya que el Sol pierde masa diaramente (arrastrada por el viento solar), el valor asignado formalmente a una UA es, de hecho, una cantidad que lentamente va cambiando con el tiempo. <<

[61] E.G.R. Taylor, «Position Fixing in Relation to Early Maps and Charts», *Bull. Brit. Society for the History of Science*, 1:2, agosto de 1949, p. 27; Turnbull, «Cartography and Science», pp. 6-7, 21 nn. 19, 20; Vikram Chandra, *Sacred Games*, Nueva York, Harper Collins, 2007, p. 293. <<

[62] Taylor, *Haven-Finding Art*, pp. 51-52, 140. Para las aguas al interior, Heródoto distinguía entre un día de viaje en velero y un día de viaje en nave de remos. <<

[63] Tyson, «Long and the Short», pp. 24-26; Taylor, *Haven-Finding Art*, p. 49. <<

[64] Cédulas museísticas, Royal Observatory Greenwich; Sobel, *Longitude*, p. 56; Robert Howard, «Psychiatry in Pictures», *Brit. J. Psychiatry*, 2002, A10. «El manicomio de Bedlam», la imagen final de degradación y caída de la serie *El progreso del libertino* escrita por Hogarth en la década de 1730, incluye a un «lunático de las longitudes», telescopio en mano, buscando hasta el punto de la locura su solución personal al «acertijo lucrativo de la era» (Howard). <<

[65] Parry, *Age of Reconnaissance*, pp. 118-122; cita de Williams, *Sails to Satellites*, p. 80. <<

[66] Para un resumen, véase, por ejemplo, Cotter, *Nautical Astronomy*, pp. 180-267 (empañado por algunos errores en nombres y fechas). Para las opciones más extrañas, véase Sobel, *Longitude*, pp. 41-49. <<

[67] Citado en Cotter, *Nautical Astronomy*, p. 188. <<

[68] Sobel, *Longitude*, 35. Sobre Gemma, aparecen dos fechas —1522 y 1530 — en distintos autores. La referencia a 1530 se especifica como «De usu globi» en D. J. Struik, «Mathematics in the Netherlands During the First Half of the XVIth Century», *Isis* 25:1 (mayo de 1936), p. 47, en donde Gemma «mostró cómo determinar las longitudes geográficas con la ayuda de un reloj». <<

[69] Sobel, *Longitude*, pp. 7, 58-59; Williams, *Sails to Satellites*, p. 80. <<

[70] Citado en Sobel, *Longitude*, p. 106. <<

[71] Sobel, *Longitude*, pp. 128-145, 149. <<

[72] Aunque Maskelyne y su Consejo no quisieron permitir que el objeto real acompañara a Cook, contrataron a un relojero admirado incluso por el mismo Harrison para que copiara el H-4 por £500. Véase Sobel, *Longitude*, pp. 138-145, 152-153. <<

[73] Sobel, *Longitude*, pp. 152-164. <<

[74] Williams, *Sails to Satellites*, p. 79. <<

[75] Texto completo de las actas de la conferencia y documentos relacionados en «1884 International Meridian Conference», www.ucolick.org/~sla/leapsecs/scans-meridian.html (consultado el 9 de abril de 2017). Sobre la invitación a los astrónomos para hablar, véase la sesión 2, 2 de octubre de 1884, pp. 15-21. <<

[76] «The Meridian Conference», *Science* 4:89, 17 de octubre de 1884, pp. 376-377. <<

[77] «The Meridian Conference», *Science* 4:91, 31 de octubre de 1884, p. 421.
<<

[78] Stephen Malys, John H. Seago, Nikolaos K. Pavlis, P. Kenneth Seidelmann y George H. Kaplan, «Prime Meridian on the Move: Pre-GPS Techniques Actually Responsible for the Greenwich Shift», *GPS World*, 13 de enero de 2016, gpsworld.com/prime-meridian-on-the-move/ (consultado el 29 de septiembre de 2017); para una discusión a profundidad, véase Stephen Malys, John H. Seago, Nikolaos K. Pavlis, P. Kenneth Seidelmann y George H. Kaplan, «Why the Greenwich Meridian Moved», *J. Geodesy* 89:12, diciembre de 2015, pp. 1263-1272. El Tiempo Universal, o UT1, antes se conocía como el Tiempo Medio de Greenwich. <<

[1] Fred Watson, *Stargazer: The Life and Times of the Telescope*, Cambridge, Massachusetts, Da Capo Press, 2004, pp. 49-50, 296-297; Albert Van Helden, «The Invention of the Telescope», *Transac. Amer. Philosophical Society* 67:4, junio de 1977, 9, n. 4. El papa al que se hace referencia era Gerberto de Aurillac, quien reinara como el papa Silvestre II de 999 a 1003. <<

[2] Del *Sidereus Nuncius* de Galileo: «Después hice otro más perfecto para mí que mostraba objetos más de sesenta veces más grandes. Después, sin ahorrarme trabajo ni gasto, progresé tanto que me construí un instrumento tan excelente que los objetos vistos a través de él parecían 1 000 veces más grandes y más de 30 veces más cercanos que al observarlos con solo la facultad natural». En *Archives of the Universe: A Treasury of Astronomy's Historic Works of Discovery*, ed. Marcia Bartusiak, Nueva York, Pantheon Books, 2004, p. 81. En cuanto a la disponibilidad de los lentes ya hechos, Van Helden reúne amplia evidencia de que para mediados del siglo XVI, las tiendas de vendedores de anteojos en toda Europa ofrecían comunmente una selección de lentes cóncavos y convexos de varias magnitudes. La explosión de la publicación de libros en la Europa de mediados del siglo XV, estimulada por la invención de Johannes Gutenberg de la imprenta con tipos móviles metálicos, había llevado a aumentos veloces de miopía. La solución —los lentes cóncavos para anteojos— ya estaba en venta en Florencia para 1451 (Van Helden, «Invention of the Telescope», pp. 10-11). <<

[3] Véase Watson, *Stargazer*, pp. 71-73, sobre las observaciones anteriores a las de Galileo. Al igual que con el resto de sus descubrimientos científicos, Harriot no publicó sus resultados, como observan J. J. O'Connor y E. F. Robertson en «Thomas Harriot», MacTutor History of Mathematics Archive, University of St. Andrews, Scotland, www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/Biographies/Harriot.html (consultado el 13 de abril de 2017). <<

[4] Watson, *Stargazer*, pp. 55-62; Van Helden, «Invention of the Telescope», pp. 25-26, 36-42. <<

[5] Engel Sluiter, «The Telescope Before Galileo», *J. History of Astronomy* 28:92 (agosto de 1997), pp. 225-226. <<

[6] La descripción personal de Galileo viene de su libro *Sidereus Nuncius*, o *El mensajero sideral* (1610), traducido al inglés por Albert Van Helden, Chicago, University of Chicago Press, 1989, p. 1. La conexión veneciana era con el teólogo principal de la República, Fray Paolo Sarpi, a quien se le había encomendado la tarea de inspeccionar y poner a prueba el telescopio del peticionario anterior, y quien bien podría haberle proporcionado a Galileo con información extremadamente detallada al respecto. Véase Mario Biagioli, «Did Galileo Copy the Telescope? A ‘New’ Letter by Paolo Sarpi», *The Origins of the Telescope*, ed. Albert Van Helden, Sven Dupré, Rob van Gent y Huib Zuidervart, Ámsterdam, KNAW Press/Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2010, pp. 203-230, innovation.ucdavis.edu/people/publications/biagioli-did-galileo-copy-the-telescope (consultado el 26 de julio de 2017). <<

[7] Carta a Leonardo Donato, Dogo de Venecia, 24 de agosto de 1609, en Galileo, *Sidereus Nuncius*, pp.7-8. Como la mayoría de los individuos creativos con necesidades de dinero, Galileo estaba profundamente familiarizado con tener que rogar para conseguir apoyo. En su discusión en una carta de diciembre de 1605 a Cosme II, el príncipe de los Médici que pronto sería el Gran Duque de la Toscana, el historiador de la ciencia Richard S. Westfall escribe: «Él [Galileo] había preparado sus instrucciones para el uso del compás geométrico y militar para su publicación como panfleto, y en la primavera de 1605 buscó formalmente permiso para dedicársela al príncipe heredero, Cosme. Galileo se valió de la aceptación de la dedicatoria para obtener una invitación para instruir al príncipe en matemáticas durante sus vacaciones de verano, y después no cedió en su búsqueda. Escribió al príncipe las cartas halagüeñas que un gobernante absoluto esperaba de un cliente, declarándose ‘uno de sus sirvientes más fieles y devotos’, y proclamando su deseo de demostrar ‘cuánto prefiero su yugo al de cualquier otro Amo, ya que me parece que la delicadeza de sus modales y la humanidad de su naturaleza son capaces de hacer que cualquiera desee ser su esclavo’. Los términos del discurso de Galileo... no habrían parecido aduladores a los contemporáneos de Galileo. Casi nadie cuestionaba la legitimidad de una sociedad ordenada jerárquicamente, la condición previa para el patrocinio que apoyaría a Galileo en una ocupación económicamente improductiva». Richard S. Westfall, «Science and Patronage: Galileo and the Telescope», *Isis* 76:1, marzo de 1985, p. 14. <<

[8] Todas las citas de Van Helden, «Invention of the Telescope», pp. 15, 28-30. <<

[9] Véase, por ejemplo, Van Helden, «Invention of the Telescope», pp. 11, 26; Engel Sluiter, «The First Known Telescopes Carried to America, Asia and the Arctic, 1614-39», *J. History of Astronomy* 28:91, mayo de 1997, p. 141; Engel Sluiter, «The Telescope Before Galileo», *J. History of Astronomy* 28:92, agosto, 1997, pp. 224-229. <<

[10] *Las lanzas o La rendición de Breda* (1634-1635), 307 x 367 cm, Museo Nacional del Prado, Madrid. <<

[11] Robert K. Merton escribe que hubo más guerras en la Europa del siglo xvii que en cualquier siglo anterior o posterior hasta el siglo xx («Science, Technology and Society in Seventeenth Century England», *Osiris* 4, 1938, p.564). Geoffrey Parker después escribe: «Apenas si se puede encontrar una década [en la historia europea] antes de 1815 en la que no hubiera ocurrido al menos una batalla... En el siglo xvi hubo menos de diez años de paz completa; en el siglo xvii hubo solo cuatro» (*The Military Revolution: Military Innovation and the Rise of the West, 1500-1800*, 2ª ed., Cambridge, Cambridge University Press, 1996, p.1. Sobre la comercialización, véase William H. McNeill, *The Pursuit of Power: Technology, Armed Force, and Society since A.D. 1000*, Chicago, University of Chicago Press, 1982, capítulo 4. Sobre la tecnología militar, véase Merton, «Science, Technology», pp. 543-557. <<

[12] William Molyneux, *Dioptrica Nova: A treatise of dioptricks in two parts, wherein the various effects and appearances of spherick glasses, both convex and concave, single and combined, in telescopes and microscopes, together with their usefulness in many concerns of humane life, are explained*, Londres, Benj. Tooke, 1692, p. 243. Citado en Peter Abrahams, «When an Eye Is Armed with a Telescope: The Dioptrics of William and Samuel Molyneux», papel, Antique Telescope Society, septiembre de 2002, home.europa.com/~telscope/molyneux.txt (consultado el 15 de abril de 2017). <<

[13] Merton, «Science, Technology», p. 372 n. 8, p. 373 n. 9, pp. 543-544; Parker, *Military Revolution*, p. 177 n. 2, citando a J.R. Hale, *War and Society in Renaissance Europe 1450-1620*, 1985). Merton cita a John W. Fortescue, *A History of the British Army*, 1899: «No sería tanta exageración decir que, al menos, durante los cuatro años de 1642 a 1646 los ingleses se volvieron locos con los asuntos militares. Las figuras militares y las metáforas abundaban en el lenguaje y la literatura del día». <<

[14] Samuel Butler, «The Elephant in the Moon», 1676, publicado póstumamente. <<

[15] Sobre los lentes vs. los espejos: los investigadores tempranos probaron una gran variedad de formas y combinaciones de lentes. René Descartes, el matemático y filósofo francés, propuso un lente especialmente complicado cuya forma era una combinación de un sólido elíptico y un sólido hiperbólico, colocados en ángulos rectos el uno del otro; quizás una excelente idea, pero la tecnología para hacer tales lentes no existía en su día. Otros investigadores intentaron alargar el tubo que sostenía los lentes; uno de los tubos, creación de un cervecero, Johannes Hevelius, era tan largo que había que alzarlo por medio de cuerdas y poleas, y con el menor soplo de viento se alejaba flotando de su objetivo. Para los que escogían trabajar con espejos en lugar de lentes, había otros problemas: ¿cómo se acomodan los espejos para que la cabeza del observador no se cruce en el camino? ¿Cómo se equilibran las ventajas y desventajas del metal reflectivo contra el vidrio transparente? ¿Qué utilizar para pulir los espejos? ¿Se pueden combinar espejos y lentes en el mismo telescopio? La solución de Isaac Newton fue utilizar un espejo primario cóncavo para recolectar y reflejar la luz sobre un espejo secundario plano y en un ángulo, que dirigía el rayo de luz, ahora convergente, por el costado del tubo, donde el observador miraba la imagen por medio de un ocular. William Herschel, tras apenas descubrir Urano en 1781, se construyó un telescopio de 12 metros de largo —el más grande del mundo en ese tiempo— equipado con un espejo de un metro de ancho hecho principalmente de cobre bruñido. El espejo era tan grande que el observador, parado en una plataforma en ángulo sobre él, bloquearía solo una pequeña fracción del área de colección total del espejo. Desde esa vista uno podía observar la reflexión directa de la luz por medio de un ocular, en vez de reflejarse desde un espejo secundario. <<

[16] Albert Van Helden, «The Telescope in the Seventeenth Century», *Isis* 65:1, marzo de 1974, p. 42; Robert Hooke, *Micrographia*, 1665, prefacio, citado en Van Helden, «Invention of the Telescope», pp. 27-28 n. 23; carta p. 23. <<

[17] Uno así fue un caballero que fungía como el observador oficial de Portugal durante la batalla naval entre los franceses y los portugueses en la costa de Brasil a finales de 1614. Al notar que el comandante criollo de la fuerzas portuguesas aprovechaba una pausa en la lucha para levantar su catalejo, el observador le dijo que estaba perdiendo el tiempo de todos, que mirar por el telescopio «ni disminuirá nuestra tarea ni hará que sean menos nuestros enemigos». Sluiter, «First Known Telescopes», pp. 141-145. <<

[18] Sluiter, «First Known Telescopes», pp.141-145; Yasuaki Iba, «Fragmentary Notes on Astronomy in Japan (Part III)», *Popular Astronomy* 46, 1938, p. 94. <<

[19] Martin van Creveld, *Command in War*, Cambridge, Massachussets, Harvard University Press, 1985, pp. 10-11, 115; Federico el Grande, «The King of Prussia's Military Instructions to His Generals», artículos v, viii, www.au.af.mil/au/awc/awcgate/readings/fred_instructions.htm (consultado el 15 de abril de 2017). <<

[20] Silvio A. Bedini, «Of ‘Science and Liberty’: The Scientific Instruments of King’s College and Eighteenth Century Columbia College in New York», *Annals of Science* 50:3, mayo de 1993, p. 214; Edward Redmond, «George Washington: Surveyor and Mapmaker—Washington as Land Speculator», Library of Congress, www.loc.gov/collections/george-washington-papers/articles-and-essays/george-washington-survey-and-mapmaker/washington-as-land-speculator/ (consultado el 15 de abril de 2017). <<

[21] Benjamín Franklin, *Proposals Relating to the Education of Youth in Pensilvania*, 1749, p. 30, facsímil en sceti.library.upenn.edu/pages/index.cfm?so_id=7430&pageposition=30&level=2 (consultado el 15 de abril de 2017).
<<

[22] Mientras tanto, la Sociedad Real de Londres para el Avance de la Ciencia Natural —fundada en 1660, un cuarto de siglo después de que se fundara el colegio de Harvard College— siguió apoyando y reconociendo el trabajo de los científicos coloniales. Frederick E. Brasch, «John Winthrop (1714-1799), America's First Astronomer, and the Science of His Period», *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 28:165, agosto-octubre de 1916, p. 156. <<

[23] Véase Bedini, «‘Science and Liberty,’» pp. 214-215. <<

[24] Carta de George Washington a William Heath, 5 de septiembre de 1776, en Henry P. Johnston, *The Campaign of 1776 Around New York and Brooklyn... Containing Maps, Portraits, and Original Documents* (Brooklyn: Long Island Historical Society, 1878), www.gutenberg.org/files/21990/21990.txt (consultado el 16 de abril de 2017).
<<

[25] La pintura original se hizo en 1850 pero se dañó en un incendio; el artista pintó una copia de tamaño completo en 1851, que ahora se exhibe en el Museo Metropolitano de Arte en la ciudad de Nueva York. <<

[26] Deborah Jean Warner, *Alvan Clark & Sons: Artists in Optics*, Washington, D.C., Smithsonian Institution Press, 1968, p. 33. <<

[27] Carta de George Washington al Brigadier General Anthony Wayne, 10 de julio de 1779, National Digital Library Program, Library of Congress, cdn.loc.gov/service/mss/mgw/mgw3b/009/009.xml (consultado el 16 de abril de 2017). <<

[28] Van Creveld, *Command in War*, p. 12; en su obra ligeramente posterior, *Technology and War, From 2000 b.c. to the Present*, revisada y ampliada, Nueva York, The Free Press, 1991, Van Creveld escribe que en la esfera de la inteligencia militar durante el período que va de 1500 a 1830, «fueron mínimos los desarrollos tecnológicos» (p. 120). Dos clásicos escritos más o menos en la misma época que simplemente omiten la mención del telescopio son McNeill, *Pursuit of Power*, y Parker, *Military Revolution*. <<

[29] Van Creveld, *Command in War*, p. 281 n. 23; Van Creveld, *Technology and War*, pp. 117-120. <<

[30] Federico el Grande, «Military Instructions», artículo 1; Van Creveld, *Technology in War*, pp. 107, 123; McNeill, *Pursuit of Power*, pp. 126-29. Federico el Grande escribe de «encargarse de que las tropas estén proveídas de pan, carne, cerveza, brandy, etc.». Van Creveld estima que el requerimiento diario de alimentos para un ejército que sitia una fortaleza, digamos 50 000 soldados y 33 000 caballos, son 1.5 kg al día para cada hombre y 15 kg al día para cada caballo, o un total de 475 ton de comida al día. <<

[31] Véase, por ejemplo, van Creveld, *Technology in War*, pp. 86, 96, 106, y en general «The Age of Machines, 1500-1830», pp. 81-149. <<

[32] Para una discusión y documentación extensa de los primeros medios de señalización, véase Gerard J. Holzmann y Björn Pehrson, *The Early History of Data Networks*, Los Alamitos, CA, IEEE Computer Society Press, 1995, pp. 1-29, 43-44; PDF condensado disponible en people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/papers/Early_History_of_Data_NetwData_Networks.html (consultado el 16 de abril de 2017); Alexander J. Field, «French Optical Telegraphy, 1793-1855: Hardware, Software, Administration», *Technology and Culture* 35:2, abril de 1994, pássim; George B. Dyson, *Darwin Among the Machines: The Evolution of Global Intelligence*, Reading, MA: Addison-Wesley Longman, 1997, pp. 131-139. Jamie Morton, en *The Role of the Physical Environment in Ancient Greek Seafaring*, Leiden, Brill, 2001, analiza las balizas y las fogatas, incluida la leyenda repetida por Eurípides de que Nauplio, rey de Euboea, intencionalmente prendió fuego a manera de balizas engañosas en un promontorio rocoso para causar el naufragio de la flota griega que regresaba de Troya, porque los griegos interpretarían los incendios como las luces de un puerto seguro (pp. 210-212). Polibio, *Historias*, 10.45.5, 10.43.2. (versión en español en https://www.imperivm.org/cont/textos/txt/polibio_hublrr_tii_lx.html). <<

[33] Holzmann y Pehrson, *Early Data Networks*, pp. 35-38; Dyson, *Darwin Among the Machines*, capítulo 8, «On Distributed Communications», pp. 133-134, 137-138; Field, «French Optical Telegraphy», p. 332. <<

[34] La etimología de *taquígrafo* (*tachygraphe* en francés) procede del *tachys* griego, que significa ‘rápido’; también se encuentra en *tacómetro* (instrumento para medir la velocidad de una máquina), así como en *taquión* (partícula hipopética más rápida que la luz). <<

[35] Citado en Holzmann y Pehrson, *Early Data Networks*, pp. 56-57. <<

[36] Véanse las descripciones técnicas detalladas en, por ejemplo, Field, «French Optical Telegraphy», pp. 320-322, 331-338; figuras 1-2, pp. 334-335. Field compara el sistema de Chappes con el lenguaje de señas norteamericano (ASL): «El lenguaje de señas es, en cierto sentido, telegrafía óptica en distancias cortas, en donde las señales de mano, brazo y dedos son análogas a las posiciones del aparato de Chappe. Ambos sistemas utilizan un conjunto de transmisión grande y complejo, ya que ambos pueden confiar en la agudeza del reconocimiento visual; ambos están limitados por el tiempo requerido para componer señales individuales», y señala que el ASL «es en realidad una derivación lingüísticamente similar de un código desarrollado originalmente en Francia en el siglo XVIII» (p. 329). <<

[37] Andy Martin, «Mentioned in Dispatches: Napoleon, Chappe and Chateaubriand», *Modern & Contemporary France* 8:4, 2000, pp. 446-447; Van Creveld, *Command in War*, p. 60. <<

[38] En francés, la transcripción completa dice:

Le Directeur de la Correspondance Télégraphique de Strasbourg au Citoyen Commissaire du pouvoir exécutif près l'administration municipale de Strasbourg.

Transmission télégraphique de Paris à Strasbourg le 21 Brumaire.

Le corps législatif est transporté à St. Cloud. Bonaparte est nommé Commandant de Paris. Tout est tranquille et content.

Le Directoire a donné sa démission. Moreau, général, commande au palais du Directoire.

Pour copie, Durant

Agradecemos a Maryline Simler de la Société d'Histoire de la Poste et de France Telecom en Alsace por proporcionarnos el texto de la comunicación original. Para una foto del telegrama transcrito, escrito con el membrete personalizado de la época, véase musee.ptt.alsace.pagesperso-orange.fr/page%20tour.htm (consultado el 7 de octubre de 2017). <<

[39] *Eneida*, 1.278 -279. <<

[40] Los historiadores militares de los Estados Unidos adoptan la postura de que Estados Unidos fue el primer país en tener un cuerpo de señales, aunque quizás los operadores dedicados del telégrafo de Chappe deberían de considerarse colectivamente como un precursor cercano. No fue hasta febrero de 1863 que el Congreso votó para establecer a los señalizadores de la Unión como un cuerpo separado. Pero la capacitación de los hombres que habrían de convertirse en el Cuerpo de Señales de los EE.UU. comenzó en junio de 1861, y más tarde ese mismo año el Congreso autorizó 21 000 dólares para sus actividades. El Congreso de la Confederación votó para autorizar un cuerpo así en abril de 1862. Rebecca Robbins Raines, *Getting the Message Through: A Branch History of the U.S. Army Signal Corps*, Washington, D.C., Center of Military History, US Army, 1996, pp. 3, 8-12, 29; Paul J. Scheips, «Union Signal Communications: Innovation and Conflict», *Civil War History* 9:4, diciembre de 1963, pp. 402-403. <<

[41] Raines, *Getting the Message Through*, pp. 8, 23-24, 29; Scheips, «Union Signal Communications», pp. 401-402; George Raynor Thompson, «Civil War Signals», *Military Affairs* 18:4, invierno de 1954, pp. 189-190; Edwin C. Fishel, *The Secret War for the Union: The Untold Story of Military Intelligence in the Civil War*, Boston, Houghton Mifflin, 1996, 38ff. Fishel cita el relato de Alexander muchos años después: «Estaba mirando la bandera de nuestra estación en Stone Bridge [donde Warrenton Turnpike cruza sobre Bull Run] cuando me llamó la atención un destello en el borde lejano del campo de visión de mi antejo. Era el reflejo del sol (que estaba bajo en el este detrás de mí), contra un cañón de latón pulido». De inmediato señaló a los comandantes cercanos, y Fishel sostiene que «la acción de los dos comandantes en respuesta al avance del enemigo fue más oportuna de lo que podría haber sido en ausencia del servicio de señales. Sería demasiado decir que la inteligencia de Alexander ganó la batalla de Bull Run, pero ciertamente ayudó a evitar que los Confederados la perdieran. Eso se lo debían al ingenio de un joven físico yanqui» (pp. 39-40). <<

[42] En *Secret War*, Fishel sostiene que la inmovilidad de las «redes de torres de semáforo europeas... las hacía virtualmente inútiles para un ejército que estuviera marchando y luchando» (pp. 37-38). <<

[43] Aunque Myer había perdido su puesto (resultó que temporalmente) en noviembre de 1863, seguía profundamente preocupado por el bienestar y el desarrollo del Cuerpo de Señales, que era, después de todo, su creación. Había empezado un *Manual de señales para el uso de los oficiales de señales en el campo* antes de su despido, y un empleado comprensivo en la sede de Washington del Cuerpo de Señales dispuso su impresión. La portada no menciona a Myer; en cambio, dice: «Publicado por órdenes del Departamento de Guerra, Washington, Oficina de Publicaciones del Gobierno». La siguiente edición ampliada, publicada en 1868 por D. van Nostrand, tiene un título más largo y pone al general brigadier honorario Albert J. Myer como autor. Scheips, «Union Signal Communications», pp. 413-414. <<

[44] Inicialmente, el movimiento hacia la izquierda significaba «1» y hacia la derecha «2»; más tarde lo contrario se convirtió en estándar. Por lo tanto, en algunos recuentos, «A» aparece como «2-2» y «B» como «2-1-1-2». Véase general de división A.W. Greely, «The Signal Corps», en *Photographic History of The Civil War in Ten Volumes*, vol. 8, ed. Francis Trevelyan Miller y Robert Sampson Lanier, Nueva York, Review of Reviews, 1912, pp. 312-340. El alfabeto, los números y las señales de código se enumeran en las pp. 314 y 316. <<

[45] Fishel, *Secret War*, p. 4; Albert J. Myer, *A Manual of Signals: For the Use of Signal Officers in the Field, and for Military and Naval Students, Military Schools, etc.*, Nueva York, D. van Nostrand, 1868, p. 231. <<

[46] Myer, *Manual of Signals*, p. 232. <<

[47] En el otoño de 1863, se empezó a usar de modo generalizado el «disco de cifras» de Myer, un dispositivo para seleccionar variaciones preestablecidas en el código regular; hay cierta evidencia de que el lado Confederado ya no pudo leer las señales de la Unión, pero que la Unión seguía teniendo la capacidad de leer las de los Confederados. Scheips, «Union Signal Communications», p. 407 n. 32. Respecto a las bajas, el Cuerpo de la Unión tenía una proporción de muertos a heridos del 150 por ciento, y una Medalla de Honor. En «The Signal Corps», el mayor general Greely escribe: «¿Alguna vez sufrió tales bajas tan desproporcionadas un cuerpo no combatiente, con muertos, heridos y capturados? El sentido del deber, la necesidad de exponerse al fuego y la importancia de la misión eran condiciones incompatibles con la seguridad personal, y el Cuerpo de Señales pagó el precio. Si bien muchos encontraron su destino en las prisiones confederadas, el peligro extremo del trabajo de señalización, combinado con la adhesión obstinada al servicio en los puestos de avanzada, se evidencia por fuerza gracias al hecho de que los muertos del Cuerpo de Señales fueron 150 % de los heridos, frente a la proporción habitual del 20 %» (p. 318). Véase también Raines, *Getting the Message Through*, p. 29. <<

[48] Para discusiones de algunas de las batallas que experimentaron los Cuerpos de Señales, véase, por ejemplo, Greely, «The Signal Corps»; Thompson, «Civil War Signals»; Raines, *Getting the Message Through*, pp. 23-28. Entre las batallas en donde se considera que los resultados fueron formados en parte por los señaladores se encuentran Bull Run, Antietam, Chancellorsville y Allatoona, además de Gettysburg. <<

[49] Para recuentos de señalización en Gettysburg, véase, por ejemplo, J. Willard Brown, *The Signal Corps, U.S.A. in the War of the Rebellion*, Boston, US Veteran Signal Corps Association, 1896, pp. 359-372; Alexander W. Cameron, «The Signal Corps at Gettysburg», *Gettysburg* 3, julio de 1990, pp. 9-15; Raines, *Getting the Message Through*, pp. 25-27; Thompson, «Civil War Signals», pp. 197-198. El informe del General Lee tras el encuentro incluía la declaración: «Era desconocido el avance del enemigo a [Gettysburg]», Fishel, *Secret War*, p. 522. <<

[50] Registros oficiales XXVII, parte III, p.488, citado en, por ejemplo, Raines, *Getting the Message Through*, p. 25. <<

[51] Este fue uno de varios mensajes enviados en rápida sucesión, citado en Brown, *Signal Corps, U.S.A.*, pp. 360-361. <<

[52] Citado en Brown, *Signal Corps, U.S.A.*, pp. 367-368. <<

[53] Reporte del capitán E.C. Pierce, citado en Brown, *Signal Corps, U.S.A.*, pp. 361-362. La entrada del 3 de julio en el diario de uno de los abanderados de Pierce, el sargento Luther C. Furst, concuerda con esto en vívido detalle: «Despertamos antes del amanecer. Comenzamos a señalar en dirección a Gettysburg al alba. Logramos mantener la estación, pero con muchas molestias de los francotiradores en los alrededores de Devil's Den. Tenemos que mantenernos bajo cubierta para protegernos. Las grandes rocas apiladas alrededor de nosotros sirven de buena protección. Hoy hubo siete pérdidas y heridos cerca de nuestra estación a causa de los francotiradores del enemigo; cientos en todos los lados que nos rodean gracias a los severos cañonazos del enemigo. Hasta mediodía ha habido considerables escaramuzas por toda la línea. Un poco después, toda la artillería de ambos lados abrió fuego y volaron duros y tupidos los proyectiles. Muchos de ellos podrán haber dado cerca de nuestra estación, pero logramos mantener la comunicación. Se dice que la pelea a la derecha fue muy severa, pero nuestras tropas guardaron sus posiciones y rechazaron al enemigo en cada punto». Citado en Brown, *Signal Corps, U.S.A.*, pp. 362-364. <<

[54] Reporte de L.B. Norton, oficial en jefe de señales, Ejército del Potomac, citado en Brown, *Signal Corps, U.S.A.*, p. 372. <<

[55] Raines, *Getting the Message Through*, pp. 45-47, 53-54. <<

[56] Raines, *Getting the Message Through*, pp. 131, 145, capítulo 5, pássim. En el reporte anual de 1914 del Cuerpo de Señales, el oficial en jefe de señales, aunque expresaba incertidumbre y temor sobre las bombas lanzadas por las aeronaves, predijo que «si el futuro muestra que un ataque desde el cielo es efectivo y terrible, como podría resultar ser el caso, es evidente que, como la lluvia, deberá caer sobre justos e injustos, y se podrá suponer que entonces se volverá tabú para todas las personas civilizadas; y prohibido, al menos por acuerdos en papel». <<

[57] Joseph W. Slade, «Review: *Getting the Message Through: A Branch History of the U.S. Army Signal Corps*», *Technology and Culture* 39:3, julio de 1998, p. 592. <<

[58] Raines, *Getting the Message Through*, pp. 169-170, 190, capítulo 5. <<

[59] Para los inicios, véase, por ejemplo, Hugh Barty-King, *Eyes Right: The Story of Dollond & Aitchison Opticians, 1750-1985*, Londres, Quiller Press, 1986, pp. 15-53. <<

[60] Barty-King, *Eyes Right*, p. 34. <<

[61] *Idem.*, p. 53. <<

[62] Warner, Alvan Clark & Sons, 99: «[Entre 1863 y 1865] los Clark vendieron a la Marina al menos 165 catalejos a precios que oscilaban entre \$25.75 y \$35.00 cada uno». En dólares del año de 1863 (la Guerra Civil dio lugar a una reducción significativa de los precios en 1865), representaría alrededor de 500 a 700 dólares de 2016, según el poder adquisitivo seguido por medio del índice de precios al consumidor. Calculadora de Measuring Worth, www.measuringworth.com (consultado el 16 de enero de 2018). <<

[63] Un conocido que había visto a Clark en 1885 mencionó que al óptico se le habían reventado los pulgares por haberlos utilizado como pulidores. Warner, *Alvan Clark & Sons*, p. 27. <<

[64] Heber D. Curtis, «Optical Glass», *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, abril de 1919, p. 77, archive.org/stream/publicationsast30pacigoog/publicationsast30pacigoog_djvu (consultado el 17 de abril de 2017). <<

[65] Tan solo el uso de combustible presenta un reto desalentador. En Estados Unidos, durante la Primera Guerra Mundial, por ejemplo, «la cuestión del combustible y el gas para los hornos de fusión de vidrio y para otras operaciones se tornó grave durante la escasez de carbón en el invierno de 1917-1918. Cuando nos percatamos de que tan solo la planta de vidrio de la fábrica de Bausch & Lomb consumía 33 000 000 ft³ de gas de iluminación por mes, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de una ciudad de 80 000 habitantes, se vuelve evidente la escala de su consumo de combustible y de la dificultad de afrontar adecuadamente la situación». Departamento de Artillería del Ejército de los Estados Unidos / Teniente Col. F.E. Wright, *The Manufacture of Optical Glass and of Optical Systems: A Wartime Problem*, Washington, D.C., Government Printing Office, 1921, p.288, archive.org/details/manufactureofopt00unitrich (consultado el 17 de abril de 2017). Para una explicación clara del proceso, véase Curtis, «Optical Glass», pp. 77-85. <<

[66] Cerca de 1820, por ejemplo, un fabricante de instrumentos de Londres pagó ocho guineas por «una pieza bruta de vidrio *flint* de aproximadamente cinco pulgadas de diámetro» (Fred Watson, *Stargazer: The Life and Times of the Telescope*, Cambridge, Massachusetts, Da Capo, 2005, pp. 183-185). Una guinea era equivalente a una libra y un chelín, y ocho guineas tendrían un poder adquisitivo en 2016 de más de 600 libras, según el índice de precios al por menor (www.measuringworth.com), aproximadamente 1 000 dólares. Pero el vidrio para las ventanas también era un artículo caro, y Gran Bretaña impuso un impuesto sobre las ventanas «profundamente impopular» desde 1696 hasta 1851; véase «About Parliament: Living Heritage: Window Tax», www.parliament.uk/about/living-heritage/transformingsociety/towncountry/towns/tyne-and-wear-case-study/about-the-group/housing/window-tax/ (consultado el 17 de abril de 2017). En Estados Unidos, poco después de la Guerra Civil, se explotaron yacimientos de carbón junto con gas natural, y la fabricación de vidrio se llevó a cabo exactamente en esas áreas: Pensilvania, Ohio, Virginia Occidental. <<

[67] Zeiss dio a conocer el primer proyector de planetario óptico en 1923; el planetario Hayden de Nueva York ha tenido un «planetario de proyección» (el propio término de Zeiss) de Zeiss desde su fundación en 1935. <<

[68] Antje Hagen, «Export versus Direct Investment in the German Optical Industry: Carl Zeiss, Jena and Glaswerk Schott & Gen. in the UK, from Their Beginnings to 1933», *Business History* 38:4,1996, pp. 4, 17 n. 23. Durante la Guerra Bóer, Zeiss proveyó al ejércitó británico de binoculares; durante la guerra ruso-japonesa, proveyó a los dos lados con ellos. <<

[69] Zeiss, «The Carl Zeiss Foundation in Jena, 1885-1945: Expansion of the Product Portfolio», www.zeiss.com/corporate/int/history/company-history/at-a-glance.html#inpagetabs-1 (consultado el 18 de abril de 2017). <<

[70] Zeiss, «History of Zeiss in Oberkochen», www.zeiss.com/corporate/int/history/locations/oberkochen.html; Zeiss, «Background Story: The Development of Carl Zeiss Between 1945 and 1989», www.zeiss.com/corporate/int/history/company-history/20-years-of-reunification/background-story.html; Zeiss, «Lens in a Square—The Zeiss Logo», www.zeiss.com/corporate/int/history/company-history/the-zeiss-logo.html (consultado el 15 de noviembre de 2017). <<

[71] William Tobin, «Evolution of the Foucault-Secretan Reflecting Telescope», *J. Astronomical History and Heritage* 19:2, 2016, pp. 106-184, disponible en SAO/NASA ADS Astronomy Abstract Service, adsabs.harvard.edu/abs/2016JAHH...19..106T (consultado el 19 de octubre 2017). <<

[72] Stephen C. Sambrook, «The British Armed Forces and Their Acquisition of Optical Technology: Commitment and Reluctance, 1888-1914», en *Year Book of European Administrative History* 20, Baden-Baden, Nomos Verlagsgesellschaft, 2008, p. 2. <<

[73] Cuerpo de Artillería del Ejército de los Estados Unidos, *Manufacture of Optical Glass*, capítulos 1, 7. <<

[74] Curtis, «Optical Glass», p. 77; Stephen C. Sambrook, «No Gunnery Without Glass: Optical Glass Supply and Production Problems in Britain and the USA, 1914-1918», *paper* en proceso, septiembre, 2000,s/p., home.europa.com/~telscope/glass-ss.txt; Stewart Wills, «How the Great War Changed the Optics Industry», *Optics & Photonics News* 27, enero de 2016, www.osa-opn.org/home/articles/volume_27/january_2016/features/how_the_great_war_changed_the_optics_industry/ (consultado el 18 de abril de 2017). <<

[75] Como lo describe Sambrook, aunque Gran Bretaña y los Estados Unidos dependen mucho de Schott, es compleja la naturaleza exacta de esa dependencia, tanto antes como durante la Primera Guerra Mundial: «Algunas veces, quizás muchas veces, era tanto el resultado de la ‘publicidad’ de Schott y de su creciente reputación como el *non plus ultra* en la fabricación de vidrio como la necesidad real de usar el vidrio de Schott. Muchos de los ‘nuevos lentes Jena’ introducidos en la década de 1890 fueron duplicados por Parra Mantois y, en menor grado, por Chance antes de 1914. La causa de los problemas de dependencia que surgieron en Gran Bretaña después de 1914 generalmente tenían que ver con que un fabricante había diseñado un sistema óptico que (digamos) incorporaba un solo elemento que utilizaba un vidrio Schott que otro fabricante nunca replicó. Resolver ese problema significaba copiar el vidrio de Schott o rediseñar el resto del sistema en torno del vidrio que sí estaba disponible». Sambrook, correo electrónico a Avis Lang, 6 de diciembre de 2009. <<

