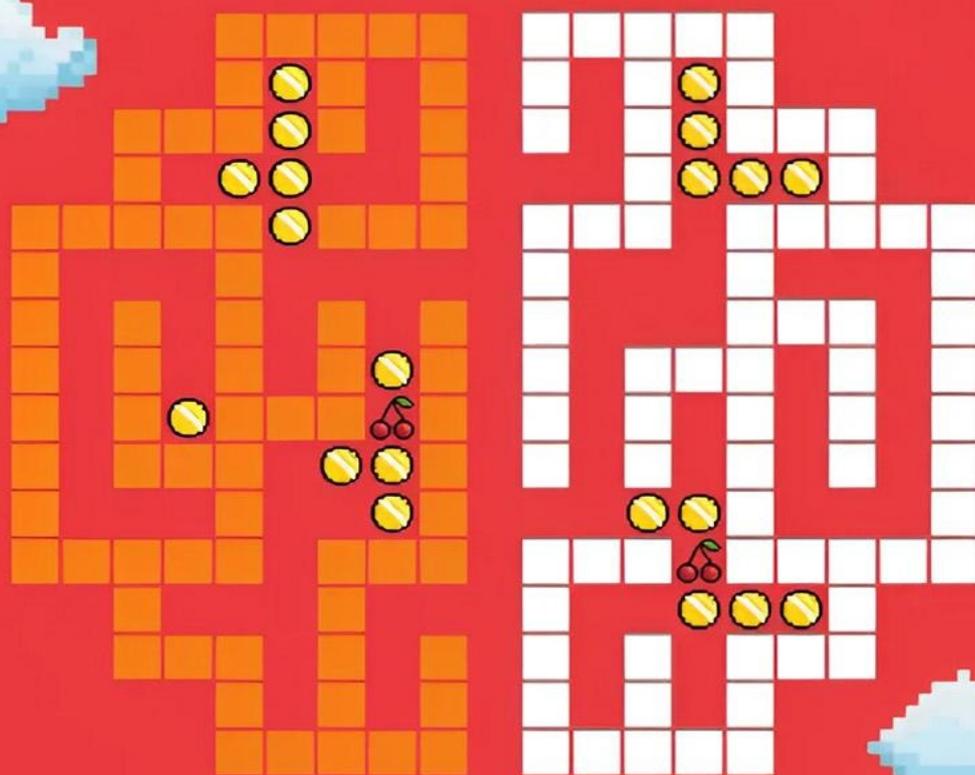


NEURO GAMER

DR. PABLO
BARRECHEGUREN

AUTOR DEL CANAL «NEUROCOSAS»



CÓMO LOS VIDEOJUEGOS
NOS AYUDAN A COMPRENDER
NUESTRO CEREBRO



Lectulandia

¿Cómo los videojuegos afectan a nuestro cerebro?

Neurogamer es una invitación a un viaje pixelado por el funcionamiento de nuestro sistema nervioso y el mundo de los videojuegos.

La industria del ocio electrónico en algunos países ya factura más dinero que el cine y la música juntos, mientras que el impacto de la neurociencia en la salud supera el coste socioeconómico del cáncer y las enfermedades cardiovasculares. La neurociencia y los videojuegos son dos gigantes que comparten un mismo terreno de juego: tu cerebro.

Paso a paso, nivel a nivel, descubre temas como las raíces neuronales de la empatía o las bases neurobiológicas del comportamiento humano mientras conoces la respuesta a las grandes preguntas que rodean a los videojuegos: ¿realmente son tan adictivos como una droga?, ¿promueven la violencia?, ¿se puede entrenar el cerebro jugando a videojuegos?, ¿son sanos?...

Pablo Barrecheguren Manero

Neurogamer

Cómo los videojuegos nos ayudan a comprender nuestro cerebro

ePub r1.0

XcUiDi 27-04-2023

Pablo Barrecheguren Manero, 2021
Ilustraciones: Javier Pérez de Amézaga Tomás

Editor digital: XcUiDi
ePub base r2.1

Índice de contenido

Cubierta

Neurogamer

Tutorial

Tienes un pedazo de cerebro

Los videojuegos, una industria mayor que el cine

Lesiones cerebrales y los inicios de la neurociencia moderna

Los primeros videojuegos

Las neuronas, las estrellas del rock de la neurociencia

Las células gliales, las «indies» del sistema nervioso

El cerebro es inmunológicamente diferente al resto del cuerpo

Las partes del neurordenador

¿Cuánto gasta el cerebro?

Emoción «vs» Sentimiento

¿Dónde están nuestros sentimientos?

No todos los videojuegos son para todos los públicos

Violencia y videojuegos: ¿es importante el realismo?

¿Los videojuegos pueden volvernos insensibles a la violencia?

¿Si juego a videojuegos voy a pegar a la gente?

La empatía cambia nuestro modo de jugar

¿Qué es una droga?

El placer y la adicción son temas complicados

No solo son adictivas las drogas: adicciones sin sustancia

¿Qué es esto del trastorno por videojuegos?

Alimentación, soledad y videojuegos

Autocontrol y adicción

El cerebro de un adicto a los videojuegos

¿Por qué son adictivos los videojuegos?

Cómo hacer que alguien repita compulsivamente una conducta: la caja de Skinner

El diseño de algunos videojuegos y la caja de Skinner

La ludopatía ronda el mundo de los videojuegos

La memoria y los videojuegos

Atención con la memoria de trabajo

¿Qué es esto de la plasticidad cerebral?

¿Los videojuegos te quitan el sueño?

Las fases del sueño y su anatomía
Si eres cirujano y juegas a videojuegos, utiliza el mando
Los videojuegos echan un cable a la tercera edad
Los Exergames: videojuegos para mover el esqueleto
La propiocepción, nuestro sexto sentido
Videojuegos como solución al ojo vago
¿Curar con videojuegos?

Agradecimientos

Sobre el autor

Notas

*A todos mis amigos con los que he compartido la afición por
los videojuegos*

TUTORIAL

Jugar es algo natural. Recuerdo que de pequeño vi bastantes documentales sobre leones y siempre había un momento donde aparecían unos cachorros jugando entre ellos. Entre los animales es fácil encontrar comportamientos similares, y los seres humanos no somos una excepción. Lo único que ha cambiado con el tiempo es aquello a lo que jugamos.

En casa tengo muy pocas fotos, pero hay una con dos amigos de la infancia: en ella salimos los tres delante de una mesa y estamos girados hacia la cámara sonriendo. Por las pintas debíamos de tener unos ocho o diez años. Lo que no se ve en la foto es lo que había sobre la mesa: un ordenador. En esa época nos juntábamos para jugar al ordenador y en las partidas nos repartíamos los controles: uno llevaba el ratón, otro manejaba parte del teclado y el tercero pulsaba las teclas restantes.

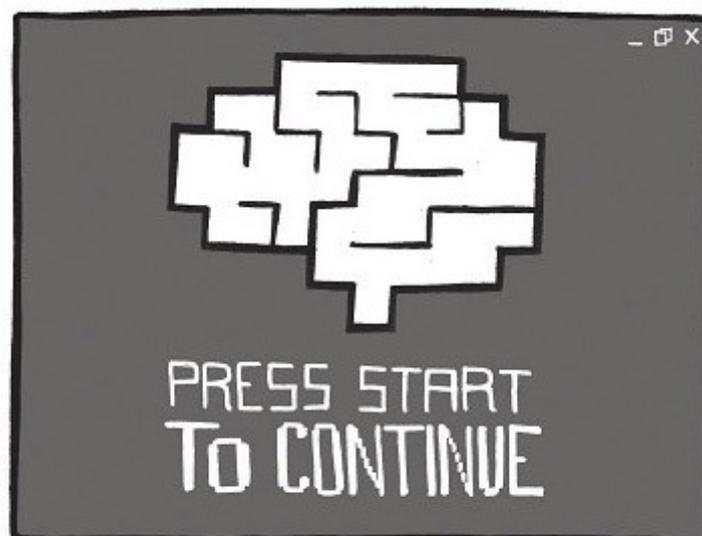
Conforme fuimos creciendo, poco a poco llegaron más ordenadores y consolas, empezamos a jugar solos, pero también seguíamos haciéndolo en grupo. Pasamos de jugar todos en un ordenador a tener una consola e ir pasándonos el mando, y de ahí a tener cada uno sus propias máquinas. Pero también hacíamos deporte, leíamos todo lo que caía en nuestras manos, dábamos vueltas por el campo, jugábamos partidas interminables de rol o Warhammer... Yo suelo bromear con que, si me das a elegir entre tener novia o videojuegos, me quedo con los videojuegos porque sin novia he estado gran parte de mi vida, pero sin videojuegos no. La realidad es que me llevan acompañando desde la infancia y ya estaban allí cuando la neurociencia llegó a mi vida.

Con veintitantos años durante el día estudiaba la formación de tumores cerebrales y cómo se conectaban las neuronas, y por la noche al llegar a casa encendía el ordenador y me ponía a jugar con mis compañeros de piso en el salón. Sumadle a eso alguna noche de fiesta por Barcelona y tenéis un buen resumen de mi tesis doctoral. No recuerdo haber tenido de pequeño un interés particular por la neurociencia, pero es un campo apasionante y poco a poco

me fue enganchando. La verdad es que si ahora me hicierais elegir entre los videojuegos o la neurociencia no sabría qué escoger...

A diferencia de preparar una tesis, los videojuegos, como cualquier otra actividad de ocio, suelen ser considerados «una pérdida de tiempo». Después de todo, con las horas que he pasado jugando a videojuegos podría haberme sacado alguna carrera, tocar un par de instrumentos o tener una forma física excepcional. Pero, en vez de hacer todo eso, yo juego a videojuegos. ¿Por qué? Quizá sea algo biológico, después de todo los seres humanos siempre hemos jugado a algo, nuestros antepasados ya lo hacían, y otros mamíferos también emplean parte de su tiempo en actividades aparentemente lúdicas. ¡Si hasta los gatos de mi casa se pasan gran parte del día jugando entre ellos!

El tema está en que los videojuegos se han convertido en una actividad de ocio tan masiva socialmente que generan muchas dudas: ¿son sanos?, ¿promueven la violencia?, ¿son tan adictivos como una droga?... Se trata de preguntas importantes porque el mundo electrónico es una industria gigantesca y no es ninguna tontería cuestionarnos si es segura o no. De hecho, son muchas las decisiones que ya se están tomando —desde legislaciones de países enteros hasta cuánto tiempo dejan unos padres jugar a sus hijos en casa— en función de lo beneficiosos o perjudiciales que creemos que son los videojuegos. Pero muchas de estas decisiones se están tomando de espaldas a la ciencia, sin tener en cuenta los trabajos neurocientíficos sobre el tema y sin reflexionar sobre sus implicaciones. Y es verdad que la ciencia no siempre tiene todas las respuestas, pero es mejor saber un poco que no saber nada. Por eso os invito a que me acompañéis en este viaje pixelado por los cables de nuestro sistema nervioso y las pantallas frente a nuestros ojos. ¿Empezamos?



TIENES UN PEDAZO DE CEREBRO

En general, los seres humanos somos un poco una birria: comparados con otros miembros del reino animal, incluso nuestros deportistas más rápidos o fuertes físicamente son unos flojos, y tampoco tenemos rasgos llamativos como las pieles endurecidas de los rinocerontes, unas branquias para respirar bajo el agua o unas alas para volar. Incluso si entramos en temas del sistema nervioso, nuestros sentidos son bastante mediocres: el olfato y oído de cualquier perro callejero nos da mil vueltas, no podemos percibir los campos electromagnéticos como hacen algunas aves migratorias y nuestra visión nocturna es bastante pobre. Y, sin embargo, aquí estamos. Algo tiene el cerebro humano que compensa con inteligencia todas estas carencias.

Ya de entrada los números son para fardar: nuestro cerebro está compuesto por unos 172.000 millones de células^[1], con lo cual, si las contáramos una a una a un ritmo de célula por segundo, tardaríamos 5.454 años. Y todas esas células solo pesan aproximadamente un total de 1,3-1,5 kilos en un humano adulto, mientras que los grandes simios como los gorilas u orangutanes tienen un cerebro de unos 470-480 gramos^[2].

Sin embargo, es importante recordar que un cerebro más grande no significa automáticamente ser más inteligente —si así fuera, las mejores notas en clase las sacarían siempre los más cabezones—. Y es que, como en otros asuntos de la vida, hay que tener en cuenta varias cosas, aparte del tamaño: la primera es que, en general, cuanto mayor es el tamaño del cerebro mayor es el tamaño de las células que lo forman, lo que significa que no necesariamente por tener un cerebro más grande se tienen más células, y la potencia nerviosa del cerebro depende de la cantidad de células no del tamaño de estas. Una excepción a este crecimiento celular son los cerebros de los primates, donde el tamaño de las células se mantiene constante, aunque aumente el tamaño del cerebro. Gracias a esto, como los humanos somos el primate más cabezón que hay, podemos estar seguros de que también somos el que tiene más neuronas. Eso sí, otra cosa es cómo usemos esas neuronas, porque tener neuronas es como tener dinero: no solo importa cuánto tienes, sino también dónde te lo gastas. Y es que resulta que el cerebro está dividido en distintas partes con diferentes funciones y, por ejemplo, no nos serviría para ser más inteligentes tener más neuronas en el córtex visual, que es una zona importante para el sentido de la visión. Resumiendo, que en el cerebro humano pocas cosas son sencillas, pero en general podemos asumir que tenemos un buen cerebro gracias al cual hemos sido capaces de suplir

nuestras carencias físicas, y también desarrollar tecnología, cultura, ocio o elementos que son una mezcla de todo, como los videojuegos.