[76] Hagen, «Export versus Direct Investment», p. 11. <<

[77] Se encuentra una advertencia de este tipo en NAK ADM 116/3458, 27 de agosto de 1915, Informe del Almirantazgo (ADM) sobre el estado de los suministros de vidrio, que describe una reunión el 13 de julio de 1912 entre Richard Glazebrook, director de el Laboratorio Nacional de Física, el tercer oficial del Almirantazgo y el director de Artillería Naval. Un «destacado óptico» había escrito a Glazebrook en 1911 para decirle que los lentes de Schott eran ampliamente utilizados en instrumentos ópticos suministrados por los fabricantes británicos al Almirantazgo y que «en el caso de una guerra con Alemania... una interrupción de vidrio óptico simplemente paralizaría el comercio óptico». Un año más tarde, Glazebrook consultó a «siete u ocho ópticos destacados», quienes consideraron que era «esencial» usar lentes alemanes en «la mayoría» de los instrumentos del Almirantazgo y que ni el vidrio británico ni el francés eran «fiables» en cuanto a transparencia y homogeneidad. Es posible que los ópticos estuvieran exagerando el caso y apuntaran a un mayor apoyo gubernamental, pero la advertencia fue tomada lo suficientemente en serio como para formar un comité que articulara los requisitos de investigación nacional. Sambrook, correo electrónico a Avis Lang, 7 de diciembre de 2009. <<

[78] Los historiadores económicos diferencian entre *defense share* o proporción de gastos de defensa (el gasto militar expresado como un porcentaje de los gastos totales de un gobierno central) y *military burden* o carga militar (el gasto militar expresado como un porcentaje del PIB, una categoría mucho más amplia que incluye todos los bienes y servicios del estado-nación en su conjunto). El historiador económico Jari Eloranta presenta una serie de ejemplos de gastos militares en términos de porción o porcentaje de inversión en defensa: en Inglaterra, de 1535 a 1547, por ejemplo, la cuota de defensa fue en promedio de 29 %; de 1685 a 1813, el promedio inglés fue del 75 % y en ningún año determinado cayó por debajo del 55 %. A principios del siglo XIX, el promedio inglés era de alrededor del 39 % y de 1870 a 1913 de alrededor del 37 %. Durante la Primera Guerra Mundial, la cuota media anual de defensa fue enorme: Inglaterra 1914-1918, 49 %; Francia 1914-1918, 74 %; Alemania 1914-1918, 91 %; Estados Unidos 1917-1918, 47 %. Jari Eloranta, «Military Spending Patterns in History», EH.Net Encyclopedia, ed. Robert Whaples, 16 de septiembre de 2005, eh.net/encyclopedia/military-spending-patterns-in-history (consultado el 18 de abril de 2017). <<

[79] Raines, *Getting the Message Through*, pp. 172, 191; Curtis, «Optical Glass», p. 81. Curtis enfatiza el papel de la Oficina de Normas del gobierno federal en este esfuerzo: «En tiempos de paz, un lugar ocupado en investigaciones científicas e industriales casi tan numerosas como las de los laboratorios de física y química en conjunto de las universidades del país; bajo el esfuerzo de la guerra, la Oficina se expandió hasta tener un personal de casi 1 500 miembros, traídos de todo Estados Unidos, que trabajaban y experimentaban en cada fase de las necesidades científicas de la guerra». <<

[80] Stephen C. Sambrook, «The British Optical Munitions Industry Before the Great War», *Proceedings*, Economic History Society Annual Conference, Royal Holloway College, University of London, abril de 2004, p. 52, www.ehs.org.uk/events/ehs-annual-conference-archive.html (consultado el 18 de abril de 2017). <<

[81] Stephen C. Sambrook, «The Optical Munitions Industry in Great Britain», 1888-1923, tesis de doctorado, University of Glasgow, 2005, p. 156 <<

[82] Sambrook, «No Gunnery Without Glass»; Sambrook, «British Armed Forces and Acquisition». <<

[83] En 1913, las exportaciones británicas totalizaron 3.1 mil millones; las de Alemania, 2.4 mil millones. Los autores convirtieron todas las cifras a dólares estadounidenses, utilizando el valor nominal del patrón oro. Hugh Neuburger y Houston H. Stokes, «The Anglo-German Trade Rivalry, 1887-1913: A Counterfactual Outcome and Its Implications», *Social Science History* 3:2, invierno de 1979, pp. 187-188, 191-192. <<

[84] Tratado de Versalles, artículos 168-170, p. 202. <<

[85] La lista final de los elementos *verboten* que se entregarían se presentó en los 33 capítulos del *Libro Azul*. Muchos eran de doble uso, y pronto Alemania desafió la amplitud de la lista, «argumentando que la inclusión de artículos como utensilios de cocina y, lo que es más importante, de transporte, no solo perjudicaría a la economía alemana sino que obstaculizaría las entregas de reparaciones a los Aliados y haría que las condiciones políticas alemanas fueran propicias al bolchevismo». Richard J. Schuster, *German Disarmament After World War I: The Diplomacy of International Arms Inspection*, Londres, Routledge, 2006, p. 41. <<

[86] J.H. Morgan, *Assize of Arms: The Disarmament of Germany and Her Rearmament (1919-1939)*, Nueva Yorkk, Oxford University Press, 1946, pp. 37-38. <<

[87] Schuster, *German Disarmament*, pp. 63-64; Morgan, *Assize of Arms*, pp. 35, 40. Alemania solicitó que se permitiera a unas 80 fábricas participar en la producción de material de guerra; el IAMCC finalmente permitió que 14 empresas pequeñas produjeran un tipo específico de arma cada una. Véase Schuster, *German Disarmament*, pp. 42-45, para detalles sobre la destrucción de armas. Mientras que un escritor alemán, Hans Seeger, enfatiza la destrucción generalizada de la óptica de precisión, en vez de su confiscación, algunos historiadores, como Michael Buckland, sostienen que tal *Feinmechanik* habría sido un botín atractivo para los conquistadores aliados (correo electrónico a Avis Lang, diciembre 2009), y Morgan señala que pocos meses después de que el gobierno alemán declarara que había entregado todas las armas requeridas, «[se encontraron] cientos de howitzers recién fabricados encerrados en una sola fábrica», y que «en las fortalezas de Königsberg estaba escondido» un «vasto ‘parque de armamento’ de artillería pesada. Seeger, *Militärische Ferngläser und Fernrohre in Heer, Luftwaffe und Marine*, 1996, p. 32, traducción al inglés en www.europa.com/~telscope/trsg2.txt (consultado el 18 de abril de 2017); Morgan, *Assize of Arms*, p. 35. <<

[88] Hagen, «Export versus Direct Investment», pp. 1 y n. 6, 4-7, 11-12, 17-18 n. 25; US Army Ordnance Department, *Manufacture of Optical Glass*, capítulo 1; Sambrook, «British Optical Munitions Industry», p. 54. Según el Departamento de Artillería, «Las instituciones educativas y de investigación obtuvieron gran parte de su equipo de Alemania, y no se ofreció ningún incentivo especial para que los aparatos los proporcionaran los fabricantes estadounidenses. La importación libre de impuestos favoreció y alentó esta dependencia sobre Alemania para conseguir aparatos científicos». <<

[89] El sitio web de Zeiss afirma: «Aunque la producción de instrumentos para uso civil había dominado la década de 1920 y la primera parte de la década de 1930, Jena nunca perdió de vista el desarrollo de los instrumentos militares, ya que los avances que se estaban logrando en ese momento en el campo de la ingeniería y la óptica de precisión eran igualmente adecuados para fines civiles y militares». «The Carl Zeiss Foundation in Jena», www.zeiss.com/corporate/int/history/company-history/at-a-glance.html#inpagetabs-1 (consultado el 18 de abril de 2017). <<

[90] P.G. Nutting, «The Manufacture of Optical Glass in America», carta, *Science* 46:1196, 30 de noviembre de 1917, p. 539. Medio millón de dólares de 1913 serían más de 12 millones de dólares con el poder adquisitivo equivalente de 2016, según Measuring Worth, www.measuringworth.com/ppowerus (consultado el 26 de julio de 2017). <<

[91] Hagen, «Export versus Direct Investment», p.17 n.25; M. Herbert Eisenhart y Everett W. Melson, «Development and Manufacture of Optical Glass in America», *Scientific Monthly* 50:4, abril de 1940, p.323; Raines, *Getting the Message Through*, p. 174. <<

[92] La Cámara de Industrias de la Guerra movilizó, coordinó y reglamentó la producción; dirigida por Bernard Baruch durante los últimos ocho meses de la guerra, convirtió aproximadamente una cuarta parte de la producción industrial de los Estados Unidos a fines militares. La Oficina Nacional de Normas desarrolló un nuevo material de crisol que podría sobrevivir los embistes de la fundición con bario del vidrio *crowns*; también asistió con las pruebas de vidrio y de instrumentos ópticos terminados. El Servicio Geológico de los Estados Unidos localizó nuevas fuentes de materias primas, como arena de sílice suficientemente pura. Véase US Army Ordnance Department, *Manufacture of Optical Glass*, introducción y tabla 1. <<

[93] La portada de *Sidereus Nuncius* dice: MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA / Spéctacula pandens, suspiciendaque proponens vniquique (traducción de Albert Van Helden). Para ver los dibujos de Galileo, consulte «Sidereo Nuncius, Galileo Galilei (Facsímil)», Museo Galileo Virtual Museum catalogue.museogalileo.it/object/GalileoGalileiSidereusNunciusFacsimile.html (consultado el 13 de abril de 2017). Hasta que Galileo quedó ciego a fines de la década de 1630, tanto su vista como sus instrumentos se consideraban autoritativos. Sin embargo, Johannes Hevelius, astrónomo y fabricante de telescopios del siglo XVII, no se dejó intimidar por la reputación de Galileo. En *Selenographia*, el libro de Hevelius sobre la Luna, critica la descripción que hace Galileo de la Luna en *Sidereus Nuncius*: «Galileo no tenía un telescopio suficientemente bueno o no podía dedicar suficiente atención a las observaciones propias o, lo que es más probable, ignoraba el arte de la imagen y el dibujo que sirve a esta obra muy bien, y no menos que la visión aguda, la paciencia y el trabajo». Albert Van Helden, «Telescopes and Authority from Galileo to Cassini», *Osiris*, 2.a ser., 1994, pp. 15-18. <<

[94] El escritor también dice: «Los pintores no deberán desesperarse; sus labores serán tan solicitadas como siempre, pero en un campo más alto: se pondrán en acción las cualidades más finas del gusto y de la invención, de manera más poderosa; y el proceso mecánico se abreviará y se volverá más perfecto. Este descubrimiento será para las bellas artes lo que es la química para la manufactura y las artes útiles; mejorar y facilitar la producción, y disminuir el trabajo del productor, sin superar su habilidad, sino ayudándola y estimulándola». Spectator, «Self-Operating Processes of Fine Art. The Daguerotype», *The Museum of Foreign Literature, Science and Art* 35, marzo de 1839, pp. 341-343, anteriormente disponible en «Daguerreian Texts: The First Two Years (1839-1840)», Daguerrian Society, www.daguerre.org/resource/texts/self_op.html (enlace deshabilitado). <<

[95] Fox Talbot también fue el autor del primer libro ilustrado con fotografías, *The Pencil of Nature* (1844-1846). <<

[96] François Arago, «Fixation des images qui se forment au foyer d'une chambre obscure» (1839), en *Oeuvres complètes de François Arago*, vol. 7, ed. Jean Augustin Barral, París, Gide et J. Baudry, 1854-1862, pp. 4-5, traducción de Stéphan Reeb y Avis Lang. <<

[97] Arago, «Fixation des images», p. 6; Gérard de Vaucouleurs, *Astronomical Photography: From the Daguerreotype to the Electron Camera*, traducción de R. Wright, Nueva York, Macmillan, 1961, pp.13-16. Los dos colaboradores de Arago en el experimento de imágenes de la luna fueron Pierre-Simon Laplace y Étienne-Louis Malus (quien participó en la invasión de Egipto por Napoleón). La exhortación de Daguerre la llevó a cabo una tríada —Arago, Jean-Baptiste Biot y Alexander von Humboldt— a quien De Vaucouleurs describe como «sus tres reconocidos confidentes físico-astrónomos en la Academia». <<

[98] François Arago, «Report» (1839), *Classic Essays in Photography*, ed. Alan Trachtenberg, New Haven: Leete's Island Books, 1981, pp. 21-22. Se hicieron declaraciones parecidas un mes después en François Arago, «Le daguerréotype: Rapport fait à l'Académie des Sciences de Paris le 19 août 1839», Caen, L'Échoppe, reimpresión de 1987, pp. 18-22. <<

[99] Para el lado británico de esta historia, véase R. Derek Wood, «The Daguerreotype Patent, the British Government, and the Royal Society», *History of Photography* 4:1, enero de 1980, pp. 53-59. <<

[100] «A pesar de estos primeros éxitos, la mayoría de los astrónomos profesionales rechazaron el proceso fotográfico. La fotografía, tal como se practicaba entonces, era nociva, imprecisa e ineficiente». Alan W. Hirshfeld, «Picturing the Heavens: The Rise of Celestial Photography in the 19th Century», *Sky & Telescope*, abril de 2004, p. 38. Dos entre muchos excelentes resúmenes de la fotografía astronómica temprana son De Vaucouleurs, *Astronomical Photography*, y John Lankford, «The Impact of Photography on Astronomy», *Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950, Part A —The General History of Astronomy*, vol. 4, ed. Owen Gingerich, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, pp. 16-39. Sobre la reproducibilidad, véase el ampliamente reimpresso ensayo de Walter Benjamin de 1937, «La obra de arte en la era de la reproducción mecánica». <<

[101] Thomas Melvill, «Observations on Light and Colours (1752)», reimpresso en *J. Royal Astronomical Society of Canada* 8, agosto de 1914, pp. 242-243.
<<

[102] Véase Ian Howard-Duff, «Joseph Fraunhofer (1787-1826)», *J. Brit. Astronomical Assoc.* 97:6, 1987, pp. 339-347. <<

[103] Carta de Bunsen a sir Henry Roscoe, 15 de noviembre de 1859, citado en Mary E. Weeks y Henry M. Leicester, *Discovery of the Elements*, Easton, Pensilvania, J. Chemical Education, 1968, p. 598. <<

[104] Traducido al inglés en John Hearnshaw, «Auguste Comte's Blunder: An Account of the First Century of Stellar Spectroscopy and How It Took One Hundred Years to Prove That Comte Was Wrong», *J. Astronomical History and Heritage* 13:2, 2010, p. 90. <<

[105] De Vaucouleurs, *Astronomical Photography*, pp. 35, 49. El instrumento de Henry tenía una abertura de 13 pulgadas. Las estrellas de décima magnitud les tomaron 20 segundos; la decimosexta magnitud tomó 80 minutos. En 1885, al utilizar exposiciones prolongadas, los Henry descubrieron una nebulosa no observada hasta ahora que rodeaba a las Pléyades, aunque esa región del cielo había sido examinada por otros astrónomos durante décadas. Ver también «Obituary Notices: Associate: Prosper, Henry», *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 64, febrero de 1904, pp. 296-298. <<

[106] Lankford, «Impact of Photography», p. 29. <<

[107] Samuel P. Langley fue el primer ganador de la medalla Henry Draper y fundador del Laboratorio Astrofísico Smithsoniano. En cuanto a la novedad y la cita (de sir William Huggins), véase A.J. Meadows, «The New Astronomy», *Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950*, ed. Gingerich, pp. 59, 70. <<

[108] Harwit renunció bajo presión política en mayo de 1995 debido a las objeciones a la exposición que el museo tenía planeado para conmemorar el quincuagésimo aniversario de la bomba atómica lanzada en Hiroshima por el bombardero estadounidense B-29 *Enola Gay*. La controvertida exposición, destinada a ir más allá de una conmemoración del final de la Segunda Guerra Mundial, habría de incluir material sobre las consecuencias del bombardeo. Se canceló debido a las fuertes críticas anticipadas por parte de grupos como la Legión Estadounidense y la Asociación de la Fuerza Aérea. Véase Edward J. Gallagher, «History on Trial: The Enola Gay Controversy», Lehigh University, www.lehigh.edu/%7Eineng/enola (consultado el 12 de abril de 2017). <<

[109] Martin Harwit, *Cosmic Discovery: The Search, Scope, and Heritage of Astronomy*, Nueva York, Basic Books, 1981, pp.13-17, 20; Michael J. Sheehan, *The International Politics of Space* —serie Space Power and Politics, Londres/Nueva York, Routledge, 2007, p. 2. <<

[110] Isaac Newton, *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections, and Colours of Light*, 4a ed., Londres, 1730, libro 1, pt. 1, prop. viii, prob. 2; véase p. 110 del libro electrónico del Proyecto Gutenberg en sirisaacnewton.info/writings/opticks-by-sir-isaac-newton (consultado el 13 de enero de 2018). <<

[111] Robert W. Duffner, *The Adaptive Optics Revolution: A History* (Albuquerque: University of New Mexico Press, 2009), p. ix. <<

[112] Para más detalles, véase, por ejemplo, Neil deGrasse Tyson, «Star Magic», *Natural History* 104:9, septiembre de 1995, pp.18-20, digitallibrary.amnh.org/handle/2246/6501 (consultado el 14 de enero de 2018). Los sistemas de óptica adaptativa son más baratos y simples para la luz infrarroja que para la luz visible, porque las diferencias de temperatura y densidad entre los parches atmosféricos son menos destructivas para las longitudes de onda infrarrojas. Como resultado, el tamaño efectivo de un parche atmosférico es, por consiguiente, más grande; el espejo no necesita estar tan segmentado; y es más probable encontrar una estrella guía cercana. Además, los cambios de momento a momento en las condiciones atmosféricas son menos severos y ocurren a un ritmo más lento, por lo que la estrella guía no necesita ser monitoreada tan rápidamente y no tiene que ser tan brillante.

<<

[113] Véase Ann Finkbeiner, *The Jasons: The Secret History of Science's Postwar Elite*, Nueva York, Viking, 2006. <<

[114] Duffner, *Adaptive Optics Revolution*, pp. 14-15; Robert Q. Fugate, citado en Robert W. Duffner, «Revolutionary Imaging: Air Force Contributions to Laser Guide Star Adaptive Optics», Historical Perspectives— *ITEA Journal* 29:4, diciembre de 2008, p. 341. <<

[115] Para más sobre las contribuciones militares véase, por ejemplo, Duffner, *Adaptive Optics Revolution*, pássim; John W. Hardy, *Adaptive Optics for Astronomical Telescopes*, Nueva York, Oxford University Press, 1998, pp. 16-25, 217-21, 378-79; Robert W. Smith, reseña de Duffner, *Adaptive Optics Revolution*, *Isis* 101:3, 2010, pp. 673-674; N. Hubin y L. Noethe, «Active Optics, Adaptive Optics, and Laser Guide Stars», *Science* 262:5138, 26 de noviembre de 1993, pp. 1390-1394; Ann Finkbeiner, «Astronomy: Laser Focus», *Nature* 517:7535, 27 de enero de 2015, www.nature.com/news/astronomy-laser-focus-1.16741; GlobalSecurity.org, «Airborne Laser Laboratory», www.globalsecurity.org/space/systems/all.htm# (consultado el 14 de enero de 2018). Véase también Hardy, *Adaptive Optics*, pp. 11-16, para esfuerzos tempranos de compensar la turbulencia atmosférica. <<

[116] Hardy, *Adaptive Optics*, pp. 378-379. Para más sobre Hardy y su trabajo, véase Duffner, *Adaptive Optics Revolution*, 31ff. <<

[117] Johnson citado en US Air Force, *Space Operations: Air Force Doctrine Document 2-2*, 27 de noviembre de 2006, 1, fas.org/irp/doddir/usaf/afdd2_2.pdf (consultado el 12 de abril de 2017). <<

[118] John F. Kennedy, «President Kennedy's Special Message to the Congress on Urgent National Needs, May 25, 1961», John F. Kennedy Presidential Library and Museum, www.jfklibrary.org/Research/Research-Aids/JFK-Speeches/United-States-Congress-Special-Message_19610525.aspx (consultado el 12 de abril de 2017). Este es el mismo discurso en el que Kennedy declaró: «Creo que esta nación debería de comprometerse a lograr la meta, antes de que termine esta década, de poner a un hombre en la Luna y devolverlo a salvo a la Tierra. No hay un solo proyecto espacial en este período que pueda ser más impresionante para la humanidad, o más importante para la exploración del espacio a largo plazo; y ninguno será tan difícil o costoso de lograr». <<

[119] La Unión de Científicos Preocupados mantiene una base de datos de todos los satélites en órbita en www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellitedatabase#.WPELGqK1tnJ, actualizada «cada trimestre, aproximadamente». Para el 31 de diciembre de 2016, había 1 459. Para el 31 de agosto de 2017, había 1 738. <<

[120] Corona se llamó Discoverer; Zenit se llamó Kosmos. Para un estudio de caso completo de los satélites del Programa de Apoyo para Defensa que también discute la dinámica política en general y las implicaciones de los programas militares, véase Jeffrey T. Richelson, *America's Space Sentinels: The History of the DSP and SBIRS Satellite Systems*, 2a ed., Lawrence, University Press of Kansas, 2012. <<

[121] Joan Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions: America's Quest to Dominate Space*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 2009, p. 81. <<

[122] T.S. Subramanian, «An ISRO Landmark», *Frontline* 18:23, 10-23 de noviembre de 2001, www.frontline.in/static/html/fl1823/18230780.htm; Habib Beary, «India's Spy Satellite Boost», BBC News, 27 de noviembre de 2001, news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/1679321.stm; PTI, «India to Launch Spy Satellite on April 20», *Times of India*, 8 de abril de 2009, timesofindia.indiatimes.com/india/India-to-launch-spy-satellite-on-April-20/articleshow/4374544.cms (consultado el 12 de abril de 2017). <<

[123] European Global Navigation Satellite Systems Agency, «Galileo Is the European Global Satellite-based Navigation System», www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/galileo-european-global-satellite-based-navigation-system; «European Parliament Resolution of 10 July 2008 on Space and Security (2008/2030/INI)», www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2008-0365+0+DOC+XML+V0//EN; Galileo GNSS, «European Satellite Systems in Service of European Security», 14 de junio de 2016, galileognss.eu/european-satellite-systems-in-service-of-european-security; véase también Vincent Reillon y Patryk Pawlak, «EU Space Policy: Industry, Security and Defence», Galileo GNSS, 13 de junio de 2016, galileognss.eu/eu-space-policy-industry-security-and-defence. (Todos consultados el 14 de abril de 2017). <<

[124] Trudy E. Bell and Tony Phillips, «A Super Solar Flare», NASA Science, 6 de mayo de 2008, science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/06may_carringtonflare (consultado el 6 de septiembre de 2017).
<<

[125] John Dos Passos, «The House of Morgan», *Nineteen Nineteen*, libro 2 de U.S.A., Boston, Houghton Mifflin, 1932/1960, pp. 293-294. <<

[126] Dwight D. Eisenhower, «Farewell Address: Transcript», 17 de enero de 1961, sec.IV, University of Virginia Miller Center, millercenter.org/the-presidency/presidential-speeches/january-17-1961-farewell-address (consultado el 18 de abril de 2017). <<

[127] Matthew Weiner, creador, *Mad Men*, AMC, temporada 2, episodio 10, «The Inheritance». <<

[1] Se puede decir mucho más acerca de la invisibilidad. Todo tipo de personas han tenido experiencias múltiples y distintas de la invisibilidad: los que escriben los cuentos de hadas, los inventores de pociones mágicas, los devotos de varias religiones, los practicantes de la comunicación incorpórea, los niños temerosos, los novelistas, los teóricos de cuerdas, los matemáticos, los músicos, los ancianos, las personas sin hogar, los pobres, los que sufren los efectos del prejuicio y la discriminación. Para una amplia discusión del tema, véase Philip Ball, *Invisible: The Dangerous Allure of the Unseen*, Chicago, University of Chicago Press, 2015. Los capítulos iniciales examinan desarrollos simultáneos en el misticismo, la magia, la tecnología moderna y la ciencia moderna; en un capítulo posterior, «Las personas que no pueden ser vistas», Ball describe la invisibilidad de las personas que se consideran marginales como «una condición impuesta por la visión selectiva de los demás, un punto ciego fabricado que la imaginación recubre» (p. 191). Véase también la discusión de múltiples invisibilidades en la revisión del libro de Ball por Kathryn Schulz, «Sight Unseen», *The New Yorker*, 13 de abril de 2015, pp.75-79. Schulz señala que «[c]asi todo lo que nos rodea es imperceptible, casi todo lo demás es exasperantemente difícil de percibir, y lo que queda prácticamente no sirve de nada... En cuanto a la parte que existe en nuestro propio planeta o cerca de él, lo que es visible para nosotros en cualquier sentido literal: es un decimal que se atenúa hasta casi la nada, una mota de polvo en el traspáis cósmico» (p. 78). <<

[2] Antony van Leeuwenhoek, «Observations communicated to the Publisher by Mr. Antony van Leeuwenhoek, in a Dutch Letter of the 9th of Octob. 1676 here English'd: Concerning little Animals by him observed in Rain-Well-Sea- and Snow water as also in water wherein Pepper had lain infused», *Philosophical Transac. Royal Society* 1677:12, 25 de marzo de 1677, pp. 828-829, páginas digitalizadas en rstl.royalsocietypublishing.org/content/12/133/821.full.pdf+html (consultado el 17 de enero de 2018). <<

[3] El número 7 tenía asociaciones abundantes desde mucho antes que los tiempos de Newton, incluidas las siete notas de la escala heptatónica, los siete «planetas clásicos» y los siete días de la semana. Véase, por ejemplo, Robert Finlay, «Weaving the Rainbow: Visions of Color in World History», *Journal World History* 18: 4, 2007, p. 387; June W. Allison, «Cosmos and Number in Aeschylus' Septem», *Hermes* 137: 2, 2009, p. 130. <<

[4] *Refrangibilidad* simplemente significa ‘refracción’. Un rayo de luz que se refracta se desvía, o se curva, de la trayectoria recta por la que, de otro modo, viajaría. Lo que causa la flexión es algún tipo de superficie que encuentra el rayo de luz, o algún cambio en el medio a través del cual ha estado pasando. Dice Newton sobre la necesidad de los experimentos: «Usted sabe que el método correcto para investigar las propiedades de las cosas es deducirlas a través de la experimentación. Puedo decirle que la teoría que propongo se mostró ante mí, no por inferir que es así porque no es de otra manera, es decir, no por deducirla solo de una confutación de suposiciones contrarias, sino derivándola de los experimentos que concluyeron de manera positiva y directa. Por lo tanto, la forma de examinarla es considerar si los experimentos que propongo prueban las partes de la teoría a las que se aplican; o llevar a cabo otros experimentos que la teoría pueda sugerir que se examinen». Isaac Newton, «A Serie’s of Quere’s propounded by Mr. Isaac Newton, to be determin’d by Experiments, positively and directly concluding his new Theory of Light and Colours; and here recommended to the Industry of the Lovers of Experimental Philosophy, as they were generously imparted to the Publisher in a Letter of the said Mr. Newtons of July 8. 1672», *Philosophical Transac. Royal Society* 85, 15 de julio de 1672, p. 5004. <<

[5] «... por aproximadamente $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{3}$ de pulgada en cualquiera de los extremos del espectro, la luz de las nubes parecía estar un poco teñida de rojo y violeta, pero tan tenuemente, que sospeché que la tintura podía del todo o en gran medida surgir de algunos rayos del espectro dispersos de manera irregular por algunas desigualdades en la sustancia y el pulido del vidrio...» en sir Isaac Newton, Knt., *Opticks: or, A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*, 4a ed. corr., Londres, William Innys, 1730, libro electrónico del Proyecto Gutenberg 33504, 2010, p. 30, www.gutenberg.org/files/33504/33504-h/33504-h.ht (consultado el 19 de abril de 2017). <<

[6] Newton, *Opticks*, Qu. 25, primera oración. <<

[7] William Herschel, «Investigation of the Powers of the prismatic Colours, to heat and illuminate Objects; with Remarks, that prove the different Refrangibility of radiant Heat...», *Philosophical Transac. Royal Society* 90, 1800, p. 272. Varias décadas después, otro inglés describió en sus escritos, que en inglés tienen un indiscutible tono victoriano, el descubrimiento de Herschel: «El experimento comprobó que, además de sus rayos luminosos, el sol emitía otros de baja refrangibilidad, que poseían gran poder calorífico, pero incompetentes para excitar la visión». J. Tyndall, «On Calorescence», *Philosophical Transac. Royal Society* 156, 1866, p. 1. También hay evidencia de que investigadores franceses e italianos habían comenzado, de modo mucho menos organizado, a investigar los rayos invisibles que producían calor; véase James Lequeux, «Early Infrared Astronomy», *J. Astronomical History and Heritage* 12:2, 2009, pp. 125-126. El término *infrarrojo* no se empezó a utilizar hasta cerca de 1880; véase S.D. Price, *History of Space-Based Infrared Astronomy and the Air Force Infrared Celestial Backgrounds Program*, AFRL - RV - HA - TR - 2008-1039, Hanscom AFB, Massachusetts, Air Force Research Laboratory, 2008, p. 36. <<

[8] A principios de 2016, un detector llamado Advanced LIGO midió por primera vez un fenómeno similar: las ondas gravitacionales, compuestas no de fotones sino de gravitones, con longitudes de onda del tamaño del sistema que las generaban, de hasta 1 000 km. LIGO se construyó para detectar el funcionamiento de la gravedad (no de la luz) a escala cósmica, y marca el principio de una era completamente nueva en la detección astrofísica. <<

[9] Al ser la primera forma invisible de radiación electromagnética en descubrirse, las ondas de radio —que permiten «que las comunicaciones se transmitan a través del éter inalámbrico generalizado»— se volvieron (al igual que la recién descubierta magia invisible de la electricidad) la prueba y beneficiaria de siglos de inclinaciones espiritistas y suposiciones ocultistas. Ball, *Invisible*, p. 101 y capítulo 4, «Rays That Bridge Worlds», pp. 90-134. <<

[10] C.J. Seymour Baker, «Correspondence: Camouflage», *J. Royal Society of Arts*, 19 de marzo de 1920, p. 298; Michael Taussig, «Zoology, Magic, and Surrealism in the War on Terror», *Critical Inquiry* 34:S2, invierno de 2008, S98-S116. <<

[11] Sun Tzu, *The Art of War*, traducción al inglés de Lionel Giles, capítulo 1, «Laying Plans», sec. 18-19, en *The Strategy Collection: The Art of War, On War, The Prince*, Waxkeep Publishing, 2013, loc. 11794. <<

[12] Paul Daniel Emanuele, «Vegetius and the Roman Navy: Translation and Commentary, Book Four», pp. 31-46, «Part II: Translation, XXXVII», 28, tesis de maestría, Department of Classics, University of British Columbia, 1974. <<

[13] Ball, *Invisible*, p. 241. <<

[14] Claudia T. Covert, «Art at War: Dazzle Camouflage», *Art Documentation: J. Art Libraries Society of North America* 26:2, otoño de 2007, pp. 50-51. Los franceses crearon su servicio de camuflaje en 1915, los británicos en 1916 y los estadounidenses en 1917. Charlie Chaplin adoptó el disfraz de árbol para la película de 1918 *¡Armas al hombro!*, en la que «daba vueltas corriendo vestido con un disfraz de árbol y derribando soldados alemanes en el frente», Ball, *Invisible*, p. 242. <<

[15] Ball, *Invisible*, pp. 244-250. <<

[16] Los primeros tres ejemplos los cita Ball en *Invisible*: un mago que trabajaba con el ejército británico durante la Primera Guerra Mundial, en un intento de esconder a los aviones de los focos reflectores, los pintó con barniz que luego recubrió de polvo negro antes de que se secase (p. 249); un ingeniero japonés, Susumu Tachi, creó un material llamado *retro-reflectum*, hecho de pequeñas cuentas que reflejan la luz y que transmite sobre la parte delantera de un objeto una vista exacta de lo que está detrás del objeto (pp. 229-230); en Corea del Sur se está diseñando un rascacielos rodeado de cámaras apuntadas hacia fuera y se recubrirá de LEDs que proyectarán versiones mejoradas de lo que graban las cámaras (pp. 231-232). El método de usar múltiples lentes para desaparecer se desarrolló en la universidad de Rochester; depende de cuatro lentes estándar de diferentes distancias focales acomodados en una línea y separados por distancias cuidadosamente calculadas, www.rochester.edu/newscenter/watch-rochester-cloak-uses-ordinary-lenses-to-hide-objects-across-continuous-range-of-angles-70592/ (consultado el 19 de julio de 2015). <<

[17] Chen-Pang Yeang, «The Study of Long-Distance Radio-Wave Propagation, 1900-1919», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 33:2, 2003, pp. 369-403. <<

[18] El costo inicial de una llamada a Londres era de 75 dólares por los primeros tres minutos; después de siete años más de investigación y desarrollo intensivo, el costo inicial de una llamada a Tokio era de 39 dólares por tres minutos. Véase AT&T, «The History of AT&T», www.corp.att.com/history (consultado el 19 de abril de 2017). <<

[19] Karl G. Jansky, «Directional Studies of Atmospheric at High Frequencies», *Proc. Institute of Radio Engineers* 20, 1932, p. 1920; Karl G. Jansky, «Electrical Disturbances Apparently of Extraterrestrial Origin», *Proc. IRE* 21:10, octubre de 1933, pp. 1387-1398. <<

[20] Mientras pronunciaba un discurso ante la XCIV reunión de la Sociedad Astronómica Estadounidense el 23 de marzo de 1956, Cyril M. Jansky Jr., también ingeniero de radio, se refirió al trabajo de su hermano Karl sobre el ruido como «un matrimonio, en efecto» entre la ciencia pura y la ciencia aplicada, señalando que él mismo (y, por implicación, la mayoría de la gente que trabajaba en ciencia y tecnología) «solía definir a un científico puro como alguien que, si veía una aplicación práctica de lo que hacía, de alguna manera se sentía contaminado por el comercialismo, y a un científico aplicado como alguien que, si no podía ver una aplicación práctica de su trabajo, perdía el interés». C.M. Jansky Jr., «My Brother Karl Jansky and His Discovery of Radio Waves from Beyond the Earth», *Cosmic Search* 1:4, www.bigear.org/vol1no4/jansky.htm (consultado el 3 de noviembre de 2015). <<

[21] Grote Reber, «A Play Entitled the Beginning of Radio Astronomy», *J. Royal Astronomical Society of Canada* 82:3, junio de 1988, p.94, adsabs.harvard.edu/full/1988JRASC..82...93R (consultado el 19 de abril de 2017). <<

[22] Para la propia descripción de Jansky sobre este aparato, véase Jansky, «Directional Studies», pp. 4-7. <<

[23] Lisa Grossman, «New Questions about Arecibo's Future Swirl in the Wake of Hurricane Maria», *ScienceNews*, 29 de septiembre de 2017, www.sciencenews.org/blog/science-public/new-questions-about-arecibos-future-swirl-wake-hurricane-maria (consultado el 28 de octubre de 2017). <<

[24] Cheng Yingqi y Yang Jun, «Massive Telescope's 30-ton 'Retina' Undergoes Final Test», *China Daily*, 23 de noviembre de 2015, www.chinadaily.com.cn/china/2015-11/23/content_22509826.htm (consultado el 19 de abril de 2017). <<

[25] Inicialmente los británicos llamaron a su versión RDF o *radio direction finding*. Véase la explicación breve y elocuente sobre el radar hecha por Robert Watson-Watt, experto en radares del Reino Unido en la Segunda Guerra Mundial, en J.T. Randall, «Radar and the Magnetron», *J. Royal Society of Arts* 94:4715, 12 de abril de 1946, p. 304. <<

[26] «[M]ediante el uso de [un] generador de ondas estacionarias y aparatos receptores colocados correctamente... es factible transmitir señales inteligibles o controlar o activar a voluntad uno o todos los aparatos de este tipo para muchos otros propósitos importantes y valiosos, como para.. determinar la posición relativa de un cuerpo o la distancia del mismo con referencia a un punto dado o para determinar el curso de un objeto en movimiento, como un barco en el mar, la distancia recorrida por el mismo o su velocidad, o para producir muchos otros efectos útiles a una distancia que dependen de la intensidad, longitud de onda, dirección o velocidad de movimiento». Nikola Tesla, «Art of Transmitting Electrical Energy Through the Natural Medium», US Patent 787, 412; solicitud presentada el 16 de mayo de 1900; renovada el 17 de junio de 1902; especificación fechada el 18 de abril de 1905, www.teslauniverse.com/nikola-tesla/patents/us-patent-787412-art-transmitting-electrical-energy-through-natural-mediums (consultado el 19 de abril de 2017). En 1917, Tesla propuso que su mismo invento inalámbrico que ya había sido usado para detectar mineral subterráneo podía detectar un submarino, declaración parecida a la de Marconi en 1922. «Nikola Tesla Tells of Country's War Problems», *New York Herald*, 15 de abril de 1917, www.teslauniverse.com/nikola-tesla/articles/nikola-tesla-tells-countrys-war-problems (consultado el 19 de abril de 2017). En cuanto a los esfuerzos tempranos en varios países, véase Louis Brown, *A Radar History of World War II: Technical and Military Imperatives*, Bristol, Reino Unido y Filadelfia, Pensilvania, Institute of Physics Publishing, 1999, pp. 40-49. <<

[27] Citado en Andrew J. Butrica, *To See the Unseen: A History of Planetary Radar Astronomy*, NASA History Series: NASA SP -4218 (Washington, DC: NASA, 1996), p. 1, ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19960045321.pdf (consultado el 19 de abril de 2017). <<