DATO CURIOSO

Aunque 1,5 kilos de cerebro supone tener un buen melón por cabeza, la realidad es que los seres humanos no contamos, ni de lejos, con el cerebro más grande del reino animal. Al menos trece especies tienen un cerebro igual o más pesado que el nuestro, siendo el campeón el cachalote, con un cerebro de 9 kilos. Esto quizá os sorprenda porque los cachalotes pesan entre 35 y 45 toneladas, y si los habéis visto alguna vez os habréis fijado en que tienen una cabeza bastante grande. Lo que pasa es que prácticamente toda ella está ocupada por una gigantesca acumulación de grasa, denominada órgano de espermaceti, que puede llegar a contener hasta más de 3.000 kilos de aceite de espermaceti. Este aceite les sirve a los cachalotes para regular automáticamente su flotabilidad en el agua, ya que la temperatura del mar disminuye a medida que aumenta la profundidad, y según disminuye la temperatura el aceite se va solidificando y se hace más denso. Este cambio de densidad del aceite de espermaceti permite al cachalote equilibrarse con la densidad del agua que lo rodea en cualquier momento, y muy especialmente cuando desciende a las profundidades para alimentarse de calamares. Desafortunadamente, este aceite fue el principal motivo de la pesca ballenera que comenzó en el siglo XVII y que no se detuvo oficialmente hasta finales del siglo XX cuando los cachalotes ya estaban en peligro de extinción^[3].

DATO CURIOSO

Es falso que los humanos tengamos un cerebro extraordinariamente grande. La confusión viene de comparar nuestro cerebro y nuestro cuerpo con el de los grandes primates como los gorilas o los

orangutanes. Al hacer esta comparación se ve claramente que o nosotros tenemos la cabeza muy grande o ellos tienen el cuerpo muy grande. La respuesta correcta es la segunda opción. Esto lo sabemos porque si comparamos nuestro cuerpo y nuestra cabeza con los de todos los monos, comprobaremos que mantenemos las mismas proporciones que los simios de pequeño tamaño, como los chimpancés, mientras que los grandes simios no cumplen estas reglas. Así que no somos una especie de orangután con la cabeza muy grande, sino un pedazo de chimpancé que pesa 50-90 kilos y tiene un cerebro acorde con ese tamaño.

El cerebro es tan importante, tan central en nuestra existencia, que por mucho que socialmente nos obsesionemos más con temas estéticos, por ejemplo, resulta que la neurociencia es la rama biomédica con mayor impacto económico en temas de salud, por encima incluso del cáncer. Esto se debe, en parte, a que toda esta complejidad dificulta mucho el tratamiento de enfermedades cerebrales, y algunas de ellas son muy frecuentes. Por ejemplo, se estima que hay en el mundo más de cuarenta millones de personas afectadas de demencia y esta cifra se irá doblando más o menos cada veinte años por lo menos hasta 2050. Es tan grande el problema que ya en 2010 el gasto socioeconómico anual de la demencia superaba el coste del cáncer y las enfermedades vasculares juntas^{[4],[5]} y en 2018 se estimó que el alcance económico mundial de la demencia era de un billón de dólares. De ser un país, la demencia estaría entre las 16-18 economías más grandes, y superaría en valor de mercado a compañías como Apple (742.000 millones de dólares) o Google (368.000 millones de dólares)^[6]. Y esto solamente por lo que respecta a la demencia (dentro de la cual el 60-70% de los casos son de alzhéimer), pero hay muchísimas más enfermedades que afectan a nuestro cerebro.

Los videojuegos, una industria mayor que el cine

Un punto en común entre la neurociencia y los videojuegos son sus impresionantes cifras económicas y, por lo tanto, su gran impacto social. La situación de los videojuegos es curiosa porque, a diferencia del cine, las series de televisión, la literatura, los espectáculos deportivos u otras formas de

entretenimiento, suelen ser considerados una afición más minoritaria y que hasta hace poco era solo algo propio de frikis. Pero la realidad es que, si nos ponemos a mirar cifras, la cosa cambia^{[7], [8], [9], [10]}:

En Estados Unidos se estima que hay 155 millones de personas que juegan al menos tres veces por semana a videojuegos. Una encuesta realizada en 2015 reveló que el 77% de los hombres y el 57% de las mujeres en edades comprendidas entre los 18 y los 29 años afirmaban jugar a videojuegos, y las diferencias de género disminuían (52% hombres, 48% mujeres)^[11] si se tenía en cuenta la población general. En total se estima que el 59% de la población juega a videojuegos, y de todos ellos aproximadamente algo menos de un tercio tienen menos de 18 años, un tercio están entre los 18 y los 35 años, y un poco más de un tercio tienen 36 años o más. Hay que tener en cuenta, además, que esta afición a veces consume mucho tiempo. Un par de estudios que se llevaron a cabo en 2009 y en 2010 concluyeron que los jóvenes de entre 8 y 18 años pasaban una cantidad considerable de tiempo jugando (8,5 o 15 horas semanales de media según el estudio)^[12].

En Europa los datos son similares, aunque se observa cierta variabilidad entre países: por ejemplo, en Francia el 62% de la población juega de 6 a 8 horas a la semana mientras que en España es el 42%. En los datos europeos no se encontraron diferencias en el consumo por sexos, pero sí por edad: mientras que el 85% de la población de entre 6 y 15 años juega a videojuegos, esta cifra desciende al 55% entre la población de 15 a 34 años y el porcentaje disminuye hasta el 18% en el grupo de población de entre 45 y 64 años, que fue el de mayor edad estudiado^[13].

Obviamente todas estas cifras también varían según la situación socioeconómica de los continentes, pero en general el resultado siempre es el mismo: gran parte de la población mundial dedica a los videojuegos unas cuantas horas a la semana. Y no solo eso, mirar los datos nos muestra claramente que ideas tóxicas como que los videojuegos son un mundo mayoritariamente masculino es falsa: las cantidades de jugadoras y jugadores son muy similares, pese a que la industria de los videojuegos ha tenido durante décadas un claro sesgo machista a la hora de diseñar sus productos. Y también podemos ir descartando la creencia de que los videojuegos son una afición infantil: gran parte de la población que consume videojuegos es adulta, con una edad media que va ascendiendo década tras década (en 2014 era de 31 años)^[14]. Además, como veremos en otros capítulos, gran parte del contenido que se produce solo es apto para el público adulto.

Con semejante mercado, las cifras macroeconómicas de la industria no paran de crecer: a escala mundial en el año 2017 generó unos ingresos de 108.900 millones de dólares estadounidenses y, antes de la pandemia, para el 2020, se esperaba que fueran de 128.500 millones^[15]. Todo este dinero es aproximadamente una décima parte del gasto socioeconómico que tiene la demencia a escala mundial, que, como hemos visto, es una cantidad de dinero enorme. Para que nos hagamos una idea, solo en Estados Unidos los videojuegos ingresaron más de 25.000 millones de dólares^[16], lo cual supera las ventas de entradas del cine hollywoodiense en Estados Unidos y Canadá juntos^[17]. De hecho, en muchos países los ingresos provenientes del mundo de los videojuegos superan la suma de toda la industria cinematográfica y musical, como señaló un informe a principios de 2019 en el Reino Unido, donde los videojuegos ya suponen más de la mitad de los ingresos provenientes del sector del entretenimiento^[18]. Ante estas cifras queda claro que abogar por la prohibición de los videojuegos, como hacen algunos colectivos, es tan ridículo como querer cerrar toda la industria cinematográfica o discográfica. Nos gusten o no, la realidad es que los videojuegos han llegado para quedarse. No son una industria minoritaria consumida por cuatro frikis: son la industria del entretenimiento más potente que hay en el planeta.

LESIONES CEREBRALES Y LOS INICIOS DE LA NEUROCIENCIA MODERNA

Es bastante subjetivo decir cuándo empiezan o acaban procesos que son continuos, que se prolongan a lo largo de la historia, pero si tengo que elegir, en mi opinión la neurociencia moderna empieza el 18 de abril de 1861, cuando el neurólogo parisino Paul Broca presentó ante la Sociedad de Antropología el cerebro de un zapatero, recientemente fallecido, que tenía grandes dificultades para hablar. En el lado izquierdo, el cerebro presentaba un agujero alrededor del cual el tejido restante era pastoso, y se dedujo que el daño en toda esa parte era el origen del problema del habla que había sufrido ese hombre. Hoy en día esa zona se conoce como área de Broca y sabemos que, efectivamente, es una parte del cerebro esencial en nuestro lenguaje^[19].

Desde ese momento empezaron a cobrar importancia los trabajos neurocientíficos que investigaban las consecuencias que tenían las lesiones en

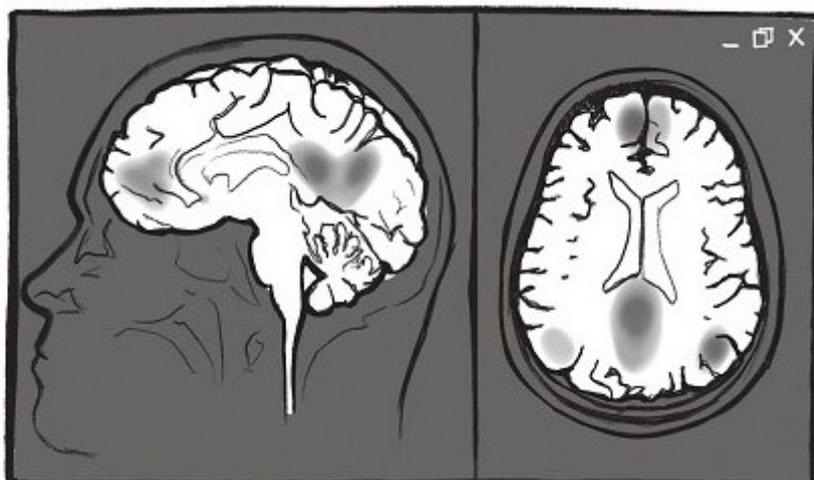
distintas partes del cerebro. En defensa de los investigadores hay que decir que no iban por la calle pegando garrotazos a la gente en la cabeza, pero algunos autores señalan que debido a la gran cantidad de conflictos bélicos y de accidentes de trabajo por falta de derechos laborales el número de lesionados cerebrales era considerable, y poco a poco los médicos se dieron cuenta de que las lesiones en ciertas partes del cerebro casi siempre daban lugar a síntomas similares. Gracias a este importante descubrimiento se supo que el cerebro tiene en su interior partes especializadas en hacer ciertas cosas. Es decir, que el cerebro es un poco como una casa con habitaciones y cada habitación vale para una cosa: en la cocina se prepara la comida, en el dormitorio se duerme, en el salón se ve la tele, etc. Y, si bien es verdad que a veces algunos cerebros no son tan rígidos y que a lo mejor alguien se duerme de vez en cuando en el sofá del salón, en general las funciones cerebrales están bastante compartimentadas. Por ejemplo, acabamos de ver que en el córtex cerebral (la capa más externa del cerebro) existe una zona denominada área de Broca, que interviene en el lenguaje, y pacientes con lesiones en esta zona desarrollan problemas del habla, mientras que otra área cortical denominada córtex visual está involucrada en el sentido de la vista y una lesión en esta zona nos causaría problemas de visión, no de habla. Esto es debido a que las distintas partes del cerebro tienen distintas funciones. Aunque, eso sí, hay tareas tan complejas que involucran a muchas áreas.

DATO CURIOSO

Sabemos que nuestros recuerdos se almacenan, al menos en parte, en los lóbulos temporales porque si se estimulan estas zonas los pacientes recuperan recuerdos olvidados, como por ejemplo experiencias de su vida en el instituto, una canción familiar o incluso pueden tener alucinaciones sobre escenas concretas de su vida o personas^[20]. Esto se descubrió, entre otras cosas, porque la estimulación eléctrica del cerebro se realiza en medicina como técnica de diagnóstico rutinaria en algunos casos de epilepsia y hay casos de tumores cerebrales que también pueden provocar reminiscencias.

Gracias al desarrollo de los microscopios, el estudio anatómico poco a poco fue profundizando en las células que formaban el cerebro. En 1889 Santiago Ramón y Cajal presentó en Alemania sus resultados, en los que probó que las neuronas, que son un tipo de células que hay en el cerebro, estaban separadas entre sí físicamente por una pequeña zona denominada espacio sináptico, que es donde ahora sabemos que se produce el paso de información de una neurona a otra. Y, siguiendo un poco con científicos españoles, a principios del siglo xx el vallisoletano Pío del Río Hortega descubrió gran parte de los tipos de células gliales^[21], que, junto con las neuronas, son los dos tipos de células que forman nuestro cerebro. Total, que poco a poco fuimos descubriendo cómo está montado el cerebro e incluso fuimos sacando algo de información sobre su bioquímica, ondas cerebrales, etc. Pero el problema es que para entender realmente al cerebro hay que estudiarlo mientras está funcionando, y durante gran parte del siglo xx casi todos los estudios se llevaban a cabo con los cerebros de gente fallecida y había muchas limitaciones técnicas para estudiar el cerebro de alguien en vivo y en directo. Y es que estudiar el cerebro es un poco como escuchar a tu grupo de música favorito: en directo es mucho mejor.