[28] Butrica, *See the Unseen*, pp. 1-2. <<

[29] Brown, *Radar History of WWII*, p. ix. <<

[30] *Idem.*, p. xi. <<

[31] Para una vision detallada de los múltiples obstáculos en la Unión Soviética, además de las tecnologías rivales, véase John Erickson, «Radio-Location and the Air Defence Problem: The Design and Development of Soviet Radar 1934-40», *Science Studies* 2:3, julio de 1972, pp.241-263. Respecto a la detección de sonido en los sistemas de alerta temprana desde 1917, incluyendo los «espejos acústicos» después de la Primera Guerra Mundial, veáse David Zimmerman, *Britain's Shield: Radar and the Defeat of the Luftwaffe*, Stroud, Reino Unido, Amberly, 2013, pp.23-50; el libro también discute ampliamente el trasfondo político y científico del desarrollo del radar en Gran Bretaña. Los obstáculos para el desarrollo del radar de onda corta en Gran Bretaña además de Alemania se discuten en Bernard Lovell, «The Cavity Magnetron in World War II: Was the Secrecy Justified?», *Notes and Records of the Royal Society of London* 58:3, septiembre de 2004, pp. 286-91. Véase también Brown, *Radar History of World War II*, pp. 40-91, incluyendo este ejemplo tan terrible de Alemania a mediados de la década de 1930: la Kriegsmarine ordenó a los ingenieros que trabajaban en un sistema temprano de radares que abandonaran el tubo de rayos catódicos, puesto que el tubo era demasiado delicado para usarse a bordo de las naves. Poco tiempo después, se hundió un barco que transportaba un prototipo de radar que tenía instalado un tubo de ese tipo; murió toda la tripulación, pero el tubo de rayos catódicos siguió funcionando (p. 75). En cuanto al infrarrojo, Brown señala que aunque se había generalizado la detección infrarroja después de la guerra, sus aplicaciones durante la guerra estaban severamente limitadas por el hecho de aún no existían semiconductores buenos y a que el efecto fotoeléctrico todavía no se dominaba del todo (p. 41). <<

[32] Brown, *Radar History of World War II*, pp. 33-49. Véase también Zimmerman, *Britain's Shield*, pp. 53-55. <<

[33] Zimmerman, *Britain's Shield*, pp. 65-70, presenta información detallada sobre las medidas defensivas. <<

[34] Un historiador de tecnología alemán escribe que «no había interacción intensiva entre los científicos y los servicios; había un bajo nivel de integración de los componentes de un sistema; y era débil la eficacia operativa»; Walter Kaiser, «A Case Study in the Relationship of History of Technology and of General History: British Radar Technology and Neville Chamberlain's Appeasement Policy», *Icon* 2, 1996, p. 38. Sobre la necesidad extrema del secreto, Brown señala en el pie de una foto de 1938, incluida originalmente en una compilación de naves de las armadas del mundo editada en 1939, que el barco exhibía de manera notoria una antena Seetakt (una caja grande, pálida, algo plana) frente al palo de trinquete, pero que «las autoridades navales entregaron la fotografía para su publicación, pues a todos los habían mantenido a oscuras sobre la nueva técnica y, por supuesto, eran incapaces de reconocer que algo que parecía un colchón fuera la marca de un arma secreta» (*Radar History of World War II*, p. 32). <<

[35] Brown, *Radar History of World War II*, pp. 40-96, 280-281. <<

[36] Zimmerman, *Britain's Shield*, pp. 184, 186-188; Kaiser, «Case Study: British Radar», pp. 34-35, 37; Brown, *Radar History of World War II*, pp. 64, 82-83. Kaiser escribe, «La razón de los extraordinarios logros de la tecnología de radar británica se encuentra principalmente en una política militar alerta y en una estrategia previsor». El enfoque de Gran Bretaña fue formar «cuadros organizados de científicos para ayudar a los servicios». Entre 1937 y 1938, el gobierno compiló una lista de trabajadores calificados adecuados para el empleo en la producción de guerra; además, con el aporte de la Royal Society, universidades e instituciones técnicas, desarrolló un registro de voluntarios altamente calificados para el servicio de guerra. «Fue esencial la creación y el uso exitoso de estructuras institucionales para dirigir el difícil proceso de transformación de la ciencia en tecnología», sostiene Kaiser. <<

[37] Robert Watson-Watt era el actor más visible de la Radio Research Board en el esfuerzo de Gran Bretaña por desarrollar el radar. Mucho de su trabajo en la Estación de Investigación de Radio en Slough estaba relacionado con la ionosfera. El 12 de febrero de 1935, justo dos semanas después de que lo contactara el director de investigación científica del Ministerio Aéreo, envió un memorándum secreto al ministerio titulado «La detección de aeronaves por métodos de radio» y señaló en su carta de introducción que «resulta tan favorablemente que todavía estoy nervioso de que nos hayamos equivocado con alguna potencia de 10, pero ni siquiera eso sería fatal». El borrador final se llamó «La detección y localización de naves aéreas por métodos de radio». Uno de los biógrafos de Watson-Watt se refirió al memorándum como «el nacimiento político del radar»; el mismo Watson-Watt llegó a decir que «marcaba el nacimiento del radar». Butrica, *See the Unseen*, p. 3 n. 9. Para la carta de presentación, véase «Radar Personalities: Sir Robert Watson-Watt», www.radarpages.co.uk/people/images/wwfig3.jpg (consultado el 19 de abril de 2017). Después de la guerra, el mismo Watson-Watt rescribió el memorándum en un lenguaje accesible al principio de un artículo muy legible, «Radar Defense Today—and Tomorrow», *Foreign Affairs* 32:2, enero de 1954, pp. 230-243, esp. 231-234. Para un análisis técnico posterior, también legible, del memorándum, véase B. A. Austin, «Precursors to Radar: The Watson-Watt Memorandum and the Daventry Experiment», *Int. J. Electrical Engineering Education* 36, 1999, pp. 364-372. <<

[38] Zimmerman, *Britain's Shield*, pp. 208-235, 263-279. <<

[39] Brown, *Radar History of World War II*, pp. 49, 56, 287. <<

[40] Véase, por ejemplo, Lovell, «Cavity Magnetron in World War II», pp. 283-94; J. T. Randall, «Radar and the Magnetron», *J. Royal Society of Arts* 94:4715 (12 de abril de 1946), p. 313; Butrica, *See the Unseen*, pp. 3-6. Raytheon produjo el 80 % de estos, según «Raytheon Company History», www.raytheon.com/ourcompany/history/ (consultado el 17 de enero de 2016). <<

[41] El fracaso de la inteligencia en relación con el ataque de Pearl Harbor, así como las cuestiones sobre el papel desempeñado por la insuficiente comunicación entre las ramas de los servicios armados, por el presidente Roosevelt y por la «sorpresa técnica» son todos temas muy complicados. Sin embargo, específicamente en relación con el radar, Butrica declara en un extenso párrafo con notas a pie de página: «Un SCR-270 móvil, colocado en Oahu como parte del Sistema de Alerta de Aeronaves del Ejército, detectó aviones japoneses entrantes casi 50 minutos antes de que bombardearan las instalaciones de Estados Unidos... Se ignoró la advertencia, porque un oficial confundió los ecos del radar con un vuelo esperado de B-17» (Butrica, *See the Unseen*, p. 5). En otra parte, citando otras fuentes, el historiador Alvin Coox afirma: «Dos hombres alistados en el Ejército que estaban ajustando un nuevo conjunto de radares detectaron los primeros escuadrones aéreos importantes, pero se descartó esa inteligencia crucial porque se esperaba que esa mañana llegaran los B-17 "Fortaleza Volante" desarmados de California». «The Pearl Harbor Raid Revisited», *J. Amer.-East Asian Relations* 3:3 — *Special Edition: December 7, 1941: The Pearl Harbor Attack*, otoño de 1994, p. 220. Más recientemente, un historiador contratado por el Mando de Comunicaciones y Electrónica del Ejército de Estados Unidos escribe en el *CERDEC Monthly View* de julio de 2009, publicado por el Centro de Investigación, Desarrollo e Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica del Ejército, en un artículo que honra el desempeño «impecable» del radar mismo:

El 7 de diciembre de 1941, tres radares SCR-270 en operación en la costa norte de Oahu registraron impulsos entre las 4 y 7 h, indicando que se acercaba lo que resultarían ser dos aviones de reconocimiento japoneses... Una de las estaciones de radar informó los hallazgos a un teniente de la Marina de servicio en el Centro de Información en Fort Shafter, Hawai. El teniente lo reportó a otro teniente de la Marina, quien determinó que la Marina «tenía un vuelo de reconocimiento, y de eso se trataba este vuelo».

A las 7:02 h, el radar detectó un avión que se aproximaba a Oahu a una distancia de aproximadamente 210 kilómetros. Los operadores de radar de los Cuerpos de Señales llamaron por teléfono al Centro de Información en Fort Shafter e informaron que «llegaba una gran cantidad de aviones desde el norte, tres puntos al este». El operador de Fort Shafter informó a su superior

que el operador de radar había dicho que nunca había visto algo así, y que era «un vuelo tremendamente grande».

(Floyd Hertweck, «‘It was the largest blip I’d ever seen’: Fort Monmouth Radar System Warned of Pearl Harbor Attack», cecom.army.mil/historian/pubArtifacts/Articles/2010-01-01_0900-FILE-CERDEC%20Monthly%20View%20July%202009%20-%20SCR%20270.pdf (consultado el 11 de diciembre de 2015; enlace deshabilitado). <<

[42] Brown, *Radar History of World War II*, pp. x, 5-6. <<

[43] Brown, *Radar History of World War II*, pp. 279-280. Martin Harwit, antiguo director del Museo Nacional de Aire y Espacio, también entiende la tecnología en un sentido muy determinante: «Los descubrimientos observacionales más importantes resultan de innovaciones tecnológicas sustanciales en la astronomía observacional, y un instrumento novedoso pronto agota su capacidad de descubrimiento». Harwit, *Cosmic Discovery*, pp. 18-19. <<

[44] T.R. Kennedy Jr., «Theory of Radar: More Information on Radio Detection Device Is Made Public», *The New York Times*, 29 de abril de 1945; William S. White, «Secrets of Radar Given to World: Its Role in War and Uses for Peacetime Revealed in Washington and London», *The New York Times*, 15 de agosto de 1945. <<

[45] Randall, «Radar and the Magnetron», p. 314. <<

[46] Citado en Kaiser, «Case Study: British Radar», p. 38. Las mujeres fueron cruciales para esa «eficiencia operativa», porque eran ellas quienes se encargaban de monitorear de cerca las sutilezas de las señales entrantes, los «pequeños contoneos en las huellas del osciloscopio», en las estaciones de alerta temprana de Chain Home. El radar, declaró Watson-Watt, era «el secreto que guardaban mil mujeres» (Watson-Watt, «Radar Defense Today», p. 230). Brown cita una explicación australiana sobre por qué las mujeres demostraron ser tan valiosas: «Las mujeres sin duda eran las mejores operadoras de radar, porque observaban la pantalla» (Brown, *Radar History of World War II*, pp. 2, 64). Kaiser también reconoce el papel que desempeñaron las mujeres: «Debido a una especie de reconocimiento de patrones inconsciente, las operadoras, en particular la Fuerza Aérea Auxiliar de Mujeres (las WAAF), adquirieron la habilidad de detectar señales incluso por debajo del nivel de ruido», (p. 38). <<

[47] Brown, *Radar History of World War II*, pp. x, 6. <<

[48] En 1946 Watson-Watt describió en términos alegres la cooperación del Reino Unido durante la guerra en distintos sectores con el esfuerzo de desarrollar y mejorar el radar: «una cooperación que me parece no fue superada ni tuvo igual en ninguna parte del esfuerzo de guerra. Era una cooperación en la que el filósofo natural y el ingeniero universitario trabajaban con el físico y el matemático y con obreros de todo tipo en la industria, con hombres de las instituciones gubernamentales y con las fuerzas uniformadas, desde el rango más alto hasta el más bajo, escribiendo una historia reconfortante y feliz sobre la interacción entre todos los factores contribuyentes necesarios para ganar la guerra». Randall, «Radar and the Magnetron», p. 314. <<

[49] Para detalles sobre la investigación temprana de la astronomía radar planetaria, véase Butrica, *See the Unseen*, pp. 7-27 <<

[50] Lovell descubrió este hecho tardíamente en 1977, mientras visitaba el radiotelescopio en Effelsberg, cerca de Bonn, y discutía la colaboración entre Jodrell Bank y las instalaciones alemanas, cuyo director era Otto Hachenberg. Durante la cena, Hachenberg mencionó el tema de hacer ciencia durante los años de la guerra y le dijo a su contraparte Lovell: «Conozco bien su ocupación de la guerra porque de joven, mientras trabajaba en Telefunken, me mandaron a investigar el equipo de un bombardero que chocó cerca de Rotterdam en 1943» (Lovell, «Cavity Magnetron in WWII», p. 288). <<

[51] Butrica, *See the Unseen*, pp. 21-26. <<

[52] William E. Burrows, *This New Ocean: The Story of the First Space Age*, Nueva York, Random House, 1998, pp. 67-68. <<

[53] Véase, por ejemplo, Burrows, *This New Ocean*, pp. 94-123; David H. DeVorkin, *Science with a Vengeance: How the Military Created the US Space Sciences after World War II*, Nueva York, Springer-Verlag, 1992, pp. 34-57. Hitler, de hecho, había ordenado la destrucción de las instalaciones alemanas de investigación y de los archivos de investigación, y a Wernher von Braun y sus colegas se les había ordenado que salieran de las instalaciones principales de V-2 en Peenemünde. Como escribe Burrows, «[s]in embargo, en cuanto a los coheteros de Peenemünde, habría sido impensablemente estúpido deshacerse del único as bajo la manga que les quedaba para negociar sus futuros». Von Braun entendía que esos archivos y esos coheteros «eran un tesoro de datos sobre la tecnología operativa de los misiles balísticos del mundo, y el kit básico para ir al espacio». Así que su asistente y un grupo de tristes soldados guardaron en cajas 14 ton de documentos irremplazables e indescriptiblemente preciosos, cargaron las cajas hasta una cámara acorazada dentro de un pozo minero abandonado y dinamitaron la entrada, sellando así el cuarto. Mientras tanto, los coheteros maniobraban para entregarse a los estadounidenses, en una operación que llegó a conocerse como Paperclip (Burrows, *This New Ocean*, pp. 108-116). <<

[54] Comentario a un colega, citado en Jonathan Allday, *Apollo in Perspective: Spaceflight Then and Now*, Bristol y Filadelfia, Institute of Physics Publishing, 2000, p. 85 n. 1. <<

[55] La primera ronda de cien V-2 producidos en Estados Unidos habría de construirse a partir de más de 360 ton métricas de piezas de V-2 sacadas rápidamente de la fábrica subterránea de Mittelwerk en Alemania a finales del verano de 1945, y transportadas a Estados Unidos por la Misión Especial V-2 del Ejército de Estados Unidos antes de que el ejército soviético tomara la zona. Sin embargo, para enero de 1946 ya era claro que muchos componentes estaban dañados o simplemente faltaban. Parecía que solo se podrían ensamblar 25 V-2 con las partes disponibles y que habría que hacerlo rápidamente, pues algunos componente se estaban deteriorando ahí sentados en el sudoeste desértico. DeVorkin, *Science With a Vengeance*, pp. 48, 61-62. <<

[56] DeVorkin, *Science with a Vengeance*, pp. 154, 67. DeVorkin sostiene que la guerra llevaba las riendas y no la ciencia, y escribe: «Los objetivos militares en efecto se habían convertido en objetivos científicos dentro de las ojivas de un misil V-2». <<

[57] Watson-Watt, «Radar Defense Today», p. 240. <<

[58] Carta del Secretario de la Marina James Forrestal a Merwyn Bly, Ingeniero Principal del Departamento de Barcos, 4 de diciembre de 1945, en ocasión de la entrega del Premio al Servicio Civil Distinguido a Bly por su papel en el desarrollo del *chaff*, wikipedia.org/wiki/Chaff_%28countermeasure%29#/media/File:Letter_from_Secretary_of_the_Navy,_James_Forrestal,_to_Merwyn_Bly.jpg (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[59] Brown, *Radar History of World War II*, pp.295-297. El *chaff* contemporáneo a menudo se produce de alambre delgado recubierto de aluminio o de fibra de vidrio. <<

[60] «Counter Radar Devices», *Science News Letter for December 8, 1945*, p. 355; Col. Arthur P. Weyermuller, USAF, «Stealth Employment in the Tactical Air Force (TAF)—A Primer on Its Doctrine and Operational Use», Carlisle, Pensilvania, US Army War College, 1992, p. 2, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB443/docs/area51_18.PDF (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[61] Brown, *Radar History of World War II*, p. 288-298. <<

[62] USAF, «Air Force Stealth Technology Review», 10-14 de junio de 1991, «Tab A: Value of Stealth», nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB443/docs/area51_14.PDF (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[63] P. Ya. Ufimtsev, *Method of Edge Waves in the Physical Theory of Diffraction* (Izd-Vo Sovetskoye Radio, 1962), trad. Foreign Technology Division, Air Force Systems Command, Dayton, Ohio, Wright-Patterson Air Force Base, 1971, p. viii, v. En cuanto a Skunk Works, en la actualidad alrededor de 90 % de sus proyectos están clasificados, y la mayoría son «tan secretos que los empleados no pueden contarse unos a otros en qué están trabajando». W.J. Hennigan, «‘Chief Skunk’ at a Hush-Hush Weapons Complex», *Los Angeles Times*, 13 de mayo de 2012. Véase «Skunk Works Critique of Secrecy and Security Policies», Federation of American Scientists, Project on Government Secrecy, fas.org/sgp/othergov/skunkworks.html (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[64] «The Area 51 File: Secret Aircraft and Soviet MiGs—Declassified Documents Describe Stealth Facility in Nevada: National Security Archive Electronic Briefing Book No. 443», ed. Jeffrey T. Richelson, National Security Archive, George Washington University, 29 de octubre de 2013, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB443/ (consultado el 20 de abril 2017). Otro enfoque reciente a las naves furtivas vuelve a visitar las posibilidades del *cloaking* o encubrimiento. Ingenieros en la Iowa State University desarrollaron una «meta-piel» flexible que atrapa radares: pequeños aros divididos y rellenos de una aleación de metal líquido e incrustados en múltiples capas de silicón que pueden estirarse/sintonizarse para capturar diferentes longitudes de onda. Cuando un objeto —por ejemplo, hipotéticamente, un sucesor del bombardero B - 52 — se envuelve en la meta-piel, se suprime el radar desde todas las direcciones y ángulos. Siming Yang, Peng Liu, Mingda Yang, Qiugu Wang, Jiming Song y Liang Dong, «From Flexible and Stretchable Meta-Atom to Metamaterial: A Wearable Microwave Meta-Skin with Tunable Frequency Selective and Cloaking Effects», *Scientific Reports* 6, 2016, p. 21921, doi: 10.1038/srep21921; «Iowa State engineers develop flexible skin that traps radar waves, cloaks objects», Iowa State University, 4 de marzo de 2016, boletín de prensa, www.news.iastate.edu/news/2016/03/04/meta-skin (consultado el 20 de abril de 2017). En cuanto a las diferencias de diseño entre el F - 117 A y el B-2, la ley de Moore establece 6.67 ciclos de duplicación en 10 años, lo que equivale a un factor de aumento de 100 en el poder de cómputo. <<

[65] En una reunión organizada por SETI (por las siglas en inglés para Search for Extraterrestrial Intelligence, o Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre) en 1976, Bernard Oliver, vicepresidente de investigación y desarrollo de Hewlett Packard, citó un informe de 1971 del Proyecto Cyclops de la NASA (en el que participó él) que presentaba el término *water hole* o *abrevadero*: «La Naturaleza nos ha proporcionado una banda bastante angosta en esta mejor parte del espectro, que parece estar marcada especialmente para el contacto interestelar. Reside entre las líneas espectrales del hidrógeno (1420 MH z) y el radical hidroxilo (1662 MH z). Alzándose como el Om y el Um (los guardianes de muchos templos budistas) de cada lado de una puerta de entrada, estas dos emisiones de los productos de la disociación del agua invitan a toda vida basada en el agua a buscar a sus semejantes en el milenar punto de reunión de todas las especies: el abrevadero». Oliver después comenta: «Parece fácil descartarlo como una tontería romántica y chovinista, pero ¿acaso lo es? Sugerimos que es chovinista y romántica, pero que es posible que no sea una tontería». Véase Bernard M. Oliver, «Colloquy 4— The Rationale for a Preferred Frequency Band: The Water Hole», SP -419 SETI, The Search for Extraterrestrial Intelligence, history.nasa.gov/SP-419/s2.4.htm (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[66] Para una reseña histórica de lo que generalmente se denomina como arma no letal, véase Ando Arike, «The Soft-Kill Solution: New Frontiers in Pain Compliance», *Harper's* (marzo de 2010), pp. 38-47. Sobre el sistema ADS de la USAF, Arike escribe: «La negación activa funciona como un gigantesco horno microondas al aire libre que utiliza un haz de radiación electromagnética para calentar la piel de sus objetivos a 130° F (54.4°C) y obligar a cualquiera que se encuentre en su paso a huir con dolor... pero sin heridas, insisten los oficiales, lo que la volvería una de las pocas armas en la historia militar promovidas como inocuas para sus objetivos» (p. 38). Queda evidente el grado en el que el ejército de Estados Unidos desea enfatizar la no letalidad y el impacto limitado si se consulta la página web del Departamento de Defensa para Programa de Armas No Letales, titulado «Preguntas frecuentes sobre el Sistema de Negación Activa», en donde el Departamento de Defensa declara que 15 años de investigaciones y más de 13 000 voluntarios expuestos han comprobado que el arma (ADS) «es segura». En la P 9, se responde a la pregunta de si el sistema funciona como un horno microondas (respuesta: no) y se enfatiza la diferencia en el impacto de ondas milimétricas vs. microondas: «El ADS, un arma no letal de energía dirigida, proyecta por una duración muy corta (en el orden de unos cuantos segundos) un haz enfocado de ondas milimétricas en la frecuencia de 95 gigahertz (GHz). Un horno microondas opera en 2.45 GHz. En la frecuencia mucho más alta de 95 GHz, es muy corta la longitud de onda de la energía dirigida asociada, y solo es capaz físicamente de alcanzar una profundidad de la piel de alrededor de 0.3 milímetros. Un horno de microondas que opera en 2.45 GHz tiene una longitud de onda asociada mucho más larga, en el orden de varios centímetros, lo que permite una mayor penetración del material y más eficiencia para calentar comida. El ADS proporciona una sensación rápida y reversible de calentamiento en la superficie de la piel, que no penetra en el objetivo». jnlwp.defense.gov/About/FrequentlyAskedQuestions/ActiveDenialSystemFAQ (consultado el 20 de abril de 2016). <<

[67] Al igual que sus predecesores, el KH-11 era un asunto secreto. Craig Covault, detective de tecnología espacial y veterano de casi cuatro décadas de periodismo en *Aviation Week*, recientemente contó la emocionante historia de cómo él, su revista y el presidente del Estado Mayor Conjunto se organizaron para guardar el secreto, un acuerdo que se mantuvo hasta finales del verano de 1978, cuando el arresto de un empleado de la CIA que había vendido el manual KH-11 a los soviéticos por la irrisoria cantidad de 3 000 dólares abrió la puerta para que Covault escribiera sobre algo que ya era en parte público. Para no desenmascarar el programa por completo, dice que accedió a «sacar detalles a cuentagotas durante muchos números de la revista, y a no proclamar todo el programa de un tirón». Craig Covault, «Anatomy of a Scoop», *Aviation Week & Space Technology*, 9 de mayo de 2016, pp. 32-33. <<

[68] SAMOS, un experimento temprano del USAF con satélites de espionaje que arrancó poco después de Sputnik, no era el típico en donde se devolvía el rollo de fotografías. Tomaba fotos en película, las revelaba y escaneaba la película en órbita, y transmitía los datos por medio de un enlace de radio. Sin embargo, solo se podían transmitir unas cuantas docenas de imágenes al día, debido a la lentitud del sistema. Ya que se consideró que esta producción era insuficiente como para servirles, SAMOS se canceló a principios de los años sesenta. <<

[69] «Lockheed Martin Honors Pioneers of Recently Declassified National Reconnaissance Satellites», boletín de prensa, 25 de enero de 2012, Lockheed Martin, www.lockheedmartin.com/us/news/press-releases/2012/january/0125_ss_satellite.html (consultado el 21 de abril de 2017). <<

[70] Las cifras para la resolución y otras características varían de fuente en fuente. Entre las fuentes consultadas están las hojas de datos, reportes sobre desclasificación y otros materiales disponibles en el Center for the Study of National Reconnaissance, «The Gambit and Hexagon Programs», www.nro.gov/history/csnr/gambhex/index.html, incluyendo «Hexagon: America's Eyes in Space», septiembre de 2011, www.nro.gov/history/csnr/gambhex/Docs/Hex_fact_sheet.pdf. Otras fuentes fueron T.-W. Lee, *Military Technologies of the World*, vol. 1, Westport, Connecticut, Greenwood/Praeger Security International, 2009, pp. 142-149; «U.S. Satellite Imagery 1960-1999: National Security Archive Electronic Briefing Book No. 13», ed. Jeffrey T. Richelson, National Security Archive, George Washington University, abril de 1999, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB13/#26; Dwayne Day, «Reconnaissance and Signals Intelligence Satellites», US Centennial of Flight Commission, 2003, www.centennialofflight.net/essay/SPACEFLIGHT/recon/SP38.htm; Craig Covault, «Titan, Adieu», *Aviation Week & Space Technology* 163:16, 24 de octubre de 2005, pp. 28-29; John Pike, «Eyes in the Sky: Satellite Reconnaissance», *Harvard Int. Rev.* 10:6, agosto y septiembre de 1988, pp. 21-23, 26; Jeffrey Richelson, «Monitoring the Soviet Military», *Arms Control Today* 16:7, octubre de 1986, pp. 14-15; Jeffrey T. Richelson, «The NRO Declassified: National Security Archive Electronic Briefing Book No. 33», National Security Archive, George Washington University, septiembre de 2000, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB35/index.html; «Military Surveillance Sat», *Encyclopedia Astronautica*, www.astronautix.com/fam/milcesat.htm#chrono; National Reconnaissance Office, «Released Records», www.nro.gov/foia/declass/collections.html. (Todas las fuentes en línea consultadas el 25 y 26 de marzo de 2016). <<

[71] William E. Burrows, *The Survival Imperative: Using Space to Protect Earth*, Nueva York, Forge/Tom Doherty Associates, 2006, 141ff. <<

[72] «Mission to Comet Tempel 1: Deep Impact: About the Mission», Jet Propulsion Laboratory, NASA, www.jpl.nasa.gov/missions/deep-impact/ (consultado el 21 de abril de 2017). <<

[73] NASA, «The Deep Impact Spacecraft: Overview» (con enlaces a «Flight System» [sistema de vuelos], «Impactor» [impactador] e «Instruments» [instrumentos]), 11 de mayo de 2005, www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact/spacecraft/index.html#; NASA, «Deep Impact Kicks Off Fourth of July with Deep Space Fireworks», 4 de julio de 2005, www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact/media/deepimpact-070405-1.html; Shyam Bhaskaran, «Autonomous Navigation for Deep Space Missions», American Institute of Aeronautics and Astronautics SpaceOps 2012 Conference, Stockholm, www.spaceops2012.org/proceedings/documents/id1267135-Paper-001.pdf (consultado el 21 de abril de 2017); P. Thomas *et al.*, «The Nucleus of Comet 9P/Tempel 1: Shape and Geology from Two Flybys», *Icarus* 222, 2013, p. 458. <<

[1] Bernard Lovell, *The Story of Jodrell Bank*, Nueva York, Harper & Row, 1968, pp. xii, 170, 29. <<

[2] Lovell, *Jodrell Bank*, p. 200. <<

[3] *Idem.*, p. 196. <<

[4] Lovell, *Jodrell Bank*, pp. 197-208, 217-229. De repente, el formidable valor militar de Mark I fue que «inesperadamente apareció como el único instrumento que podría utilizarse como un radar de larga distancia capaz de advertir del lanzamiento de un ICBM en la URSS»; quedó claro de inmediato «que Gran Bretaña había construido un instrumento único que tenía gran demanda para dirigir y recibir la telemetría de los satélites de Estados Unidos y la URSS, en particular los que se aventuraban lejos en el Sistema Solar». Francis Graham-Smith y Bernard Lovell, «Divisions of a Radio Telescope», *Notes & Records of the Royal Society* 62 (2008), p. 197; Jodrell Bank Centre for Astrophysics, «The 250ft Mk I Radio Telescope», www.jb.man.ac.uk/history/mk1.html (consultado el 20 de abril de 2017). Véase también Tim O'Brien, «When Was the Lovell Telescope at Jodrell Bank First Switched On?» Jodrell Bank Discovery Centre, University of Manchester, 29 de octubre de 2014, www.jodrellbank.net/lovell-telescope-jodrell-bank-first-switched/ (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[5] Lovell, *Jodrell Bank*, pp. 230-324, 235 n. 1, 239. El autor escribe que el vicepresidente Richard Nixon dijo: «Nadie sabe que realmente esté en la Luna», y que el expresidente Harry Truman había dicho «que la hazaña rusa era ‘algo maravilloso... si es que lo hicieron’». Además, escribe que un radiotelescopio estadounidense grabó el último minuto de las señales de Luna 2, pero que como los «científicos trabajaban en un establecimiento con asociaciones militares, no se les permitió anunciar que habían tenido éxito. Se me avisó que liberar cualquier información de este tipo sería incompatible con la reticencia oficial de Estados Unidos con respecto al éxito de Lunik II» (p. 235 n. 1). <<

[6] Lovell, *Jodrell Bank*, pp. 209-216. Para más información sobre el crucial papel de Jodrell Bank durante los primeros años de la carrera espacial, véase Graham-Smith y Lovell, «Diversions of a Radio Telescope», pp. 197-204; Lovell, *Jodrell Bank*, pp. 230-244, 250-252. Véase también, por Sven Grahn, ingeniero aeroespacial de la Corporación Espacial Sueca, «Jodrell Bank's Role in Early Space Tracking Activities», Jodrell Bank Centre for Astrophysics, www.jb.man.ac.uk/history/tracking/ (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[7] Lovell, *Jodrell Bank*, pp. 240-242. <<

[8] Curiosamente, no todas las ráfagas de rayos gamma son igualmente letales, ni son todas de origen cósmico. Un equipo terrestre de investigadores descubrió que estallan al menos 50 de estas a diario cerca de las cimas de las nubes de tormenta, una fracción de segundo antes de los relámpagos ordinarios. ¿Cómo se descubrió esto? Con detectores basados en tierra sintonizados a las longitudes de onda más bajas de la banda de radio. Rebecca E. Kessler, «Flash of Insight», *Natural History* 114:7, septiembre de 2005, p. 16. Véase también Neil deGrasse Tyson, «Knock 'Em Dead», en Tyson, *Death by Black Hole and Other Cosmic Quandaries*, Nueva York, W.W. Norton, 2007, pp. 278-281. <<

[9] Dos discusiones multifacéticas de los estallidos de rayos gamma son Jonathan I. Katz, *The Biggest Bangs: The Mystery of Gamma-Ray Bursts, the Most Violent Explosions in the Universe*, Nueva York, Oxford University Press, 2002; y Govert Schilling, *Flash! The Hunt for the Biggest Explosions in the Universe*, traducción de Naomi Greenberg-Slovin, Cambridge, Cambridge University Press, 2002. Las bombas atómicas de la variedad de fisión, como las que se lanzaron sobre Hiroshima y Nagasaki al final de la Segunda Guerra Mundial, produjeron radiación gamma como un subproducto de los átomos de uranio al separarse violentamente, pero la mucho más poderosa bomba de fusión termonuclear, desarrollada en la posguerra como una «disuasión» y que, afortunadamente, todavía no se lanza en ninguna parte, produciría una explosión de rayos gamma mucho más intensa. <<

[10] Citado en *The New Quotable Einstein*, ed. Alice Calaprice, Princeton, Princeton University Press, 2005, p. 173. <<

[11] Karen C. Fox, «NASA's Van Allen Probes Spot an Impenetrable Barrier in Space», NASA, 26 de noviembre de 2014, www.nasa.gov/content/goddard/van-allen-probes-spot-impenetrable-barrier-in-space (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[12] Para un recuento de Vela contado desde el interior de la agencia, véase Sidney G. Reed, Richard H. Van Atta y Seymour J. Deitchman, *DARPA Technical Accomplishments: An Historical Review of Selected DARPA Projects*, vol. 1, IDA paper P-2192, Institute for Defense Analyses, noviembre de 1990, pp. 11-1-11-10, www.dod.mil/pubs/foi/Reading_Room/DARPA/301.pdf (consultado el 20 de abril de 2017). Además del programa Vela Hotel, que se centró en la detección satelital de explosiones nucleares atmosféricas y espaciales, hubo un programa Vela Sierra para desarrollar métodos terrestres que detectaran esas mismas explosiones, así como el programa Vela Uniform para detectar explosiones nucleares subterráneas (p. 11-1). <<

[13] Para la gráfica, véase Schilling, *Flash!*, p. 12. <<

[14] Ray W. Klebesadel, Ian B. Strong, and Roy A. Olson, «Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin», *Astrophysical Journal* 182, 1 de junio de 1973, L86. <<

[15] Véase Trevor Weekes, «Very High Energy Gamma Ray Astronomy 101», Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, junio de 2012, fermi.gsfc.nasa.gov/science/mtgs/summerschool/2012/week2/ACT_Weekes.ppt para un tutorial/historia en PowerPoint hecha por uno de los pioneros del campo (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[16] Keith A. Shrock, «Space-Based Infrared Technology Center of Excellence», hoja informativa, AFRL Space Vehicles Directorate, Space Technology Division, Infrared Technologies Center of Excellence Branch, Kirtland AFB and Hanscom AFB, 3 de abril de 2007, www.kirtland.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/826053/space-based-infrared-technology-center-of-excellence/ (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[17] E.A. Davis, ed., *Science in the Making: Scientific Development as Chronicled by Historic Papers in the Philosophical Magazine— With Commentaries and Illustrations*, vol. 1: 1798-1850, Londres, Taylor & Francis, 1995, p. 165. <<

[18] «Edison and the Unseen Universe», *Scientific Amer.* 39:8, suplemento 138, 24 de agosto de 1878, p. 112. Para una discusión del tasímetro, véase Thomas A. Edison, «On the Use of the Tasimeter for Measuring the Heat of the Stars and of the Sun's Corona», *Amer. J. Science* 17:97, enero de 1879, pp. 52-54. Agradecemos a la bibliotecaria Mai Reitmeyer del American Museum of Natural History por localizar estas fuentes. <<

[19] G. Neugebauer y R.B. Leighton, *Two-Micron Sky Survey: A Preliminary Catalog*, NASA SP-3047, Washington, D.C., NASA, 1969, ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19690028611.pdf (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[20] Russell G. Walker y Stephan D. Price, *AFCRL Infrared Sky Survey, Vol. 1: Catalog of Observations at 4, 11, and 20 Microns*, ADA 016397, Hanscom AFB, Massachusetts, Optical Physics Laboratory, Air Force Cambridge Research Laboratories, julio de 1975, www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a016397.pdf (consultado el 20 de abril de 2017). En 1983 se publicó una versión corregida de Price y Murdock con la incorporación de observaciones a 27 micrones. <<

[21] 2 MASS: 2 Micron All Sky Survey, «Introduction: 1. 2 MASS Overview», 20 de diciembre de 2006, www.ipac.caltech.edu/2mass/releases/allsky/doc/sec1_1.new.html (consultado el 20 de abril de 2017). <<

[22] S.D. Price, *History of Space-Based Infrared Astronomy and the Air Force Infrared Celestial Backgrounds Program*, AFRL - RV - HA - TR -1008-1039, Hanscom AFB, Massachusetts, Air Force Research Laboratory—Space Vehicles Directorate, abril de 2008, p. xi, 11ff. <<

[23] «Mansfield Amendment: Research Restriction Diluted», *Science News* 98:17, 24 de octubre de 1970, p.332; Philip M. Boffey, «Mansfield Amendment Not Yet Dead», *Science* 170:3958, 6 de noviembre de 1970, p.613; «Mansfield Amendment: Defense Research Curbs Eased», *Science News* 99:3 (16 de enero de 1971), p. 50. <<

[24] Martin Harwit, «The Early Days of Infrared Space Astronomy», en *The Century of Space Science*, ed. J.A. Bleeker, J. Geiss y M. Huber, Dordrecht, Kluwer, 2002, p. 304. Harwit dice a continuación que, si nos basamos en los esquemas de gastos para el trabajo con infrarrojos durante los últimos años de los ochenta y principios de los noventa, «los astrónomos de infrarrojos pueden esperar heredar técnicas incluso más poderosas que las disponibles en la actualidad, siempre y cuando esperen pacientemente junto a la puerta cerrada que normalmente separa a los militares de la astronomía académica espacial de infrarrojos. En ocasiones esa puerta se abre un poquito, y sale un brazo que reparte tecnología muy deseable. [Pero] en donde el ejército no ha tenido intereses aparentes..., los astrónomos han tenido que desarrollar la instrumentación por su cuenta, y el progreso ha sido mucho más lento» (p. 327). Antoni Rogalski, astrónomo de infrarrojos polaco, coincide: «Después de la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo de la tecnología de detectores infrarrojos estuvo y sigue estando impulsado principalmente por las aplicaciones militares». A. Rogalski, «History of Infrared Detectors», *Opto-Electronics Review* 20:3, 2012, p. 279.