Esta situación mejoró bastante con la llegada de la Resonancia Magnética Funcional (fMRI en inglés) a finales de los años noventa^[22]. Esta técnica nos permite ver en el cerebro de una persona qué partes están consumiendo más energía en tiempo real. Esto es muy importante porque gracias a ello podemos pedirles a las personas que hagan ciertas cosas y ver qué partes del cerebro se activan más mientras están realizando esa tarea. Volviendo a los ejemplos anteriores, si nos ponemos a charlar con una persona a la cual se le está haciendo una Resonancia Magnética Funcional en el cerebro veremos que se activan partes importantes en el lenguaje, como la ya mencionada área de Broca o el área de Wernicke. Partiendo de esta base hay trabajos sobre todos los temas: investigaciones que analizan qué partes se activan cuando tenemos miedo, vemos una foto sexualmente atractiva, intentamos hacer cálculo mental... y, como veremos en los próximos capítulos, muchos de los estudios sobre neurociencia y videojuegos usan la fMRI.



Resonancia Magnética Funcional donde las partes más oscuras indican una mayor actividad cerebral.

Sin embargo, pese a su desarrollo durante más de cien años, la neurociencia está llegando a un progresivo estancamiento técnico. A ver, es verdad que constantemente salen noticias sobre el cerebro, pero en el campo neuronal hay un problemilla de fondo que nos impide responder a las grandes preguntas, como por ejemplo: ¿de dónde viene nuestra consciencia?, ¿qué es la inteligencia?, ¿cómo se guardan los recuerdos exactamente a escala molecular? O ¿qué es desde el punto de vista neurológico una idea? El problema viene de que muchas de las capacidades que tiene nuestro cerebro son propiedades emergentes.

Una propiedad emergente es aquella cualidad que no se puede entender directamente como la suma de los elementos que la componen.

Por ejemplo, la capacidad que tiene un reloj de dar la hora no es una propiedad emergente. Si lo analizamos pieza por pieza podemos entender fácilmente cómo si juntamos todas las piezas del modo adecuado acabamos teniendo un cacharro que da la hora. Sin embargo, con el cerebro humano no pasa lo mismo. Entendemos cómo funcionan por separado las células que lo componen, pero cuando juntamos unos cuantos miles de millones de esas células no tenemos ni idea de cómo surge exactamente el pensamiento humano a partir de todas ellas. A ello hay que sumarle que muchas de estas capacidades son conceptos abstractos, lo cual dificulta bastante su estudio: a una persona le podemos pedir que coja un vaso y beba al mismo tiempo que le estamos haciendo una Resonancia Magnética Funcional, lo cual nos permitirá ver las zonas cerebrales que se activan para esa tarea, pero imaginad

tener que pedirle a alguien que tenga una idea creativa o que se muestre más o menos inteligente mientras estamos llevando a cabo el estudio...

De todos modos, tampoco hay que ser pesimistas: hay una gran cantidad de gente investigando todos estos temas y, además, existen proyectos muy atractivos que están tratando de desarrollar nuevas técnicas que nos ayuden a desentrañar todas estas cuestiones tan sesudas (magistral juego de palabras). Así que tenemos motivos para ser optimistas.

LOS PRIMEROS VIDEOJUEGOS

Los seres humanos tenemos la costumbre de dibujar líneas divisorias. Tendemos a hablar de «un antes y un después», de «acontecimientos históricos», etc. Sin embargo, en la historia, al igual que en la biología, los procesos suelen ser algo continuo. Pensemos, por ejemplo, en el cerebro humano: cuando se juntan un óvulo y un espermatozoide se genera una célula denominada cigoto, la cual, pasadas unas horas, empieza a dividirse generando más y más células. Tantas que, aunque al principio son todas iguales, pronto empiezan a diferenciarse y eventualmente acabamos teniendo un embrión compuesto por tres capas celulares distintas: el ectodermo, el mesodermo y el endodermo. Y de cada capa vienen los distintos tipos de tejidos que nos forman. Lo interesante es que nuestro sistema nervioso, dentro del cual se incluye el cerebro, no procede directamente de ninguna de estas capas: nuestro sistema nervioso se origina a partir de un subgrupo de células del ectodermo que se diferencian dando lugar al neuroectodermo. Y estas células tardan meses en generar unas primeras estructuras básicas que, tras el nacimiento, necesitan décadas para acabar de madurar, y es que la maduración cerebral es un conjunto de procesos continuos que no acaban hasta pasados los veinte años.

DATO CURIOSO

De vez en cuando salen en los medios de comunicación noticias científicas un poco raras del tipo «científicos estudian crear neuronas usando células de la piel para curar enfermedades neurodegenerativas». Esto es llamativo y uno podría creer que usan

este tipo de células simplemente porque es fácil coger una muestra de piel, pero la realidad es que hay un motivo biológico de peso. Volviendo a las tres capas embrionarias, cada una da lugar a una serie de tejidos: a partir del endodermo se forma gran parte del sistema digestivo, el respiratorio y algunas glándulas; a partir del mesodermo se crean estructuras como gran parte del sistema muscular, los huesos, el aparato circulatorio o el sistema reproductor. Y del ectodermo salen los tejidos epiteliales como la piel, los pelos o las uñas. Como del ectodermo también sale el neuroectodermo, resulta que nuestro sistema nervioso y nuestra piel tienen el mismo origen embrionario (el ectodermo). Y esto es importante porque lo que hacen estos científicos es reprogramar las células para que cambien de tipo celular —pasen de célula de la piel (epitelial) a neurona (célula nerviosa)—, lo cual es más sencillo cuando las células comparten origen embrionario.

En la historia de los videojuegos también es discutible establecer un punto de inicio concreto, aunque muchas personas lo sitúan en 1958 con *Tennis for Two*. William Higginbotham era un físico estadounidense que, tras haber participado en el desarrollo de la bomba atómica, en 1958 trabajaba en el Laboratorio Nacional de Brookhaven (Upton, Nueva York), donde cada año realizaban una jornada de puertas abiertas. Y para entretener a los visitantes utilizó el equipo de los laboratorios, entre ellos un osciloscopio, para montar un «videojuego» donde se podía jugar un partido de tenis virtual.

Un osciloscopio es un aparato de visualización electrónica que enseña gráficamente señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. En las series médicas salen muchos: son las pantallitas esas donde se ven los latidos del corazón de una persona en forma de una línea que sube y baja con cada latido.

Pero antes de *Tennis for Two* hay otros ejemplos. En 1947 Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann solicitaron la patente para «Dispositivo de entretenimiento con tubo de rayos catódicos», donde la idea era utilizar una serie de elementos electrónicos para generar un juego donde, controlando el ángulo y la trayectoria de haces de luz, se simulara el disparo de misiles. Pese

a que les concedieron la patente al año siguiente, el juego nunca llegó a comercializarse. En 1952, A. S. Douglas en la Universidad de Cambridge (Reino Unido) creó, con objetivos puramente académicos, una versión electrónica del cruz y raya titulado *OXO* (o *Noughts and Crosses*). Y en 1962, Steve Russell, del Massachusetts Institute of Technology (el famoso MIT), inventó *Spacewar!*, un videojuego de combate espacial para un PDP-1 (Programmed Data Processor-1), que en aquella época era de los mejores ordenadores.

DATO CURIOSO

Uno de los mayores éxitos de Atari fue *Pong* (ese juego de dos palos, uno a cada lado de la pantalla, y un cuadrado que, como una pelota, va botando mientras cada jugador maneja uno de los palos para intentar que no le metan un gol), que en 1972 fue comercializado para máquinas recreativas y posteriormente se vendió una versión para hogares. El problema es que al parecer el *Pong* estaba muy inspirado en uno de los videojuegos diseñados para la consola Odyssey. Tan «inspirado» estaba que los dueños de Odyssey denunciaron a Atari y tuvieron que llegar a un acuerdo. Atari también fue el creador de *E.T: el extraterrestre* (1982), el cual es conocido como el peor videojuego de la historia y que supuso una catástrofe comercial tan gigantesca que Atari enterró cientos de copias del videojuego en el desierto de Nuevo México.

Partiendo de estos casos iniciales, hay que avanzar hasta los primeros éxitos de comercialización de videojuegos para acercarnos más a lo que entendemos hoy como videojuegos. Y para ello hay que hablar del nacimiento de las consolas. En 1967 se inventó el prototipo de un sistema de videojuegos que podía ser jugado en una televisión. Se le conoce como «La caja marrón», la cual acabaría derivando en 1972 en la primera videoconsola: Odyssey. El éxito comercial de esta primera videoconsola sería muy limitado, sobre todo si lo comparamos con modelos posteriores como la Atari 2600 (de 1977), que ya era toda una consola con su joystick, cartuchos intercambiables y videojuegos con varios colores.

Pero no todo fue crecimiento en el mundo del videojuego, y de hecho el denominado «crash del 83» marcó el inicio de una profunda crisis en la industria. Y es que el mundo digital ha ido creciendo de un modo similar al de la evolución de un ecosistema: la vida surge, se adapta y crece de la forma más eficiente posible hasta que hay una crisis y los organismos se ven obligados a evolucionar o desaparecer. Gracias a esto se van produciendo los cambios que hacen al ser humano una criatura muy diferente del *Hadrocordium wui*, un ratoncillo de dos gramos de peso que vivió hace unos 195 millones de años y es un ancestro fósil de los mamíferos. Y del mismo modo que en ese ratoncillo está nuestro origen, en las imágenes poligonales del *Pong* está el germen de videojuegos actuales como *The Last of Us* o *Cyberpunk 2077*.



Vamos a hablar de videojuegos durante todo el libro, pero este capítulo es una excepción porque el tema que nos atañe no es ningún juego (Pulsa X para reír). Este capítulo lo he centrado en un montón de datos curiosos e información básica sobre el cerebro humano. Si sois muy *gamers* y poco *neuro*, no os desesperéis: en todos los capítulos encontraréis el mismo nivel de humor. Y, además, es importante que os cuente algunas cosillas antes de entrar de lleno con los temazos *gamer* de los siguientes capítulos. Considerad estas páginas una barra de carga neurocientífica.

LAS NEURONAS, LAS ESTRELLAS DEL ROCK DE LA NEUROCIENCIA

De los 172.000 millones de células que componen nuestro cerebro, aproximadamente la mitad (86.000 millones) son neuronas, mientras que la otra mitad son células gliales. Sin embargo, las neuronas son las más conocidas y estudiadas. Esto se debe a que las neuronas son las que transmiten la información y la analizan; sin embargo, eso no quita que sea un poco injusto centrarnos solo en las neuronas al hablar de neurociencia, pero bueno, aquí pasa un poco como con la industria del videojuego, que está compuesta por una gran cantidad de videojuegos producidos por estudios muy diferentes, pero en general a los medios de comunicación generalistas solo llegan unos pocos, que suelen ser las producciones más grandes desde el punto de vista económico, y normalmente se les llama videojuegos Triple A.

Los videojuegos Triple A son las megaproducciones de la industria del videojuego (son un poco como las superproducciones de Hollywood) y, como tales, su producción involucra equipos de cientos de personas y cuentan con un presupuesto de decenas a cientos de millones de euros^[1].

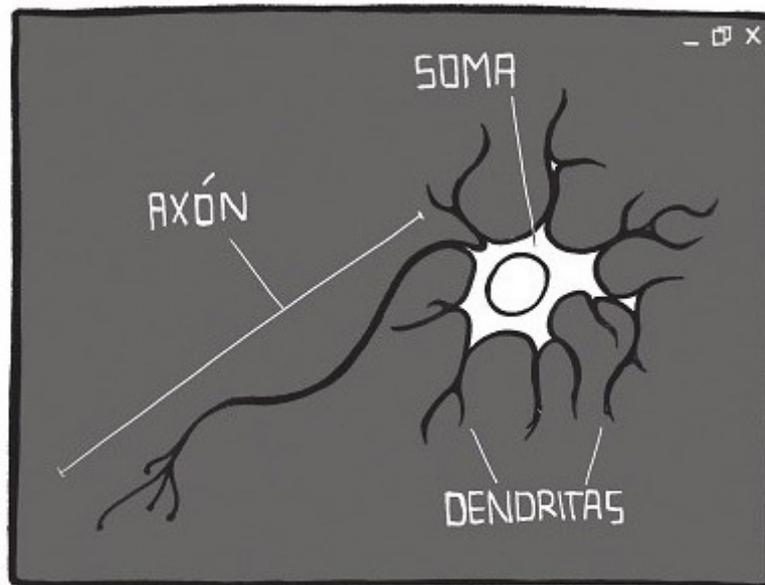
Algunos ejemplos recientes son *Sekiro: Shadows Die Twice*, *Kingdom Hearts 3* o *The Last of Us Part II*.

Aunque existen tantas neuronas que en verdad hay muchos tipos distintos haciendo diversas funciones, afortunadamente en general todas tienen una estructura básica común dividida en tres partes: las dendritas, el soma y el axón.