Un breve vistazo a la tecnología de detección de infrarrojos: la década de 1930 fue un período activo para los avances militarmente útiles en la detección de infrarrojos, incluidos los detectores portátiles. En Estados Unidos, por ejemplo, RCA creó un tubo IR que, con la llegada de la guerra, se convirtió en el convertidor de imagen RCA 1P25, que se usó para las miras telescópicas Sniperscope y Snooperscope de Estados Unidos a partir de 1942. Mientras tanto, en Alemania a principios de la década de 1930, Edgar Kutzscher, profesor de física de la Universidad de Berlín, descubrió que el sulfuro de plomo tenía excelentes propiedades fotoconductoras; sobre la base de ese descubrimiento, el ejército alemán emprendió un programa secreto en tiempos de guerra para fabricar detectores de infrarrojos a partir de 1943. En enero de 1945, la Unión Soviética capturó esa fábrica. Cuando terminaron las hostilidades, Kutzscher fue enviado a Gran Bretaña y, como muchos otros científicos alemanes valiosos, finalmente terminó en Estados Unidos, en el sur de California, trabajando para la Lockheed Aircraft Corporation. Rogalski, «History», pp. 283-284. Véase también D.J. Lovell, «The Thirty-Third Anecdote—Wartime Incentive: Robert Joseph Cashman», *Optical*

Anecdotes, Bellingham, SPIE —The International Society for Optical Engineering, 1981, pp. 115-118. <<

[25] Ronald E. Doel, *Solar System Astronomy in America: Communities, Patronage, and Interdisciplinary Science, 1920-1960*, Nueva York, Cambridge University Press, 1996, p. 77. <<

[26] Alexander Szalay, comunicaciones personales con Neil deGrasse Tyson, 31 de enero de 2018. <<

[27] National Science and Technology Medals Foundation, «2003 National Medal of Science Laureate Biopic: Riccardo Giacconi», 2003, www.nationalmedals.org/laureates/riccardo-giacconi# (consultado el 30 de octubre de 2017). <<

[28] Riccardo Giacconi, «The Dawn of X-ray Astronomy», conferencia Nobel, 8 de diciembre de 2002, pp. 112-114, www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2002/giacconi-lecture.pdf (consultado el 31 de octubre de 2017). <<

[29] Der-Ann Hsu y Richard E. Quandt, «Statistical Analyses of Aircraft Hijackings and Political Assassinations», memorándum de investigación, Econometric Research Program, Princeton University, febrero de 1976, pp. 1-3, 9, 12, 14-16, www.princeton.edu/~erp/ERParchives/archivepdfs/M194.pdf; Aviation Safety Network, «Airliner Hijackings: 1942-», aviation-safety.net/statistics/period/stats.php?cat=H2; US Department of Transportation, «Aircraft Hijackings and Other Criminal Acts Against Civil Aviation Statistical and Narrative Reports», mayo de 1983, www.ncjrs.gov/pdffiles1/Digitization/91941NCJRS.pdf (consultado el 31 de octubre de 2017). <<

[30] AS&E, «Company: History», www.as-e.com/company/history/#
(consultado el 31 de octubre de 2017). <<

[31] XCIII Congreso (1973-1974), S.39—An Act to amend the Federal Aviation Act of 1958 to implement the Convention for the Suppression of Unlawful Seizure of Aircraft; to provide a more effective program to prevent aircraft piracy; and for other purposes, Title II: Air Transportation Security Act, www.congress.gov/bill/93rd-congress/senate-bill/39 (consultado el 31 de octubre de 2017). <<

[32] Eric J. Chaisson, *The Hubble Wars: Astrophysics Meets Astropolitics in the Two-Billion-Dollar Struggle over the Hubble Space Telescope*, Nueva York, HarperCollins, 1994, p. xi. <<

[33] «Classification of TALENT and KEYHOLE Information», Special Center Notice: Security, No. 6-64, 16 de enero de 1964, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB225/doc23.pdf (consultado el 20 de abril de 2017). Véase también Burrows, *This New Ocean*, pp. 241-242. <<

[34] Véase, por ejemplo, Dwayne A. Day, «The Flight of the Big Bird (partes 1-4)», *Space Review*, 17 de enero-28 de marzo de 2011, www.thespacereview.com/article/1761/1–www.thespacereview.com/article/1809/2; Roger Guillemette, «Declassified US Spy Satellites Reveal Rare Look at Cold War Space Program», *Space.com*, 18 de septiembre de 2011, www.space.com/12996-secret-spy-satellites-declassified-nro.html (consultado el 21 de abril de 2017); Chaisson, *Hubble Wars*, 208; Philip Chien, «High Spies», *Popular Mechanics* 173:2 (febrero de 1996), s/p.; John M. Doyle, «Big Bird, Uncaged», *Air & Space Smithsonian*, diciembre de 2011/ enero de 2012, p. 10. <<

[35] Chaisson, *Hubble Wars*, pp. 88-93. <<

[36] Chaisson, *Hubble Wars*, p. 96. <<

[37] National Research Council—Committee for a Decadal Survey of Astronomy and Astrophysics, *New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics*, Washington, D.C., National Academies Press, 2010. Para un resumen accesible de los temas y prioridades del comité, véase «2020 Vision: An Overview of *New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics*», www.nap.edu/resource/12951/bpa_064932.pdf (consultado el 13 de febrero de 2018). <<

[38] Dennis Overbye, «Ex-Spy Telescope May Get New Identity as a Space Investigator», *The New York Times*, 4 de junio de 2012. <<

[39] Office of Management and Budget, *An American Budget: Major Savings and Reforms—Fiscal Year 2019*, Washington, D.C., US Government Publishing Office, 2018, p. 92, www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/02/msar-fy2019.pdf (consultado el 14 de febrero de 2018). Véase también, por ejemplo, Amina Khan, «Trump’s Budget Would Kill NASA’s WFIRST Telescope. Astronomers Say That Would Be a Mistake», *Los Angeles Times*, 12 de febrero de 2018; Dennis Overbye, «Astronomers’ Dark Energy Hopes Fade to Gray», *The New York Times*, 19 de febrero de 2018. <<

[1] Véase la UCS Satellite Database, compilada y actualizada aproximadamente cuatro veces al año por la Unión de Científicos Preocupados, www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database# (consultado el 15 de marzo de 2018). <<

[2] El 19 de mayo de 1998, un satélite llamado Galaxy IV, operado por PanAmSat, falló repentinamente, cortando a decenas de millones —la gran mayoría— de los bípens en Estados Unidos, así como filiales locales de la Radio Nacional Pública, ciertos tipos de procesamientos de tarjeta de crédito y otras formas de comunicación. Al evento lo precedieron un par de semanas de eyecciones de masa coronal y fulguraciones solares; algunos científicos atribuyen esta falla a los efectos de las tormentas solares, otros a las particularidades de la soldadura de estaño utilizada en componentes clave. «PanAmSat Satellite Outage Interrupts Pager, Television Service in the U.S.», *The Wall Street Journal*, 20 de mayo de 1998; Lawrence Zuckerman, «Satellite Failure Is Rare, and Therefore Unsettling», *The New York Times*, 21 de mayo de 1998; «A Week of Solar Blasts: The Space Weather Event of May 1998», pwg.gsfc.nasa.gov/istp/outreach/events/98/ (consultado el 22 de abril de 2017). Como escribió Zuckerman, «Los trabajadores de todo el país que habían llegado a depender de sus bípens para todo, desde llamadas de emergencia hasta el precio de la soya, de repente se encontraron en la oscuridad. Al igual que en un apagón eléctrico importante o con la interrupción del servicio telefónico, los usuarios se dieron cuenta de cuanto habían dado por sentada la tecnología». <<

[3] Joint Chiefs of Staff, *Space Operations: Joint Publication 3-14*, 29 de mayo de 2013, www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_14.pdf (consultado el 19 de junio de 2016). Este documento no clasificado «proporciona orientación militar para el uso de las Fuerzas Armadas en la preparación de sus planes apropiados», pero deja abierta la posibilidad de una acción contraria «cuando, a juicio del comandante, circunstancias excepcionales dicten lo contrario» (p. i). <<

[4] Air Force Space Command, «Commander's Strategic Intent», 6 de mayo de 2016, p. 5, www.afspc.af.mil/Portals/3/Commander%20Documents/AFSPC%20Commander%20Strategic%20Intent%20Document%20ver=2016-05-09-094135-810 (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[5] Office of the Secretary of Defense, *Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2016*, 36, [www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2016 %20China%20Military %20Power%20Report.pdf](http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2016%20China%20Military%20Power%20Report.pdf) (consultado el 26 de junio de, 2016). Según una enmienda de 2010 a la National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2000, estos informes se deberán emitir anualmente hasta 2030. <<

[6] «III. Strategic Guideline of Active Defense» y «Force Development in Critical Security Domains», en «Full Text: China's Military Strategy», *China Daily*, 26 de mayo de 2015, www.chinadaily.com.cn/china/2015-05/26/content_20820628.htm (consultado el 26 de junio de 2016). Se ha publicado un «libro blanco» de defensa china cada año desde 1998 (Secretary of Defense, *Military and Security Developments*, p. 3). <<

[7] Un estudio de 2015 encontró que las capacidades contraespaciales de Estados Unidos y China ya están a la par en el contexto de cualquier confrontación que pudiera surgir en el Mar de la China Meridional o sus cercanías. Eric Heginbotham *et al.*, *The U.S.-China Military Scorecard: Forces, Geography, and the Evolving Balance of Power 1996-2017*, Santa Mónica, California, RAND, 2015, pp. 257-258. <<

[8] El prólogo al *Counterspace Operations: Air Force Doctrine Document 2-2.1* (2 de agosto de 2004), el primer informe de situación de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos dedicado por completo al contraespacio, afirma: «Las operaciones contraespaciales tienen elementos defensivos y ofensivos que dependen de una conciencia robusta de la situación espacial. Estas operaciones pueden utilizarse a lo largo del espectro del conflicto y pueden lograr una variedad de efectos que van desde la negación temporal hasta la destrucción total de la capacidad espacial del adversario» (p. i). Entre las declaraciones de la doctrina fundamental del documento se encuentran: «las operaciones de contraespacio defensivo (DCS) preservan la capacidad de Estados Unidos o fuerzas amistosas para explotar el espacio en su beneficio por medio de acciones activas y pasivas que protejan las capacidades amistosas relacionadas con el espacio del ataque o interferencia del enemigo» y «las operaciones de contraespacio ofensivo (OCS) impiden que un adversario explote el espacio en su beneficio» (p. vii). La «superioridad espacial» se define en el *AFDD 2-2.1* como «el grado de control necesario para emplear, maniobrar y activar las fuerzas espaciales al mismo tiempo que se niega la misma capacidad a un adversario» (p. 55). Para la «agilidad» y la «capacidad de resistencia», véase el Comando Espacial de la Fuerza Aérea, «Intención estratégica del comandante». Para las medidas de contraespacios actuales de Estados Unidos y China, véase Heginbotham *et al.*, *US. - China Military Scorecard*, pp. 227-258. <<

[9] David Axe, «The Great Debate: When It Comes to War in Space, U.S. Has the Edge», Reuters, 10 de agosto de 2015, blogs.reuters.com/great-debate/2015/08/09/the-u-s-military-is-preparing-for-the-real-star-wars; Lee Billings, «War in Space May Be Closer Than Ever», *Scientific American*, 10 de agosto de 2015, www.scientificamerican.com/article/war-in-space-may-be-closer-than-ever (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[10] Véase NASA Astromaterials Research and Exploration Science: Orbital Debris Program Office, «Orbital Debris Graphics», www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photo-gallery.html (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[11] Sun Tzu, «The Attack by Fire», *The Art of War*, traducción al inglés de Lionel Giles, 1910, cap. XII, secs. 1-13, en *The Strategy Collection: The Art of War, On War, The Prince* (Waxkeep Publishing, 2013), loc. 12219-31. <<

[12] Homer, *The Iliad*, traducción de Caroline Alexander (Nueva York y Londres: HarperCollins, 2015), introducción, 4.460-62, 5.66-68, 5.301-308. Versión en español: Homero, *La Ilíada*, traducción directa y literal del griego de Luis Segalá y Estalella, Barcelona, Montaner y Simón, Editores, 1908, [https://es.wikisource.org/wiki/La_Il%C3%ADada_\(Luis_Segal%C3%A1_y_Estalella\)](https://es.wikisource.org/wiki/La_Il%C3%ADada_(Luis_Segal%C3%A1_y_Estalella)). <<

[13] Leonardo da Vinci, «Letter to Il Moro» (1493), *A Documentary History of Art*, vol. 1, ed. Elizabeth G. Holt, Garden City, Nueva York, Doubleday Anchor, 1957, pp. 273-275. <<

[14] Carl von Clausewitz, «What Is War?», *On War*, trad. Col. James J. Graham, 1873, libro I, cap. 1, sec. 24, *Strategy Collection*, loc. 2501. La formulación más larga dice: «un instrumento político real, una continuación del comercio político, un llevar a cabo de lo mismo por otros medios». <<

[15] A pesar de que tiene un nombre parecido, el *taser* —desarrollado en los setenta por un físico nuclear que pasó parte de su trayectoria laboral en la NASA — no se basa en energía dirigida; es una pistola que no dispara balas sino electrodos, que luego conducen una corriente eléctrica por los músculos de la víctima. La palabra *taser* viene del acrónimo en inglés de «el rifle eléctrico de Thomas A. Swift» (*Thomas A. Swift's Electric Rifle*). <<

[16] H.G. Wells, *The War of the Worlds*, 1898; Amazon Digital Services, Public Domain Book, 2012, pp. 20, 25, 52, 73, 104. Versión en español: *La guerra de los mundos*, trad. de Julio Vacareza, Edaf, 1973, pp. 55, 75. <<

[17] William J. Fanning Jr., «The Historical Death Ray and Science Fiction in the 1920s and 1930s», *Science Fiction Studies* 37:2, julio de 2010, pp. 253-74; David Zimmerman, *Britain's Shield: Radar and the Defeat of the Luftwaffe*, Stroud, Gloucestershire, Amberly, 2013, pp. 72-75. Winston Churchill, «Shall We All Commit Suicide?» *Nash's Pall Mall Magazine*, 24 de septiembre de 1924, citado (aunque fechado en 1921) en Zimmerman, *Britain's Shield*, p. 61. <<

[18] A.P. (Albert Percival) Rowe, *One Story of Radar*, Cambridge, Cambridge University Press, 1948/2015, p. 6. <<

[19] Zimmerman, *Britain's Shield*, p. 76; Rowe, *One Story of Radar*, pp. 6-7; B. A. Austin, «Precursors to Radar: The Watson-Watt Memorandum and the Daventry Experiment», *Int. J. Electrical Engineering Education* 36, 1999, pp. 366-367, www.bawdseyradar.org.uk/wp-content/uploads/2012/12/Wilkins-Calculations.pdf (consultado el 22 de abril de 2017); David E. Fisher, *A Summer Bright and Terrible: Winston Churchill, Lord Dowding, Radar, and the Impossible Triumph of the Battle of Britain*, Berkeley, California, Shoemaker & Hoard, 2005, pp. 66-68. <<

[20] Rowe, *One Story of Radar*, p. 6. <<

[21] Giovanni de Briganti, «2015 Ushers In the Era of Laser Weapons», Defense-Aerospace.com, 5 de enero de 2014, www.defense-aerospace.com/articles-view/feature/5/159975/2015-ushers-in-era-of-laser-weapons.html; Aaron Mehta, «Laser Weapons Ready for Use Today, Lockheed Executives Say», *Defense News*, 16 de marzo de 2016, www.defensenews.com/story/defense/innovation/2016/03/15/laser-weapons-directed-energy-lockheed-pewpew/81826876/ (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[22] Bob Preston, Dana J. Johnson, Sean J.A. Edwards, Michael Miller y Calvin Shipbaugh, *Space Weapons Earth Wars*, Santa Mónica, California, RAND, 2002, pp. 25, 30. <<

[23] David Wright, Laura Grego y Lisbeth Gronlund, *The Physics of Space Security: A Reference Manual*, Cambridge, Massachusetts, American Academy of Arts and Sciences, 2005, pp. 2, 5. <<

[24] Véase, por ejemplo, Yasmin Tadjdeh, «Directed Energy Weapons Gaining Acceptance Across U.S. Military», *National Defense*, agosto de 2016, pp. 38-39, digital.nationaldefensemagazine.org/i/708228-aug-2016/39; Sydney J. Freedberg Jr., «Lasers Vs. Drones: Directed Energy Summit Emphasizes the Achievable», *Breaking Defense*, 23 de junio de 2016, breakingdefense.com/2016/06/lasers-vs-drones-directed-energy-summit-emphasizes-the-achievable; Sydney J. Freedberg Jr., «The Laser Revolution: This Time It May Be Real», *Breaking Defense*, 28 de julio de 2015, breakingdefense.com/2015/07/the-laser-revolution-this-time-it-may-be-real. El texto de Freedberg de 2015 cita a Frank Kendall, subsecretario de Defensa para Adquisiciones, Tecnología y Logística, quien «experimentó en carne propia el Láser Aerotransportado y la Iniciativa de Defensa Estratégica de Reagan; pero esta vez, piensa, los láseres de verdad se están convirtiendo en una realidad». Sin embargo, en el siguiente párrafo, el autor dice que no es fácil defender esta postura y cita a un ex jefe de la Agencia de Defensa de Misiles, el teniente general retirado Trey Obering, quien dijo: «La DE [energía dirigida, por sus siglas en inglés] estaba a la vuelta de la esquina en 1976. Estaba a la vuelta de la esquina en 1986. Estaba a la vuelta de la esquina en 1996». *Wave Front: The Directed Energy Newsletter* está publicado por la Directed Energy Professional Society [DEPS o Sociedad Profesional de Energía Dirigida], www.deps.org/DEPS/pages/newsletter.htmk, y es un foro de información responsable sobre las tecnologías de energía dirigida para uso principalmente militar pero también civil. (Todo consultado el 22 de abril de 2017). <<

[25] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, p. 128. <<

[26] El futurólogo Herman Kahn (Dr. Strangelove) utilizó esta frase como título para un libro en 1962 y de nuevo en 1985. <<

[27] En 1946, la Fuerza Aérea todavía se conocía como la Army Air Force, y LeMay era su director de investigación y desarrollo, pero la Ley de Seguridad Nacional de 1947 creó a la Fuerza Aérea como una rama independiente. LeMay se volvería el primer comandante del Strategic Air Command en 1948. Muchos estadounidenses que vivieron en carne propia la era de la guerra de Vietnam recordarán al general LeMay por sus consejos sobre Vietnam del Norte: «Mi solución para el problema sería decirles con toda franqueza que tienen que recoger velas y detener la agresión, o los vamos a bombardear hasta hacerlos regresar a la Edad de Piedra». De LeMay, *Mission with LeMay: My Story*, Nueva York, Doubleday, 1965, citado en, por ejemplo, Alfonso Narvaez, «Gen. Curtis LeMay, an Architect of Strategic Air Power, Dies at 83», *The New York Times*, 2 de octubre de 1990. Es menos conocida su declaración sobre la guerra en general: «Pero toda la guerra es inmoral y, si dejas que eso te moleste, entonces no eres un buen soldado». «Race for the Superbomb: People & Events: General Curtis E. LeMay (1906-1990)», *American Experience*, www.pbs.org/wgbh/amex/bomb/peopleevents/pandeamex61.html (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[28] Buchheim articula la visión dualista de la administración Eisenhower con respecto a los esfuerzos espaciales: «El estadista, esforzándose por promover la paz mundial, puede ver una esperanza y una amenaza en la astronáutica. La cooperación internacional en las empresas espaciales puede ayudar a promover la confianza y la comprensión. La astronáutica puede proporcionar medios físicos para ayudar a la inspección internacional y, por lo tanto, puede asistir en el proceso de desarme y prevención de ataques sorpresa. La astronáutica también puede conducir a sistemas militares que, una vez desarrollados y desplegados, pueden hacer que las esperanzas de desarme, control de armas o inspección sean más difíciles de cumplir». Citado en Sean N. Kalic, *US Presidents and the Militarization of Space 1946-1967*, College Station, Texas A&M University Press, 2012, p. 44. <<

[29] Ronald Reagan, «Address to the Nation on Defense and National Security», 23 de marzo de 1983, transcripción, Ronald Reagan Presidential Library and Museum, www.reaganlibrary.archives.gov/archives/speeches/1983/32383d.htm (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[30] Steven R. Weisman, «Reagan Proposes U.S. Seek New Way to Block Missiles», *The New York Times*, 24 de marzo de 1983. <<

[31] «Para los Estados pequeños en particular, es decir, para Corea del Norte, la intercepción en la fase de propulsión tiene la gran ventaja de que uno puede acercarse. Uno puede interceptar antes de que el misil haya dejado de arder, tal vez 250 segundos, cuatro minutos después de que se encienda, y se puede hacer con bastante comodidad por medio de la advertencia que recibimos desde 1970 de nuestros satélites del programa de apoyo para la defensa. Se podría lanzar un interceptor muy cómodamente 100 segundos después de que el ICBM comenzara a arder. La colisión, [o] la intercepción, se realizaría cómodamente antes de que el misil alcanzara su velocidad máxima, por lo que no caería en ninguna parte cerca de Estados Unidos. Si se interceptara 10 segundos antes del final del vuelo motorizado, fallaría por 5 000 kilómetros». Sherry Jones, «Missile Wars—Interview: Richard Garwin», *Frontline*, PBS, 2002, www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/missile/interviews/garwin.html (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[32] Burton Richter, «It Doesn't Take Rocket Science», *The Washington Post*, 23 de julio de 2000, citado en Mary H. Cooper, «Missile Defense: Should the U.S. Build a Missile Defense System», *CQ Researcher*, 8 de septiembre de 2000 (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[33] John M. Broder, «‘Brilliant Pebbles’ a Last Hope?: ‘Star Wars’ Stakes Future on Mini-Missile Concept», *Los Angeles Times*, 29 de abril de 1989. Véase también William J. Broad, «What’s Next for ‘Star Wars’? ‘Brilliant Pebbles,’» *The New York Times*, 25 de abril de 1989. <<

[34] James A. Abrahamson y Henry F. Cooper, «What Did We Get for Our \$30-Billion Investment in SDI/BMD?» National Institute for Public Policy, septiembre de 1993, pp. 8, 2, 5, www.nipp.org/wp-content/uploads/2014/11/What-for -30B_.pdf (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[35] «Strategic Defense Initiative (SDI) Budget Slashed, Funds Earmarked», *CQ Almanac 1990*, 46^a ed., Washington, D.C., Congressional Quarterly, 1991, pp. 619-693, library.cqpress.com/cqalmanac/cqal90-1111525 (consultado el 22 de julio de 2016); Michael R. Gordon, «Pentagon Curbing Public Data on ‘Star Wars’», *The New York Times*, 26 de enero de 1987. <<

[36] Barry Grass, «CISER Survey: Top Scientists Oppose SDI 8-1», *Cornell Chronicle* 18:11, 6 de noviembre de 1986; Steven Soter, «SDI Survey», *Science* 235:4791 (20 de febrero de 1987), p. 831; Philip W. Anderson *et al.*, «Open Letter to Congress», 12 de marzo de 1986, en Marshall W. Nirenberg Papers, Profiles in Science, National Library of Medicine, profiles.nlm.nih.gov/ps/access/JJBBSJ.pdf (consultado el 22 de abril de 2017); John Kogut, «Say No to a ‘Dumb, Dangerous’ Program», *The Scientist* 1:7, 23 de febrero de 1987; William Sweet, «Science Wars over Star Wars», *Editorial Research Reports 1986*, vol. 2, Washington, D.C., CQ Press, 1986. Para una narrativa no técnica sobre las personas y las historias detrás de la «Guerra de las Galaxias», véase William J. Broad, *Star Warriors: A Penetrating Look into the Lives of the Young Scientists Behind Our Space Age Weaponry*, Nueva York, Simon and Schuster, 1985. <<

[37] «SDI Debate: Is the Strategic Defense Initiative in the National Interest», 18 de noviembre de 1987, C - SPAN, programa 532-1, www.c-span.org/video/?532-1/sdi-debate (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[38] Dimitri K. Simes, *After the Collapse: Russia Seeks Its Place as a Great Power*, Nueva York, Simon and Schuster, 1999, capítulo 1 en www.nytimes.com/books/first/s/simes-collapse.html (consultado el 23 de octubre de 2017). Esta es la traducción y paráfrasis de Simes de una declaración hecha en una conversación privada por el mariscal Serguéi Ajroméyev, antiguo jefe de Estado Mayor, además de asesor militar de Gorbachov. <<

[39] Bradley Graham, «Rumsfeld Pares Oversight of Missile Defense Agency», *The Washington Post*, 16 de febrero de 2002; Missile Defense Agency, «Airborne Laser Test Bed Successful in Lethal Intercept Experiment», boletín de prensa, 11 de febrero de 2010, www.mda.mil/news/10news0002.html; Jim Wolf y David Alexander, «U.S. Successfully Tests Airborne Laser on Missile», Reuters, 12 de febrero de 2010, www.reuters.com/article/usa-arms-laser-idUSN1111660620100212?type=markets News (consultado el 22 de abril de 2017). También véase en general Laura Grego, George N. Lewis y David Wright, *Shielded from Oversight: The Disastrous US Approach to Strategic Missile Defense*, Union of Concerned Scientists, julio de 2016. <<

[40] Varía mucho la terminología utilizada para las rocas espaciales en órbita, según el tamaño, la ubicación y los componentes materiales. Para una visión general de los asteroides, cometas e impactadores, véase Neil deGrasse Tyson, «Killer Asteroids», en Tyson, *Space Chronicles: Facing the Ultimate Frontier*, ed. Avis Lang, Nueva York, W.W. Norton, 2012, pp.45-54. Muchos asteroides explotan en la atmósfera superior. Por ejemplo, la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares, que depende de una red de sensores para recoger la «firma infrasónica» de las detonaciones nucleares, detectó 26 explosiones entre 2000 y 2013 causadas por asteroides y no por detonaciones nucleares. La mayoría explotó muy por encima de la Tierra, pero varios sí pegaron. Hubo un impacto de 600 kilotonnes en Chelyabinsk, Rusia, en 2013, e impactos asteroidales de más de 20 kilotonnes en Indonesia en 2009, en el Océano Antártico en 2004 y en el Mar Mediterráneo en 2002. Ninguno de ellos se detectó con anticipación. B 612 Foundation, «B 612 Foundation Releases Video at Museum of Flight Earth Day Event Showing Evidence of 26 Atomic Bomb Scale Asteroid Impacts Since 2000», boletín de prensa, 22 de abril de 2014, b612foundation.org/wp-content/uploads/2016/06/B612_PR_042214.pdf (consultado el 10 de abril de 2018). <<

[41] Center for Near Earth Object Studies, «CNEOS Is NASA's Center for Computing Asteroid and Comet Orbits and Their Odds of Earth Impact», Jet Propulsion Laboratory, cneos.jpl.nasa.gov; NASA, «Planetary Defense Frequently Asked Questions», www.nasa.gov/planetarydefense/faq (consultado el 23 de octubre de 2017). <<

[42] Carl Sagan y Steven J. Ostro, «Dangers of Asteroid Deflection», *Nature* 368, 7 de abril de 1994, p. 501. <<

[43] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, pp. 41-42, 173-183. <<

[44] Véase Mika McKinnon y Mia Risra, «A Scientist Responds... to *Deep Impact*», io9, 10 de junio de 2015, io9.gizmodo.com/a-scientist-responds-to-deep-impact-1709206458 (consultado el 24 de octubre de 2017). <<

[45] En el Centro de Investigación de Desviación de Asteroides (Asteroid Deflection Research Center o ADRC) de la Iowa State University, bajo los auspicios de la NASA, se está trabajando en el Vehículo de Intercepción de Asteroides de Hipervelocidad (Hypervelocity Asteroid Intercept Vehicle o HAIV), una nave de dos partes que se lanzaría por cohete, como cualquier otro misil. Al acercarse al objetivo, dependería de cámaras y sensores para tener puntería confiable. Primero, la «nave espacial líder» impactaría la superficie del objeto, creando un cráter poco profundo y destruyéndose en el proceso; luego, la «nave espacial seguidora» se abriría paso hacia el cráter y detonaría su dispositivo explosivo nuclear en el interior, donde tendría el máximo efecto. Los rendimientos explosivos que se consideran varían de los 300 kilotonnes a los 2 megatonnes. Véase Bong Wie, «Optimal Fragmentation and Dispersion of Hazardous Near-Earth Objects: NIAC Phase I Final Report», 25 de septiembre de 2012, p. 14, www.nasa.gov/pdf/718394main_Wie_2011_PhI_NEO_Mitigation.pdf (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[46] Strana.Ru, «Russia K-19 Nuclear Submarine Saved the Globe from Third World War», trad. Leila Wilmers, Pravda.Ru, 6 de julio de 2006, www.pravdareport.com/history/06-07-2006/83000-submarine-0/ (consultado el 22 de abril de 2017). <<

[47] *Command and Control*, dir. Robert Kenner, American Experience Films, PBS, 2016, www.commandandcontrolfilm.com, basado en Eric Schlosser, *Command and Control: Nuclear Weapons, the Damascus Accident, and the Illusion of Safety*, Nueva York, Penguin, 2013, véase en especial pp. 225-226, 325-334, 425-427. Véase también, por ejemplo, Neil Denny, «Interview: Eric Schlosser's *Command and Control*», *Little Atoms*, p. 1, 17 de enero de 2016, littleatoms.com/interview-eric-schlossers-command-and-control; Scott D. Sagan, «On the Brink? How Safe Are Our Nukes?» *American Scholar* (otoño de 2013), theamericanscholar.org/on-the-brink/#.V-gW5CRoBdk; Eric Schlosser entrevistado por Amy Goodman y Nermeen Shaikh, «How the U.S. Narrowly Avoided a Nuclear Holocaust 33 Years Ago, and Still Risks Catastrophe Today», *Democracy Now!*, 18 de septiembre de 2013, transcripción en www.democracynow.org/2013/9/18/how_the_us_narrowly_avoided_a (todo consultado el 22 de abril de 2017). Tan solo entre 1950 y marzo de 1968, hubo al menos 1 200 incidentes nucleares «significantes» en Estados Unidos, según un estudio hecho por Sandia Labs (Schlosser, *Command and Control*, p. 327). <<

[48] NASA, «New Desktop Application Has Potential to Increase Asteroid Detection, Now Available to Public», Asteroid Redirect Mission, boletín 15-041, 15 de marzo de 2015, www.nasa.gov/press/2015/march/new-desktop-application-has-potential-to-increase-asteroid-detection-now-available; B612, «Our Mission: Dedicated to the Discovery and Deflection of Asteroids», b612foundation.org/our-mission/#sentinel-mission (consultado el 22 de abril de 2017); Edward T. Lu y Stanley G. Love, «Gravitational Tractor for Towing Asteroids», *Nature* 438, 10 de noviembre de 2005, pp. 177-178. <<

[49] Michael Krepon con Michael Katz-Hyman, «Space Weapons and Proliferation», *Nonproliferation Review* 12:2, julio de 2005, p. 325. Krepon enfatiza la necesidad de distinguir entre las capacidades «residuales» o «latentes» y las capacidades desarrolladas y «dedicadas» para la guerra espacial, por ende su referencia a que estén «específicamente diseñados y probados en vuelo». <<

[50] Alexei Arbatov, «Preventing an Arms Race in Space», en *Outer Space: Weapons, Diplomacy, and Security*, ed. Alexei Arbatov y Vladimir Dvorkin, Washington, D.C., Carnegie Endowment for International Peace, 2010, p. 87.
<<

[51] Andrew Cockburn, «The New Red Scare: Reviving the Art of Threat Inflation», *Harper's* 333:1999, diciembre de 2016, p.25. Cockburn cita a Ivan Selin, director de la División de Fuerzas Estratégicas de la Oficina de Análisis de Sistemas del Pentágono, a quien le gustaba decir: «Bienvenido al mundo del análisis estratégico, en donde programamos armas que no funcionan para que enfrenten amenazas que no existen». <<

[52] Vladimir Dvorkin, «Space Weapons Programs», en *Outer Space*, ed. Arbatov y Dvorkin, pp. 31-45; Viktor Mizin, «Non-Weaponization of Outer Space: Lessons from Negotiations», en *Outer Space*, ed. Arbatov y Dvorkin, pp. 52-53; Matthew Evangelista, «The Paradox of State Strength: Transnational Relations, Domestic Structures, and Security Policy in Russia and the Soviet Union», *Int. Organization* 49:1, invierno de 1995, pp. 14-17; Joan Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions: America's Quest to Dominate Space*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 2009, p. 39; Matthew Mowthorpe, *The Militarization and Weaponization of Space*, Lanham, Maryland, Lexington Books/Rowman & Littlefield, 2004, p. 70. En el este contexto es de interés la discusión de Evangelista sobre el papel del físico Richard Garwin en la redacción del lenguaje del tratado, en relación con la limitación de las armas ASAT, luego de un encuentro entre Garwin y el físico soviético Evgenii Velikhov a principios de 1983 en el contexto de una reunión entre una delegación soviética y el Comité de Seguridad Internacional y Control de Armas de la Academia de las Ciencias (pp. 14-16). <<

[53] Dvorkin, «Space Weapons Programs», en *Outer Space*, ed. Arbatov y Dvorkin, p. 35. <<

[54] Para más sobre deslumbramiento (*dazzling*), ofuscamiento o cegamiento (*blinding*), interferencia intencionada o bloqueo (*jamming*) y suplantación (*spoofing*), véase Wright *et al.*, *Physics of Space Security*, pp. 117-130. <<

[55] Samuel R. Delaney, *Babel-17*, 1966; reimpr. Open Road Media, 2014, loc. 1256-1257. <<

[56] El texto completo de todos los tratados, principios y resoluciones de la ONU con respecto a la ley espacial está disponible por medio de la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre, www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/index.html. El fundacional Tratado del Espacio Ultraterrestre entró en vigor en 1967; véase www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.htm Los esfuerzos contra la militarización llegaron después; véase, por ejemplo, Asamblea General de la ONU, «Resolution 62/20: Prevention of an Arms Race in Outer Space», 5 de diciembre de 2007, www.oosa.unvienna.org/pdf/gares/ARES_62_020E.pdf. (Todo consultado el 23 de abril de 2017. <<

[57] La Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre comenzó oficialmente a lidiar con preocupaciones relativas a la basura espacial en 1994, y con el tiempo produciría una serie de recomendaciones titulada «Directrices para la reducción de desechos espaciales», respaldada por la Asamblea General en 2007, aunque permanecen voluntarias. Para más sobre la UNOOSA y el enfoque de la ONU a los desechos espaciales, véase www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris.html; www.un.org/en/events/tenstories/08/spacedebris.shtml. Para «Space Debris Mitigation Guidelines», véase www.unoosa.org/pdf/publications/st_space_49E.pdf, y en español véase «Directrices para la reducción de desechos espaciales» en www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf.