- Las dendritas son todas aquellas ramificaciones que salen del cuerpo de la neurona (soma) y tienen la función de recibir información. Es decir, son las antenas encargadas de captar datos y pasárselos al centro de procesamiento.
- El soma. Aparte de un videojuego genial de ciencia ficción (*SOMA*, Frictional Games, 2015)^[2] y de una droga que consume la gente que vive en *Un mundo feliz* (Aldous Huxley, 1932), el soma es el cuerpo de la neurona. Es aquí donde se concentra casi toda la maquinaria celular, lo cual le permite procesar la información que llega desde las dendritas y, en caso de ser necesario, enviar a otras células una respuesta a esos datos.
- El axón. Si las dendritas son antenas y el soma es un procesador, el axón es el cable por el cual va la información hasta otra célula. Por él se transmiten los datos en forma de un impulso nervioso que va desde el soma hasta la sinapsis que se encuentra en el extremo final del axón. La longitud de los axones varía desde aproximadamente un 0,1 milímetros a los 2 metros^[3].

Como ya he mencionado, el hecho de procesar y transmitir la información es la clave que convierte a las neuronas en las reinas del mundillo neurocientífico (por algo se llama NEUROciencia). Esto funciona más o menos así: las dendritas captan la información que llega al soma y aquí, si la información genera una respuesta electroquímica lo suficientemente fuerte, se produce un potencial de acción que se propaga a lo largo del axón en forma de un impulso eléctrico. Imaginaos que el soma es una presa y si no le llega suficiente agua mantiene las compuertas cerradas, pero cuando hay suficiente agua la deja salir de golpe y esta fluye a toda velocidad por un canal dirección río abajo. Es una buena analogía, pero la cosa se complica cuando el impulso nervioso llega al final del axón y resulta que hay una separación física entre el final del axón y la célula receptora de la información, que puede ser una neurona u otro tipo de célula como, por ejemplo, las que forman una fibra

muscular cuyos movimientos están controlados por los nervios (por cierto, un nervio no son más que muchísimos axones juntos). Este espacio que separa las células nerviosas se llama espacio sináptico, y es en este punto donde se dice que las neuronas entran en contacto o se produce la «sinapsis».

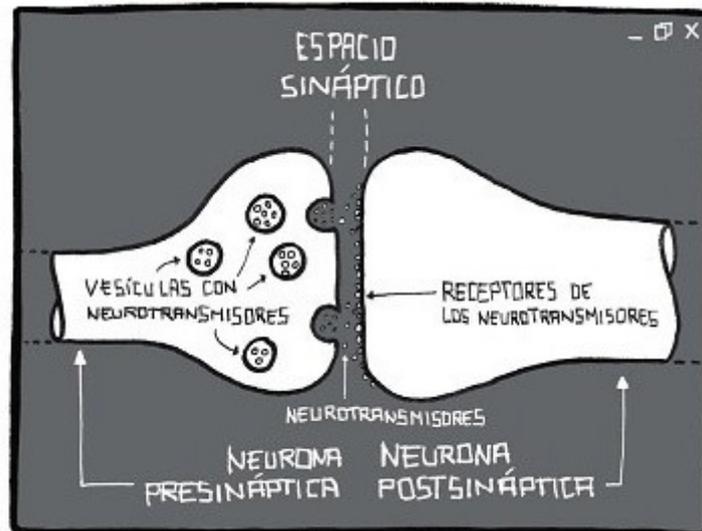


Una sinapsis es el espacio físico donde se produce el intercambio de información desde el extremo del axón de una neurona a otra célula.

La célula que envía la información es una neurona presináptica, mientras que la célula que recibe la información es una célula postsináptica. Cuando el impulso nervioso llega al extremo del axón, este libera una serie de moléculas —los famosos neurotransmisores— al espacio sináptico. Estos neurotransmisores son captados por la célula que está al otro lado del espacio sináptico, la cual reacciona en consecuencia. Así que el proceso es un poco como si estamos trabajando en nuestra oficina y alguien, la neurona presináptica, nos deja una carta sobre la mesa (el espacio sináptico) y entonces nosotros, que somos la célula postsináptica, cogemos la carta (los neurotransmisores), la leemos y según lo que ponga actuamos en consecuencia.

DATO CURIOSO

En 1906 Santiago Ramón y Cajal ganó el premio Nobel de Medicina, compartido con el italiano Camilo Golgi. Hasta aquí todo normal, pero el cotilleo científico es que Camilo Golgi estaba enfadadísimo con Ramón y Cajal. Veamos por qué: a finales del siglo XIX los neurocientíficos no paraban de pelearse (peleas intelectuales, se entiende). Y la confrontación más gorda giraba en torno a si las neuronas estaban conectadas entre sí de un modo continuo cual tuberías, uno de los grandes defensores de esta teoría era Camilo Golgi, o si, aunque conectadas, existía una pequeña separación física entre ellas. La cuestión era complicada porque en esa época el estudio celular de los tejidos nerviosos estaba empezando y había muchas dificultades técnicas. Una de las más frecuentes era que para ver una célula al microscopio hay que teñirla, ya que los cortes son tan finos que si no se tiñen es como si fueran transparentes, y las tinciones celulares en esos años todavía se estaban inventando. Golgi fue el creador de una tinción muy importante gracias a la cual se podían ver las neuronas con sus ramificaciones. Pero tenía un problema, se veían TODAS las ramificaciones y como hay tantas, se hacía difícil ver con claridad las neuronas individualmente. Por eso Golgi acabó creyendo que las neuronas estaban físicamente unidas. Ramón y Cajal modificó la tinción de Golgi para que tiñera muchas menos neuronas y así le fue posible estudiarlas una a una, gracias a lo cual descubrió que en realidad había una separación física entre ellas (el espacio sináptico). Con lo cual a Ramón y Cajal le dieron el premio Nobel por desmontar una teoría que defendía Golgi, pero el premio fue justamente compartido entre ambos porque Cajal hizo el descubrimiento gracias a las modificaciones realizadas sobre la tinción de Golgi. La cosa debería haber acabado ahí, pero al parecer Golgi se negó a admitir que estaba equivocado y realizó duras críticas al trabajo de Cajal, el cual no quedó muy contento con el mal perder del italiano.



LAS CÉLULAS GLIALES, LAS *INDIES* DEL SISTEMA NERVIOSO

El cerebro humano tiene más de 100.000 kilómetros de interconexiones^[4]. La Torre Eiffel de París tiene una altura de trescientos metros, así que en un cerebro tenemos un cableado equivalente a unas 333.333 Torres Eiffel. Otro ejemplo con la misma medida de longitud: la distancia de un vuelo transoceánico Madrid-Tokio es, redondeando, unos once mil kilómetros, así que en nuestra cabeza tenemos el equivalente a unas nueve veces esa distancia. No está mal para ser algo que todos tenemos dentro del cráneo.

El asunto es que todo ese cableado procede de las neuronas, que son unas células muy ocupadas por dos motivos:

1. Trabajan muy rápido, ya que los impulsos nerviosos se mueven a una velocidad de 1-100 m/s (en el cerebro humano es más normal que la velocidad sea cercana a 100 m/s que 1 m/s, enseguida llego a este tema)^[5].

2. Cada neurona tiende a estar conectada simultáneamente con muchísimas más neuronas. Por ejemplo, las ramificaciones de un solo axón pueden extenderse hasta conectar esa neurona con mil neuronas postsinápticas^[6].

Así que las células Triple A del cerebro no solo tienen que procesar información, sino que además deben transmitirla a toda velocidad a lo largo de redes extremadamente complejas. Vamos, que las neuronas ya tienen suficiente trabajo haciendo sus cosas de neuronas. El problema es que para que las neuronas puedan hacer neurocosas todo el rato, alguien se tiene que

ocupar de hacer todas las otras cosas que hay que hacer para que el sistema funcione. Y es aquí donde entran en juego las células gliales. Si las neuronas fueran un joven estudiando para los exámenes, las células gliales serían sus padres, quienes se ocuparían de hacerle la comida, lavarle la ropa, recordarle que se tiene que duchar, ventilar la habitación y todas esas cosas que se tienden a dejar de lado cuando estás estudiando para los exámenes finales.

Que, por cierto, está mal que yo lo diga, pero las células gliales son mi tipo celular favorito del sistema nervioso. Y sí, también me gustan mucho los videojuegos *indies* y cuando juego a videojuegos tiendo a ser el *support*, el *healer*, etc. vamos, que casi siempre elijo personajes de apoyo. Alguien tiene que hacerlo.

En el mundo de los videojuegos se denominan *indies* a los videojuegos producidos por estudios pequeños, hasta incluso en algunos casos producidos por una sola persona. Algunas obras destacadas de los últimos años son *Undertale*, *Faster Than Light (FTL)* o *Hollow Knight*.

La palabra *glía* procede del término griego que significa «pegamento» o «elemento que une»^[7], y se le dio ese nombre porque durante muchos años se creyó que las células que había entre las neuronas no servían para nada más que rellenar. Este fue el primer gran error que se cometió con las células gliales y costó años de publicaciones científicas desmentirlo. El segundo error fue que durante décadas se pensó que había muchas más células gliales que neuronas en el cerebro humano, más o menos en una proporción de 1-10, cuando en realidad hay aproximadamente la misma cantidad de unas que de otras. Este error no se solucionó hasta principios del siglo XXI, cuando Suzana Herculano-Houzel (en mi opinión la neurocientífica más importante en activo), desarrolló junto a Robert Lent una técnica —el fraccionador isotrópico— que les permitió contar correctamente las células que hay en el cerebro^[8].

Las células gliales, o directamente la glía, están divididas en dos grupos: la macroglía, compuesta por oligodendrocitos y astrocitos, y la microglía.

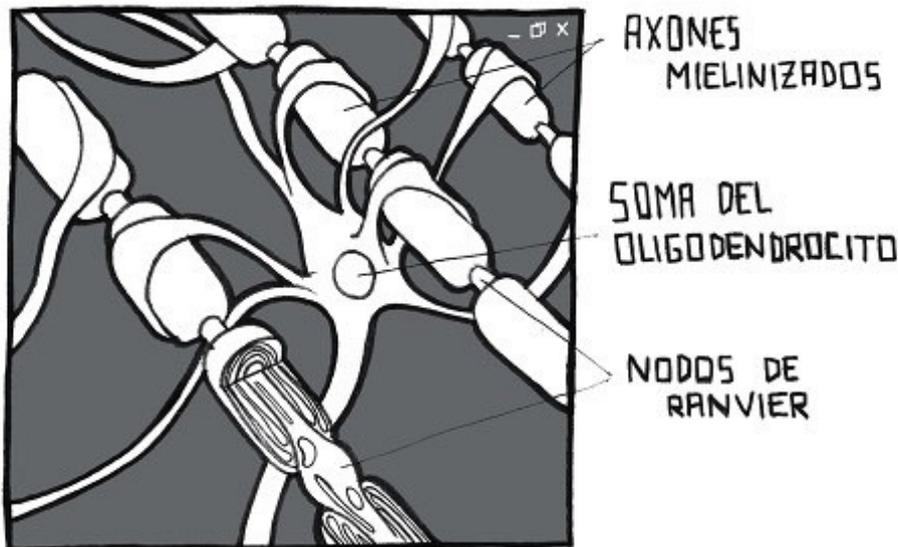
Empecemos por los oligodendrocitos, que son muy importantes en la comunicación nerviosa. Los seres humanos tenemos casi todos nuestros axones recubiertos por unas vainas de mielina que aíslan al axón y mejoran su conductividad, permitiendo que los impulsos nerviosos puedan transmitirse hasta a unos 100 m/s, lo cual no es viable en axones humanos sin este

aislamiento. Por cierto, 100 m/s son 360 km/h, así que nuestro sistema nervioso es más rápido que casi cualquier Ferrari.

En el cerebro, el origen de estas vainas de mielina son los oligodendrocitos, que las crean extendiendo su propio cuerpo sobre segmentos de varios axones, como máximo treinta, usando así su propia membrana celular para envolverlos del mismo modo que enrollamos una alfombra, pero imaginad que dentro de la alfombra hay un axón. Los recubrimientos de mielina son tan importantes que en cuanto empiezan a fallar aparecen enfermedades del sistema nervioso, las cuales suelen manifestarse especialmente en los nervios periféricos (aquellos que nos recorren el cuerpo fuera del cerebro), ya que al ser más largos, son más sensibles a este tipo de fallos. Eso sí, en los nervios periféricos las vainas de mielina son generadas por las células de Schwann que son otro tipo de células gliales. Pero vamos, funcionalmente las células de Schwann y los oligodendrocitos hacen lo mismo.

Oligodendrocitos tenemos muchos, son el 40% de la glía cerebral, pero existe la misma cantidad de astrocitos. Su nombre viene del aspecto estrellado que le dan las múltiples ramificaciones que salen de su cuerpo celular. En general, podemos decir que los astrocitos se ocupan de que a las neuronas no les falte de nada: tienen siempre algunas de sus ramificaciones en contacto con el grupo de capilares por los que circula la sangre en el cerebro y otros en contacto con las neuronas. Así que una primera función es la de hacer de intermediarios entre el sistema vascular (la sangre) y las neuronas, regulando la llegada de nutrientes a las neuronas desde la sangre. Y una segunda función es apoyar el trabajo de las neuronas, ya sea en la sinapsis o en los axones, con una serie de tareas de mantenimiento (muchas se centran en mantener en equilibrio el ambiente en el cual están las neuronas). Por ejemplo, una consecuencia del continuo funcionamiento de las neuronas es que liberan constantemente iones de potasio al exterior celular, y si se acumularan demasiados las neuronas tendrían que parar su actividad, pero afortunadamente los astrocitos son capaces de absorber gran parte de estos iones. Así que son como las campanas extractoras de las cocinas, que evitan la acumulación de gases en la habitación para que podamos seguir usando la cocina. Y otro ejemplo similar ocurre en las sinapsis, donde las neuronas echan gran cantidad de sustancias al espacio sináptico y son los astrocitos quienes las retiran para que la neurona pueda transmitir información de nuevo. Vamos, que las neuronas son como esos compañeros de piso que se ponen a cocinar y luego no recogen los cacharros. Además, este método

funciona muchas veces como un sistema de reciclaje donde la neurona libera una sustancia, por ejemplo el neurotransmisor glutamato, el astrocito lo recoge y se lo devuelve para que a la neurona no le falte glutamato que soltar en la sinapsis.



En este oligodendrocito se pueden ver claramente los Nodos de Ranvier, que son aquellas zonas de los axones mielinizados que se quedan sin cubrir por las vainas de mielina.

Y finalmente tenemos la microglía, que es el 20% restante de la glía.

EL CEREBRO ES INMUNOLÓGICAMENTE DIFERENTE AL RESTO DEL CUERPO

Los seres humanos tenemos un sistema inmunitario que nos defiende de patógenos externos, pero también de problemas internos como el desarrollo de tumores (de hecho, muchas líneas de investigación contra el cáncer se están centrando en reactivar la respuesta inmunitaria contra aquellas células cancerígenas que han conseguido escapar de la vigilancia del sistema inmune). El sistema inmunitario se encuentra repartido por casi todo el organismo en forma de distintos tipos celulares que patrullan constantemente los tejidos, y cuando encuentran una anomalía intentan acabar con ella. No se andan con chiquitas: si las primeras células inmunitarias encuentran movidas ven que la cosa es chunga, piden refuerzos y movilizan al resto del sistema inmunitario hasta ese lugar. El problema es que estas respuestas inmunitarias son bastante potentes, pensad en cuando tenéis una infección y se os hincha de manera exagerada esa parte del cuerpo... Es un poco como si

el sistema inmunitario se liara a tiros y todas esas señales químicas, como balas perdidas en un tiroteo, inundaran nuestro cuerpo.

Esto no es un gran problema para la mayor parte de nuestros órganos, pero el cerebro es una excepción. Nuestro cerebro será todo lo maravilloso e interesante que queráis, pero también es un órgano muy delicado y, de hecho, es tan sensible que se encuentra aislado del resto del cuerpo por la llamada barrera hematoencefálica. Esta barrera está presente en casi todos los capilares que irrigan el cerebro y consiste en una serie de cambios moleculares en estos capilares que hacen que el paso de sustancias desde la sangre hasta el cerebro esté muy limitado. Esta barrera controla la entrada de sustancias al cerebro evitando que gran parte de las moléculas neuroactivas que producimos, como la norepinefrina o el glutamato, cuyos niveles en sangre pueden verse muy incrementados después de una comida o en respuesta al estrés, lleguen al cerebro masivamente. Y también, en condiciones normales, limita el acceso de células del sistema inmunitario al cerebro para evitar grandes líos. Esto también explica por qué las infecciones en el cerebro son tan peligrosas: el sistema inmunitario apenas tiene acceso y la propia barrera hematoencefálica a veces bloquea la llegada de los fármacos que le damos al paciente con intención de tratar el problema médico.

Para equilibrar un poco esta situación tenemos la microglía, que, curiosamente, no tiene un origen celular nervioso como el resto de las células gliales y neuronas, sino en las células hematopoyéticas durante la formación del cerebro. Como a partir de las células hematopoyéticas se forman las células sanguíneas y las del sistema inmunitario, esto ya nos da una pista de lo que hacen las células de la microglía en el cerebro: desde comerse (fagocitar) microorganismos infecciosos o posibles estructuras celulares que no estén funcionando bien, hasta dar apoyo y protección a zonas que todavía funcionan pero que temporalmente son vulnerables, e incluso emiten en algunos casos señales que potencian excepcionalmente la entrada de células del sistema inmunitario en el cerebro si la situación supera las capacidades de las propias células gliales.

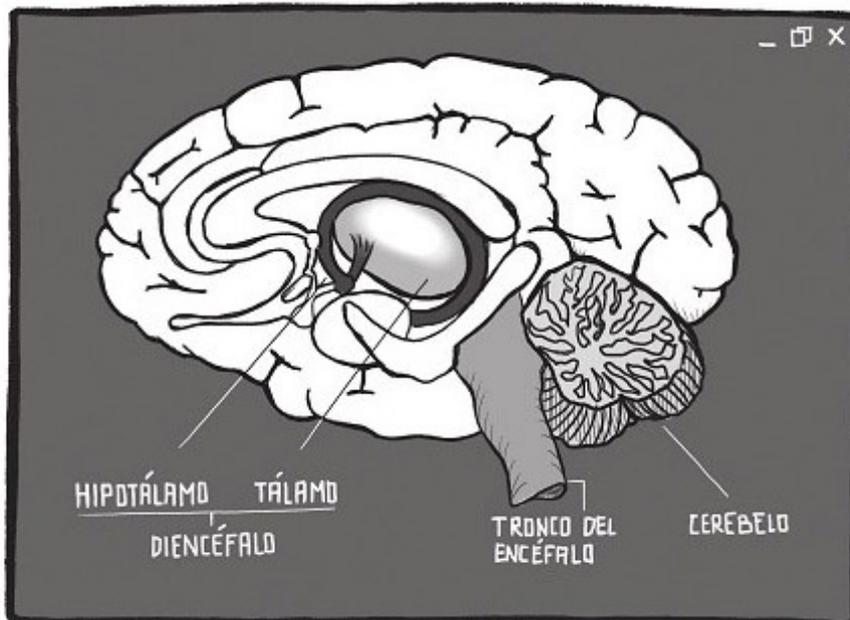
LAS PARTES DEL NEURORDENADOR

Ahora que sabemos qué piezas hacen de cables, chips y tornillos en nuestra cabeza, vamos a ver las partes más importantes de nuestro hardware cerebral:

DATO CURIOSO

El descubrimiento de las células gliales tiene una historia bastante triste, pero muy interesante. Pío del Río Hortega (1882, Valladolid-1945, Buenos Aires) era un médico experto en tumores del sistema nervioso al cual se le reconoce como descubridor de la microglía y los oligodendrocitos, ¡así que descubrió dos de los tres tipos de células gliales! Sin embargo, pese a ser dos veces candidato al premio Nobel (en 1929 y 1937) no lo tuvo fácil en la universidad española como bien ilustra una anécdota: tras la muerte de Cajal (en 1934), quedó vacante su puesto en la Real Academia de Medicina y sus compañeros presentaron el currículum de don Pío. Para sorpresa de todos, los académicos eligieron a un candidato muy inferior en currículum y uno de sus compañeros descubrió que el paquete con todo el currículum de don Pío ni siquiera había sido abierto por el tribunal que evaluaba la plaza. Se cree que esta fue una de tantas decisiones políticas contra el científico, ya que el tribunal era conservador y él tenía un perfil político muy de izquierdas. Y a esto hay que sumar su homosexualidad y su carácter introvertido, que aparentemente también fueron focos de ataques por parte de compañeros investigadores.

Con todo esto, la situación de uno de los mejores neurocientíficos del mundo no era muy buena y, como muchos otros científicos republicanos, se vio obligado a huir cuando se instauró en España la dictadura de Francisco Franco. Durante el exilio, en el extranjero sí que le reconocieron sus méritos y la Universidad de Oxford lo nombró doctor *honoris causa*. Después recibió una oferta de la Universidad de Buenos Aires, pero desgraciadamente al poco de llegar se sintió enfermo: un colega le hizo una biopsia y el mismo Pío descubrió en el microscopio que tenía cáncer. Murió en Buenos Aires en 1945. A petición suya fue amortajado con su toga de profesor *honoris causa* de la Universidad de Oxford y se le puso en la solapa la insignia republicana que llevaba siempre en la cartera^[9].



- El tronco del encéfalo: si empezamos de abajo arriba nos encontramos con una especie de palo que empieza en el final de la médula espinal y que acaba introducido en nuestro cráneo como una conexión USB. Esto es el tronco del encéfalo o tallo cerebral, que está dividido en tres partes y cuya función más obvia es la de hacer de adaptador entre la médula espinal y el resto del cerebro. Pero lo curioso es que conforme el tallo cerebral se va alejando de la médula espinal empieza también a procesar un poco la información: primero tenemos el bulbo raquídeo, que participa en procesos no conscientes pero vitales como el control de la presión sanguínea y la respiración, controla la digestión y el ritmo cardiaco, así que poca broma con el adaptador médula/cerebro. Después tenemos el Puente de Varolio o pons (puente), que tiene funciones en la respiración, el sentido del gusto y también participa en el sueño. Y, como está a la altura del cerebelo, se encarga de agrupar toda la información sobre el movimiento corporal que viene desde las partes superiores del cerebro y las dirige al cerebelo. Colegas, es un adaptador dentro de otro adaptador. Por último, tenemos el mesencéfalo: es la parte más pequeña del tronco encefálico, y entre las muchas partes con las que está conectado destacan varios músculos que controlan los movimientos de los ojos y elementos de los sistemas visuales y auditivos.
- El diencefalo: según vamos ascendiendo, las estructuras nerviosas van pasando gradualmente de ser estructuras que conducen la información a ser sistemas que procesan la información. Y ahora mismo si seguimos subiendo tenemos el diencefalo, el cual, se divide en dos estructuras:

1. El tálamo: en el lado dorsal del diencéfalo, es una estructura con forma de huevo que filtra o incluso potencia la llegada de señales a zonas superiores del cerebro en función de la situación. Con la excepción del olfato, el resto de la información proveniente de nuestros sentidos pasa primero por el tálamo antes de poder acceder al córtex cerebral y ser analizada. Además, también filtra en parte la llegada de información al córtex motor desde el cerebelo y los ganglios basales, así que también tiene un papel en el movimiento y la cognición.

La orientación dorsal-ventral es una forma de nombrar los órganos de un ser vivo en función de si se encuentran más cerca de la espalda (dorsal) o del vientre (ventral). En el caso del sistema nervioso, los humanos tenemos una disposición dorsal (tenemos la médula espinal en la espalda), pero hay otros seres vivos, como por ejemplo la mosca del vinagre, que tienen un sistema nervioso ventral.

2. El hipotálamo: ocupa el lado ventral y, aunque pequeño, es menos del 1% del volumen total del cerebro, ya podéis rezar por tener un hipotálamo sano ya que se encarga de regular gran parte de los procesos que nos mantienen vivos: el hipotálamo controla y modula según lo que estamos haciendo desde la presión arterial o la temperatura corporal hasta el latido del corazón. Por ejemplo, si estamos sentados y de repente tenemos que salir corriendo porque nos hemos dejado la pizza en el horno, entonces el hipotálamo se encarga de regular el cambio en el ritmo cardiaco para hacer frente a las necesidades metabólicas de unas piernas que corren para salvar lo que más queremos. Sus tareas de control también incluyen mantener nuestra homeostasis, estado en el que todo el cuerpo está bien y tiene lo que necesita, que incluye también regular el hambre o la sed, para lo cual el hipotálamo está conectado con nuestro sistema endocrino, el de las hormonas, lo que hace que esta región tenga un papel en comportamientos como la respuesta ante el estrés, reproducción, etc. Además, participa en la regulación del sueño. Así que poca broma con este 1% cerebral.
- El cerebelo: es la parte más celebrada del cerebro (INSERTAR RISAS ENLATADAS). Ocupa la mayor parte del espacio que hay en la nuca y está directamente pegado al córtex cerebral y al tronco encefálico. Trabaja en los movimientos corporales, por lo que las lesiones en esta

zona dan lugar a problemas de coordinación en todo tipo de maniobras. Hay que entender que cualquier movimiento corporal, explicándolo de un modo sencillo, requiere que se activen los músculos que mueven una extremidad en un sentido al mismo tiempo que los músculos que funcionan en el sentido opuesto no se resistan al movimiento, y que una vez acabado el gesto se activen estructuras motoras que detengan el movimiento para evitar que siga por inercia. Así que esto de moverse es neurológicamente algo bastante complejo, lo cual quizá explica el alto número de individuos que no acaban de dominar las técnicas de baile. Para coordinarlo todo, el cerebelo se encuentra situado estratégicamente en un punto que le permite recibir información sensorial y motora desde el tronco encefálico y el córtex cerebral. Además, el cerebelo también es importante en el equilibrio y, aunque supone aproximadamente el 10% del volumen cerebral, contiene el 80% de las neuronas^[11]. Así que, literalmente, los seres humanos dedicamos más neuronas a movernos que a pensar.

DATO CURIOSO

Esto de tener casi todas las neuronas en el cerebelo no es algo excepcional de los seres humanos y, por ejemplo, el elefante africano tiene el 98% de las neuronas en esta área. Una de las hipótesis de este porcentaje tan alto es que el cerebelo paquidérmico tiene que controlar con precisión los movimientos de la trompa. Este caso es muy interesante porque nos enseña, como ya apuntamos antes, que tener un cerebro más grande, 5 kilos (unos 257.000 millones de neuronas) frente a 1,5 kilos (86.000 millones de neuronas), no significa ser más inteligente, ya que no solo importa la cantidad de neuronas sino para qué se usan dentro del cerebro^[10].