Véase también la publicación de la NASA *Orbital Debris Quarterly News*, orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/newsletter.html/. Véase UN Office at Geneva, Conference on Disarmament: Introduction to the Conference, [www.unog.ch/80256EE600585943/\(httpPages\)/BF18ABFEFE5D344DC1256F3100311CE9?OpenDocument](http://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/BF18ABFEFE5D344DC1256F3100311CE9?OpenDocument); CD Documents Related to Prevention of an Arms Race in Outer Space, [www.unog.ch/80256EE600585943/\(httpPages\)/D4C4FE00A7302FB2C12575E4002DED85?OpenDocument](http://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/D4C4FE00A7302FB2C12575E4002DED85?OpenDocument). (Todo consultado el 23 de abril de 2017). <<

[58] James Clay Moltz, *Crowded Orbits: Conflict and Cooperation in Space*, Nueva York, Columbia University Press, 2014, pp. 148, 151. <<

[59] David S. F. Portree, «NASA's Origins and the Dawn of the Space Age», monografía 10, NASA History Division, 2005, www.hq.nasa.gov/office/pao/History/40thann/nasaorigins.htm. Para la visión soviético del AGI y la reunión de Roma, véase Asif A. Siddiqi, «Korolev, Sputnik, and the International Geophysical Year», en *Reconsidering Sputnik: Forty Years Since the Soviet Satellite*, ed. Roger D. Launius, John M. Logsdon y Robert W. Smith, Australia, Harwood Academic Publishers, 2000, p. 47, history.nasa.gov/sputnik/siddiqi.html (consultado el 23 de abril de 2017). Véase de modo general Walter A. McDougall, *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1997, pp. 118-124, 134. <<

[60] En los años 20 y 30, el pionero de cohetes ruso Konstantin Tsiolkovsky había considerado dos versiones del cohete multietapa. Uno era secuencial: un «tren de cohetes», con las etapas sucesivas, una detrás de la otra. El otro era un conjunto, un «escuadrón de cohetes». El defensor de la exploración espacial soviética Mikhail Tikhonravov, quien editó los escritos de Tsiolkovsky a finales de los años 20, creía que el cohete multietapa tenía numerosas ventajas sobre un solo cohete gigante, y apoyaba firmemente el enfoque del «paquete de cohetes»: un grupo de cohetes idénticos y no gigantes podrían producirse en serie fácilmente y, dependiendo de cuántos estuvieran en el grupo, podría proporcionar varios niveles de propulsión. Véase Asif A. Siddiqi, *The Red Rockets' Glare: Spaceflight and the Soviet Imagination, 1857-1957*, Nueva York, Cambridge University Press, 2010, pp. 252-254. <<

[61] En 2003, la Instalación de Telescopio Infrarrojo Espacial de la NASA, sintonizada específicamente a la parte infrarroja del espectro, se rebautizaría como el telescopio espacial *Spitzer* en su honor. <<

[62] Como escribió Herbert York, el primerísimo director de Investigación e Ingeniería de Defensa, en *Making Weapons, Talking Peace*: «Estaba plagado de duplicaciones innecesarias, y las luchas despiadadas entre los servicios sobre las reglas y las misiones estaban causando confusión». Citado en James Clay Moltz, *The Politics of Space Security: Strategic Restraint and the Pursuit of National Interests*, Stanford, California, Stanford University Press, 2008, p. 95. La Fuerza Aérea también comenzó a atraer abundantes fondos: en 1948, poco después de la caída de Checoslovaquia, «un Congreso que supuestamente cuidaba sus peniques» votó por un aumento de 25 % más en fondos para la Fuerza Aérea de lo que había pedido el Secretario de Defensa. Esta votación se llevó a cabo durante el «miedo a la guerra» de 1948 y el consiguiente llamado para la acumulación militar, acumulación que respondía en parte al cabildeo activo de los fabricantes de aviones estadounidenses. Walter LaFeber, *America, Russia, and the Cold War, 1945-2006*, 10ª ed., Nueva York, McGraw Hill, 2006, pp. 79-80. <<

[63] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 19-25. <<

[64] Siddiqi, *Red Rockets' Glare*, pp. 244-46; cita de Stalin originalmente en David Holloway, *Stalin and the Bomb: The Soviet Union and Atomic Energy, 1939-1956*. <<

[65] Siddiqi, *Red Rockets' Glare*, pp.201-206, 241-289. Para el *modus operandi* de Korolev dentro de las limitaciones de la burocracia soviética bajo Stalin y Jrushchov, véase Slava Gerovitch, «Stalin's Rocket Designers' Leap into Space: The Technical Intelligentsia Faces the Thaw», *Osiris* 23:1, 2008, pp. 189-209. <<

[66] Siddiqi, *Red Rockets' Glare*, pp. 290-331. <<

[67] James Clay Moltz, *Asia's Space Race: National Motivations, Regional Rivalries, and International Risks*, Nueva York, Columbia University Press, 2012, pp. 46-48, 73-75; Evan Osnos, «The Two Lives of Qian Xuesen», *The New Yorker*, 3 de noviembre de 2009, www.newyorker.com/news/evan-osnos/the-two-lives-of-qian-xuesen; Michael Wines, «Qian Xuesen, Father of China's Space Program, Dies at 98», *The New York Times*, 3 de noviembre de 2009 (consultado el 5 de julio de 2016). Véase también la biografía de Iris Chang *Thread of the Silkworm*, Nueva York, BasicBooks, 1995, en donde el nombre del científico se escribe Tsien Hsueshen. Durante las audiencias del Servicio de Naturalización e Inmigración de Qian en 1950-51, cuando lo interrogaron sobre su lealtad en caso de un posible conflicto entre Estados Unidos y China, Qian dijo: «Mi lealtad esencial es para el pueblo de China. Si comenzara una guerra entre Estados Unidos y China, y si el objetivo de la guerra de Estados Unidos fuera por el bien del pueblo chino, y creo que así será, entonces, por supuesto, lucharé del lado de Estados Unidos» (Chang, p. 170). Además, como escribe Chang, «los agentes del SNI no notaron la ironía de deportar a un científico acusado de inclinaciones comunistas a un país comunista, especialmente cuando este científico era un experto de renombre mundial en el diseño de misiles balísticos» (p. 193). <<

[68] LaFeber, *America, Russia*, p.62, 73ff. La cita sobre el consenso estadounidense viene de las sesiones del Comité de Asuntos Extranjeros (p.92). <<

[69] LaFeber, *America, Russia*, pp. 45, 62; Vojtech Mastny, *The Cold War and Soviet Insecurity: The Stalin Years*, Nueva York, Oxford University Press, 1996, pp. 27-28, 41, 110-133. <<

[70] National Security Council—Executive Secretary, «Report to the National Security Council on United States Objectives and Programs for National Security», NSC 68, 14 de abril de 1950, Harry S. Truman Library and Museum,
www.trumanlibrary.org/whistlestop/study_collections/coldwar/documents/pdf1.pdf (consultado el 23 de abril de 2017). <<

[71] NSC, «Report on US Objectives», NSC 68, pp. 5-6, 35, 11, 39. <<

[72] NSC, «Report on US Objectives», NSC 68, 54ff. Para un análisis de NSC 68 en contexto histórico, véase LaFeber, *America, Russia*, pp. 103-105 y de manera general el cap. 4, «The ‘Different World’ of NSC -68 (1948-1950)», pp. 83-105. <<

[73] Office of the Historian, «Milestones: 1945-1952— NSC 68, 1950», US Department of State, history.state.gov/milestones/1945-1952/NSC68 (consultado el 23 de abril de 2017); LaFeber, *America, Russia*, p. 147. <<

[74] National Science Foundation y National Academy of Sciences, «Plans for Construction of Earth Satellite Vehicle Announced», boletín de prensa, 29 de julio de 1955, www.eisenhower.archives.gov/research/online_documents/igy/1955_7_29_NF «The White House, statement by James C. Hagerty», boletín de prensa, 29 de julio de 1955, www.eisenhower.archives.gov/research/online_documents/igy/1955_7_29_Pr (consultado el 23 de abril de 2017). Sin embargo, como señala Kalic en *Presidents and the Militarization of Space*, aunque en público Eisenhower presumía el carácter científico y civil del programa de satélites Vanguard, el Departamento de Defensa llevaba a cabo la mayor parte del trabajo (p. 33). <<

[75] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 31-34. Wernher von Braun estaba en la base militar Redstone Arsenal en Alabama y siguió presionando para obtener apoyo. En 1954, solicitó 100 mil dólares para lanzar un satélite utilizando la tecnología existente: «un precio insignificante, ‘dado que un satélite hecho por el hombre, no importa cuán humilde (cinco libras), sería un logro científico de tremendo impacto’» (McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 118-119). Everett Dolman, en *Astropolitik: Classical Geopolitics in the Space Age*, Londres y Portland, Oregón, Frank Cass, 2002, cita una afirmación del respetado *Spaceflight Directory* de que «Von Braun estaba completamente preparado para lanzar en órbita un satélite con un cohete de Redstone en septiembre de 1957» (p. 109). William E. Burrows, en *This New Ocean: The Story of the First Space Age*, Nueva York, Random House, 1998, escribe que Von Braun «no estaba haciendo promesas ociosas», que en septiembre de 1956 su equipo en Redstone Arsenal había hecho una prueba de lanzamiento con una carga útil de 38 kilos a más de 4 800 km sobre el Atlántico; según Von Braun, si la trayectoria hubiera sido ascendente en lugar de descendente, el cohete de Redstone podría haber lanzado un satélite en órbita (p. 188). <<

[76] Bernard Lovell, *The Story of Jodrell Bank*, Nueva York, Harper & Row, 1968, p. 187. Lovell agrega que John Hagen, director del Proyecto Vanguard, le había dicho en agosto de 1957 que no se podría intentar un lanzamiento de Vanguard hasta varios meses más adelante, por lo que Lovell cita su propia respuesta: «Entonces sin duda los rusos los derrotarán». Hagen contestó que «no creía que existiera la menor posibilidad de eso: se sabía que los rusos se topaban con graves dificultades y asistirían a una conferencia en Estados Unidos a principios de octubre para discutirlos». Esa misma semana, llegaron noticias de una prueba soviética exitosa para un ICBM. Lovell entonces supuso que la declaración de Hagen era una expresión confidencial, y que «Vanguard estaba mucho más cerca de lo que Hagen había indicado públicamente. Desafortunadamente, como pronto se revelaría, Vanguard no solo llegó tarde sino que prácticamente fue un fracaso total. Estados Unidos no le había dado al proyecto la prioridad y el apoyo necesarios» (pp. 190-91). <<

[77] Dolman, *Astropolitik*, p. 106; Siddiqi, *Red Rockets' Glare*, p. 290. Con respecto a la naturaleza sin precedentes de la presentación de Korolev, Siddiqi escribe: «Con contadas excepciones, en las décadas de 1940 y 1950 casi nadie de la industria de la defensa, desde el más simple mecánico hasta el diseñador en jefe en el puesto más alto, tenía permitido escribir públicamente bajo su propio nombre o revelar su lugar de empleo. Los institutos de investigación o agencias de diseño de armas se identificaban abiertamente solo con un apartado postal» (p. 293). Tampoco a Korolev se le atribuía su trabajo por su nombre; más bien, se le conocía como el Diseñador Principal; como dijo un periodista, «nunca se le nombraba en los comunicados del Estado, debido a la que el gobierno no veía con buenos ojos el ‘culto de personalidad’». Robin McKie, «Sergei Korolev: The Rocket Genius Behind Yuri Gagarin», *The Guardian*, 12 de marzo de 2011. <<

[78] Siddiqi, «Korolev, Sputnik», p. 51; Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 33, 92. <<

[79] Dolman, *Astropolitik*, pp. 107-109; Burrows, *This New Ocean*, p. 187; Curtis Peebles, *High Frontier: The U.S. Air Force and the Military Space Program*, Washington, D.C., Air Force History and Museums Program, 1997, p. 10; McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 123-124, 134. <<

[80] Para detalles del R - 7, véase Siddiqi, «Korolev, Sputnik», pp. 45-56. <<

[81] «Hace unos días se lanzó un misil balístico intercontinental multietapa de largo alcance. Las pruebas del misil tuvieron éxito; confirmaron por completo la exactitud de los cálculos y el diseño seleccionado. El vuelo del misil se llevó a cabo en una gran altitud nunca antes alcanzada. El misil recorrió una enorme distancia en poco tiempo, e impactó en la región asignada. Los resultados obtenidos muestran que existe la posibilidad de lanzar misiles en cualquier región del globo terrestre». Citado en Siddiqi, «Korolev, Sputnik», p. 58. Siddiqi señala que era muy inusual que la Unión Soviética publicara los éxitos militares. <<

[82] Siddiqi, *Red Rockets' Glare*, p. 2. <<

[83] El 2 de diciembre de 1958 se llevó a cabo un intento anterior de lanzamiento de Vanguard, durante las sesiones post-Sputnik realizadas por el subcomité de Servicios Armados del Senado de Lyndon Johnson. Los periodistas le pusieron varios apodos al fracaso, en donde hacían juegos de palabras con el nombre: «Kaputnik», «Stayputnik» [que vendría a ser algo así como *estáticoputnik*] y «Flopnik» [*fiascopnik*]. Véase Thomas M. Gaskin, «Senator Lyndon B. Johnson, the Eisenhower Administration and U.S. Foreign Policy, 1957-60», *Presidential Studies Quarterly* 24:2, primavera de 1994, p. 348. También es de destacar que cinco días después del lanzamiento de Sputnik 1, altos funcionarios del Departamento de Defensa que participaron en Vanguard falsearon audazmente la situación en una reunión informativa para el subcomité del senador Johnson, y dijeron que Vanguard y el programa satelital de Estados Unidos tenían muy poco que ver con el programa de misiles estadounidense y que ellos mismos no podían ofrecer una evaluación de la «importancia militar» de Sputnik. Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 92-93. <<

[84] Burrows, *This New Ocean*, pp. x, 201. Una de las innumerables y desesperanzadas respuestas contemporáneas es la siguiente, hecha por un asistente del senador Lyndon Johnson, que inadvertidamente revela una ausencia de educación científica gracias a su uso de la frase «flotar por ahí» para referirse a «orbitar», y su referencia al «universo»: «Es desagradable sentir que hay algo flotando por ahí en el aire que los rusos pueden subir y nosotros no... Realmente no importa si el satélite tiene algún valor militar. Lo importante es que los rusos dejaron la Tierra y que comenzó la carrera por el control del universo» (citado en Peebles, *High Frontier*, p. 9). <<

[85] Deborah D. Stine, «U.S. Civilian Space Policy Priorities: Reflections 50 Years After Sputnik», Congressional Research Service, 2 de febrero de 2009, pp. 2-5, fas.org/sgp/crs/space/RL34263.pdf (consultado el 23 de abril de 2017). <<

[86] Los cuatro programas espaciales de ARPA brindan una buena noción de las prioridades nacionales en la primavera de 1958, específicamente el énfasis en los objetivos militares y la falta de énfasis en los objetivos científicos: Defensa de Misiles contra ICBM s, Satélites de Reconocimiento Militar, Desarrollos para su Aplicación a la Tecnología Espacial e Investigación Avanzada con Fines Científicos. Véase Bruno W. Augenstein, «Evolution of the U.S. Military Space Program, 1945-1960: Some Key Events in Study, Planning, and Program Development», *Paper P-6814*, RAND, septiembre de 1982, p. 13, www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P6814.pdf (consultado el 23 de abril de 2017). <<

[87] «National Security Council Report: Statement of Preliminary U.S. Policy on Outer Space», NSC 5814/1, 18 de agosto de 1958, doc. 442, párr. 26, Office of the Historian, US Department of State, history.state.gov/historicaldocuments/frus1958-60v02/d442 (consultado el 23 de abril de 2017). Véase la discusión en McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 180-183. <<

[88] Vannevar Bush, *Science, The Endless Frontier: A Report to the President*, julio de 1945, www.nsf.gov/about/history/nsf50/vbush1945_content.jsp#sect6_6 (consultado el 26 de octubre de 2017). <<

[89] Dwight D. Eisenhower, *Waging Peace: The White House Years 1956-1961*, Garden City, Nueva York, Doubleday, 1965, p. 257, citado en Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, 9. Para inicios de los cincuenta, los legisladores estadounidenses ya comenzaban a entender que tanto el reconocimiento satelital como los sistemas de defensa de misiles balísticos eran herramientas esenciales. Sin embargo, aunque Estados Unidos había comenzado con programas de desarrollo encubiertos para una serie de proyectos militares espaciales, tanto no destructivos como militarizados, justo después de Sputnik, los consejeros científicos de Eisenhower «juzgaban que el espacio era una arena poco apropiada para las armas, calificando a las armas espaciales como ‘modos torpes e inefectivos de hacer un trabajo’» (p. 10). Sobre Nixon, correo de James Clay Moltz, 27 de abril de 2018. <<

[90] William J. Broad, «‘Star Wars’ Traced to Eisenhower Era», *The New York Times*, 28 de octubre de 1986; Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions*, p. 4. <<

[91] «Appendix II: Current Attitudes and Activities Regarding Biological Contamination of Extraterrestrial Bodies», en Leonard Reiffel, *A Study of Lunar Research Flights*, vol. 1, AD 425380 / AFSWC TR - 59-39, Kirtland AFB, Nuevo México, Air Force Special Weapons Center, 19 de junio de 1959, p.292, oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0425380 (consultado el 23 de abril de 2017). El volumen 1 ya está desclasificado; el volumen 2 aún no está disponible y es posible que haya sido destruido. El estudio fue uno de una serie de proyectos etiquetados colectivamente como A 119, dirigidos por Reiffel entre 1949 y 1962. <<

[92] Antony Barnett, «US Planned One Big Nuclear Blast for Mankind», *The Guardian*, 13 de mayo de 2000. Compárese con el lenguaje más neutral de la introducción del informe de 1959:

Queda claro que la rápida aceleración del progreso en la tecnología espacial requiere la evaluación de los experimentos científicos u otras actividades humanas que podrían llevarse a cabo en las proximidades del satélite natural de la Tierra. Entre las diversas posibilidades, a menudo se ha sugerido la detonación de un arma nuclear en la superficie de la Luna o cerca de ella. Hay una clara motivación triple para tal detonación: la científica, la militar y la política.

La información científica que podría obtenerse de estas detonaciones es uno de los principales temas de investigación del presente trabajo. Por otro lado, queda bastante claro que se cumplirían ciertos objetivos militares, ya que proporcionaría información sobre el entorno del espacio, sobre la detección de ensayos de dispositivos nucleares en el espacio y sobre la capacidad de las armas nucleares para la guerra espacial... Obviamente[,] conllevaría efectos positivos específicos para la nación que primero realice dicha proeza como una demostración de capacidad tecnológica avanzada (Reiffel, *Lunar Research Flights*, p. 2). <<

[93] Para el texto de las resoluciones de desarme 1148 y 1149, véase UN General Assembly, Resolutions Adopted by the General Assembly During Its Twelfth Session, www.un.org/documents/ga/res/12/ares12.htm (consultado el 23 de abril de 2017) [En español, Resoluciones aprobadas por la Asamblea General durante el XII periodo de Sesiones en <https://www.un.org/es/documents/ag/res/12/ares12.htm>]. <<

[94] Raymond L. Garthoff, «Banning the Bomb in Outer Space», *International Security* 5:3, invierno de 1980-1981, pp. 25-40. <<

[95] A mediados de octubre de 1962, el presidente Kennedy recibió evidencia fotográfica recogida por un avión espía estadounidense U-2 de que, a diferencia de lo que suponía el gobierno de Estados Unidos, la Unión Soviética estaba construyendo sitios de lanzamiento en Cuba para misiles con rangos de 1 600 y más de 3 200 km. Kennedy hizo pública esta noticia el 22 de octubre, diciendo que «proporciona una capacidad de ataque nuclear contra el hemisferio occidental», y Estados Unidos instituyó un bloqueo marítimo de «todo el equipo militar ofensivo». El presidente declaró que el lanzamiento de un misil nuclear desde Cuba se consideraría «como un ataque de la Unión Soviética a Estados Unidos, lo que requeriría una respuesta de represalia total sobre la Unión Soviética». Exigió el retiro de las armas; las dos partes se pusieron en alerta nuclear total; se intercambiaron, ignoraron y examinaron cartas; se propusieron tratos que tenían que ver con misiles estadounidenses en Turquía; Estados Unidos organizó un ataque aéreo que se llevó a cabo el 30 de octubre; y todos siguieron aterrados hasta el 28 de octubre, cuando Jrushchov accedió a retirar los misiles soviéticos de Cuba a la vez que se retiraran los misiles estadounidenses de Turquía. En 1992, Rusia reveló información secreta que mostraba que, contrariamente a la suposición de 1962 de Estados Unidos de que aún no se habrían instalado ojivas nucleares en los misiles cubanos, en realidad eran 42 misiles de alcance intermedio y nueve misiles de corto alcance, todos con sus ojivas en su lugar, custodiados por 40 000 soldados y listos para el lanzamiento. Habría sido posible eliminar cualquier sitio o ciudad en Estados Unidos, menos en el estado de Washington. Como dijo el secretario de Defensa Robert McNamara en 1992 al enterarse de esta información, «eso quería decir que si se hubiera llevado a cabo una invasión de Estados Unidos... había un 99 % de probabilidad de que se hubiera iniciado una guerra nuclear». Véase LaFeber, *America, Russia*, pp.221, 231-237. Véase también el recuento detallado de la Central Intelligence Agency, «Cuban Missile Crisis, 1962, Value of Photo Intelligence», 8 de mayo de 2007, www.cia.gov/library/center-for-the-study-of-intelligence/kent-csi/docs/v44i4a09p_0002.htm to-0015.htm (consultado el 13 de septiembre de 2016; para el 23 de abril de 2017, ya se habían retirado las fotos). <<

[96] Véase, por ejemplo, Edward R. Finch Jr., «Outer Space for ‘Peaceful Purposes’», *American Bar Association Journal* 54:4, abril de 1968, pp. 365-367. Finch sostiene que *pacífico* significa *no agresivo* más que *no militar*, y afirma: «En ruso, la palabra para *militar* significa esencialmente *guerrero*, en vez de referirse a los servicios armados de un país, mientras que en inglés *pacífico* no se considera como lo opuesto de *militar*». El informe de la Comisión Espacial de Rumsfeld coincide, diciendo que la mayoría de las naciones está de acuerdo en que *pacífico* significa *no agresivo*, pero va mucho más allá: «No hay una prohibición general en el derecho internacional con respecto a utilizar o emplazar armas en el espacio, a la aplicación de la fuerza desde el espacio a la Tierra o a la realización de operaciones militares en y a través del espacio... Estados Unidos debe tener cuidado con los acuerdos... que, cuando se agregan a una red más grande de tratados o regulaciones, podrían tener las consecuencias involuntarias de restringir las actividades futuras en el espacio», lo que por supuesto es, precisamente, lo que se pretende que haga el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre. Véase *Report of the Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization*, 11 de enero de 2001, p. xviii. Véase también Andrew D. Burton, «Daggers in the Air: Anti-satellite Weapons and International Law», *Fletcher Forum of World Affairs* (invierno de 1988), pp. 151-153; Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 81-82. Kalic cita a un subsecretario de Estado de la administración Kennedy que alertó al presidente en 1962 de la «confusión generalizada sobre la distinción entre usos pacíficos y agresivos, y militares y civiles», y le aconsejó que dejara en claro que *pacífico* no era sinónimo de *civil*, ni *agresivo* sinónimo de *militar*. <<

[97] National Security Council—Executive Secretary, «Report to the National Security Council on Basic National Security Policy», NSC 162/2, 30 de octubre de 1953; párr. 2, 13c, fas.org/irp/offdocs/nsc-hst/nsc-162-2.pdf (consultado el 24 de abril de 2017). <<

[98] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 3-6; McDougall, *Heavens and Earth*, 335ff. <<

[99] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, p. 88; Sinclair Lewis, *It Can't Happen Here*, Nueva York, Doubleday, 1935; Signet Classics, 1970, 2014, p. 138. Versión en español traducida por Amaya Bozal e Íñigo Rodríguez Villa-Aramburu, Madrid, Antonio Machado Libros, 2012. <<

[100] Citado en LaFeber, *America, Russia*, p. 204; McDougall, *Heavens and Earth*, p. 138. <<

[101] Citado en McDougall, *Heavens and Earth*, p. 114. <<

[102] Dwight D. Eisenhower, «Annual Message to the Congress on the State of the Union», 10 de enero de 1957, en Gerhard Peters y John T. Woolley, The American Presidency Project, www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=11029 (consultado el 24 de abril de 2017). McDougall sostiene que Eisenhower tenía la profunda esperanza de «abrir» a la Unión Soviética, y que «si se pudiera hacer de manera voluntaria en el contexto del control de armas, Eisenhower estaba incluso dispuesto a renunciar a un programa espacial puramente nacional» (*Heavens and Earth*, pp. 127-28). <<

[103] «Report by the Technological Capabilities Panel of the Science Advisory Committee», 14 de febrero de 1955, S/S-RD Files: Lot 71 D 171; ultrasecreto, datos restringidos, disponible con omisiones; Office of the Historian, US Department of State, history.state.gov/historicaldocuments/frus1955-57v19/d9 (consultado el 24 de abril de 2017); McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 115-118. <<

[104] Dwight D. Eisenhower, «Radio and Television Address to the American People on Science in National Security», 7 de noviembre de 1957, en Gerhard Peters y John T. Woolley, The American Presidency Project, University of California, Santa Barbara, www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=10946 (consultado el 24 de abril de 2017); National Security Council, «Preliminary Policy on Outer Space», NSC 5814/1, párr. 30. <<

[105] Véase el texto completo de «National Aeronautics and Space Act of 1958 (Unamended)», NASA, history.nasa.gov/spaceact.html. <<

[106] Para una discusión detallada de *spies in the skies* (espías en el cielo) y *the reconnaissance war* (la guerra de reconocimiento), véase Burrows, *This New Ocean*, pp. 225-258; Jeffrey T. Richelson, *America's Space Sentinels: The History of the DSP and SBIRS Satellite Systems*, 2ª ed., Lawrence, University Press of Kansas, 2012. <<

[107] La Tierra tarda 23 horas y 56 minutos en completar una rotación en relación con las estrellas. Este es el período orbital preciso de un satélite geoestacionario (también llamado *geosíncrono*). Cuanto más alta sea la órbita, más tiempo lleva; los satélites que residen en órbita terrestre baja (LEO, por *Low Earth Orbit*), como el Telescopio Hubble y la Estación Espacial Internacional, tardan 90 minutos en completar una órbita. Arthur C. Clarke hizo por primera vez una breve mención de la posibilidad de los satélites de comunicaciones geosíncronos en una carta al editor, «V 2 for Ionosphere Research», *Wireless World*, febrero de 1945, p. 58. Menos de un año después llegaría su propuesta plenamente formulada: «Extra-Terrestrial Relays: Can Rocket Stations Give Worldwide Radio Coverage?», *Wireless World*, octubre de 1945, pp. 305-308. Los facsímiles de la carta y el artículo están en lakdiva.org/clarke/1945ww/ (consultados el 7 de noviembre de 2017). Más tarde, Clarke colaboraría con el director Stanley Kubrick en el clásico del cine de ciencia ficción de 1968, *Odisea del espacio*, estrenada el año anterior al primer aterrizaje en la Luna. Las transmisiones televisivas «en vivo vía satélite» también comenzaron en 1968, con una nota en pantalla que indicaba a los espectadores el orgullo de que el espacio estuviera haciendo posible el futuro. Para finales de la década de 1970, esa nota ya había desaparecido: las transmisiones en vivo vía satélite eran la nueva normalidad. Robert Yowell, «Splashdown, Live Via Satellite», *AirSpaceMag.com*, 13 de abril de 2016, www.airspacemag.com/daily-planet/splashdown-live-satellite-180958760/ (consultado el 7 de noviembre de 2017). <<

[108] Véase Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, cap. 2 *pássim*, pp. 47-57, 71-73; Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, pp. 9-12; Burrows, *This New Ocean*, pp. 226-268. También es relevante Augenstein, «Evolution of the U.S. Military Space Program», una reseña temprana de la multiplicidad de proyectos espaciales militares de la posguerra escrita por una figura clave de las corporaciones RAND y Lockheed y del Departamento de Defensa. Para Dyna-Soar, véase McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 339-41, y Chris Bergin, «The Story of the Dyna-Soar», NASA Spaceflight.com, 7 de enero de 2006, www.nasaspaceflight.com/2006/01/the-story-of-the-dyna-soar/ (consultado el 7 de noviembre de 2017); para el X-15 y Dyna-Soar, véase Burrows, *This New Ocean*, pp. 249-255. Hay una fotografía del X - 15 en Burrows, en la cuarta página de ilustraciones después de la p. 206; el pie de foto que la acompaña dice que «las marcas de la USAF y la NASA reflejan la relación simbiótica entre los programas espaciales civiles y militares». <<

[109] Un historiador sostiene que «Todas las acciones del Congreso con respecto al espacio entre 1957 y 1961 se pueden atribuir a Johnson, quien trabajó arduamente para demostrar que los demócratas en general, y él en particular, eran las fuerzas principales en el Congreso en cuanto a los esfuerzos intensificados de exploración espacial». También caracteriza a Johnson como «probablemente el primero que entendió que el espacio era el ‘campo de batalla’ ideal de la Guerra Fría, que al competir con la Unión Soviética por el liderazgo técnico y dominio pacífico del espacio, Estados Unidos podría demostrar que era la nación superior». Andreas Reichstein, «Space—the Last Cold War Frontier?» *Amerikastudien/American Studies* 44:1, 1999, pp. 115-116. Se puede encontrar una exploración más matizada, y divertida, de este momento de la historia de Estados Unidos en Gaskin, «Senator Lyndon B. Johnson», pp. 341-361, esp. 347ff. Un experto político transmitió a Johnson el consejo de otro político conocedor del tema en cuanto a las audiencias de Sputnik, que «si se manejan adecuadamente, se derrotaría por completo a los republicanos, se unificaría al Partido Demócrata y lo elegirían a usted como su presidente». La recomendación estratégica fue que Johnson «planeara arrojarse por completo en esto» (p. 348). <<

[110] Gaskin, «Senator Lyndon B. Johnson», p. 348. <<

[111] Para las maniobras que crearon la oportunidad de Johnson para hablar frente a Naciones Unidas, véase Gaskin, «Senator Lyndon B. Johnson», pp. 349-351. <<

[112] Esta cita es una combinación de extractos de Eilene Galloway, «Organizing the United States Government for Outer Space: 1957-1958», texto de la conferencia presentada en «Reconsidering Sputnik: Forty Years Since the Soviet Satellite», Washington, DC, 30 de septiembre a 1 de octubre de 1997, gos.sbc.edu/g/galloway2.html (consultado el 24 de abril de 2017); «In Essentials, Unity», página de opinión, *The New York Times*, 18 de noviembre de 1958, p. 36; y Thomas J. Hamilton, «Johnson Tells the U.N. Nation Is United on Space», *The New York Times*, 18 de noviembre de 1958, pp. 1, 10. <<

[113] Moltz, *Politics of Space Security*, p. 71. <<

[114] Dolman, *Astropolitik*, p. 87. <<

[115] Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 121, 90. <<

[116] Committee on Aeronautical and Space Sciences, US Senate, *Staff Report: Documents on International Aspects of the Exploration and Use of Outer Space, 1954-1962*, 9 de mayo de 1963, p.182, www.spacelaw.olemiss.edu/library/space/US/Legislative/Congress/88/Senate/ (consultado el 24 de abril de 2017). <<

[117] Durante las elecciones, Kennedy atacó a la administración de Eisenhower por permitir que se desarrollara la brecha de los misiles, aunque las fuentes de inteligencia de Estados Unidos ya habían revelado la inexistencia de tal brecha. «De hecho... los sobrevuelos, que todavía estaban altamente clasificados en ese momento, mostraban que Estados Unidos tenía una gran ventaja en el lanzamiento de misiles de cabeza nuclear». Véase Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 105-106, 106 n. 157; Peebles, *High Frontier*, pp. 4, 9-10. LaFeber escribe que Jrushchov se refería al ICBM como el «arma definitiva» y que explotaba la imaginaria ventaja soviética, citando «las opiniones muy exageradas del propio Occidente sobre la capacidad de los misiles soviéticos, reforzando así las exageraciones». También señala que el arsenal nuclear de Estados Unidos se triplicó, de 6 000 a 18 000 armas, entre 1958 y 1960, incluyendo 14 submarinos nucleares Polaris, cada uno con 16 misiles (*America, Russia*, pp. 202-205). Véase también la discusión detallada en McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 226-31. Cita de Jrushchov de *Pravda*, 28 de enero de 1959, citado en McDougall, *Heavens and Earth*, p. 240. <<

[118] McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 346-348, 335; Burrows, *This New Ocean*, p. 241. <<

[119] Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 111-112, 107; Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 69-71, 76-79; Office of Management and Budget, Historical Tables, Tabla 1.1 («Summary of Receipts, Outlays, and Surpluses or Deficits (-): 1789-2021») y Tabla 4.1 («Outlays by Agency: 1962-2021»), www.whitehouse.gov/omb/budget/Historicals (consultado el 2 de enero de 2017; el 24 de abril de 2017, el enlace ya estaba deshabilitado; el 10 de abril de 2018, el enlace estaba restaurado y actualizado). <<

[120] John F. Kennedy, «Special Message to Congress on Urgent National Needs», 25 de mayo de 1961, John F. Kennedy Presidential Library and Museum, www.jfklibrary.org/Research/Research-Aids/JFK-Speeches/United-States-Congress-Special-Message_19610525.aspx (consultado el 24 de abril de 2017). <<

[121] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 97-100. <<

[122] John F. Kennedy, «Address at Rice University on the Nation's Space Effort», 12 de septiembre de 1962, transcripción, www.jfklibrary.org/Asset-Viewer/MkATdOcdU06X5uNHbmqm1Q.aspx (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[123] Office of the Historian, US Department of State, «Draft Proposals for US - USSR Cooperation», 13 de abril de 1961, *Foreign Relations of the United States, 1961-1963*, vol. 25, doc. 387, history.state.gov/historicaldocuments/frus1961-63v25/d387 (consultado el 24 de abril de 2017). Cita del general en McDougall, *Heavens and Earth*, p. 342.
<<

[124] Las dos pruebas nucleares grandes de Estados Unidos de 1962 fueron Sedan (basada en tierra) y Starfish Prime (gran altitud). Para una discusión del proyecto de AEC en Alaska, véase Douglas L. Vandegraft, «Project Chariot: Nuclear Legacy of Cape Thompson», *Proceedings of the US Interagency Arctic Research Policy Committee Workshop on Arctic Contamination*, Session A: Native People's Concerns about Arctic Contamination II: Ecological Impacts, 6 de mayo de 1993, Anchorage, Alaska, arcticcircle.uconn.edu/VirtualClassroom/Chariot/vandegraft.html (consultado el 24 de abril de 2017). Véase también Ronald E. Doel y Kristine C. Harper, «Prometheus Unleashed: Science as a Diplomatic Weapon in the Lyndon B. Johnson Administration», en «Global Power Knowledge: Science and Technology in International Affairs», *Osiris* 21:1, 2006, p. 70 n. 22. Ya estaba claro que una variedad de tecnologías avanzadas podían causar daños extensos y duraderos, y se estaban realizando esfuerzos de prevención. En abril de 1963, por ejemplo, el presidente emitió el Memorandum de Acción de Seguridad Nacional 235/1, que exigía que agencias como la CIA y el Departamento de Estado realizaran una revisión anticipada de cualquier experimento a gran escala y potencialmente controvertido que pudiera tener efectos adversos sobre el ambiente. <<

[125] Un aspecto positivo comúnmente reconocido de la conducta de Estados Unidos durante la crisis de los misiles fue la decisión de los Kennedy de responder favorablemente a una primera carta de Jrushchov e ignorar una segunda carta problemática que llegó poco tiempo después. Un aspecto positivo relativamente poco conocido del lado soviético fue una intervención realizada el 27 de octubre por un oficial soviético en el submarino B - 59, quien instó a sus compañeros a que no ejecutaran una orden para disparar su torpedo de 10 kilotones con cabeza nuclear contra un buque de guerra estadounidense que los bombardeaba con cargas de profundidad. El disparo requería la aprobación de tres oficiales; Vasili Arkhipov se negó a ser el tercero. Esta parte de la historia apenas se supo de modo general 40 años después, en una conferencia de 2002 en Brown University sobre la crisis; una cita mencionada a menudo en esa conferencia es la de Thomas Blanton, director del Archivo de Seguridad Nacional: «un tipo llamado Vasili Arkhipov salvó al mundo». Marion Lloyd, «Soviets Close to Using A-bomb in 1962 Crisis, Forum Is Told», *Boston Globe*, 13 de octubre de 2002; Edward Wilson, «Thank You Vasili Arkhipov, the Man Who Stopped Nuclear War», *The Guardian*, 27 de octubre de 2012; Neil Genzlinger, «Same Cuba Crisis, Different Angles: 50 Years Later—Cuban Missile Crisis Revisited on PBS», *The New York Times*, 22 de octubre de 2012. <<

[126] Citado en McDougall, *Heavens and Earth*, p. 331. El premio Nobel y primer ministro canadiense Lester Pearson bien podría haber dado origen a la frase «equilibrio de terror» en 1955. El presidente Kennedy la usó en su discurso inaugural en 1961:

Por último, a esas naciones que se convertirían en nuestras adversarias, no les ofrecemos una promesa sino una petición: que ambas partes comiencen nuevamente la búsqueda de la paz, antes de que los oscuros poderes de destrucción desatados por la ciencia sumerjan a toda la humanidad en una autodestrucción planificada o accidental... [S]olo cuando tengamos la seguridad de que nuestras armas son suficientes podremos estar completamente seguros de que no se usarán jamás. Pero tampoco pueden consolarse dos grandes y poderosos grupos de naciones frente nuestro rumbo actual, en donde los dos lados están sobrecargados por el costo de las armas modernas, los dos alarmados por la propagación constante del átomo mortal, pero los dos compiten para alterar ese incierto equilibrio de terror que frena la guerra final de la humanidad. <<

[127] Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, in Outer Space and Under Water, 5 de agosto de 1963, UN Office for Disarmament Affairs, disarmament.un.org/treaties/t/test_ban/text (consultado el 24 de abril de 2017). Este tratado se conoce por varios nombres, incluyendo el Tratado de limitación de pruebas (TLDP) o el Tratado de prohibición de pruebas nucleares (TPPN). En español, véase Tratado mediante el cual se prohíben las pruebas de armas nucleares en la atmósfera, en el espacio exterior y debajo del agua, en www.defensoria.org.ar/wp-content/uploads/2017/02/Tratado-sobre-Proscripci%C3%B3n-de-Ensayos-con-Armas-Nucleares-en-la-Atm%C3%B3sfera-en-el-Espacio-Exterior-y-en-Aguas-Submarinas.pdf <<

[128] UN General Assembly, Resolution 1884 (XVIII): Question of General and Complete Disarmament, 17 de octubre de 1963, www.un-documents.net/a18r1884.htm (consultado el 24 de abril de 2017). Para un recuento detallado de los pasos tomados hacia la 1884, escrito por un diplomático estadounidense que participó muy de cerca en toda la cadena de hechos, véase Garthoff, «Banning the Bomb in Outer Space», pp. 25-37. <<

[129] Miroslav Gyürösi, «The Soviet Fractional Orbital Bombardment System Program», Air Power Australia, Technical Report APA - TR -2010-0101, abril de 2012, www.ausairpower.net/APA-Sov-FOBS-Program.html (consultado el 24 de abril de 2017). <<

[130] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 77-78, 85-88. <<

[131] Lyndon Baines Johnson, discurso durante la inauguración y dedicación de la Florida Atlantic University, 25 de octubre de 1964, www.fau.edu/fiftieth/speech.php (consultado el 25 de abril de 2017). <<

[132] El 8 de diciembre de 1953, Eisenhower se dirigió a la Asamblea General de la ONU sobre el tema del «peligro y poder atómico», haciendo referencia al principio de ese famoso discurso a una «reserva de armas atómicas de Estados Unidos, que, por supuesto, crece diariamente» y señalando que «las armas atómicas prácticamente han alcanzado una posición convencional dentro de nuestros servicios armados. En Estados Unidos, el Ejército, la Marina, la Fuerza Aérea y el Cuerpo de Marines son todos capaces de darle uso militar a esta arma». Hacia el final del discurso, menciona la «carrera de armamentos atómicos que eclipsa no solo la paz, sino la vida misma del mundo» y, aunque reconoce la existencia de la Comisión de Desarme, afirma: «Estados Unidos buscará más que la mera reducción o eliminación de materiales atómicos para fines militares. No basta con quitar esta arma de las manos de los soldados. Hay que ponerla en manos de los que sabrán cómo quitarle el revestimiento militar y adaptarla a las artes de la paz». La visión que se presenta aquí es que «se movilizará a los expertos para que apliquen la energía atómica a las necesidades de la agricultura, la medicina y otras actividades pacíficas. Un propósito especial sería proporcionar abundante energía eléctrica en las zonas del mundo que carecen de energía». Para el texto completo, véase «Atoms for Peace Speech», International Atomic Energy Agency, www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech (consultado el 25 de abril de 2017). <<

[133] Paul R. Josephson, «Atomic-Powered Communism: Nuclear Culture in the Postwar USSR», *Slavic Review* 55:2, verano de 1996, pp. 297-324: «Tanto en la URSS como en Estados Unidos se ‘domesticó’ al átomo para el consumo popular. A medida que se iba desarrollando la cultura nuclear, las imágenes del átomo asociadas con innumerables aplicaciones con fines pacíficos y el mejoramiento de la humanidad suplantaron a las de las armas nucleares» (p. 298). «Los ingenieros soviéticos también hablaban con esperanza sobre... el uso de explosiones nucleares con fines pacíficos (ENP) ‘para aumentar el control del hombre sobre el medio ambiente’, al igual que en Estados Unidos donde los planes para la ‘Operación *Plowshare*’ incluían detonaciones nucleares para crear un puerto artificial en Ogoturuk, Alaska, y para el ‘Canal Panatómico’ en el istmo de Panamá» (p. 306). Josephson cita las exageradas afirmaciones del físico nuclear estadounidense Edward Teller, padre de la bomba de hidrógeno y del programa ENP de Estados Unidos («Podemos construir puertos, excavar canales a nivel del mar, desviar ríos, deshacernos de la sobrecarga de depósitos minerales profundos y, por lo tanto, aumentar nuestra riqueza y la riqueza de otras naciones. Los explosivos pueden operar de una manera muy limpia») y pregunta: «¿Por qué la URSS trataría la promesa de las ENP de modo distinto que Estados Unidos? (p. 306). Véase también Ed Regis, “What Could Go Wrong? The Insane 1950s Plan to Use H-bombs to Make Roads and Redirect Rivers”, *Slate*, 30 de septiembre de 2015, www.slate.com/articles/technology/future_tense/2015/09/project_plowshare_t_plan_to_use_nukes_to_make_roads_and_redirect.html (consultado el 25 de abril de 2017). <<

[134] Doel y Harper, «Prometheus Unleashed», pp. 66-85. Véase también, por ejemplo, Lyndon B. Johnson, «Special Message to the Congress on Conservation and Restoration of Natural Beauty», 8 de febrero de 1965, en Gerhard Peters y John T. Woolley, *The American Presidency Project*, www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=27285 (consultado el 12 de noviembre de 2017). <<

[135] La frase «dominio del mundo» es recurrente en el NSC 68 y otros lados a partir de finales de 1940; por ejemplo, en un boletín de prensa de un senador republicano de New Hampshire, enfáticamente pro-McCarthy, publicado un mes después de *Sputnik*: «El reto ruso es de máxima seriedad en su búsqueda constante por el domino del mundo». Citado en Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, p. 95. <<