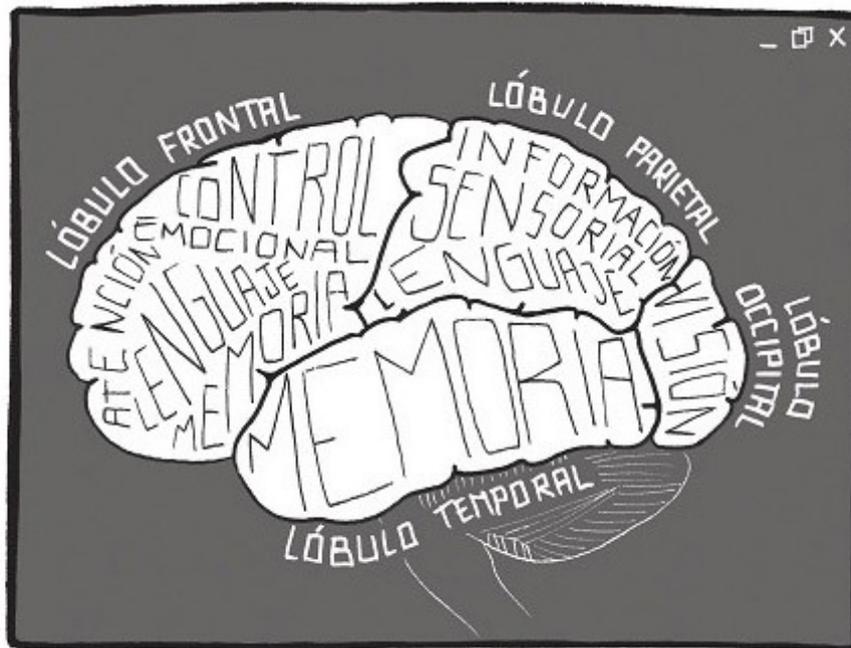
- El cerebrum: si descartamos todas las estructuras anteriores nos queda una parte bastante grande en forma de «nuez», a la que muchas veces se le llama directamente cerebro. A diferencia de los libros de neuroanatomía anglosajones, que usan el término *cerebrum* para referirse a esta zona en concreto y denominan *cerebro* al conjunto de todas las estructuras que ya hemos comentado («cerebrum» incluido), en castellano la terminología a veces es un poco confusa porque se

suele llamar coloquialmente «cerebro» al conjunto, aunque un nombre más correcto sería «encéfalo», lo cual da lugar a alguna confusión. Pero bueno, aquí lo interesante es que el cerebrum está compuesto mayoritariamente por una capa externa, el córtex cerebral, que envuelve otras estructuras internas.

El córtex cerebral: aunque sea una capa externa supone el 80-85% de nuestro cerebro^[12], lo cual es muchísimo si lo comparamos con el córtex de otros mamíferos como los ratones, en los que representa el 40% del volumen cerebral^[13]. Esta no es la única anomalía, ya que el córtex está muy arrugado y sus arrugas son generadas por una serie de surcos, que se llaman circunvoluciones, creados para aumentar la superficie de cerebro que cabe en un mismo espacio. Me explico: si tenemos una hoja de papel extendida, esta tiene una superficie X, que nos ocupa bastante espacio. Un modo de disminuir el espacio que ocupa es doblarla muchas veces como si fuera un acordeón. Como resultado final tenemos la misma superficie X, pero esta ocupa mucho menos espacio. Este apaño, un poco cutre pero práctico, nos permite meter dentro del cráneo una superficie de córtex mucho mayor de la que nos cabría si estuviera completamente desplegado. Esto es algo que no todos los animales hacen: hay animales como los ratones, las gallinas o las tortugas que son lisencefálicos (tienen el córtex completamente liso), mientras que animales como los humanos, los gatos, los perros o las ballenas son girencefálicos (tienen surcos en el córtex, aunque no todos lo tienen igual de arrugado). Este truco de plegar el cerebro es tan eficiente en los humanos que nos permite tener cuatro veces más superficie cortical que un ratón si este tuviera un cerebro tan grande como el nuestro^[14].

DATO CURIOSO

Seguramente has oído muchas veces que la gente se refiere al cerebro como «la materia gris». El nombre viene del córtex, concretamente de la parte exterior, que es donde se concentran la mayoría de los cuerpos celulares de las neuronas, lo cual da a este tejido un tono más oscuro que las partes más internas, donde predominan los millones de axones que conectan las neuronas entre sí. Como esta zona tiene un color más claro y recibe el nombre de «materia blanca».



Todos estos surcos se dividen en cuatro lóbulos que están delimitados por los huesos craneales que tienen encima. Cada una de estas regiones, a su vez, tiene subregiones y en general cada zona se dedica a unas tareas concretas, aunque hay procesos que requieren del trabajo simultáneo de varios lóbulos.

En el lóbulo frontal están muchas de las capacidades tochas que nos hacen muy humanos y, de hecho, en nosotros es una parte mucho mayor que la que tienen los grandes simios. Aquí reside nuestra capacidad para tomar decisiones, evaluar riesgos, nuestra capacidad de juicio, de aprendizaje o la atención. Pero también participa en la memoria, en el control motor del cuerpo e incluso en el lenguaje, ya que aquí está el área de Broca. En el lóbulo parietal, que es donde nos ponemos los peluquines, hay muchas zonas involucradas en la gestión de los estímulos sensoriales, aunque también hay otras partes, entre las que destaca el área de Wernicke, que es importante en el lenguaje. Como veis, en el cerebro una misma función puede estar repartida entre distintas zonas, que viene a ser lo mismo a tener en la planta de arriba de una casa el baño con bañera y en la planta de abajo, un pequeño lavabo. A la altura de nuestra nuca está el lóbulo occipital, que destaca por su importancia en el sentido de la visión: aquí se procesa la información visual permitiéndonos identificar colores, símbolos, letras o caras entre otras cosas. Y finalmente en la base está el lóbulo temporal, zona donde en parte se encuentra la información auditiva, pero que destaca por su trabajo en el procesamiento y almacenaje de la memoria.

Aparte de todo esto, el córtex cerebral también incluye tres estructuras que se encuentran enterradas en el fondo de todos esos pliegues cerebrales. Y como el cerebro tiene dos hemisferios, estas estructuras se hallan por duplicado ya que hay una copia en el hemisferio derecho y otra en el izquierdo.

La más grande, con diferencia, son los ganglios basales, cuya función principal es regular la actividad motora, y problemas en algunas de sus partes derivan en enfermedades como el párkinson o la enfermedad de Huntington. Además, se ha visto que esta zona también tiene conexiones con áreas no motoras, por lo que se cree que también participa en procesos cognitivos y del comportamiento. Y, de hecho, se ha encontrado que problemas en estas conexiones no motoras están relacionadas con los desórdenes obsesivo-compulsivos.

Y otras zonas también relevantes son el hipocampo, que es muy importante en la memoria espacial, y la amígdala, que es clave para nuestras emociones. Algo curioso de estas partes es que, aunque se suele hablar de ellas en singular, hay una en el hemisferio cerebral derecho y otra en el izquierdo, así que tenemos dos amígdalas (que nada tienen que ver con las amígdalas que se encuentran en la garganta) y dos hipocampos.

¿CUÁNTO GASTA EL CEREBRO?

Al igual que nuestro ordenador, el cerebro necesita energía y, de hecho, es con diferencia la parte de nuestro organismo que nos sale más cara: es solo el 2-3% de nuestro peso corporal y, sin embargo, consume en torno al 20% del oxígeno de nuestro cuerpo y cerca del 50% de la glucosa. Esto es muchísimo.

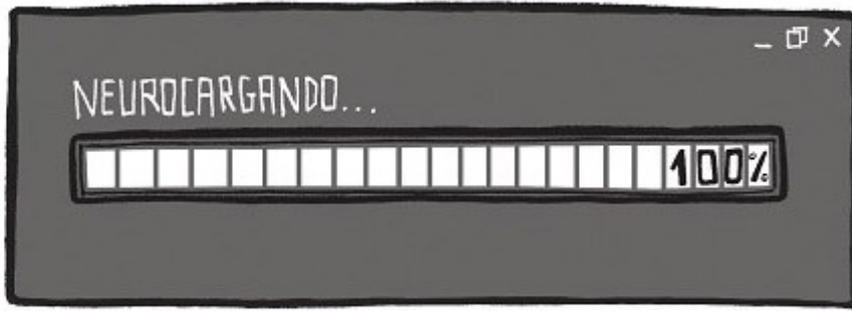
Y ahora diréis, pues nada, lo único que tenemos que hacer es pensar menos y así ahorramos en comida. Pues me temo que no es un buen plan porque el consumo de nuestro cerebro es prácticamente constante, independientemente de lo que estemos haciendo: gasta igual estemos dormidos, despiertos, viendo la tele, estudiando, haciendo deporte o echando una partidita al FIFA. Lo único que varía es la parte del cerebro que vamos encendiendo o apagando según lo que estamos haciendo. Esto también explica por qué tampoco adelgazamos cuando estamos teniendo mucha actividad intelectual (como por ejemplo en época de exámenes).

DATO CURIOSO

El gasto energético del cerebro es tan grande que se ha teorizado mucho sobre cómo hemos conseguido tener un cuerpo que pueda alimentar un cerebro así. Se cree que uno de los factores importantes fue empezar a cocinar la comida: al cocinarla se dirigieron mejor los alimentos (sacamos más energía de ellos con menos esfuerzo). Esto permitió que necesitáramos un aparato digestivo menor para hacer la digestión (lo cual es un ahorro energético) y este excedente de energía se usó en ampliar el cerebro^[15].

Toda esta actividad cerebral es el equivalente a quince vatios que se producen constantemente en nuestro cerebro. Quince vatios dan para una bombilla bastante birria, pero bueno, en parte es una suerte que no sea mucho más porque esos quince vatios se transforman constantemente en calor, y el cerebro tiene que estar constantemente refrigerado para que no se nos sobrecalienten las neuronas. En nuestro caso este PC orgánico funciona con un sistema de refrigeración líquida: sube sangre fresquita a la cabeza, se calienta y vuelve al resto del cuerpo.

Lo curioso es que si hacéis cuentas de lo que vale la electricidad podéis llegar a dos conclusiones: o que la electricidad está muy cara o que el cerebro es un chollo. Haciendo cuentas sale que en toda una vida gastaríamos en nuestra factura de la luz cerebral unos mil quinientos euros. Eso son menos de dos euros al mes, suscribirte a Netflix o HBO es más caro, y, sin embargo, con solo ese gasto somos capaces de levantar ciudades, crear obras de arte atemporales o curar enfermedades mortales. ¿Mola o no mola el cerebro? Creo que el cerebro es una de esas cosas que cuanto más se conoce, más gusta, aunque mi opinión es que esto también pasa con cualquier rama cultural, sea historia clásica, literatura, ciencia... o videojuegos. Y es verdad que las primeras fases del aprendizaje suelen costar un poco y eso a veces desanima a continuar, pero es importante aprender sobre una cultura sólida para evitar errores. Por eso, tras estas páginas de neurocosas ahora sí que estamos preparados para explorar neurocientíficamente el mundo *gamer*. Vamos allá.

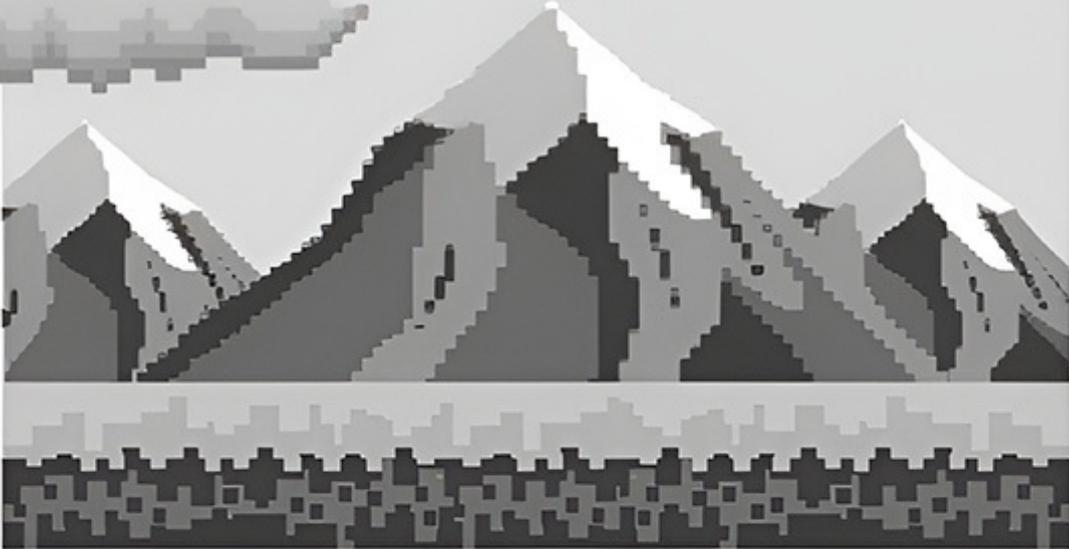




NIVEL 2

PLAY

¿NOS
VUELVEN
VIOLENTOS
LOS
VIDEOJUEGOS?



Debemos detener la glorificación de la violencia en nuestra sociedad. Esto incluye los repugnantes y macabros videojuegos que ahora mismo son un lugar común. Es muy fácil para los jóvenes con problemas rodearse de una cultura que celebra la violencia.