[136] De «Report of Special Senate Committee on Space and Astronautics on S. 3609», citado en Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, p. 95 <<

[137] Véase, por ejemplo, E.L., «Barry Goldwater on Space: GOP Candidate Wants Military, Not Civilians, to Run Space Program», *Science* 145, 31 de julio de 1964, pp. 470-471; George B. Kistiakowsky, «Johnson or Goldwater —Two Scientists Explain Their Choice: The Case for Johnson», *Science* 146, 16 de octubre de 1964, pp. 380-382; NASA Historical Staff, Office of Policy Planning, *Astronautics and Aeronautics, 1964: Chronology on Science, Technology and Policy*, Washington, D.C., NASA, 1964, pp.232-233, history.nasa.gov/AAChronologies/1964.pdf (consultado el 25 de abril de 2017); Richard Dean Burns y Joseph M. Siracusa, *A Global History of the Nuclear Arms Race: Weapons, Strategy, and Politics*, 2 vols., Santa Barbara, California, Praeger/ABC - CLIO, 2013, p.379; Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 102-105. <<

[138] La resolución del Golfo de Tonkin —la carta blanca para el sudeste asiático— se aprobó en la Cámara de Representantes 416 a 0 y en el Senado 88 a 2; véase la discusión en LaFeber, *America, Russia*, pp. 251-252. Véase también Burns y Siracusa, *Global History*, pp. 379-380: «[Johnson] realizó un esfuerzo considerable por reducir las tensiones entre Washington y Moscú mediante la aplicación de medidas que disminuyeron la posibilidad de un conflicto nuclear... Los burócratas desde el Estado Mayor Conjunto hasta el Departamento de Estado a menudo luchaban contra las propuestas de control de armas de Johnson; además, sus políticas a menudo eran contrarias a las opiniones de muchos estadounidenses que respaldaban políticas más estridentes [como, por ejemplo], el Consejo de Seguridad de Estados Unidos». Para una visión general de la legislación de la era de Johnson, véase Joseph A. Califano Jr., «Seeing Is Believing—The Enduring Legacy of Lyndon Johnson», discurso inaugural, celebración del centenario, 19 de mayo de 2008, www.lbjlibrary.org/lyndon-baines-johnson/perspectives-and-essays/seeing-is-believing-the-enduring-legacy-of-lyndon-johnson (consultado el 9 de noviembre de 2017). <<

[139] Como escribiría Herbert York, el primer director de Investigación e Ingeniería de Defensa, en *Making Weapons, Talking Peace*: «Era extensa la duplicación innecesaria, y las feroces luchas entre los servicios sobre las reglas y las misiones estaban creando confusión». Citado en Moltz, *Politics of Space Security*, p. 95. <<

[140] Burrows, *This New Ocean*, pp. 238-241, 246. Además, a partir de 1961, la Fuerza Aérea se encontró compitiendo por la primacía en el reconocimiento espacial con la nueva Oficina Nacional de Reconocimiento y la Agencia Central de Inteligencia. <<

[141] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 105-107. Una fuente de oposición fue el Consejo de Asuntos Críticos del Comité de Ciudadanos Republicanos de Estados Unidos, que no veía «razón alguna para creer que poner a un hombre en la Luna podría contribuir a nuestra fuerza militar», e instaba a un programa multinacional de aterrizaje lunar, y no solo estadounidense, para compartir los costos ingentes. <<

[142] La cuarta parte restante de los fondos federales para el espacio recibidos por el ejército durante los años de Johnson se destinó a programas, algunos exitosos y otros abandonados, incluyendo los satélites de fotorreconocimiento KEYHOLE y CORONA; el proyecto del Laboratorio Orbital Tripulado, una estación espacial de reconocimiento no bélico para la Fuerza Aérea que se dejó de financiar antes de que llegara la órbita; y el Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa, establecido por la Oficina Nacional de Reconocimiento. Los satélites y los cohetes propulsores de carga pesada se llevaron la mayor parte del dinero, mientras que una cantidad mucho menor se destinó a las armas antisatelitales y la defensa de misiles balísticos, aunado al trabajo continuo de los soviéticos sobre los satélites de bombardeo. Los satélites de comunicaciones estaban alterando rápidamente la forma en que se podía transmitir e intercambiar la información, y en 1968 comenzó a funcionar una constelación de 26 satélites estadounidenses llamada Sistema Defensivo de Comunicaciones por Satélite (DSCS o Defense Satellite Communication System), apenas media década después de que 19 países, incluido Estados Unidos, hubieran formado el Consorcio Civil Internacional de Telecomunicaciones por Satélite (Intelsat) y Bell Labs / AT&T generara su primera transmisión de televisión en vivo vía satélite comercial. Véase, por ejemplo, Burrows, *This New Ocean*, pp. 241-271; Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp. 101-102, 107, 110-111. <<

[143] Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 143, 152-154. <<

[144] Citado en Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, p. 117. <<

[145] Véase, por ejemplo, Carta de Robert C. Seamons Jr., Administrador Adjunto de la NASA, a James E. Webb, Administrador de la NASA, 25 de febrero de 1967, y Declaración de James E. Webb, 25 de febrero de 1967, en NASA, «Report of Apollo 204 Review Board», NASA - TM -84-105, 5 de abril de 1967, pp. 3-57, 3-58, 3-61, history.nasa.gov/Apollo204/summary.pdf (consultado el 11 de noviembre de 2017). <<

[146] McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 344-345. <<

[147] Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, pp.109-114; McDougall, *Heavens and Earth*, pp. 344-345. <<

[148] Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 125-126. Moltz sostiene que el paso hacia los acuerdos espaciales fue bilateral y no unilateral. Describe el movimiento gradual hacia la cooperación espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética y la desaceleración de armas que siguió a la firma del Tratado de Limitación de Pruebas, como el surgimiento de una «limitación cooperativa». <<

[149] Lyndon B. Johnson, «Remarks at the Signing of the Treaty on Outer Space», 27 de enero de 1967, Peters y Woolley, *American Presidency Project*, www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=28205 (consultado el 25 de abril de 2017). El 7 de febrero de 1967, el presidente transmitió el tratado al Senado, el cual lo ratificó a finales de abril. Instando a la ratificación, Johnson se dirigió a los senadores: «Hoy, el espacio exterior es libre. No está marcado por el conflicto. Ninguna nación tiene una concesión allí. Debe permanecer así. Nosotros, de Estados Unidos, no reconocemos que haya propietarios del espacio exterior que puedan atreverse a negociar con las naciones de la Tierra por el precio de entrada a este nuevo dominio. No debemos, y no necesitamos, corromper esta gran oportunidad al traer a ella el mismo antagonismo que podemos, con valentía, superar y dejar atrás para siempre si procedemos con esta aventura conjunta hacia este nuevo reino». Citado en Kalic, *Presidents and Militarization of Space*, p. 115. <<

[150] Mizin, «Non-Weaponization of Outer Space», en *Outer Space*, ed. Arbatov y Dvorkin, pp.50-51. En 1985, Estados Unidos presentó una «interpretación amplia» del tratado, afirmando que no «prohibía la prueba de componentes de BMD [defensa de misiles balísticos] en el espacio» (p. 57). <<

[151] En una resolución relacionada de la ONU de 1994, la Ampliación de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Estados Unidos fue el único voto de oposición; no hubo abstenciones. Véase United Nations Office for Outer Space Affairs, «Documents and Resolutions Database», www.unoosa.org/oosa/documents-and-resolutions/search.jspx?&view=resolutions (consultado el 25 de abril de 2017). <<

[152] Mizin, «Non-Weaponization of Outer Space», pp. 54-56; Tim Weiner, «Lies and Rigged ‘Star Wars’ Test Fooled the Kremlin, and Congress», *The New York Times*, 18 de agosto de 1993; Sergei Oznobishchev, «Codes of Conduct for Outer Space», en *Outer Space*, ed. Arbatov y Dvorkin, pp. 69-77. La evaluación de Mizin, compartida por muchos, es que la IDE «no era realmente un proyecto tecnológico grandioso y novedoso para modernizar las fuerzas armadas de Estados Unidos, sino también una especie de medida activa diseñada para atraer a la Unión Soviética a una competencia agotadora que estaba destinada a perder» (p. 56). Para las presentaciones soviéticas a la Asamblea General, véanse los documentos A/36/192 (20 de agosto de 1981), A/38/194 (23 de agosto de 1983) y A/39/243 (27 de septiembre de 1984) en «Documents by Symbol», General Assembly of the United Nations, www.un.org/en/ga/documents/symbol.shtml (consultado el 25 de abril de 2017). <<

[153] Carta fechada el 12 de febrero de 2008 del Representante Permanente de la Federación Rusa y el Representante Permanente de China a la Conferencia sobre Desarme CD /1839 (que incorpora el borrador: Tratado sobre la prevención de la colocación de armas en el espacio exterior y la amenaza o uso de fuerza contra otros objetos del espacio exterior), Conferencia de Desarme de la ONU, 29 de febrero de 2008, documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G08/604/02/PDF/G0860402.pdf. Carta fechada el 11 de septiembre de 2015, del Representante Permanente de China a la Conferencia sobre Desarme y al encargado de negocios *ad interim* de la Federación Rusa, dirigida al secretario general de la Conferencia CD /2042 (que incorpora Comentarios de seguimiento por la Federación Rusa y China sobre el análisis presentado por Estados Unidos de América de el borrador actualizado ruso-chino PPWT), Conferencia de Desarme de la ONU, 14 de septiembre de 2015, documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G15/208/38/PDF/G1520838.pdf (consultado el 31 de julio de 2016; el 25 de abril de 2017, ya estaban deshabilitados los enlaces). <<

[154] Detlev Wolter, *Common Security in Outer Space and International Law*, Ginebra, United Nations Institute for Disarmament Research, 2006, pp. 157-158, www.files.ethz.ch/isn/122089/2006_CommonSecuritySpace_en.pdf; versión condensada en Wolter, «Legal Foundations and Essential Treaty Elements for a System of Common Security in Outer Space», Global Security Institute, 2007, www.worldacademy.org/files/System_of_Common_Security_in_Outer_Space (consultado el 25 de abril de 2017). <<

[155] Burton, «Daggers in the Air», p. 147. Al explicar por qué el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (OST por sus siglas en inglés) es el «límite máximo», el autor afirma que «la marcada disminución de respeto a las Naciones Unidas por Estados Unidos en los últimos años vuelve improbable que se vuelva a negociar bajo los auspicios de ese organismo una repetición o extensión significativa del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre». <<

[156] Ratificado por 105 estados miembro desde el 1 de enero de 2017, www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/treatystatus/AC105_C2_2017_CRF (consultado el 13 de noviembre de 2017). Para la versión en español, véase www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE_11_S.pdf. Aquí el término *ratificación* incluye no solo la ratificación real sino también lo que la ONU llama aceptación, aprobación, adhesión o sucesión. El estado de los acuerdos internacionales relacionados con el espacio exterior se actualiza anualmente y está disponible a través de la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior en www.unoosa.org/oosa/en/SpaceLaw/treatystatus/index.html <<

[157] Algunas declaraciones sobre la doctrina del espacio no mencionan el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre ni la existencia de un marco jurídico internacional. Por ejemplo, *Space Operations: Air Force Doctrine Document 2-2*, 23 de agosto de 1998, menciona en sus «Lecturas sugeridas» una página web de la ONU sobre el estado de los tratados espaciales, pero más allá de eso no discute el derecho espacial, [www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#http://www.globalsecurity.org/mili2/afdd2-2.pdf](http://www.globalsecurity.org/mili2/afdd2-2.pdf)||| AFDD%202-2:%20Space%20Operations. Ocho años después, el documento actualizado sobre la doctrina incluye múltiples referencias a las provisiones del tratado y al derecho espacial (*Space Operations: Air Force Doctrine Document 3-14*, 27 de noviembre de 2006/28 de julio de 2011, [www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#http://www.globalsecurity.org/mili14/afdd3-14_2011.pdf](http://www.globalsecurity.org/mili14/afdd3-14_2011.pdf)||| AFDD%203-14:%20Space%20Operations). Otros documentos pueden hacer breves referencias al cumplimiento legal en términos extremadamente generales: por ejemplo, la política espacial nacional del gobierno de Barack Obama, con fecha 28 de junio de 2010, en [www.au.af.mil/au/awc/awcgate/whitehouse/national_space_policy_28june2010](http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/whitehouse/national_space_policy_28june2010.pdf) que dice: «Todas las naciones tienen derecho a explorar y utilizar el espacio con fines pacíficos y en beneficio de toda la humanidad, de conformidad con el derecho internacional», pero luego se apresura a señalar en la siguiente oración: «Coherente con este principio, ‘finés pacíficos’ permite que el espacio sea utilizado para actividades de seguridad interna y nacional».

Por otro lado, la política espacial nacional (no clasificada) del gobierno de George W. Bush, fechada el 31 de agosto de 2006, en history.nasa.gov/ostp_pace_policy06.pdf, solo menciona el «cumplimiento de tratados» en relación con las obligaciones del director de Inteligencia Nacional, y descarta preventivamente cualquier instrumento legal adicional: «Estados Unidos se opondrá al desarrollo de nuevos regímenes legales u otras restricciones que busquen prohibir o limitar el acceso o uso del espacio por parte de Estados Unidos. Los acuerdos o restricciones propuestos para el control de armas no deben afectar los derechos de Estados Unidos a realizar investigaciones, desarrollos, pruebas y operaciones u otras actividades en el espacio para los intereses nacionales de Estados Unidos». En contraste, el *Quadrennial Defense Review 2014*, del Departamento de Defensa de la época de Obama,

archive.defense.gov/pubs/2014_Quadrennial_Defense_Review.pdf, es más receptivo al desarrollo de acuerdos adicionales: «Todas las iniciativas del Departamento [de Defensa] en el espacio seguirán siendo respaldadas por los esfuerzos del gobierno de Estados Unidos para trabajar con la industria, los aliados y otros socios internacionales para configurar las reglas del camino en este dominio», aunque aquí también, la siguiente oración reafirma la centralidad del conflicto: «Retendremos y fortaleceremos nuestras capacidades de proyección de poder para lograr disuadir el conflicto, y si la disuasión falla, ganar decisivamente contra los agresores» (p. 20). (Todo consultado el 26 de abril de 2017). <<

[158] US Air Force, *Space Operations: Air Force Doctrine Document 2.2*, 27 de noviembre de 2006, pp. 26-27, [www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#http://www.globalsecurity.org/military/afdd2-2-2006.pdf](http://www.globalsecurity.org/military/afdd2-2-2006.pdf)||AFDD%202-2:%20Space%20Operations (consultado el 26 de abril de 2017). <<

[159] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, excluye de consideración una variedad de categorías de armas: las que pasan por el espacio sin lograr órbita, las que están en el espacio que simplemente mejoran la eficacia de las armas basadas en el suelo, las ciberarmas que dependen de los sistemas de comunicación basados en el espacio, y las armas basadas en el espacio que solo sirven contra objetivos basados en el espacio. También excluye a las armas clasificadas. <<

[160] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, p. 1. <<

[161] I.F. Stone, «First Call for a Test Ban» (1 de noviembre de 1954), en I.F. Stone, *The Best of I.F. Stone*, Nueva York, PublicAffairs, 2006, p. 117. <<

[162] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, p. 2. <<

[163] *Idem.*, pp. 3, 94. <<

[164] *Idem.*, *Space Weapons Earth Wars*, pp. 17-18, 37. <<

[165] Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions*, p.6. La cita sobre las «formas altamente intrusivas» es de Nancy Gallagher y John D. Steinbruner, *Reconsidering the Rules for Space Security*, Cambridge, Massachusetts, American Academy of Arts and Sciences, 2008, p.2. Otro erudito militar, John J. Klein, en *Space Warfare: Strategy, Principles and Policy*, Londres y Nueva York, Routledge, 2006, libro que forma parte de la serie *Space Power and Politics* de la editorial Routledge, reconoce que si bien sería útil una política armamental agresiva para proteger la seguridad nacional de Estados Unidos, «ya sea con fines ofensivos o defensivos», también representaría a Estados Unidos como «cada vez más poderoso» y bien podría conducir a «intentos colectivos de impugnar esta hegemonía espacial a través de esfuerzos diplomáticos, económicos, informativos y quizá incluso militares». En última instancia, «después de que se completara un costoso programa de armas de varios años, no hay garantía de que al final mejoraría la seguridad nacional y la capacidad de comandar el espacio» (pp. 145-146). <<

[166] Estados Unidos proporcionó 33 % de todas las transferencias de armas de 2012-16; Rusia ocupó el segundo lugar en 23 %. Aude Fleurant, Pieter D. Wezeman, Siemon T. Wezeman y Nan Tian, «Trends in International Arms Transfers, 2016», hoja de datos, Stockholm International Peace Research Institute, p. 2, febrero de 2017, www.sipri.org/sites/default/files/Trends-in-international-arms-transfers-2016.pdf (consultado el 27 de abril de 2017). <<

[167] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, pp. 74-75. <<

[168] Existe una amplia bibliografía sobre el giro en el derecho internacional al alejarse del venerable principio de *cuius est solum eius est usque ad coelum et ad sidera*, traducido de diversas maneras pero que, en esencia, significa que «quien posee la tierra la posee hasta los cielos y hasta el infierno». Con el ascenso de Sputnik, la cuestión de la soberanía hasta los cielos cambió a la cuestión práctica de dónde establecer el límite entre la tierra, el cielo y el espacio exterior. Véase, por ejemplo, Burton, «Daggers in the Air», pp. 143, 149-150, 153; Dolman, *Astropolitik*, pp. 115-120; Philip W. Quigg, «Open Skies and Open Space», *Foreign Affairs* 37:1, octubre de 1958. <<

[169] Preston *et al.*, *Space Weapons Earth Wars*, pp. 101-106. <<

[170] Joint Chiefs of Staff, *Joint Vision 2020: America's Military—Preparing for Tomorrow*, verano de 2000. Un titular esclarece la visión de los Jefes del Estado Mayor Conjunto: «Individuos dedicados y organizaciones innovadoras transforman la fuerza conjunta para el siglo XXI para lograr el dominio del espectro completo: persuasivos en la paz; decisivos en la guerra; preeminentes en cualquier forma de conflicto» (p. 58). <<

[171] Scott A. Weston, «Examining Space Warfare: Scenarios, Risks, and US Policy Implications», *Air & Space Power Journal* 23:1, primavera de 2009, p. 74, www.au.af.mil/au/afri/aspj/airchronicles/apj/apj09/spr09/weston.html (consultado el 3 de mayo de 2017). <<

[172] Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 119-121, 130-132. Starfish Prime era 90 veces más poderosa que «Little Boy» (Hiroshima) y 70 veces más poderosa que «Fat Man» (Nagasaki). <<

[173] «Interview: Walter LaFeber, Historian», *American Experience*, PBS, www.pbs.org/wgbh/americanexperience/features/interview/truman-lafeber/ (consultado el Aug. 28, 2016). <<

[174] James Forrestal, *The Forrestal Diaries*, citado en LaFeber, *America, Russia*, p. 86; Mastny, *Cold War*, pp. 49, 101, 123, 127. <<

[175] LaFeber, *America, Russia*, pp. 27-28. <<

[176] Varían los reportes del rendimiento. Las cifras que se dan aquí vienen de la Comisión Preparatoria para la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares, www.ctbto.org/nuclear-testing/ (consultado el 27 de abril de 2017). El artefacto soviético detonado en octubre de 1961 se llamaba Bomba del Zar y fue por mucho la bomba nuclear más grande jamás hecha, con un poder equivalente a unas 3 800 bombas tipo Hiroshima detonadas simultáneamente. <<

[177] American Security Council, «Top-Level Civilian Committee Urges President Kennedy to Stop Geneva Test-Ban Negotiations, Resume Atomic Underground Tests», boletín de prensa, 16 de mayo de 1961, archive.org/stream/AmericanSecurityCouncil/American%20Security%20Cour2#page/n19/mode/2up (consultado el 27 de abril de 2017). <<

[178] Richard H. Kohn y Joseph P. Harahan, «U.S. Strategic Air Power, 1948-1962: Excerpts from an Interview with Generals Curtis E. LeMay, Leon W. Johnson, David A. Burchinal y Jack J. Catton», *Int. Security* 12:4, primavera de 1988, pp. 85-86. Con respecto a lo «despiadado», William E. Burrows caracteriza a LeMay como un hombre «que jamás perdió de vista el hecho de que la misión central de su servicio era destruir al enemigo» (*This New Ocean*, p. 237). <<

[179] National Security Council—Executive Secretary, «National Security Policy», NSC 162/2; pp. 2, 13, 19, 22. A mediados de 1950, segmentos clave de las administraciones de Eisenhower y de Jrushchov sostenían que el aumento simultáneo de los gastos en armas nucleares y el recorte de las fuerzas convencionales era una estrategia sensata, aunque segmentos clave del ejército no estaban de acuerdo. Véase Matthew Evangelista, «Cooperation Theory and Disarmament Negotiations in the 1950s», *World Politics* 42:4, julio de 1990, pp. 510-512. <<

[180] Robert S. McNamara, «The Military Role of Nuclear Weapons: Perceptions and Misperceptions», *Foreign Affairs* 62:1, otoño de 1983, p. 63. La declaración de Montgomery viene de un discurso al Royal United Services Institute, Londres. <<

[181] Scott Shane, «1950s U.S. Nuclear Target List Offers Chilling Insight», *The New York Times*, 22 de diciembre de 2015. <<

[182] North Atlantic Military Committee, «Final Decision on MC 14/2 (Revised): A Report by the Military Committee to the North Atlantic Council on Overall Strategic Concept for the Defense of the North Atlantic Treaty Organization Area», desclasificado, 23 de mayo de 1957, 9[289], 13[293], en Gregory W. Pedlow, ed., «NATO Strategy Documents 1949-1969», NATO International Staff Central Archives, s/f, www.bits.de//NRANEU/nato-strategy/MC14-2.pdf (consultado el 27 de abril de 2017). <<

[183] Burns y Siracusa, *Global History*, p. 377. <<

[184] Esta evaluación viene de Thomas Graham Jr., abogado y diplomático de desarme que sirvió con la Agencia de Control de Armas y Desarme de Estados Unidos de 1970 a 1997. Burns y Siracusa, *Global History*, pp. 426, 431. <<

[185] LaFeber, *America, Russia*, pp. 208-212, 223-224; Burns y Siracusa, *Global History*, cap. 14, «Reagan, Gorbachev, and Nuclear Arms: Ending the Cold War», pp. 413-445. <<

[186] Michael S. Gerson, «No First Use: The Next Step for U.S. Nuclear Policy», *Int. Security* 35:2, otoño de 2010, p.7; US Air Force, *Nuclear Operations: Air Force Doctrine Document 3-72*, 7 de mayo de 2009 (incorpora el Cambio 2, 14 de diciembre de 2011), pp.17-18, www.globalsecurity.org/military/library/policy/usaf/afdd/3-72/afdd3-72_2011.pdf; US Department of Defense, *Nuclear Posture Review Report*, abril de 2010, p. v, www.defense.gov/Portals/1/features/defenseReviews/NPR/2010_Nuclear_Pos (consultado el 27 de abril de 2017). <<

[187] «Trump Repeats Call for US Nuclear Supremacy», BBC News, 24 de febrero de 2017, www.bbc.com/news/world-us-canada-39073303 (consultado el 27 de abril de 2017). <<

[188] James E. Cartwright y Bruce G. Blair, «End the First-Use Policy for Nuclear Weapons», página de opinión, *The New York Times*, 14 de agosto de 2016. <<

[189] Michael Krepon, «Not Just Yet for No First Use», publicación de blog, Arms Control Wonk: Leading Voices on Arms Control, Disarmament and Non-Proliferation, 31 de julio de 2016, www.armscontrolwonk.com/archive/1201722/not-just-yet-for-no-first-use/ (consultado el 27 de abril de 2017). Krepon sostenía aquí que, aunque casi no existían buenos argumentos en contra de la adopción de una política de «no primer uso» por parte de Estados Unidos, sí había un argumento que tenía cierto mérito: no era el mejor momento para hacerlo. Escribió que las acciones del líder soviético Vladimir Putin y las declaraciones del candidato Donald Trump a mediados de 2016 hacían que fuera un mal momento para presionar al presidente Obama a que declarara, antes del final de su mandato, un compromiso estadounidense de no usarlo por primera vez. <<

[190] NATO, «Defence and Deterrence: Clause 17», *Active Engagement, Modern Defence: Strategic Concept for the Defence and Security of the Members of the North Atlantic Treaty Organization*, 19 a 20 de noviembre de 2010, p. 14, www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_publications/20120214_strateconcept-2010-eng.pdf. En cuanto a los desarrollos globales, véase, por ejemplo, *Perspectives on the Evolving Nuclear Order*, ed. Toby Dalton, Togzhan Kassenova y Lauryn Williams, Washington, D.C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016, carnegieendowment.org/files/NuclearPerspectives_final.pdf; «Pakistan: Nuclear», Nuclear Threat Initiative, Apr. 2016, www.nti.org/learn/countries/pakistan/nuclear/ (consultado el 22 de agosto de 2016); Rick Gladstone, «A Treaty Is Reached to Ban Nuclear Arms. Now Comes the Hard Part», *The New York Times*, 7 de julio de 2017; UN General Assembly, «Draft Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons», A/CONF.229/2017/L.3/Rev.1, distribución limitada, 6 de julio de 2017, www.undocs.org/en/a/conf.229/2017/L.3/Rev.1 (consultado el 7 de agosto de 2017). <<

[191] Ramesh Thakur, «Why Obama Should Declare a No-First-Use Policy for Nuclear Weapons», *Bulletin of the Atomic Scientists*, 19 de agosto de 2016, thebulletin.org/why-obama-should-declare-no-first-use-policy-nuclear-weapons9789 (consultado el 21 de agosto de 2016). Thakur es uno de los convocantes de la Asia Pacific Leadership Network for Nuclear Non-Proliferation and Disarmament (Red de Liderazgo del Pacífico Asiático para la No Proliferación y Desarme Nuclear). <<

[192] «Timeline», *Bull. Atomic Scientists*, thebulletin.org/timeline; Science and Security Board, «It is two and a half minutes to midnight: 2017 Doomsday Clock Statement», *Bull. Atomic Scientists*, 26 de enero de 2017, thebulletin.org/sites/default/files/Final%202017%20Clock%20Statement.pdf (consultado el 27 de abril de 2017); Science and Security Board, «Statement from the President and CEO: It Is Now Two Minutes to Midnight», *Bull. Atomic Scientists*, 25 de enero de 2018, thebulletin.org/2018-doomsday-clock-statement (consultado el 25 de enero de 2018). <<

[193] Bruce M. DeBlois, «The Advent of Space Weapons», *Astropolitics* 1:1, primavera de 2003, p. 36. <<

[194] Mizin, «Non-Weaponization of Outer Space», p. 58. <<

[195] Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions*, p. 35; véase también pp. 119-132.

<<

[196] Véase, por ejemplo, *Outer Space*, ed. Arbatov y Dvorkin, pp. 72-110: Oznobishchev, «Codes of Conduct», pp. 72-73; Alexei Arbatov, «Preventing an Arms Race in Space», pp. 79-102; Alexei Arbatov y Vladimir Dvorkin, «Conclusion», pp. 103-110. <<

[197] Véase la presentación del tratado, precedida de una larga discusión de temas desde la perspectiva de Estados Unidos, en www.congress.gov/105/cdoc/tdoc28/CDOC-105tdoc28.pdf (consultado el 29 de septiembre de 2016). <<

[198] Véase Mary Beth D. Nikitin, «Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty: Background and Current Developments», Congressional Research Service RL-33458, 1 de septiembre de 2016, www.fas.org/sgp/crs/nuke/RL33548.pdf (consultado el 29 de septiembre de 2016); «Senate Holds First Hearing on Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Since 1999», *FYI: The AIP Bulletin of Science Policy News* 106, 8 de septiembre de 2016; «UN Resolution on Nuclear-Test-Ban Treaty Spurs Debate on Treaty's Merits», *FYI: The AIP Bulletin of Science Policy News* 120, 27 de septiembre 2016. Desde principios de 2018, India, Corea del Norte y Pakistán no han ni firmado ni ratificado el TPCEN; China, Egipto, Irán, Israel y Estados Unidos firmaron pero no ratificaron. <<

[199] Bruce Cumings entrevistado por Amy Goodman, «On Asia Trip, Trump Met by Protests Calling on U.S. to Open Diplomatic Relations with North Korea», *Democracy Now!*, 10 de noviembre de 2017, transcripción en www.democracynow.org/2017/11/10/on_asia_trip_trump_met_by (consultado el 6 de marzo de 2018). <<

[200] Lewis, *It Can't Happen Here*, pp. 7, 9. <<

[*] El 3 de enero de 2019, a las 10:26 hora de Beijing, la sonda Chang'e 4 alunizó en la «cara oculta» de la Luna, en la cuenca de Aitken, en el polo sur del satélite [*N. de la T.*]. <<

[1] George Orwell, *Nineteen Eighty-Four*, Nueva York, Houghton Mifflin Harcourt, 1949, Kindle loc. 3747-52, versión en español, traducción de Miguel Temprano García, Madrid, DeBolsillo, 2014; Kimiko de Freytas-Tamura, «George Orwell's '1984' Is Suddenly a Best-Seller», *The New York Times*, 25 de enero de 2017. Tres semanas después, el libro seguía ocupando el primer lugar en las listas de literatura clásica y contemporánea, así como las de ficción, ficción política, sátira y ciencia ficción distópica de Amazon. El expresidente George W. Bush opinó sobre la naturaleza del poder en febrero de 2017 en cadena nacional, un mes después de la asunción presidencial de Trump, cuando la nueva administración comenzó a ignorar las prácticas existentes desde hace mucho tiempo sobre el acceso y la libertad de la prensa y a difamar repetidamente al periodismo como «noticias falsas» y «enemigo del pueblo»: «Necesitamos que los medios de comunicación responsabilicen a personas como yo. A lo que me refiero es que el poder puede ser muy adictivo y puede ser corrosivo y es importante que los medios de comunicación pidan la rendición de cuentas a las personas que abusan de su poder, ya sea aquí o en cualquier otro lugar». Peter Baker, «Former President George W. Bush Levels Tacit Criticism at Trump», *The New York Times*, 27 de febrero de 2017. <<

[2] Commission on the Future of the United States Aerospace Industry, *Anyone, Anything, Anywhere, Anytime: Final Report*, diciembre de 2002, pp. 3-11, history.nasa.gov/AeroCommissionFinalReport.pdf (consultado el 17 de diciembre de 2016). <<

[3] Kevin Pollpeter, Eric Anderson, Jordan Wilson y Fan Yang, *China Dream, Space Dream: China's Progress in Space Technologies and Implications for the United States* (Washington, DC: IGCC/US-China Economic and Security Review Commission, 2015), pp. 5, 7 y en general pp. 1-7, para ver cómo China aborda el poder, www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China%20Dream%20Space%20Dr (consultado el 18 de noviembre de 2016). Véase también James Clay Moltz, «China's Space Technology: International Dynamics and Implications for the United States», testimonio en la audiencia de la Comisión para la Revisión Económica y de Seguridad Estados Unidos-China, 11 de mayo de 2011, www.uscc.gov/sites/default/files/5.11.11Moltz.pdf (consultado el 21 de noviembre de 2016). En cuanto a los libros blancos, véase Oficina de Información del Consejo de Estado, República Popular China, «China's Space Activities in 2006—Preface», octubre de 2006, www.china.org.cn/english/features/book/183672.htm Oficina de Información del Consejo de Estado, República Popular China, «China's Space Activities in 2011—Preface», diciembre de 2011, news.xinhuanet.com/english/china/2011-12/29/c_131333479.htm; Oficina de Información del Consejo de Estado, República Popular China, «China's Military Strategy—I. National Security Situation», mayo de 2015, *China Daily*, www.chinadaily.com.cn/china/2015-05/26/content_20820628.htm (consultado el 16 de diciembre de 2016); Oficina de Información del Consejo de Estado, República Popular China, «China's Space Activities in 2016—Preamble», *Global Times/Xinhua*, 27 de diciembre de 2016, www.globaltimes.cn/content/1025893.shtml (consultado el 8 de enero de 2017). <<

[4] John F. Kennedy, «Address at Rice University on the Nation's Space Effort», transcripción, 2 de septiembre de 1962, John F. Kennedy Presidential Library and Museum, www.jfklibrary.org/Asset-Viewer/MkATdOcdU06X5uNHbmqm1Q.aspx (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[5] Robert C. Seamans Jr., *Project Apollo: The Tough Decisions*, Monographs in Aerospace History 37, SP-2005-4537, Washington, D.C., NASA History Division, 2007, p. 45, <history.nasa.gov/monograph37.pdf> (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[6] Richard W. Orloff, *Apollo by the Numbers: A Statistical Reference* (Washington, DC: NASA <History Division, 2005), history.nasa.gov/SP-4029/Apollo_18-16_Apollo_Program_Budget_Appropriations.htm. El presupuesto de 1961 para el programa de alunizaje Apollo fue de 1 millón de dólares; al siguiente año saltó a 160 millones y luego se cuadruplicó en los dos siguientes años (consultado el 29 de abril de 2017). Desde la década de 1970, el financiamiento de la NASA ha alcanzado 20 mil millones, en dólares de 2010, solo tres veces: entre 1991 y 1993. Véase «Appendix C: A Half Century of NASA Spending 1959-2010: NASA Outlays in Relation to Total U.S. Federal Government Outlays and to GDP», en Neil deGrasse Tyson, *Space Chronicles: Facing the Ultimate Frontier*, ed. Avis Lang, Nueva York, W.W. Norton, 2012, pp. 331-332. Durante las presidencias de George W. Bush y Barack Obama (2001-2016), los fondos de la NASA representaron aproximadamente un tercio menos que la asignación al Departamento de Energía y casi el doble a la Agencia de Protección Ambiental. Para más detalles sobre la financiación por agencia, véase Office of Management and Budget, «Table 4.1— Outlays by Agency: 1962-2022» y «Table 4.2— Percentage Distribution of Outlays by Agency: 1962-2022», s/p., en «Introduction to the Historical Tables: Structure, Coverage, and Concepts», www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/budget/fy2018/hist.pdf (consultado el 13 de agosto de, 2017). <<

[7] Space Foundation, *The Space Report 2013: The Authoritative Guide to Global Space Activity*, Colorado Springs, Space Foundation, 2013, p. 1; *Space Report 2016*, 37; *Space Report 2017*, p. 16. Véase la evidencia en «Global Space Activity Revenues and Budgets» en *Space Reports 2013 a 2016* y «A Snapshot: The Global Space Economy in 2016—Total \$329.306 B», en *Space Report 2017*, p. 16. Véase también *Space Report 2010*, p. 50; *Space Report 2011*, p. 55. Para los años anteriores a 2010, las estimaciones del gasto espacial militar no estadounidense se basan en menos fuentes y no incluyen a China; para los años más recientes, se incluye a China, pero las cantidades en dólares son estimaciones, ya que China no hace públicas las cifras exactas. Sin embargo, vale la pena señalar la declaración de la Space Foundation de que en 2008 se produjo en los Estados Unidos un «95 % del gasto gubernamental mundial en programas espaciales relacionados con la defensa» (*Space Report 2010*, p. 50). <<

[8] Antes era común que los documentos e instituciones unieran espacio y aire, sugiriendo una continuidad, como por ejemplo el texto *Air and Space Power in the New Millennium*, editado por Daniel Gouré y Christopher M. Szara, Washington, D.C., Center for Strategic & International Studies, 1997, o el Smithsonian National Air and Space Museum. <<

[9] US Air Force, *Space Operations: Air Force Doctrine Document 2-2*, 27 de noviembre de 2006, pp. 1, 6, 35, [www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#http://www.globalsecurity.org/military/afdd2-2-2006.pdf](http://www.globalsecurity.org/military/afdd2-2-2006.pdf)||AFDD%202-2:%20Space%20Operations (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[10] US Air Force, *Counterspace Operations: Air Force Doctrine Document 2-2.1*, 2 de agosto de 2004, pp. vii, 27, 33-34, 40, www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#http://www.globalsecurity.org/military/afdd2-2-1/afdd2-2-1.pdf||AFDD%202-2.1:%20Counterspace%20Operations (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[11] US Air Force, *Space Operations*, 7; Joint Chiefs of Staff, «The National Military Strategy of the United States of America 2015», junio de 2015, p. 3, www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Publications/2015_National_Military_Strategy; Tyrone C. Marshall Jr., «Officials Update Congress on Military Space Policy, Challenges», American Forces Press Service, DoD News, 12 de marzo de 2014, archive.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=121826; Jim Garamone, «Stratcom Chief: U.S. Must Maintain Space Dominance», DoD News, 6 de febrero de 2015, archive.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=128130 (consultado el 13 de noviembre de 2016). <<

[12] General John E. Hyten, «Space Mission Force: Developing Space Warfighters for Tomorrow», libro blanco, US Air Force Space Command, 29 de junio de 2016, pp. 2-3, 5, www.afspc.af.mil/Portals/3/documents/White%20Paper%20-%20Space%20Mission%20Force/AFSPC%20SMF%20White%20Paper%20-%20FINAL%20-%20AFSPC%20CC%20Approved%20on%20June%202016.pdf?ver=2016-07-19-095254-887 (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[13] Marcia S. Smith, «Top Air Force Officials: Space Now Is a Warfighting Domain», SpacePolicyOnline.com, 17 de mayo de 2017, www.spacepolicyonline.com/news/top-air-force-officials-space-now-is-a-warfighting-domain. Véase también US Government Accountability Office, «DOD Space Acquisition Management and Oversight: Information Presented to Congressional Committees», GAO-16-592R, 7 de julio de 2016, www.gao.gov/assets/680/678697.pdf (consultado el 21 de noviembre de, 2017). <<

[14] Council of the European Union, «Implementation Plan on Security and Defence», 14 de noviembre de 2016, pp. 14, 30; «Shared Vision, Common Action: A Stronger Europe—A Global Strategy for the European Union’s Foreign and Security Policy», junio de 2016, p.4, 44; ambos en www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2016/11/14-conclusions-eu-global-strategy-security-defence/ (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[15] European Commission, «Space Strategy for Europe», COM (2016) 705, 26 de octubre de 2016, pp. 5, 11, ec.europa.eu/docsroom/documents/19442 (consultado el 29 de abril de 2017). <<