Donald Trump, 5 de agosto de 2019^[1]

El sábado 3 de agosto de 2019, un joven entró por la mañana en una tienda de la cadena Walmart en El Paso y abrió fuego contra la gente^{[2],[3]}. Unas horas después, en la madrugada del domingo otro joven disparó en Dayton (Ohio) en una calle que estaba abarrotada de personas aquella noche^[4]. En total hubo 31 fallecidos y 51 heridos. Fue un fin de semana trágico en Estado Unidos.

El lunes 5 de agosto el expresidente de Estados Unidos, Donald Trump, declaró en la televisión que había dos factores detrás de aquellos monstruosos actos: en primer lugar, internet y las redes sociales. En segundo lugar, los videojuegos. Y enseguida empezaron a aparecer numerosas declaraciones que señalaban al ocio electrónico como un factor desencadenante de los ataques. Entre todas las declaraciones, me llamaron la atención las de Robert J. O'Neill, militar americano exmiembro de los SEAL y famoso por ser el hombre que mató a Osama bin Laden^{[5],[6]}, que escribió en Twitter^[7]: «Hey, hijos de puta... ¿qué tal si prohibimos los videojuegos de disparos en primera persona? Es simplemente una idea».

Estas alusiones a los videojuegos durante ataques con armas de fuego, como también ocurrió tras el atentado en Christchurch (Nueva Zelanda) en marzo de 2019, son frecuentes. En este caso, el atacante subió un vídeo en directo a Facebook mientras llevaba a cabo el ataque, y el diario *Clarín* (periódico argentino y uno de los más leídos en español) publicó un artículo con el siguiente titular^[8]: «Masacre en Nueva Zelanda. Los muertos como en el *Fortnite*, pero en la vida real». En dicho artículo se pueden encontrar afirmaciones como estas: «El vídeo es muy parecido a las imágenes del *Fortnite*, el juego que apasiona a miles de adolescentes del planeta» o «Igual que en *Fortnite*, ingresa velozmente a cada puerta del templo y dispara a mansalva para herir de muerte a cada uno de los incautos que se sorprenden a su paso», pero considerando que el *Fortnite* es un juego clasificado para mayores de doce años donde, aunque se dispara, no es un videojuego en primera persona, apenas hay contenido violento y al margen de disparar se deben realizar otras tareas como construir fortificaciones, la comparación es como mínimo muy sesgada. Sin embargo, tanto este artículo como las

declaraciones antes mencionadas no son más que ejemplos de la tendencia bastante generalizada de asociar actos violentos realizados por jóvenes con los videojuegos. Pero... ¿es cierto? ¿Jugar a videojuegos fomenta la violencia? En este capítulo vamos a ver lo que ha descubierto la neurociencia sobre esto.

EMOCIÓN *VERSUS* SENTIMIENTO^[9]

La ira, al igual que la euforia, el miedo o la tristeza, es una emoción. Aunque a pie de calle se suelen usar como sinónimos, en neurobiología emoción y sentimiento son dos cosas distintas.

Una emoción es la respuesta fisiológica automática y mayoritariamente inconsciente que ocurre cuando el cerebro detecta ciertas sensaciones. Esta respuesta puede provocar grandes cambios en todo nuestro cuerpo, como alterar nuestra actividad cerebral o muscular, liberar un montón de hormonas en nuestra sangre, etc. Un ejemplo clásico es esa tensión muscular y el acelerón en el corazón que se produce cuando nos pegamos un susto, y que básicamente prepara al cuerpo para salir corriendo o liarnos a puñetazos.

Por su parte, un sentimiento es la experiencia consciente que tenemos al sufrir los efectos de una emoción. Cómo nos sentimos. Y al ser algo consciente, es algo que depende de la persona, con lo cual entramos en un terreno mucho más subjetivo. Por eso yo, aunque soy cinturón negro de kárate, no puedo con las películas de miedo porque toda la vida me han estresado muchísimo los sustos, pero, cuando combato con otros compañeros karatecas, me siento cómodo. Mis sentimientos son muy diferentes y, sin embargo, en ambas situaciones mis respuestas emocionales son muy similares: se me acelera el corazón, se me tensan los músculos, se disparan mis niveles de adrenalina y aumenta mi atención.

Esta diferencia es muy importante desde el punto de vista científico porque las emociones se pueden medir más o menos fácilmente de un modo subjetivo: podemos registrar el ritmo cardiaco, la respiración, los niveles de sudoración o la cantidad de hormonas en sangre. Pero para estudiar los sentimientos básicamente necesitamos que el paciente esté consciente y nos diga cómo se siente: vamos, que al igual que en una relación, aquí lo importante es hablar. Y eso es bastante más subjetivo, con lo cual los estudios y las conclusiones que se saquen de ellos deben tratarse con especial cuidado.

¿Dónde están nuestros sentimientos?

Como experto en neurocosas tengo que decir que me duele que se hable del cerebro como un órgano frío, calculador, mientras que toda nuestra pasión, bailoteo y emociones se consideran asuntos del corazón. ¡Si el corazón no es más que una válvula que bombea sangre! Si alguien os quiere con todo su corazón... pues no os quiere, porque todos nuestros sentimientos están en el cerebro.



Cómo va esto de sentir: nuestros sentidos captan algo que si es emocionalmente interesante activará las partes del cerebro encargadas de las emociones. Estas envían señales a las neuronas encargadas tanto de activar sistemas como el endocrino (hormonas) o el muscular (tono muscular, ritmo cardiaco, presión sanguínea, etc.).

Si hablamos de emociones, las zonas reinas del cerebro son las amígdalas cerebrales. Se trata de dos áreas situadas en las profundidades cerebrales, concretamente por la zona del lóbulo temporal. Y aunque tenemos una en cada hemisferio cerebral, en general cuando hablamos de ellas simplificamos y nos referimos a ellas como «la amígdala», en singular. Que repito, esta amígdala no tiene nada que ver con las amígdalas de la garganta que a veces son operadas. La amígdala es el lugar donde nacen nuestras emociones. Cuando nuestro pulso se acelera al ver a la persona que amamos, la amígdala es la que está enamorada y le dice al corazón que se acelere. Así que el

corazón es solo un mandado. Esta zona coordina las respuestas fisiológicas involuntarias de los estados emocionales, como la dilatación de las pupilas, cambios en el ritmo cardíaco o respiratorio, y se encarga de analizar el componente emocional que tienen los estímulos que llegan al cerebro.

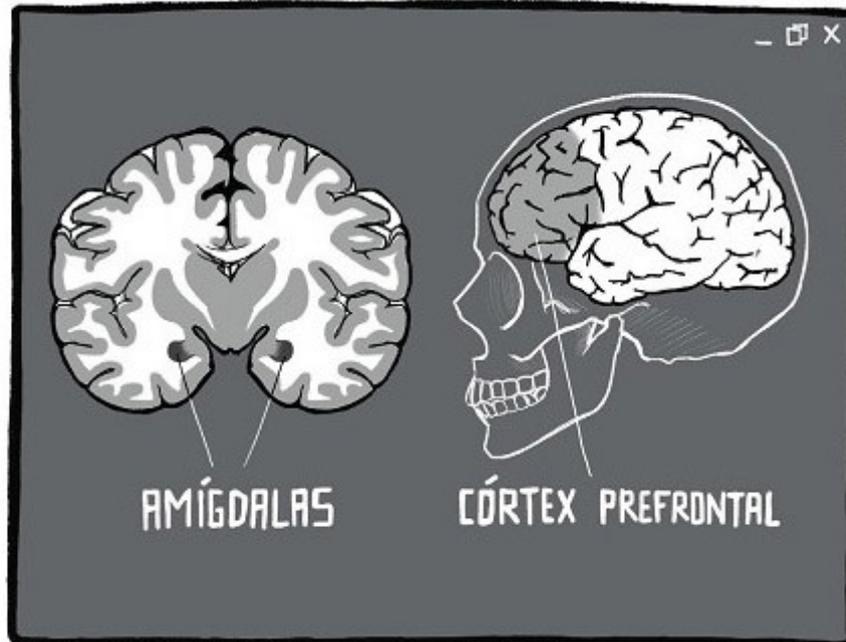
La amígdala es la zona más estudiada de nuestro cerebro en relación con el tema de las emociones y existen trabajos tanto en animales de experimentación como en humanos que la relacionan directamente con las emociones. En especial, muchos de los estudios iniciales se basaron en el miedo y en ellos se veía que la amígdala se activaba cuando la gente se acojonaba, ¿y cómo se acojonaba a la gente? Un experimento clásico consiste en colocar al voluntario en una sala y aplicarle un estímulo desagradable, como puede ser una descarga eléctrica, unos segundos después de que se encienda una bombilla concreta. Tras dos o tres calambrazos, el humano es lo suficientemente espabilado como para darse cuenta de que cada vez que se enciende la bombilla va a recibir una descarga, así que con solo ver la luz ya se asusta. Y cuando se asusta, la amígdala se activa. En pacientes con daños en la amígdala, esta no se activa cuando se enciende la bombilla y estos pacientes también tienen problemas en reconocer el miedo en fotografías de personas con expresiones faciales que claramente expresan esta emoción. Una curiosidad es que en los humanos el miedo, al igual que otras emociones, se puede contagiar, y experimentalmente se ha conseguido que voluntarios tengan miedo cuando se enciende la bombilla sin que se les haya dado a ellos ningún calambrazo: basta con que hayan visto a otra persona recibir una sacudida cada vez que se enciende la luz^[11].

DATO CURIOSO^[10]

Internet, y pronto el resto del mundo, está dominado por los gatos. Entre los muchísimos vídeos que hay en la red sobre estos cuadrúpedos, hace unos años se popularizaron lo que seguramente fue el combate del siglo: Gatos vs Pepinos. En estos vídeos se colocaba un pepino al lado de un incauto gato, justo en el borde de su visión donde el animal no podía ver nada. Total, que en cuanto el gato se giraba y lo veía daba un bote impresionante y salía corriendo. ¿Son los pepinos la kryptonita de los gatos? No, lo que pasa es que algunos estímulos son capaces de generar una respuesta

emocional, y por lo tanto automática, aunque sea la primera vez que se perciban (por ejemplo, la primera vez que oigas un pedazo de trueno te va a dar un buen susto, aunque sea un instante y no sepas qué está pasando). En este caso, se cree que a los gatos les genera una respuesta emocional de susto/alerta cualquier forma alargada similar a una serpiente u otro tipo de reptil que vean de golpe cerca de ellos en los bordes de su visión, y esta respuesta se da aunque nunca en su vida hayan visto ni una lagartija. El gato, al encontrarse de repente el pepino, que tiene una forma similar a una serpiente, se lleva un susto impresionante y de ahí los botes y carreras que se pegan. Como científico, mi recomendación es que no le hagáis esto a los pobres gatos porque en primer lugar lo pasan mal, y en segundo lugar algún día se cobrarán su venganza y entonces no creo que los pepinos sean de mucha ayuda.

Otros trabajos han encontrado que la amígdala también se activa en situaciones positivas, como al observar imágenes relacionadas con comida, sexo o dinero; y también tiene un papel en muchas tomas de decisiones, ya que en general las emociones desempeñan un papel muy importante en ellas^[12]. Por este motivo, los anuncios de todas las marcas del mundo buscan más una acción emocional que racional: un claro ejemplo son los anuncios de la Lotería Nacional en Navidad, que intentan apelar a temas emocionales como la familia o la ilusión, porque si te intentaran vender lotería diciéndote directamente las posibilidades que tienes de ganar un premio no venderían ni un boleto.



DATO CURIOSO^[13]

En 1848 el norteamericano Phineas Gage sufrió un accidente laboral mientras trabajaba en unas obras ferroviarias. Como consecuencia de una explosión, una barra de hierro de más de cinco kilos de peso, tres centímetros de anchura y algo más de un metro de longitud le atravesó el cráneo limpiamente y se clavó en el suelo a unos treinta metros de él. El hierro entró por la mejilla y desde abajo salió por la parte superior del cráneo perforando toda la zona frontal del cerebro (los lóbulos frontales). Sorprendentemente, tras la recuperación las únicas secuelas aparentes eran una ceguera del ojo izquierdo y una parte del cráneo superior hundida. Sin embargo, poco después de su vuelta a la normalidad se vio que su personalidad había cambiado: pasó de ser una persona con un trato amable y responsable a ser alguien mucho más conflictivo, y se aficionó a los juegos de azar y al alcohol. Esto hizo que lo despidieran y desde entonces vivió una vida mucho más inestable en la que destacó su trabajo en un circo donde la gente podía pagar para verlo a él y a su barra, y observar la parte de su cráneo donde, debido a la falta de hueso, solo una capa de tejido cicatricial tapaba

el cerebro. Gage siempre llevó esa barra con él y fue enterrado con ella.

El caso clínico de Gage es bastante excepcional, pero existen otros muchos casos donde lesiones en los lóbulos frontales, como por ejemplo al extirpar un tumor, dan lugar a pacientes que mantienen su inteligencia, lenguaje, movilidad, etc., pero en los cuales se empiezan a detectar cambios de comportamiento^[14]. Se ha visto que en estas personas no se produce una activación emocional a la hora de tomar decisiones, lo cual les dificulta mucho evaluar los riesgos cuando tienen que realizar elecciones, y además este cambio de comportamiento entorpece mucho sus relaciones sociales. Así que gracias a casos de este tipo sabemos que las funciones de gestión emocional que hace el córtex cerebral, en coordinación con otras áreas, son claves para tener un cerebro sanote emocionalmente.