[16] Michael Sheehan, *International Politics of Space*, Londres, Routledge, 2007, pp. 72-90; Joan Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, Nueva York, Columbia University Press, 2007, pp. 169-196. <<

[17] European Defence Agency, «Latest News: EU and US Government Defense Spending», boletín de prensa, 25 de enero de 2012, www.eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/12-01-25/EU_and_US_government_Defence_spending; Zoe Stanley-Lockman y Katharina Wolf, «European Defence Spending 2015: The Force Awakens», European Union Institute for Security Studies— *Brief Issue* 10 (marzo de 2016), pp. 1-2, www.iss.europa.eu/uploads/media/Brief_10_Defence_spending.pdf (consultado el 29 de abril de 2017). En 2015, cuando el gasto militar total de los países de la UE justo rebasaron los 203 mil millones de euros, Asia gastó 277 mil millones de euros. <<

[18] Véase, por ejemplo, Glenn Kessler, «Fact Checker: Trump’s Claim That the U.S. Pays the ‘Lion’s Share’ for NATO», *The Washington Post*, 30 de marzo de 2016; Michael R. Gordon y Niraj Chokshi, «Trump Criticizes NATO and Hopes for ‘Good Deals’ with Russia», *The New York Times*, 15 de enero de 2017. <<

[19] European Commission, «Space Strategy for Europe». <<

[20] European Commission, «New Commission Space Policy Puts Focus on Improving People's Daily Lives and Boosting Europe's Competitiveness», hoja de datos/boletín de prensa, 26 de octubre de 2016, europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-3531_en.htm (consultado el 30 de abril de 2017.) <<

[21] Véase, por ejemplo, European Space Agency (ESA), «Ministerial Council 2016: What Is Space 4.0?» www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2016/What_is_space_4.0; ESA, «Media Backgrounder: ESA's Ministerial 2016 in Lucerne», boletín de prensa, 14 de noviembre de 2016, www.esa.int/For_Media/Press_Releases/Media_backgrounder_ESA_s_Ministerial_2016_in_Lucerne; Jan Wörner, «'Space 4.0' Can Help EU Overcome Its Challenges», *Parliament Magazine*, 4 de marzo de 2016, www.theparliamentmagazine.eu/articles/opinion/space-40-can-help-eu-overcome-its-challenges; ESA, «Council Meeting Held at Ministerial Level on 1 and 2 December 2016: Resolutions and Main Decisions», 2 de diciembre de 2016, esamultimedia.esa.int/docs/corporate/For_Public_Release_CM-16_Resolutions_and_Decisions.pdf (consultado el 30 de abril de 2017). <<

[22] US Central Command, «Operation Desert Shield/Desert Storm: Executive Summary», 11 de julio de 1991, pp. 1-2, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB39/document6.pdf. Durante la primera noche de Tormenta del Desierto, un total de 668 aeronaves atacaron Irak, 530 de ellas de la Fuerza Aérea de Estados Unidos y otras 90 de portaaviones de la Marina de Estados Unidos y del Cuerpo de Marines de Estados Unidos. Gran Bretaña contribuyó al ataque con dos docenas de aviones, Francia y Arabia Saudita con una docena cada uno. Véase Airpower Research Institute: College of Aerospace Doctrine, Research and Education, «Airpower in the Gulf War», *Essays on Air and Space Power*, vol. II, Maxwell AFB, Alabama, Air University Press, 1997, pp. 69, 72. Véase también Everett C. Dolman, *Astropolitik: Classical Geopolitics in the Space Age*, Londres, Frank Cass, 2002, p. 152; Steven J. Bruger, «Not Ready for the 'First Space War,' What About the Second?» Operations Department, Naval War College, 17 de mayo de 1993, pp. 1, ii, www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a266557.pdf; Department of Defense, *Conduct of the Persian Gulf War: Final Report to Congress*, abril de 1992, pp. 18, 227-28, 642-61 [paginación de la reimpresión], www.ssi.army.mil/!Library/Desert%20Shield-Desert%20Storm%20Battle%20Analysis/Conduct%20of%20the%20Persian%20Final%20Rpt%20to%20Congress.pdf (consultado el 30 de abril de 2017). <<

[23] US Space Command, «Operations Desert Shield and Desert Storm: Assessment», enero de 1992, p. 2, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB39/document10.pdf (consultado el 30 de abril de 2017). <<

[24] Sir Peter Anson y Dennis Cummings, «The First Space War: The Contribution of Satellites to the Gulf War», *RUSI Journal* 136:4, invierno de 1991), p. 45; US Department of Defense, *Conduct of the Persian Gulf War*, p. 26. <<

[25] Antes de la invasión y anexión temporal de Kuwait por Irak en 1990, acción que desató el ataque de 1991 por la Coalición dirigida por Estados Unidos, Irak había hecho «campanas agresivas y provocadoras para anexar a Kuwait a Irak» en 1938-1941 y 1961-1963; véase Robert G. Landen, «Review: *Kuwait and Iraq: Historical Claims and Territorial Disputes*, by Richard Schofield», *Middle East Studies Association Bulletin* 26:2 (diciembre de 1992), pp. 221-222. Para un recuento histórico más completo, véase Peter Sluglett, «The Resilience of a Frontier: Ottoman and Iraqi Claims to Kuwait, 1871-1990», *Int. History Rev.* 24:4, diciembre de 2002, pp. 783-816. <<

[26] Véase GPS.gov, «GPS Accuracy», www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/; «Augmentation Systems», www.gps.gov/systems/augmentations/. A finales de abril de 2016, Aerospace Corp. registró el posicionamiento más preciso a la fecha: 38 centímetros. Julius Delos Reyes, «GPS Registers Most Accurate Signal Yet», US Air Force News, www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/757533/gps-registers-most-accurate-signal-yet.aspx (consultado el 29 de octubre de 2016). <<

[27] Space and Missile Systems Center y SMC History Office, «Evolution of GPS: From Desert Storm to Today's Users», US Air Force News, 24 de marzo de 2016, www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/703894/evolution-of-gps-from-desert-storm-to-todays-users.aspx; «Desert Storm: The First SpaceWar», GraySpaceandtheWarfighter, Project1997-0563, www.au.af.mil/au/awc/awcgate/grayspc/dstorm/dstorm.htm; James Drew, «Boeing B-52 Evolves Again with Guided Weapons Launcher», FlightGlobal.com, 15 de enero de 2016, www.flightglobal.com/news/articles/boeing-b-52-evolves-again-with-guided-weapons-launch-420874/; «AGM-86C/D Conventional Air Launched Cruise Missile», Federation of American Scientists, fas.org/nuke/guide/usa/bomber/calcm.htm; Benjamin Raughton, «Desert Storm: 2nd Bomb Wing Leads the Air War», Barksdale AFB News, 14 de enero de 2016, www.barksdale.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/2668/Article/641881/desert-storm-2nd-bomb-wing-leads-the-air-war.aspx; Kris Osborn, «Stealth, GPS, 'Smart Bomb' and More: How Desert Storm Changed Warfare Forever», *National Interest*, 21 de noviembre de 2016, nationalinterest.org/blog/the-buzz/stealth-gps-smart-bombs-more-how-desert-storm-changed-war-18477. (Todos consultados el 1 de mayo de 2017).

Respecto a la tasa de aciertos, el historiador de la 37ª Ala de Combate Táctico escribe: «Estadísticamente, la [37ª Ala] compiló un registro inédito en las crónicas de la guerra aérea: los 'Nighthawks' lograron un 75 % de aciertos en blancos precisos (1 669 golpes directos y 418 fallidos) mientras inutilizaban casi el 40 % de los objetivos estratégicos enemigos». Véase Harold P. Myers, «Nighthawks over Iraq: A Chronology of the F-117A Stealth Fighter in Operations Desert Shield and Desert Storm—Special Study 37FW/HO-91-1», Office of History, Headquarters 37th Fighter Wing, Twelfth Air Force, Tactical Air Command, 9 de enero de 1992, pp. 3-4, nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB39/document9.pdf (consultado el 17 de enero de 2017). El Departamento de Defensa, en su informe del Título V al Congreso, fijó la tasa de aciertos en 80 %. En 1993, el contratista Lockheed Martin llegó a decir «una bomba = una muerte». Para darle seguimiento a estas declaraciones, a mediados de 1997, la División de Seguridad Nacional y

Asuntos Internos de la Contraloría General de Estados Unidos presentó una versión no clasificada de su informe al Congreso en la que resume de la siguiente manera su hallazgo general con respecto al F-117 A: «[L]a tasa de impactos de la bomba F-117 A osciló entre el 41 % y el 60 %, lo que se considera altamente efectivo, pero sigue siendo inferior a la tasa de impacto del 80 % reportada después de la guerra por el Departamento de Defensa, la Fuerza Aérea y el principal contratista». El informe presenta después un desglose sumamente detallado de afirmaciones, corroboraciones y conclusiones. La cifra del 41 % al 60 % se obtuvo de la siguiente manera: «[L]a probabilidad esperada de que se dañe un objetivo en el nivel deseado se basa en el número de bombas asignadas, reducido por la probabilidad comprobada de lanzamiento de bombas (75 %), y reducido aún más por la tasa de aciertos demostrada (entre 55 % y 80 %). Por lo tanto, en Tormenta del Desierto, la probabilidad de que un objetivo se dañara por medio de un ataque F-117 programado (es decir, la probabilidad de lanzamiento de la bomba por la tasa de aciertos demostrada) era de entre el 41 % y el 60 %». Véase Government Accountability Office, *Operation Desert Storm: Evaluation of the Air Campaign*, GAO/NSAID-97-134, junio de 1997, pp. 1, 110, 125-38, 225-26, y pássim, www.gao.gov/archive/1997/ns97134.pdf (consultado el 17 de enero de 2017).

Para una investigación reciente, en el terreno, de otros problemas asociados con las tasas de aciertos, como las muertes de civiles y la identificación de objetivos, véase Azmat Khan y Anand Gopal, «The Uncounted», *The New York Times Magazine*, 16 de noviembre de 2017, que examina los ataques aéreos de la Coalición destinados a expulsar a ISIS de Irak y Siria durante 2014-2017. Mientras que un portavoz del Comando Central caracterizó la campaña como «una de las campañas aéreas más precisas de la historia militar», Khan y Gopal encontraron que el 20 % de los 103 ataques aéreos que investigaron exhaustivamente causaron muertes de civiles, una tasa más de treinta veces mayor a la reconocida por la Coalición. Sugieren dos fuentes principales de muertes de civiles: la proximidad a un objetivo real de ISIS, e inteligencia cuestionable. «[E]n aproximadamente la mitad de los ataques que mataron a civiles», escriben, «no pudimos encontrar un objetivo ISIS discernible cercano. Muchos de esos ataques parecen haberse basado en inteligencia mala o desactualizada». <<

[28] Al bloquearlas o inhibirlas, se agrega ruido a las señales de por sí débiles. Las fuerzas iraquíes instalaron bloqueadores de señales sobre palacios y otros puntos de referencia. Larry Greenemeier, «GPS and the World's First 'Space War,'» *Scientific American*, 8 de febrero de 2016, www.scientificamerican.com/article/gps-and-the-world-s-first-space-war/ (consultado el 30 de abril de 2017). <<

[29] Las cifras correspondientes a los receptores de GPS desplegados se tomaron del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, *Conduct of the Persian Gulf War*, p. 678. Otras cifras son del Comando Central de Estados Unidos, «Operation Desert Shield/Desert Storm: Executive Summary», p. 1, y de la US General Accounting Office, «Desert Storm: Air Campaign», p. 14. Fuente de la cita: Space and Missile Systems Center, «Evolution of GPS». <<

[30] Greenemeier, «GPS and First ‘Space War’»; Sam Jones, «Satellite Wars», *Financial Times*, 20 de noviembre de 2015, www.ft.com/cms/s/2/637bf054-8e34-11e5-8be4-3506bf20cc2b.html#ixzz3tDtUkpkq; Marcia S. Smith, «Military and Civilian Satellites in Support of Allied Forces in the Persian Gulf War», Congressional Research Service, 27 de febrero de 1991, www.hsdl.org/?view&did=712697 (consultado el 30 de abril de 2017); Bruger, «Not Ready for ‘First Space War,’» p. 13; Andrew Pollack, «War Spurs Navigation by Satellite», *The New York Times*, 6 de febrero de 1991. <<

[31] Malcolm W. Browne, «New Space Beacons Replace the Compass», *The New York Times*, 8 de noviembre de 1988. <<

[32] Cita completa de Colin S. Gray, «The Influence of Space Power upon History», *Comparative Strategy* 15:4, 1996, p. 303. Varios años después, Gray publicó una especie de respuesta a nuestros comentarios sobre el debilitamiento: «Clausewitz Rules, OK? The Future Is the Past: With GPS», *Rev. Int. Studies* 25, diciembre de 1999, pp. 161-182. Aquí afirmó la primacía de la estrategia sobre la tecnología y, por lo tanto, la contribución menor de toda innovación tecnológica: «El juego de políticas (o comunidades de seguridad) no cambia de una época a otra, y mucho menos de una década a otra... Para la naturaleza permanente de la estrategia no importa en absoluto si los humanos navegan por medio de las estrellas o por medio de los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de Estados Unidos, o si se comunican mediante señales de humo o por medio de vehículos espaciales» (pp. 163, 182). <<

[33] «[George W.] Bush's Speech on the Start of War», transcripción, *The New York Times*, 20 de marzo de 2003. A pesar de la declaración de propósito de Bush, no se había detectado evidencia de las llamadas armas de destrucción masiva, incluso después de un extenso reconocimiento satelital y búsquedas exhaustivas por parte de inspectores de armas de la ONU. «Nuclear Inspection Chief Reports Finding No New Weapons», transcripción, *The New York Times*, 28 de enero de 2003. <<

[34] GPS.gov, «Selective Availability», www.gps.gov/systems/gps/modernization/sa/; «Data from the First Week Without Selective Availability: GPS Fluctuations Over Time on May 2, 2000», www.gps.gov/systems/gps/modernization/sa/data/. La precisión máxima reportada varía de los 2.66 m a los 2.2 m; Bob Brewin, «Pentagon Tweaked GPS Accuracy to Within Three Meters During Iraq War», *Computerworld*, 24 de junio de 2003, www.computerworld.com/article/2569842/mobile-wireless/pentagon-tweaked-gps-accuracy-to-within-three-meters-during-iraq-war.html (consultado el 30 de abril de 2017); William B. Scott y Craig Covault, «High Ground over Iraq», *Aviation Week & Space Technology* 158:23 (9 de junio de 2003), pp. 44-48. <<

[35] Phillip Swarts, «SpaceX's Low Cost Won GPS 3 Launch, Air Force Says», *SpaceNews*, 15 de marzo de 2017, spacenews.com/spacexs-low-cost-won-gps-3-launch-air-force-says; GPS.gov, «Space Segment», www.gps.gov/systems/gps/space; GPS.gov, «Program Funding», www.gps.gov/policy/funding (consultado el 30 de abril de 2017). La Ley de Asignaciones Consolidadas de 2016 asignó 937 millones de dólares al Departamento de Defensa (para adquisiciones y desarrollo) y unos 130 millones de dólares al Departamento de Transporte (para el apoyo de programas civiles de investigación y desarrollo como el Sistema de Aumentación Basado en Satélites y Posicionamiento, Navegación y Tiempo Alternativos). <<

[36] El ángulo de GLONASS es de 64.8 grados; el del GPS es de 55 grados. Se encuentra información actualizada sobre el estado de GLONASS en Information and Analysis Center for Position, Navigation and Timing, «GLONASS Constellation Status», www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/ (consultado el 30 de abril de 2017). <<

[37] RIA Novosti, «GLONASS: Dispelling the Myths Around Russia's GPS», entrevista, 10 de enero de 2014, Russia Behind the Headlines, rbth.com/science_and_tech/2014/01/10/glonass_dispelling_the_myths_around_gps_33183.html. La postura de Estados Unidos hacia la denegación se expresa públicamente de la siguiente manera: «Es la política de Estados Unidos prevenir el uso hostil de GPS por medio de la denegación localizada (en otras palabras, el *jamming* o bloqueo militar) que no interrumpa excesivamente el acceso civil y comercial al GPS fuera del campo de batalla». GPS.gov, «United States Policy», www.gps.gov/policy. Véase también Beebom, «What Is GLONASS and How It Is Different from GPS», 25 de agosto de 2016, beebom.com/what-is-glonass-and-how-it-is-different-from-gps (consultado el 7 de noviembre de 2016. <<

[38] Defense Advanced Research Projects Agency, «About DARPA», www.darpa.mil/about-us/about-darpa; Robert Lutwak, «Atomic Clock with Enhanced Stability (ACES)», DARPA, www.darpa.mil/program/atomic-clock-with-enhanced-stability (consultado el 30 de abril de 2017). <<

[39] European Space Agency, «Atomic Clock Ensemble in Space (ACES)», volante, septiembre de 2011, wsn.spaceflight.esa.int/docs/others/aces_flyer.pdf; European Space Agency, «Atomic Clock Ensemble in Space (ACES)», hoja de datos, [wsn.spaceflight.esa.int/docs/Factsheets/20 %20ACES%20LR.pdf](http://wsn.spaceflight.esa.int/docs/Factsheets/20%20ACES%20LR.pdf) (consultado el 30 de abril de 2017); Greenemeier, «GPS and First ‘Space War’». <<

[40] Anson y Cummings, «The First Space War», p. 45. <<

[41] Bruger, «Not Ready for ‘First Space War,’» p. 7; Anson y Cummings, «The First Space War», pp. 45-48. Véase también, por ejemplo, «Desert Storm: The First Space War—Gray Space»; US Space Command, «Desert Shield and Desert Storm», pp. 47-54; Smith, «Military and Civilian Satellites», CRS -1-3; US Department of Defense, *Conduct of the Persian Gulf War*, pp. 873-75; James A. Walker, Lewis Bernstein y Sharon Lang, Historical Office, US Army Space and Missile Defense Command, *Seize the High Ground: The Army in Space and Missile Defense*, Washington, D.C., US Government Printing Office, 2003, pp. 156-157; Stephen Cass, «Legendary U.S. Satellite Put Out to Pasture», *MIT Technology Review*, 14 de octubre de 2009, www.technologyreview.com/s/415716/legendary-us-satellite-put-out-to-pasture/ (consultado el 7 de febrero de 2017). Cass señala que la NASA no era, de hecho, el usuario prioritario del sistema de Rastreo y Transmisión de Datos por Satélite (TDRS): «Aunque nunca se publicitó, los usuarios principales de la constelación TDRS no eran los astronautas y científicos de la NASA sino los militares y la Oficina Nacional de Reconocimiento, quienes tenían el uso prioritario del sistema para mantenerse en contacto con sus satélites de espionaje. Esto ocasionalmente causaba frustración para los usuarios científicos del sistema, en particular durante momentos geopolíticos tensos [como] la primera Guerra del Golfo». <<

[42] Smith, «Military and Civilian Satellites», CRS -10. <<

[43] US Department of Defense, *Conduct of the Persian Gulf War*, pp. 219-220, 871-873; US Space Command, «Desert Shield and Desert Storm», pp. 33-38; Smith, «Military and Civilian Satellites», CRS -6; Anson y Cummings, «The First Space War», pp. 51-52; Walker *et al.*, *Seize the High Ground*, p. 153. <<

[44] US Space Command, «Desert Shield and Desert Storm», p. 40. <<

[45] US Space Command, «Desert Shield and Desert Storm», pp. 39-46; Craig Covault, «Recon Satellites Lead Allied Intelligence Effort», *Aviation Week & Space Technology*, 4 de febrero de 1991, pp.25-26; Anson y Cummings, «The First Space War», pp. 50-53; Smith, «Military and Civilian Satellites», CRS-7-10; US Department of Defense, *Conduct of the Persian Gulf War*, pp. 877-78, 652-53; «Desert Storm: The First Space War—Gray Space»; Walker *et al.*, *Seize the High Ground*, p. 154; Alan Riding, «After the War; France Concedes Its Faults in War», *The New York Times*, 8 de mayo de 1991. <<

[46] Craig Covault, «Desert Storm Reinforces Military Space Directions», *Aviation Week & Space Technology*, 8 de abril de 1991, pp. 42-47; Vice President's Space Policy Advisory Board, «The Future of the U.S. Space Industrial Base: A Task Group Report», noviembre de 1992, p. vi, history.nasa.gov/33081.pt1.pdf (consultado el 1 de mayo de 2017). <<

[47] Anthony H. Cordesman, *The Iraq War: Strategy, Tactics, and Military Lessons*, Westport, Connecticut, Praeger/Center for Strategic and International Studies, 2003, pp. 8, 184, 199-200; William B. Scott y Craig Covault, «High Ground over Iraq», *Aviation Week & Space Technology* 158:23, 9 de junio de 2003, p. 44; Paul Wolfowitz, «Testimony on U.S. Military Presence in Iraq: Implications for Global Defense Posture», preparados para su entrega al Comité de Servicios Armados de la Cámara de Representantes, Washington, D.C., 18 de junio de 2003, disponibles en GlobalSecurity.org, www.globalsecurity.org/wmd/library/news/iraq/2003/06/iraq-030618-dod03.htm (consultado el 18 de febrero de 2017). <<

[48] Cordesman, *Iraq War*, pp. 199, 195-196. <<

[49] Fred Kaplan, «The End of the Age of Petraeus: The Rise and Fall of Counterinsurgency», *Foreign Affairs* 92:1, enero-febrero de 2013, pp. 85, 88; Phil Klay, «Money as a Weapons System», en *Redeployment*, ganador del National Book Award en la categoría de ficción en 2014, Nueva York, Penguin, 2014, p. 78; Cordesman, *Iraq War*, pp. 235, 217. En cuanto a la «victoria», véase, por ejemplo, Max Boot, «The New American Way of War», *Foreign Affairs* 82:4, julio-agosto de 2003, pp. 41-58. Tanto para Boot como para Rumsfeld y muchos otros en ese momento, la guerra había terminado por completo. Los aliados occidentales habían «ganado tan rápido»; era «uno de los logros más destacados en la historia militar... Un éxito espectacular» (p. 44). Su artículo termina con una nota de celebración: «la victoria en Irak muestra que los militares están haciendo un progreso impresionante para hacer que el modo de guerra estadounidense sea más efectivo y humano» (p. 58). Para un informe continuo de incidentes violentos documentados, véase Iraq Body Count, www.iraqbodycount.org/. La situación en la ciudad de Mosul ejemplifica los problemas relacionados con las escuelas de Irak: una década y media después de la supuesta victoria, la National Public Radio y UNICEF tenían motivos para celebrar la reapertura de 70 (menos de una quinta parte) de las 400 escuelas públicas, todas cerradas desde dos años antes; informe de Alice Fordham, *All Things Considered*, NPR, 16 de febrero de 2017. Para los usos arqueológicos de datos satelitales sobre Irak, véase, por ejemplo, Kristin Romey, «Iconic Ancient Sites Ravaged in ISIS's Last Stand in Iraq», *National Geographic*, 10 de noviembre de 2016, news.nationalgeographic.com/2016/11/iraq-mosul-isis-nimrud-khorsabad-archaeology/ (consultado el 16 de febrero de 2017). <<

[50] Craig Covault, «Fade to Black», *Aviation Week & Space Technology* 164:20, 15 de mayo de 2006, pp. 24-26; David Talbot, «How Technology Failed in Iraq», *MIT Technology Review*, noviembre de 2004, www.technologyreview.com/s/403319/how-technology-failed-in-iraq/ (consultado el 19 de febrero de 2017). <<

[51] *Space Report 2017*, pp. 1-2, 9, 14; *Space Report 2016*, pp. 1-24; Banco Mundial, «World Development Indicators Database: Gross Domestic Product 2015», 11 de octubre de 2016, pp. 1, 4, databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf (consultado el 20 de noviembre de 2016). Ejemplos de gastos en espacio civil en 2016 por las agencias espaciales de países con economías apretadas: Argentina (125 millones de dólares), Brasil (50 millones de dólares), Bolivia (31 millones de dólares), Nigeria (31 millones de dólares). <<

[52] Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, p. 232. <<

[53] Pollpeter *et al.*, *China Dream*, pp. 4, 8; Sheehan, *International Politics of Space*, pp. 142, 147-152, 161; Wu Ji *et al.*, «Prospect for Chinese Space Science in 2016-2030», *Bull. of Chinese Academy of Sciences* 30:6, 2015, resumen en inglés en www.bulletin.cas.cn/publish_article/2015/6/20150601.htm. El resumen elabora la agenda de la siguiente manera: «una serie de programas y misiones de satélites científicos en campos científicos de vanguardia, tales como la formación y evolución del universo, la exploración de exoplanetas y vida extraterrestre, la formación y evolución del sistema solar, las actividades solares y su impacto en el entorno espacial de la Tierra, el desarrollo y la evolución del sistema de la Tierra, la nueva física más allá de las teorías físicas básicas actuales, la ley de movimiento de la materia y la ley de la actividad de la vida en el entorno espacial, etc.; y para impulsar el gran avance de la alta tecnología aeroespacial y tecnologías relacionadas». Véase también, por ejemplo, Edward Wong, «China Launches Quantum Satellite in Bid to Pioneer Secure Communications», *The New York Times*, 16 de agosto de 2016; Mike Wall, «China Launches Pioneering ‘Hack-Proof’ Quantum-Communications Satellite», *Space.com*, 16 de agosto de 2016, www.space.com/33760-china-launches-quantum-communications-satellite.html (consultado el 1 de mayo de 2017). <<

[54] «Dr. Vikram Ambalal Sarabhai», Indian Space Research Organisation, www.isro.gov.in/about-isro/dr-vikram-ambalal-sarabhai; T. S. Subramanian, «An ISRO Landmark», *Frontline* 18:23, 10 a 23 de noviembre de 2001, www.frontline.in/navigation/?type=static&page=flonnet&rdurl=fl1823/18230780.htm (consultado el 23 de noviembre de 2016); Ellen Barry, «India Launches 104 Satellites from a Single Rocket, Ramping Up a Space Race», *The New York Times*, 15 de febrero de 2017; Kai Schultz y Hari Kumar, «India Tests Ballistic Missile, Posing New Threat to China», *The New York Times*, 18 de enero de 2018. <<

[55] United Nations Development Programme, «Table 1: Human Development Index and Its Components», *Human Development Report 2015: Work for Human Development*, 2015, pp. 208-211, hdr.undp.org/sites/default/files/2015_human_development_report.pdf.

Esperanza de vida al nacer: Japón 83.5, Canadá 82.0, China 75.8, India 68.0. Promedio de años de escuela: Canadá 13.0, Japón 11.5, China 7.5, India 5.4. Para gastos militares, véase SIPRI Military Expenditure Databases, «Military expenditure by country as percentage of government spending, 1988-2016» y «Military expenditure by country as a share of GDP, 2003-2016», Stockholm International Peace Research Institute, 2017, www.sipri.org/databases/milex (consultado el 26 de noviembre de 2017). Las cifras precisas de SIPRI para el gasto militar de 2016 como porcentaje de los gastos gubernamentales fueron Canadá 2.4 %, Japón 2.6 %, China 6.2 %, India 8.9 %, Estados Unidos 9.3 %, y Rusia 15.5 %. Sobre la porción de 36 % de Estados Unidos de gastos militares globales, véase Niall McCarthy, «The Top 15 Countries for Military Expenditure in 2016 [Infographic]», *Forbes*, 24 de abril de 2017, www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2017/04/24/the-top-15-countries-for-military-expenditure-in-2016-infographic/#2036c07843f3 (consultado el 27 de noviembre de 2017). <<

[56] Canadian Space Agency, «Canadian Space Milestones», www.asc-csa.gc.ca/eng/about/milestones.asp, «Canadarm and Canadarm2—Comparative Table», www.asc-csa.gc.ca/eng/iss/canadarm2/c1-c2.asp, «History of the Canadian Astronaut Corps», www.asc-csa.gc.ca/eng/astronauts/canadian/history-of-the-canadian-astronaut-corps.asp, «Canadian Science on the International Space Station», www.asc-csa.gc.ca/eng/iss/science/default.asp (consultado el 7 de diciembre de 2016). La Agencia Espacial Canadiense queda dentro de la cartera del Ministro de Industria. Han servido más médicos que personal militar como astronautas de Canadá. Entre los logros notables de Canadarm estuvieron la recuperación del telescopio espacial Hubble para cinco misiones de mantenimiento entre 1993 y 2009 y la conexión de los dos primeros módulos de la Estación Espacial Internacional en 1998. En 2008, Canadarm2 transfirió un módulo del laboratorio Kibo japonés para la Estación Espacial Internacional desde el transbordador espacial a la Estación, una maniobra celebrada en un póster popular. <<

[57] «NORAD History», North American Aerospace Defense Command, www.norad.mil/About-NORAD/NORAD-History/; Colonel T.J. Grant, «Space Policy», Canadian Forces College, 26 de noviembre de 1998, pp. 3, 19, 21, www.cfc.forces.gc.ca/259/260/261/grant2.pdf; Max Paris, «Canadian Forces Put Their 1st Satellite in Orbit», CBC News, 25 de febrero de 2013, www.cbc.ca/news/politics/canadian-forces-put-their-1st-satellite-in-orbit-1.1338715; Andre Dupuis, «An Overview of Canadian Military Space in 2014», 1ª parte 9 de febrero, 2ª parte 17 de febrero de 2015, SpaceRef Canada, spaceref.ca/military-space/an-overview-of-canadian-military-space-in-2014---part-2.html (consultado el 1 de mayo de 2017). <<

[58] Space Foundation, *Space Report 2017*, pp. 10, 15. Los principales cinco gastadores espaciales en dólares de 2016 fueron Estados Unidos, la Agencia Espacial Europea, China, Japón y Rusia. El porcentaje del PIB gastado en el espacio en 2016: Japón 0.062 %, Canadá 0.021 % (EU 0.239 %; Rusia 0.122 %; China 0.039 % en promedio). <<

[59] La Oficina de Política Nacional del Espacio se creó al nivel del gabinete en julio de 2012. Anteriormente, la JAXA estaba supervisada por el Ministro de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología y el Ministro de Gestión Pública, Asuntos de Interior, Puestos y Telecomunicaciones Oficina de Política Nacional del Espacio. Office of National Space Policy, «Planning Policy of Development and Utilization of Space and the Headquarters for Japanese Space Policy», www.cao.go.jp/en/pmf/pmf_20.pdf; Japan Aerospace Exploration Agency, «JAXA History», global.jaxa.jp/about/history/index.html; «ISAS History», global.jaxa.jp/about/history/isas/index_e.html; «SS-520 Sounding Rockets», ISAS, www.isas.jaxa.jp/e/enterp/rockets/sounding/ss520.shtml; «Catalogue of ISAS Missions», ISAS, www.isas.jaxa.jp/e/enterp/missions/catalogue.shtml; «Missions: About Our Projects», global.jaxa.jp/projects/; «Japanese Experimental Module (KIBO)», iss.jaxa.jp/en/kiboexp/ef/ (consultado el 8 de diciembre de 2016). <<

[60] James Clay Moltz, *Asia's Space Race: National Motivations, Regional Rivalries, and International Risks*, Nueva York, Columbia University Press, 2012, pp. 43-69; Paul Kallender, «Japan's New Dual-Use Space Policy: The Long Road to the 21st Century», *Notes de l'Ifri: Asie.Visions*, noviembre de 2016, p. 88, www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/japan_space_policy_kallender.pdf; Maeda Sawako, «Transformation of Japanese Space Policy: From the 'Peaceful Use of Space' to 'the Basic Law on Space,'» *Asia-Pacific Journal: Japan Focus* 7:44:1 (noviembre de 2009), pp. 1-7, apjjf.org/-Maeda-Sawako/3243/article.pdf; Steven Berner, «Japan's Space Program: A Fork in the Road?» RAND, 2005, www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2005/RAND_TR184.pdf (consultado el 1 de mayo de 2017). <<

[61] Con respecto a la Guerra Fría 2.0, véase Evan Osnos, David Remnick y Joshua Yaffa, «Active Measures», *The New Yorker*, 6 de marzo de 2017, pp. 40-55. «Durante casi dos décadas, las relaciones entre Estados Unidos y Rusia oscilaron entre la tensión y la miseria —escriben los autores—. Muchos expertos en política rusa y estadounidense ya no dudan en usar frases como ‘la segunda Guerra Fría’» (p. 44). Para una investigación profunda y muy exitosa, véase Michael Isikoff y David Corn, *Russian Roulette: The Inside Story of Putin’s War on America and the Election of Donald Trump*, Nueva York, Twelve/Hachette, 2018. <<

[62] Para la saga de Apollo-Soyuz y las décadas que llevaron hasta ella, véase Edward Clinton Ezell y Linda Neuman Ezell, *The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project*, Washington, D.C., NASA, 1978, history.nasa.gov/SP-4209.pdf. Véase también el acuerdo Nixon-Kosygin, «Cooperation in Space: Agreement Between the United States of America and the Union of Soviet Socialist Republics Concerning Cooperation in the Exploration of the Use of Outer Space for the Peaceful Purposes, May 24, 1972», www.archives.gov/files/presidential-libraries/events/centennials/nixon/images/exhibit/agreement-of-cooperation.pdf (consultado el 1 de mayo de 2017). El artículo 1 del acuerdo compromete a las dos partes a «desarrollar cooperación en los campos de la meteorología espacial; el estudio del ambiente natural; la exploración del espacio próximo a la Tierra, la Luna y los planetas; y la biología y medicina espacial». El artículo 3 monta el escenario para Apollo-Soyuz, específicamente el desarrollo de «sistemas compatibles de encuentros espaciales y atraques de naves y estaciones tripuladas estadounidenses o soviéticas para poder mejorar la seguridad de los vuelos tripulados en el espacio y proporcionar la oportunidad de llevar a cabo experimentos científicos conjuntos en el futuro». Este acuerdo era renovable en intervalos de cinco años; el presidente Carter lo renovó en 1977, pero en 1982 el presidente Reagan lo dejó expirar. <<

[63] William E. Burrows, *This New Ocean: The Story of the First Space Age*, Nueva York, Random House, 1998, p. 585. Para su representación de las vicisitudes de los programas espaciales de Gorbachov y Yeltsin, véase el capítulo 15, «Downsizing Infinity», pp. 551-590. <<

[64] Para un recuento minuto a minuto del 9 de noviembre de 1989, véase, por ejemplo, Laurence Dodds, «Berlin Wall: How the Wall Came Down, As It Happened 25 Years Ago», *Telegraph*, 9 de noviembre de 2014, www.telegraph.co.uk/history/11219434/Berlin-Wall-How-the-Wall-came-down-as-it-happened-25-years-ago-live.html (consultado el 27 de febrero de 2017). <<

[65] Igor Filatochev y Roy Bradshaw, «The Soviet Hyperinflation: Its Origins and Impact Throughout the Former Republics», *Soviet Studies* 44:5, 1992, pp. 739-759; Walter LaFeber, *America, Russia, and the Cold War, 1945-2006*, 10^a ed., Boston: McGraw-Hill, 2008, pp. 366-367, 391-393. El PIB cayó 17 % en 1991, según Filatochev y Bradshaw (p. 742). <<

[66] James Clay Moltz, *The Politics of Space Security: Strategic Restraint and the Pursuit of National Interests*, Stanford, Stanford University Press, 2008, pp. 205, 208, 212. <<

[67] Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 204-218. La fuente original de la cita sobre la locomotora es un artículo de 1987, «Space Exploration and New Thinking», en *International Affairs* (Moscú). Para la historia de Skif, véase Dwayne A. Day y Robert G. Kennedy III, «Soviet Star Wars», *Air & Space Smithsonian*, enero de 2010, www.airspacemag.com/space/soviet-star-wars-8758185/?all (consultado el 1 de mayo de 2017). Véase también Sheehan, *International Politics of Space*, pp. 55-66, para una reseña de los esfuerzos espaciales soviéticos, con un énfasis en el espacio como un dominio para la diplomacia y la cooperación, en especial con los países del bloque comunista y los no alineados, durante los setenta y ochenta. En cuanto al nombre Mir, Sheehan escribe que la intención era crear un contraste con «el esfuerzo norteamericano por militarizar y ‘converir en arma’ el espacio por medio de la Iniciativa de Defensa Estratégica (IDE)». También argumenta que la «había que desafiar a la IDE simbólicamente de esta manera, porque Gorbachov estaba consciente de que un esfuerzo soviético simplemente para quedar al mismo nivel que el programa estadounidense no solo sería destabilizante en términos estratégicos, sino que también era probable que expusiera las debilidades económicas y limitaciones tecnológicas de la URSS» (p. 66). <<

[68] «The Gorbachev Visit; Excerpts from Speech to U.N. on Major Soviet Military Cuts», trad. Soviet Mission, *The New York Times*, 8 de diciembre de 1988. Para los desastres de Soyuz TM-5 and Phobos 1, véase Burrows, *This New Ocean*, pp. 573-575. <<

[69] Roald Sagdeev, *The Making of a Soviet Scientist: My Adventures in Nuclear Fusion and Space from Stalin to Star Wars*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1994, pp. ix, 186-91, 321-324. Publicado en español como *Aventuras y desventuras de un científico soviético*, trad. Eva Rodríguez Halfter, Madrid, Alianza Editorial, 1996. <<

[70] Cifras citadas en la p. 74 en Kathleen J. Hancock, «Russia: Great Power Image Versus Economic Reality», *Asian Perspective* 31:4, 2007, pp. 71-98. Véase también LaFeber, *America, Russia*, pp. 388-395; Burrows, *This New Ocean*, p. 585. <<

[71] Burrows, *This New Ocean*, pp. 586-88. Véase también Francis X. Clines, «Going-Out-of-Business Sale for Soviets' Space Program», *The New York Times*, 8 de agosto de 1993. <<

[72] Burrows, *This New Ocean*, 601-609; Moltz, *Politics of Space Security*, pp. 230-233, 240-245, 250-252; Richard Stone, «A Renaissance for Russian Space Science», *Science*, 7 de abril de 2016, www.sciencemag.org/news/2016/04/renaissance-russian-space-science (consultado el 1 de mayo de 2017). Burrows incluye un detalle particularmente duro sobre una nave espacial de 300 millones de dólares y 20 naciones dirigida a Marte, lanzada por Rusia, que cayó en el Pacífico debido a que la cuarta etapa del cohete Protón falló. Escribe que «se habían integrado piezas de *Mars 96* en Tyuratam bajo la luz de lámparas de querosén, debido a que los kazakos habían cortado la electricidad, exasperados por una pila de cuentas sin pagar» (p. 601). <<

[73] «GLONASS Constellation Status»; Jason Davis, «What's the Matter with Russia's Rockets?» blog, Planetary Society, 2 de diciembre de 2016, www.planetary.org/blogs/jason-davis/2016/20161201-whats-the-matter-russias-rockets.html; Emma Grey Ellis, «Russia's Space Program Is Blowing Up. So Are Its Rockets», *Wired*, 7 de diciembre de 2016, www.wired.com/2016/12/russias-space-program-blowing-rockets; Michael Weiss y Pierre Vaux, «How a U.S.-Russian Space Rocket Deal Funds Putin's Cronies», *Daily Beast*, 31 de mayo de 2016, www.thedailybeast.com/articles/2016/05/31/the-u-s-violates-its-own-sanctions-to-buy-russian-space-rockets.html; Anatoly Zak, «A Rare Look at the Russian Side of the Space Station», *Air & Space Smithsonian*, septiembre de 2015, www.airspacemag.com/space/rare-look-russian-side-space-station-180956244; Stone, «Renaissance for Russian Space Science»; Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI), www.iki.rssi.ru/eng; Anatoly Zak, «Spektr-RG to Expand Horizons of X-ray Astronomy», Russian Space Web, enero de 2017, www.russianspaceweb.com/spektr_rg.html (consultado el 12 de marzo de 2017). <<

[74] *Space Report 2016*, pp. 37, 48; *Space Report 2017*, p. 8; Anatoly Zak, «Russia Approves Its 10-Year Space Strategy», publicación de blog, Planetary Society, 23 de marzo de 2016, www.planetary.org/blogs/guest-blogs/2016/0323-russia-space-budget.html; Davis, «What's the Matter with Russia's Rockets?». <<

[75] Vladimir Putin, «Russian President Vladimir Putin State of the Nation Address», C - SPAN, 1 de marzo de 2018, interpretación simultánea, 1:22:04-1:38:18, www.c-span.org/video/?441907-1/russian-president-vladimir-putin-state-nation-address (consultado el 8 de marzo de 2017). Véase también, por ejemplo, Andrew Roth, «Putin Threatens US Arms Race with New Missiles Declaration», *The Guardian*, 1 de marzo de 2018; Neil MacFarquhar y David E. Sanger, «Putin's 'Invincible' Missile Is Aimed at U.S. Vulnerabilities», *New York Times*, 1 de marzo de 2018; Anton Troianovski, «Putin Claims Russia Is Developing Nuclear Arms Capable of Avoiding Missile Defenses», *The Washington Post*, 1 de marzo de 2018; Vladimir Isachenkov, AP, «Putin Shows New Russian Nuclear Weapons: 'It Isn't a Bluff,'» *The Washington Post*, 1 de marzo de 2018. <<

[76] NASA Advisory Council, *Task Force on International Relations in Space, International Space Policy for the 1990s and Beyond* (1987), citado en Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, p. 180. <<

[77] Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, pp. 179-182; Zak, «Rare Look at Russian Side». <<

[78] Burrows, *This New Ocean*, pp. 139-146 (cita en la p. 143), 508. La serie *Collier's* (marzo de 1952-abril de 1954) se tituló colectivamente «Man Will Conquer Space Soon» [El Hombre conquistará el espacio *pronto*]. Burrows escribe, «Con [Wernher] von Braun como su arquitecto y especialistas creíbles que llenan datos basados en ciencia e ingeniería de verdad, y no en especulaciones fantásticas, estos artículos fueron un plan de acción para el programa espacial de Estados Unidos» (p. 144). <<

[79] Ronald Reagan, «Address Before a Joint Session of the Congress on the State of the Union», 25 de enero de 1984, en Gerhard Peters y John T. Woolley, American Presidency Project, www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=40205 (consultado el 2 de mayo de 2017). <<

[80] Véase, por ejemplo, Philip M. Boffey, «Higher Cost Predicted for Space Station», *The New York Times*, 7 de julio de 1987; William J. Broad, «How the \$8 Billion Space Station Became a \$120 Billion Showpiece», *The New York Times*, 10 de junio de 1990; US General Accounting Office, «Space Station: NASA's Search for Design, Cost, and Schedule Stability Continues», GAO / NSAID -91-125, marzo de 1991, www.gao.gov/assets/160/150248.pdf; J.R. Minkel, «Is the International Space Station Worth \$100 Billion?» *Space.com*, 1 de noviembre de 2010, www.space.com/9435-international-space-station-worth-100-billion.html; NASA Office of Inspector General, «Extending the Operational Life of the International Space Station Until 2024», informe de auditoría, IG-14-031, 18 de septiembre de 2014, oig.nasa.gov/audits/reports/FY14/IG-14-031.pdf. (Todo consultado el 28 de noviembre de 2017). En «International Space Station: How Much Does It Cost», última actualización el 14 de mayo de 2013, www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/ la Agencia Europea Internacional calculó el precio total cubierto por todos los participantes —incluyendo el desarrollo, ensamblaje y diez años de costos operativos— en 100 mil millones de euros desde 2013, que en dólares estadounidenses de 2016 quedaría en unos 140 mil millones. El informe de auditoría del inspector general de la NASA calculó la contribución de Estados Unidos en 43.7 mil millones para costos de construcción y programas hasta el final de 2013, más 30.7 mil millones por treinta y siete vuelos de apoyo de transbordadores espaciales, el último llevado a cabo en julio de 2011 («Overview», p. i). <<

[81] Sheehan, *International Politics of Space*, pp. 176-178; Burrows, *This New Ocean*, 591-598, 606-609; Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, pp. 65-67, 177-179; European Space Agency, «International Space Station Legal Framework», www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/Legal_Framework (consultado el 21 de marzo de 2017). <<

[82] Ker Than, «Nobel Laureate Disses NASA's Manned Spaceflight», Space.com, 19 de septiembre de 2007, www.space.com/4357-nobel-laureate-disses-nasa-manned-spaceflight.html (consultado el 28 de noviembre de 2017). <<

[83] Los autores quisieran agradecer al politólogo y analista de política espacial John Logsdon, profesor emérito en George Washington University, por proporcionar esta carta a Tyson. <<

[84] Sheehan se refiere a Estados Unidos como «el socio hegemónico, tanto en la estación espacial como en la OTAN» (*International Politics of Space*, pp. 178-179). <<

[85] Véase, por ejemplo, Miriam Kramer, «NASA Suspends Most Cooperation with Russia; Space Station Excepted», Space.com, 2 de abril de 2014, www.space.com/25339-nasa-suspends-russia-cooperation-ukraine.html; Stuart Clark, «Russia Halts Rocket Exports to US, Hitting Space and Military Programmes», *The Guardian*, 15 de mayo de 2014; Reuters, «Russia to Ban US from Using Space Station over Ukraine Sanctions», *Telegraph*, 13 de mayo de 2014; Ralph Vartabedian y W.J. Hennigan, «U.S.-Russia Tension Could Affect Space Station, Satellites», *Los Angeles Times*, 16 de mayo de 2014; «Russia Makes Plans to Kill Space Station in 2020 Due to Sanctions», NBC News, 13 de mayo de 2014, www.nbcnews.com/storyline/ukraine-crisis/russia-makes-plans-kill-space-station-2020-due-sanctions-n104531; Irene Klotz, «Atlas V Rocket Launches US Missile-Warning Satellite», Space.com, 20 de mayo de 2017, www.space.com/35409-missile-warning-satellite-sbirs-geo-3-launch-success.html; Redacción, *Sputnik*, «Why Washington Cannot Ban Russia's RD -180 Rocket Engines», SpaceDaily, 3 de mayo de 2016, www.spacedaily.com/reports/Why_Washington_cannot_why_Russias_RD_180_Rocket_Engines_to_US_in_2017_1801.html; «Russia to Supply RD -180 Rocket Engines to US in 2017», TASS, 1 de diciembre de 2016, tass.com/science/915840; Chris Gebhardt, «U.S. Debates Atlas V RD-180 Engine Ban, ULA's Non-Bid for Military Launch», NASA Spaceflight.com, 29 de enero de 2016, www.nasaspaceflight.com/2016/01/u-s-debates-atlas-v-rd-180-ban-ulas-non-bid-military/; Phil Plait, «Russian Deputy Prime Minister Threatens to Pull Out of ISS», blog de Bad Astronomy, *Slate*, 14 de mayo de 2014, www.slate.com/blogs/bad_astronomy/2014/05/14/nasa_and_the_iss_russia_the_international_space_effort.html (consultado el 2 de mayo de 2017). <<

[86] Office of Inspector General, «NASA's Commercial Crew Program: Update on Development and Certification Efforts», IG-16-028, NASA, 1 de septiembre de 2016, oig.nasa.gov/audits/reports/FY16/IG-16-028.pdf (consultado el 2 de mayo de 2017). <<

[87] World Bank, «Gross Domestic Product 2016, PPP», databank.worldbank.org/data/download/GDP_PPP.pdf (consultado el 13 de agosto de, 2017); Joe Rennison y Eric Platt, «China Cuts US Treasury Holdings to Lowest Level Since 2010», *Financial Times*, 18 de enero de 2017; US Census Bureau, «Trade in Goods with China», www.census.gov/foreign-trade/balance/c5700.html (consultado el 6 de abril de, 2018). Véase también Central Intelligence Agency, «Country Comparison: GDP (Purchasing Power Parity)—2016 Est», *The World Factbook*, www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2001rank.html; en esta clasificación, la UE, que no aparece en el análisis del Banco Mundial, está en segundo lugar y Estados Unidos en tercero. <<

[88] Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, p.223; Sheehan, *International Politics of Space*, pp.165, 167; Office of the Secretary of Defense, «Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2016», 117FA69, 26 de abril de 2016, pp. i, 3, [www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2016 %20China%20Military%20Power%20Report.pdf](http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2016%20China%20Military%20Power%20Report.pdf) (consultado el 2 de mayo de 2017) y «Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People’s Republic of China 2017», C-B066B88, 15 de mayo de 2017, pp. ii, 34-35, 42, www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2017_China_Military_Power_Report.html (consultado el 13 de agosto de 2017); John Costello, «China Finally Centralizes Its Space, Cyber, Information Forces», *The Diplomat*, 20 de enero de 2016, thediplomat.com/2016/01/china-finally-its-centralizes-space-cyber-information-forces/ (consultado el 2 de mayo de 2017). <<

[89] Para las complejidades políticas de las movidas de Estados Unidos contra China en tecnología espacial, véase en especial el capítulo 6, «The Politicization of the U.S. Aerospace Industry», en Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, pp. 141-168. Véase también Brian Harvey, *China in Space: The Great Leap Forward*, Nueva York, Springer-Praxis, 2013, p. 12. <<

[90] Select Committee on US National Security and Military/Commercial Concerns with the People's Republic of China, US House of Representatives, «Appendix A: Scope of the Investigation» y «Overview», Report of the Select Committee, 3 de enero de 1999, parcialmente desclasificado, www.house.gov/coxreport/chapfs/app.html and www.house.gov/coxreport/chapfs/over.html (consultado el 26 de marzo de 2017); Lowen Liu, «Just the Wrong Amount of American», *Slate*, 11 de septiembre de 2016, www.slate.com/articles/news_and_politics/the_next_20/2016/09/the_case_of_chinese_americans_under_suspicion_for.html (consultado el 2 de mayo de 2017); «Statement by Judge in Los Alamos Case, with Apology for Abuse of Power», *The New York Times*, 14 de septiembre de 2000. <<

[91] Moltz, *Asia's Space Race*, p. 93; Harvey, *China in Space*, pp. 345-346. <<

[92] Tanto la sec. 539 del Consolidated Appropriations Act, 2012, como la sec. 532 del Consolidated Appropriations Act, 2014, declaran que la NASA no podrá utilizar fondos proporcionados por estas leyes para «desarrollar, diseñar, planear, promulgar, implantar ni ejecutar una política, programa, orden o contrato bilateral de ningún tipo para participar, colaborar o coordinar bilateralmente de modo alguno con China o con cualquier empresa de propiedad china, a menos que estas actividades estén autorizadas específicamente por una ley», a menos que las actividades «no presenten riesgo alguno que resulte en la transferencia de tecnología, datos o cualquier otra información con implicaciones de seguridad nacional o seguridad económica con China o alguna empresa de propiedad china». Las dos leyes también estipulan que no se podrá alojar a «visitantes oficiales chinos» en «instalaciones que pertenezcan a la NASA o estén siendo utilizadas por esta».

<<

[93] Moltz, *Politics of Space Security*, p. 287; Moltz, *Asia's Space Race*, pp. 95-96; Johnson-Freese, *Space as a Strategic Asset*, p. 229; Sheehan, *International Politics of Space*, pp. 167-168; Leonard David, «US-China Cooperation in Space: Is It Possible, and What's in Store?» Space.com, 16 de junio de 2015, www.space.com/29671-china-nasa-space-station-cooperation.html (consultado el 2 de mayo de 2017). <<

[94] International Astronomical Union, «IAU's Reaction to the Executive Order Banning Access from Seven Countries», anuncio, 30 de enero de 2017, www.iau.org/news/announcements/detail/ann17006/; Royal Astronomical Society, «RAS Responds to the US Executive Order Banning Entry from Seven Countries», boletín de prensa, 31 de enero de 2017, www.ras.org.uk/news-and-press/2947-ras-response-to-the-us-executive-order-banning-entry-from-seven-countries; Multisociety Letter on Immigration, 10 de febrero de 2017, mcmprodaaas.s3.amazonaws.com/s3fs-public/Multisociety%20Letter%20on%20Immigration%201-31-2017.pdf?utm_medium=email&dm_i=1ZJN,4QUK6,E29DOV,HT01N,1; William J. Broad, «Top Scientists Urge Trump to Abide by Iran Nuclear Deal», *The New York Times*, 2 de enero de 2017, [y static01.nyt.com/packages/pdf/science/03ScientistsLetter.pdf](https://static01.nyt.com/packages/pdf/science/03ScientistsLetter.pdf); «March for Science», satellites.marchforscience.com; Becky Crystal, «These Washington Restaurants Are Closed for the 'Day Without Immigrants' Protest», *The Washington Post*, 16 de febrero de 2017. (Todo consultado el 2 de mayo de 2017). <<

[95] Alicia Parlapiano y Gregor Aisch, «Who Wins and Loses in Trump's Proposed Budget», *The New York Times*, actualizado el 16 de marzo de 2017; Will Thomas, «White House Requesting Immediate \$3 Billion Cut to R & D Budgets», American Institute of Physics, *FYI Bulletin* 40, 29 de marzo de 2017; American Institute of Physics, «Congress Stands by Science in Final Budget Deal», *FYI Bulletin* 53, 2 de mayo de 2017; Will Thomas, «Final FY 17 Appropriations: NASA», *FYI Bulletin* 56, 5 de mayo de 2017; Associated Press, «Federal Budget Deal Would Spare Arts Agencies», 1 de mayo de 2017. Las cifras reales de 2017 son el recorte solicitado por el presidente del 0.9%; aumento de 1.9% para NASA en general; aumento de 3.1% para NASA Science; aumento de 5.2% para ARPA - E. La NEH y la NEA obtuvieron un aumento de 1.3% cada una; el financiamiento de CPB se mantuvo igual desde 2016. Para las cifras de 2018, véase William Thomas, «Final FY 18 Appropriations: Department of Defense», *FYI Bull.* 40, 5 de abril de 2018. Véase también el «Federal Science Budget Tracker» continuamente actualizado de la American Institute of Physics en www.aip.org/fyi/federal-science-budget-tracker. <<

[1] Lewis Mumford, «No: ‘A Symbolic Act of War...,’ » *The New York Times*, 21 de julio de 1969, query.nytimes.com/mem/archive/pdf?res=9804E3DB1738E63ABC4951DFB1668382679EDE (consultado el 5 de mayo de 2017); «Reactions to Man’s Landing on the Moon Show Broad Variations in Opinions. Some Would Forge Ahead in Space, Others Would Turn to Earth’s Affairs», *The New York Times*, 21 de julio de 1969, pp. 6-7, timesmachine.nytimes.com/timesmachine/1969/07/21/issue.html (consultado el 18 de septiembre de 2017). <<

[2] Véase en general Daron Acemoglu, Mikhail Golosov, Aleh Tsyvinski y Pierre Yared, «A Dynamic Theory of Resource Wars», *Quarterly J. of Economics*, 2012, pp. 283-331, economics.mit.edu/files/8041 (consultado el 9 de octubre de 2017). En cuanto a otras provisiones de un recurso natural que han disminuido más recientemente, véase David Owen, «The End of Sand», *The New Yorker*, 29 de mayo de 2017, p. 28-33. <<

[3] Government Accountability Office, *Rare Earth Materials: Developing a Comprehensive Approach Could Help DOD Better Manage National Security Risks in the Supply Chain*, GAO-16-161, febrero de 2016, www.gao.gov/assets/680/675165.pdf; Lee Simmons, «Rare-Earth Market», *Foreign Policy*, 12 de julio de 2016, foreignpolicy.com/2016/07/12/decoder-rare-earth-market-tech-defense-clean-energy-china-trade; Lisa Margonelli, «Clean Energy's Dirty Little Secret», *The Atlantic*, mayo de 2009, www.theatlantic.com/magazine/archive/2009/05/clean-energys-dirty-little-secret/307377; Julie Butters, «This Is Dysprosium—If We Run Out of It, Say Goodbye to Smartphones, MRI Scans and Hybrid Cars», *Phys.org*, 6 de junio de 2016, phys.org/news/2016-06-dyprosiumif-goodbye-smartphones-mri-scans.html (consultado el 2 de abril de 2017). <<

[4] El aluminio constituye aproximadamente el 8 % de la corteza terrestre y es el tercer elemento más abundante que se encuentra allí. Está en el extremo más ligero de todos los metales y tiene aproximadamente la misma densidad que el cuarzo. Así que, junto con las rocas de silicato, flotó hasta arriba. Nunca está solo en la Tierra y siempre se encuentra combinado con otros elementos, como el oxígeno o el potasio. <<

[5] Europlanet, «Nanosat Fleet Proposed for Voyage to 300 Asteroids», boletín de prensa, 19 de septiembre de 2017, www.europlanet-eu.org/nanosat-fleet-proposed-to-300-asteroids (consultado el 19 de septiembre de 2017). <<

[6] Tony Judt, *Reappraisals: Reflections on the Forgotten Twentieth Century*, Nueva York, Penguin, 2008), pp. 5-7. <<

[7] «Text: Obama's Speech to the United Nations General Assembly», *The New York Times*, septiembre de 23, 2009. Véase, en este contexto, Joan Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions: America's Quest to Dominate Space*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press, 2009: «Nuestra manera defectuosa de abordar el espacio no es producto de alguna fuente única de disfunción, sino de una mezcla pantanosa de política partidista, juegos burocráticos astutos, las presiones tradicionales del complejo militar-industrial y una feliz y desafortunada ignorancia por parte del público estadounidense. Peor aún, esta ignorancia está ligada a una especie de excepcionalismo norteamericano que impulsa a los estadounidenses —los conquistadores de la Luna— a creer que tienen un derecho casi inherente a declarar el espacio como propio, y al diablo con la reacción del resto del mundo» (pp. xi-xii). <<

[8] El Acuerdo de París se adoptó por consenso en diciembre de 2015. El 1 de abril de 2016, los presidentes de China y los Estados Unidos emitieron una declaración conjunta en la que decían que ambos países la firmarían. El acuerdo se dispuso a firmas el 22 de abril de 2016; 175 Estados nación, incluida la Unión Europea, lo firmaron ese mismo día. El acuerdo entró en vigor siete meses después. A partir de enero de 2018, de las 197 partes que han firmado o aceptado sus disposiciones, 174 lo han ratificado, incluido Estados Unidos. En junio de 2017, el presidente Trump manifestó su intención de retirar a Estados Unidos del acuerdo. El retiro tendría que realizarse dentro de las disposiciones del derecho internacional; una declaración presidencial no constituye un retiro. (Sobre los 197 participantes: como organismo, las Naciones Unidas tienen 193 estados miembros y dos estados «observadores», Palestina y la Santa Sede. Las otras partes del acuerdo son dos naciones insulares que no son estados miembros de la ONU, Niue y las Islas Cook. La Unión Europea se cuenta como un estado miembro. Véase United Nations Framework Convention on Climate Change, «The Paris Agreement», unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php (consultado el 23 de enero de 2018). <<

[9] National Nuclear Security Administration, «70 Years of Computing at Los Alamos National Laboratory», www.lanl.gov/asc/_assets/docs/history-computing.pdf; Los Alamos National Laboratory, «Los Alamos' Trinity Supercomputer Lands on Two Top-10 Lists», boletín de prensa, 16 de noviembre de 2017, www.lanl.gov/discover/news-release-archive/2017/November/1116-trinity-supercomputer.php (consultado el 25 de enero de 2018). <<

[10] National Nuclear Security Administration, «About Us», nnsa.energy.gov/ (consultado el 25 de enero de 2018). <<

[11] SAO / NASA Abstract Service, portal de biblioteca digital para investigadores en astronomía y física operado por el Smithsonian Astrophysical Observatory [Observatorio Smithsonian de Astrofísica] con una subvención de la NASA, adsabs.harvard.edu/basic_search.html <<

[12] Bill Maher, «New Rules» segment, *Real Time with Bill Maher*, HBO, temporada 7, episodio 7, 3 de abril de 2009. El título en inglés es el juego de palabras «Star Dreck» (*dreck* significa ‘basura’). <<

[13] Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization, «Executive Summary», *Report—Pursuant to Public Law 106-65*, 11 de enero de 2001, p. 8, fas.org/spp/military/commission/executive_summary.pdf (consultado el 20 de septiembre de 2017). <<

[14] Scott A. Weston, «Examining Space Warfare: Scenarios, Risks, and US Policy Implications», *Air & Space Power J.* 23:1, primavera de 2009, pp. 75-77. <<

[15] Office of the Assistant Secretary of Defense, «Space Domain Mission Assurance: A Resilience Taxonomy», libro blanco, septiembre de 2015, p. 1, fas.org/man/eprint/resilience.pdf (consultado el 5 de mayo de 2017). <<

[16] Sec. 1616, «Organization and Management of National Security Space Activities of the Department of Defense», S. 293 (114^a): National Defense Authorization Act for Fiscal 2017, 13 de diciembre de 2016 (aprobada en el Congreso/versión final del proyecto de ley), www.govtrack.us/congress/bills/114/s2943/text (consultado el 4 de mayo de 2017). <<

[17] Commission to Assess US National Security Space Management, *Report*, pp. 17, 13, 33. <<

[18] Una amenaza notable del presidente Trump, emitida durante una conferencia de prensa en un club de golf, fue que «Más vale que Corea del Norte no vuelva a amenazar a Estados Unidos. Se enfrentarán con fuego y furia como el mundo nunca ha visto» (Peter Baker y Choe Sang-hun, «Trump Threatens ‘Fire and Fury’ Against North Korea If It Endangers U.S.», *The New York Times*, 8 de agosto de 2017). Otra, entregada el siguiente mes desde el podio en la Asamblea General de la ONU: «A ninguna nación en la Tierra le interesa ver a esta banda de delincuentes armarse con armas nucleares y misiles. Estados Unidos tiene gran fuerza y paciencia, pero si se ve obligado a defenderse o defender a sus aliados, no tendremos más remedio que destruir totalmente a Corea del Norte. El *Hombre cohete* está en una misión suicida para él y para su régimen», (Peter Baker y Rick Gladstone, «With Combative Style and Epithets, Trump Takes America First to the U. N.», *The New York Times*, 19 de septiembre de 2017). <<

[19] Li Bin, «The Consequences of a Space War», ponencia, Pugwash Workshop on Preserving the Non-Weaponization of Space, Castellon de la Plana, España, 22 a 24 de mayo de 2003, www.pugwash.org/reports/nw/space2003-bin.htm (enlace deshabilitado). <<

[20] En referencia a la truculencia de Trump a principios de octubre de 2017, por ejemplo, el senador Bob Corker (R-TN), presidente del Comité de Relaciones Exteriores del Senado, quien había declarado que no se presentaba a la reelección, le dijo a un reportero: «Podríamos estarnos dirigiendo hacia la Tercera Guerra Mundial con los comentarios que está haciendo». Véase «Read Excerpts From Senator Bob Corker’s Interview With The Times», *The New York Times*, 9 de octubre de 2017. <<

[21] Johnson-Freese, *Heavenly Ambitions*, p. 25. <<

[22] Una muestra de este tipo de declaraciones: un plan maestro del Comando Espacial de la Fuerza Aérea describe su estrategia a largo plazo como «poner en el campo y desplegar fuerzas espaciales y de combate de misiles en profundidad, lo que nos permite enfrentar a cualquier adversario en, desde y a través del espacio, bajo demanda... El resultado será un comando de combate espacial organizado, entrenado y equipado para lograr resultados decisivos rápidamente, en o por encima del campo de batalla, en cualquier lugar, en cualquier momento» (*Strategic Master Plan FY06 and Beyond*, 1 de octubre de 2003, 11, www.wslfweb.org/docs/Final%2006%20SMP--Signed!v1.pdf). Otro plan de la Fuerza Aérea coincide: «Un objetivo clave para la transformación, por lo tanto, es no solo garantizar la capacidad de Estados Unidos para explotar el espacio con fines militares, sino también lo necesario para negar la capacidad de un adversario para hacerlo» (HQ USAF / XPXC, *The U.S. Air Force Transformation Flight Plan 2004*, 1 de julio de 2004, C-10, www.hsdl.org/?view&did=454273). Debido a que es indispensable la inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) para estos objetivos, el *Quadrennial Defense Review* de 2006 habla de la necesidad de «establecer un ‘ojo sin parpadear’ en el espacio de batalla mediante una vigilancia persistente» para «apoyar las operaciones contra cualquier objetivo, de día o de noche, en cualquier clima, y en zonas denegadas o disputadas» (US Department of Defense, *Quadrennial Defense Review Report*, 6 de febrero de 2006, p. 55, archive.defense.gov/pubs/pdfs/QDR20060203.pdf). Un informe de seguridad nacional de la Casa Blanca dice que uno de los principales impulsos del Departamento de Defensa consiste en abordar los «[...] retos perjudiciales por parte de actores estatales y no estatales que emplean tecnologías y capacidades (como la biotecnología, las operaciones cibernéticas y espaciales o las armas de energía dirigida) de nuevas maneras que contrarrestan las ventajas militares de las que actualmente disfruta Estados Unidos» (Presidente de los Estados Unidos, *The National Security Strategy of the United States of America*, marzo de 2006, p.44, www.state.gov/documents/organization/64884.pdf). (Todos consultados el 12 de mayo de 2017). <<

[23] Dos ejemplos de 2016: el general James E. Cartwright (Cuerpo de Marines de E.U.A, jubilado.): «Han terminado los días del ‘dominio del espacio’, y de pensar en el espacio como un dominio militar de ofensiva y defensa debemos pasar a un entorno más complejo que debe gestionarse por una amplia gama de actores internacionales» (preámbulo a Theresa Hitchens y Joan Johnson-Freese, «Toward a New National Security Space Strategy: Time for a Strategic Rebalancing», Atlantic Council Strategy Paper 5, junio de 2016, p. i); General John E. Hyten (anteriormente comandante, Mando Espacial de la Fuerza Aérea de EUA): «El espacio ya no es un santuario en donde Estados Unidos o nuestros aliados y socios operan con impunidad» (Hyten, «Space Mission Force: Developing Space Warfighters for Tomorrow», libro blanco, US Air Force Space Command, 29 de junio de 2016, 2, www.afspc.af.mil/Portals/3/documents/White%20Paper%20-%20Space%20Mission%20Force/AFSPC%20SMF%20White%20Paper%20-%20FINAL%20-%20AFSPC%20CC%20Approved%20on%20June%2029.pdf?ver=2016-07-19-095254-887 (consultado el 8 de mayo de, 2017). Sin embargo, Hitchens y Johnson-Freese sostienen que, en respuesta a las recientes pruebas de satélites maniobrables realizadas por China y Rusia y al lanzamiento en 2013 de un cohete chino que casi alcanza la órbita geoestacionaria, la «Defensa contra las capacidades del contraespacio» ha adquirido una prioridad absoluta, seguida en orden por una visión disminuida de la diplomacia espacial y un mayor interés en las capacidades ofensivas. En particular, el aumento de la percepción de la amenaza vino acompañada de una diplomacia pública más agresiva por parte del Pentágono y de la Fuerza Aérea, dirigida a dejar muy en claro que Estados Unidos responderían a las amenazas en el espacio con el uso de la fuerza, y en donde la retórica volvía a la temática del ‘dominio y control’ de la política espacial del gobierno de Bush» (p. 3). <<

[24] Brian Weeden, «Alternatives to a Space Weapons Treaty», *Bulletin of the Atomic Scientists*, 17 de abril de 2009, thebulletin.org/alternatives-space-weapons-treaty; European Union: External Action, «International Space Code of Conduct—Version Mar. 31, 2014, Draft», eeas.europa.eu/topics/disarmament-non-proliferation-and-arms-export-control/14715_en (consultado el 7 de mayo de 2017). Las organizaciones que se centran en frenar la escalada en el espacio incluyen, por ejemplo, el Eisenhower Center for Space and Defense Studies [Centro Eisenhower para Estudios de Espacio y Defensa], el European Institute for Security Studies [Instituto Europeo de Estudios de Seguridad], la Federation of American Scientists [Federación de Científicos Americanos], GlobalSecurity.org, el Institute of Air and Space Law [Instituto de Derecho Aéreo y del Espacio], el National Security Archive [Archivo de Seguridad Nacional], la Planetary Society [Sociedad Planetaria], Project Plowshares, la Secure World Foundation, el Space Policy Institute [Instituto de Política del Espacio], el Centro Stimson, la Union of Concerned Scientists [Unión de Científicos Preocupados] y el Instituto de las Naciones Unidas para la Investigación Sobre el Desarme. <<

[25] Henry R. Hertzfeld, Brian Weeden y Christopher D. Johnson, «Outer Space: Ungoverned or Lacking Effective Governance?: New Approaches to Managing Human Activities in Space», *SAIS Review of International Affairs* 36:2, verano-otoño de 2016, pp. 15-28; Hitchens y Johnson-Freese, «New National Security Space Strategy»; Weeden, «Alternatives to a Space Weapons Treaty»; «Executive Summary», en *Space Security Index 2016*, ed. Jessica West, Waterloo, Ontario, Project Ploughshares, septiembre de 2016, p. 1. <<

[26] «HST Publication Statistics», 25 de febrero de 2017, archive.stsci.edu/hst/bibliography/pubstat.html (consultado el 21 de septiembre de 2017). <<

[27] Arthur S. Eddington (1920), citado en S. Chandrasekhar, preámbulo a Eddington, *The Internal Constitution of the Stars*, Cambridge, Cambridge University Press, 1926/1988, p. x. <<

[28] Eddington, *Internal Constitution*, p. 301. <<

[29] William A. Fowler, «Formation of the Elements», *Scientific Monthly* 84: 2, febrero de 1957, p. 98. <<

[30] Jonathan M. Weisgall, «The Nuclear Nomads of Bikini», *Foreign Policy* 39, verano de 1980, p. 83. <<

[31] E. Margaret Burbidge, G.R. Burbidge, William A. Fowler y F. Hoyle, «Synthesis of the Elements in Stars», *Reviews of Modern Physics* 29:4, octubre de 1957, pp. 547-650. La US Atomic Energy Commission [Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos] fue una agencia precursora del Departamento de Energía de Estados Unidos. <<

[32] Burbidge *et al.*, «Synthesis», p. 640. El «proceso *r*» se refiere a los neutrones libres que marchan directamente hacia un núcleo atómico y se quedan allí. Con su carga neutra, no enfrentan ninguna resistencia electromagnética. Esa configuración de partículas en el núcleo podría ser inestable. Pero en un elemento de proceso *r*, un segundo neutrón entra antes de que el núcleo tenga la posibilidad de descomponerse, creando un núcleo estable. <<

[33] Los autores quisieran agradecer a los economistas Mark Harrison de la Universidad de Warwick (editor de *The Economics of World War II: Six Great Powers in International Comparison*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998, y coeditor, con Stephen Broadberry, de *The Economics of World War I*, Cambridge, Cambridge University Press, 2005) y Linda Bilmes de la Harvard Kennedy School (coautora, con Joseph Stiglitz, de *The Three-Trillion Dollar War: The True Cost of the Iraq Conflict*, Nueva York, W.W. Norton, 2008) por su generosidad para ayudar a aclarar la extrema dificultad de calcular los costos integrales de la guerra. <<

[34] Tres mil millones de dólares es una cifra aproximada, aunque alta; no se dispone de cifras exhaustivas. En 2016, el presupuesto de astrofísica de la NASA fue de 1.35 mil millones de dólares (Astrofísica: 730 millones de dólares; telescopio James Webb: 620 millones de dólares). El presupuesto de 2016 para la División de Ciencias Astronómicas de la National Science Foundation fue de 250 millones de dólares, incluyendo investigación, educación e instalaciones. El presupuesto de 2016 para todo el Programa Científico de la Agencia Espacial Europea fue de 510 millones de dólares. La Organización de Investigación Espacial de la India presupuestó 47 millones de dólares para ciencias espaciales en 2016. Alrededor del 14 %, o 180 millones de dólares, del presupuesto de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón se destinó a la ciencia y exploración espaciales, lo que sugiere una porción de ciencia-espacio del orden de 100 millones de dólares; el financiamiento adicional de la ciencia espacial es parte del compromiso de JAXA con la Estación Espacial Internacional. Véase American Institute of Physics, «Federal Science Budget Tracker», FYI: Science Policy News, www.aip.org/fyi/federal-science-budget-tracker/FY2017; National Science Foundation, Directorate for Mathematical and Physical Sciences: Division of Astronomical Sciences (AST), «AST Funding», *FY2016 Budget Request to Congress*, MPS-12, www.nsf.gov/about/budget/fy2016/pdf/fy2016budget.pdf; European Space Agency, «ESA 2016 Budget by Domain», www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/01/ESA_budget_2016_by_domain; Space Foundation, «Exhibits 1s. Indian Space Budgets», «Exhibit 1t. Japanese Space Spending by Agency 2016», *The Space Report 2017*, p.12-13; «FY2015 Annual Budget [JAXA]», reproducido en Chu Ishida, «JAXA Program for Earth Observation Satellites», Japan Aerospace Exploration Agency, 6 de enero de 2016, www.pco-prime.com/vegetation_lidar2016/pdf/1-3Ishida_JAXA_EO_program_20160106.pdf (consultado el 24 de septiembre de 2017). <<

[35] Nan Tian, Aude Fleurant, Pieter D. Wezeman y Siemon T. Wezeman, «Trends in World Military Expenditure, 2016», hoja de datos, SIPRI, abril de 2017, www.sipri.org/sites/default/files/Trends-world-military-expenditure-2016.pdf; World Bank, «World Development Indicators Database: Gross Domestic Product 2016», 17 de abril de 2017, databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf (ambos consultados el 29 de octubre de 2017). SIPRI estima el gasto militar mundial de 2016 en 1.686 billones de dólares; la cifra del Banco Mundial para el PIB global de 2016 es 75.642 billones de dólares. <<

[36] En 1943, mientras que los gastos militares de guerra representaban 42 % de los ingresos de Estados Unidos, representaban 43 % de los de Japón, 55 % de los de Gran Bretaña y 70 % de los de Alemania. Véase Mark Harrison, «The Economics of World War II: An Overview», capítulo 1 de *Economics of World War II*, p. 34, «Table 1-8: The military burden, 1939-44 (military outlays, per cent of national income)», www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/mharrison/public/ww2overview (cl). La tabla 1, «Table 1-11: War losses attributable to physical destruction (per cent of assets)», indica que Alemania perdió 17 % de sus activos industriales y Japón 34 % (p. 42). <<

[37] Stephen Daggett, «Costs of Major U.S. Wars», informe, 29 de junio de 2010, Congressional Research Service, p. 2, fas.org/sgp/crs/natsec/RS22926.pdf (consultado el 23 de septiembre de 2017). Desde diciembre de 1941 hasta septiembre de 1945, el gasto militar total de Estados Unidos fue de 296 mil millones en los dólares de entonces. En una nota en «Table 1: Military Costs of Major U.S. Wars, 1775-2010», Daggett especifica que las estimaciones se basan en datos presupuestales del gobierno de Estados Unidos e incluyen solo los costos de las operaciones militares, y no de los beneficios para veteranos, intereses sobre la deuda relacionada con la guerra ni asistencia a aliados. Convertidos a dólares constantes de 2016 (en términos de simple poder de compra), 296 mil millones de dólares —digamos que 300 mil millones— en dólares de la Segunda Guerra Mundial se vuelven 4 billones de dólares, o 75 mil millones de dólares al año, según MeasuringWorth, www.measuringworth.com, una página de servicio público fundada por dos profesores de economía estadounidenses. Sin embargo, Harrison enfatiza que una conversión más significativa debería de tomar en cuenta la *tasa* de gastos de guerra relativos al PIB nominal; en otras palabras, el cambio de precios multiplicado por el cambio de producción. Entre la Segunda Guerra Mundial y hoy, el PIB nominal aumentó 90 veces. <<

[38] Benito Mussolini, «Plan for the New Italian Economy (1936)», citado en John Bellamy Foster, «Neofascism in the White House», *Monthly Review* 68:11, abril de 2017, monthlyreview.org/2017/04/01/neofascism-in-the-white-house (consultado el 9 de mayo de 2017). <<

[39] «Discretionary Spending 2015: \$1.1 Trillion», gráfico circular, National Priorities Project, www.nationalpriorities.org. Los análisis del financiamiento relacionado con las ciencias se encuentran en, por ejemplo, «Research by Science and Engineering Discipline: Physical Sciences Research Funding, 1978-2014», gráfico de barras, American Association for the Advancement of Science, www.aaas.org/page/research-science-and-engineering-discipline; «Survey of Federal Funds for Research and Development Fiscal Years 2015-17—Table 2. Summary of Federal Obligations and Outlays for Research, Development, and R&D Plant, by Type of R&D, Performer, and Field of Science and Engineering: FYs 2014-17», National Science Foundation, ncesdata.nsf.gov/fedfunds/2015/html/FFS2015_DST_002.html; Jeffrey Mervis, «Data Check: U.S. Government Share of Basic Research Funding Falls Below 50%», *Science*, 9 de marzo de 2017, www.sciencemag.org/news/2017/03/data-check-us-government-share-basic-research-funding-falls-below-50. Los datos sobre gastos militares se encuentran en «Military Expenditure: World Military Spending in 2016: Military Spending Graphics», SIPRI, www.sipri.org/research/armament-and-disarmament/arms-transfers-and-military-spending/military-expenditure. (Todos consultados el 9 de mayo de 2017). <<