Sin embargo, todo esto de las emociones y los sentimientos es un proceso extremadamente complejo y como tal involucra también a otras áreas del cerebro, como por ejemplo el córtex prefrontal (parte externa del cerebro situada por la frente), que se cree que desempeña un papel muy importante en el control emocional y la toma de decisiones.

NO TODOS LOS VIDEOJUEGOS SON PARA TODOS LOS PÚBLICOS

En las declaraciones que abrían este capítulo se generalizaba al hablar de videojuegos, pero al igual que ocurre con los libros y las películas, las obras del mundo del ocio electrónico pueden ser muy diferentes entre sí. Por ejemplo, existe *Stardew Valley*, que es un videojuego donde gestionas tu propia granja, tu huerto, vas cultivando tus berenjenas, calabazas mientras llevas una vida apacible... y luego está *DOOM*, que se basa en reventar a tiro limpio a hordas demoniacas mientras suena la música más cañera posible. O el *Fortnite*, que también es de tiros, pero con un estilo completamente distinto: ya no se juega en primera persona (como si fuéramos la persona que dispara), no hay contenido gore, el estilo artístico es mucho más tranquilo y, aparte de disparar, es posible construir elementos que te den ventajas frente a otros jugadores. Y es que la cosa es complicada porque hay muchos tipos de

juegos: en algunos aparecen plataformas que hay que saltar evitando trampas, en otros hay que disparar a enemigos o resolver puzles, algunos son aventuras gráficas donde hay que resolver misterios, otros son de estrategia donde tienes que gestionar recursos, o narrativos, donde lo que prima es contarte una historia. Y también cambia el estilo artístico con el cual están hechos, por ejemplo algunos buscan gráficos realistas como hace *The Last of Us*, mientras otros están dibujados a mano, como en *Cuphead*, donde se imita el estilo artístico de los dibujos de animación estadounidense de principios del siglo XX.

Vamos, que hablar en general de que los videojuegos hacen una cosa u otra a la sociedad es tan sesgado como decir que toda la literatura publicada va de sexo porque existen las novelas eróticas. Como iremos viendo, cada vez hay más estudios científicos que, en vez de generalizar, estudian el efecto de videojuegos concretos o dentro de una misma categoría.

Antes de empezar con los datos, si tras leer todo esto os sentís un poco mareados ante la inmensa complejidad del mundo de los videojuegos y os preocupa a qué juegan vuestros hijos, me gustaría recordaros que, al igual que en las películas, los videojuegos tienen un sistema de revisión que les asigna una edad recomendada. El sistema europeo se llama PEGI (*Pan European Game Information*), donde según su contenido los videojuegos se agrupan en franjas de edad (PEGI 3 significa que se recomienda jugar a ese juego a partir de los tres años; PEGI 7, a partir de los siete...) y como bien explican^[15] «estas clasificaciones por edad ofrecen orientación a los consumidores, en particular a los padres, para ayudarlos a decidir si comprar o no un determinado producto a un niño [...] la clasificación PEGI considera la idoneidad de edad de un juego, no el nivel de dificultad. Un juego PEGI 3 no tendrá ningún contenido inapropiado, pero a veces puede resultar demasiado difícil de manejar para los niños más pequeños. A la inversa, hay juegos PEGI 18 que son muy fáciles, pero que contienen elementos que los hacen inadecuados para un público más joven». Con lo cual basta con mirar la etiqueta que hay en la portada de la caja del videojuego o buscar su nombre en internet para ver qué recomienda el PEGI. Y es que cuando leo una noticia que empieza con «Un niño juega a *Grand Theft Auto 5* y...» me pregunto qué hace un niño jugando a un videojuego que no está recomendado para menores de dieciocho años. Pero bueno, también hay muchos chavales que han visto *Deadpool*, aunque sea para mayores de edad, así que este es un problema bastante generalizado.



VIOLENCIA Y VIDEOJUEGOS: ¿ES IMPORTANTE EL REALISMO?

Al hablar de videojuegos, una de las cosas que suele inquietar más a la gente ajena al sector es el hecho de que eres tú quien tiene que realizar las acciones: desde pulsar una tecla para presentar tus respetos frente al féretro de un soldado caído o rematar de un disparo a tu antigua maestra, hasta cada una de las pequeñas gestiones, movimientos y acciones que componen la jugabilidad del producto. A diferencia de un espectador de cine, que se limita a contemplar lo que ocurre, cuando estás jugando a un videojuego tienes un papel activo: haces que ocurran cosas.

Sin embargo, neurológicamente hablando no hay tanta diferencia entre ver a alguien haciendo una acción y hacerla nosotros mismos. Hablaré un poco más en detalle sobre este tema en el próximo capítulo cuando trate la empatía, pero quedaos con la idea de que cuando vemos a alguien llevando a cabo una acción se nos activan en el cerebro partes que usamos para hacer esa acción. Es un poco como si nos imagináramos haciendo esa acción. Y a esto sumadle dos cosas: la primera es que al jugar el personaje realiza la acción pero nosotros, salvo que estemos jugando con sistemas de realidad virtual, estamos quietos. Estamos imaginándonos que somos ese personaje haciendo esa acción, pero no estamos realizando físicamente la acción. La segunda, y la más importante, es que somos conscientes de que lo que estamos haciendo es una ficción. Y si todos entendemos que el personaje de Don Quijote es una ficción, ya que por muchos libros de caballería que alguien lea nadie mentalmente sano va a desarrollar el delirio de ser un caballero andante, ¿por qué creemos que si las personas juegan mucho a videojuegos podrían acabar mezclando realidad y ficción electrónica?

Uno de los argumentos más usados es que los videojuegos presentan una violencia excesivamente realista. Hace unos años este tema fue estudiado en un par de trabajos donde comparaban la respuesta agresiva de los jugadores tras jugar a videojuegos antiguos o algo más modernos^{[16],[17]}: en uno de los estudios jugaban a matar zombis en *Zombie Raid* (1995) y *The House of the Dead 2* (2001), mientras la otra investigación comparó *Doom* (1993) con *Doom 3* (2004). La idea era ver si las obras más modernas, y que en este caso tenían un apartado gráfico más realista (dentro de todo lo realista que puede ser matar demonios en Marte o zombis en zonas terroríficas), fomentaban más la violencia que los juegos más antiguos. Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron muy claros. En parte es posible que se debiera a que incluso juegos del año 2004 distan mucho de tener un aspecto visual que ahora consideraríamos mínimamente realista, y también porque entre los juegos no solo cambiaban los «niveles de realismo» (el aspecto visual, que los personajes se comportaran de un modo realista...); eran juegos diferentes y por lo tanto tenían historias, niveles de dificultad, trabajo artístico, etc., diferentes. Con lo cual las comparaciones entre ellos eran bastante discutibles. Incluso en las publicaciones científicas es importante tener en cuenta las fortalezas y debilidades del estudio en vez de quedarse solo con el titular.

Un trabajo mucho más interesante es el que publicaron investigadores de la Universidad de York en colaboración con la Universidad de San Petersburgo^[18]. Se trataba de jugar a un juego de disparos en primera persona donde cada jugador tenía cuatro minutos para matar el máximo número de enemigos posibles. Los enemigos eran controlados por el ordenador y al acabar la partida los jugadores hacía un test que consistía en completar varias palabras incompletas: por ejemplo, si aparecía D E _ _, es posible que escribieran palabras como D E A D (M U E R T O, en inglés), pero también D E A R (Q U E R I D O) o D E A L (T R A T O). La idea era ver si la cantidad de palabras violentas que escribía una persona variaba según el nivel de realismo del videojuego.

En un primer experimento participaron 898 personas y se modificó el realismo de las muertes de los enemigos (en una condición los cuerpos de los personajes morían de un modo realista ya que sus cuerpos se movían según la física de los disparos que recibían mientras que, en la otra condición, al morir caían de una forma completamente artificial). No se encontraron diferencias entre las personas que jugaron con una condición u otra.

Y en un segundo experimento participaron 1.880 personas. Aquí se modificó la inteligencia artificial (IA) de los enemigos para que en un caso

utilizaran tácticas militares como rodear al enemigo, fuego de cobertura, etc., propias de un comportamiento humano; y otros jugadores se enfrentaron a enemigos con una IA más sencilla, que se limitaba a avanzar hacia ellos directamente y dispararles. En este experimento tampoco se hallaron diferencias entre jugar con más o menos realismo. Total, que hasta ahora los pocos estudios neurocientíficos que han tratado este tema no han encontrado nada que señale que el realismo en los videojuegos potencia la violencia.

DATO CURIOSO

En algunos casos se han censurado videojuegos violentos y sus creadores se han visto obligados a disminuir el nivel de realismo para poder comercializar el juego en algunos países. Uno de los primeros ejemplos fue *Mortal Kombat* (1992), el primero de una longeva saga de videojuegos de pelea famosos por el gore y su brutalidad. Tras la salida del primer videojuego, en 1993 Nintendo censuró en la versión para sus consolas algunos aspectos del juego y cambió el color de la sangre a verde^[19].

¿Los videojuegos pueden volvernos insensibles a la violencia?

Hasta hace unos pocos años la relación entre la neurociencia y los videojuegos era bastante floja: apenas había publicaciones sobre el tema y las que había eran en general negativas acerca de los efectos de los videojuegos. Pero con la mejora de las técnicas neurocientíficas y la enorme popularización de la industria de los videojuegos, en la última década ha crecido exponencialmente el número de laboratorios que han puesto su atención en este mundillo pixelado.

Uno de los argumentos más esgrimidos en contra de los videojuegos violentos es que insensibilizan a sus usuarios.

Se define como insensibilización a la reducción de respuestas cognitivas, emocionales o de comportamiento ante un estímulo^[20].

La insensibilización se trata de un proceso automático e inconsciente por el cual, en este contexto, un jugador cada vez tendría una respuesta más neutra al ver situaciones violentas debido a que juega a videojuegos violentos. No es que al jugador cada vez le guste más la violencia, sino que cada vez le resultaría menos impactante, menos desagradable, hasta llegar a un punto que podría resultarle algo completamente neutro. Es decir, que le diera igual. Obviamente una neutralidad o normalización de la violencia puede facilitar que en un futuro realices acciones violentas, pero ya de entrada no es que te vuelva agresivo directamente. Sobre la sensibilización a la violencia hay algunos estudios que han visto que niños expuestos a entornos sociales muy agresivos (familias, colegios, barrios, etc.) pueden acabar desarrollando una cierta insensibilización a la violencia, lo cual deriva en una normalización de ella y a menudo da lugar a comportamientos más violentos que el de niños en otros entornos^{[21], [22]}.

La explicación que se le da al fenómeno de la insensibilización es que, como bien sabe quien ha tenido trabajos precarios, a los seres humanos no nos sienta bien vivir en un estrés constante. No es sano. Cuando algo nos estresa nuestro cerebro activa una serie de mecanismos de alerta que a corto plazo nos preparan para una posible amenaza, y de hecho nuestro cerebro tiende un poco a sobreactuar en los momentos de estrés porque, claro, venimos de un mundo donde o te estresabas a tope y corrías como si no hubiera un mañana o se te comía el depredador. Pero nuestra realidad es que (normalmente) nadie se te va a comer literalmente. Esto por un lado está guay, pero por otro lado resulta que nuestra respuesta fisiológica al estrés está diseñada para que tengamos un momento de estrés muy intenso a muy corto plazo cuando nos vaya a devorar el león y luego ya vivamos tranquilos. El problema viene cuando nuestra situación social nos está estresando de manera constante, lo cual hace que estemos continuamente expuestos a una respuesta fisiológica de estrés que no estaba diseñada para ser continua, lo cual explica por qué está demostradísimo que a largo plazo el estrés es muy perjudicial para la salud.

Y pese a lo mal que nos sienta el estrés continuo, es verdad que no podemos evitar estresarnos mucho con cosas como hablar en público, hacer un examen, presentar un proyecto a tiempo, etc., y es normal, somos así, pero si esto os estresa, imaginad los niveles de estrés que tienen que tener los niños

que viven en barrios, colegios u hogares donde la violencia es algo constante. Se cree que en estos contextos lo que hace el cerebro es reaccionar cada vez con menos intensidad frente a las fuentes de estrés, se insensibiliza a ellas, para no tener que estar todo el rato con unos niveles de estrés brutales y así evitar el daño que suponen para la salud.



En 2015 salió una publicación donde un científico revisaba múltiples estudios sobre insensibilización a la violencia y los videojuegos, y llegaba a la conclusión de que los videojuegos violentos sí que producían una insensibilización^[23]. Sin embargo, este no es un tema cerrado y, por ejemplo, un estudio muy sólido publicado en 2018 concluye que es un mito que los videojuegos violentos causen insensibilización^[24]. En él participaron ochenta jóvenes que apenas tenían contacto con los videojuegos antes del estudio y los dividieron en tres grupos con edades medias entre veintiséis y treinta y un años. Dos grupos debían jugar a videojuegos media hora diaria durante dos meses: unos jugaron a *Grand Theft Auto V* (juego violento) y los otros al *Sims 3* (videojuego no violento); mientras que el tercer grupo no jugaba a ningún videojuego y simplemente servía como un control adicional. ¿Recordáis que al principio del capítulo os hablé de que las emociones activan unas partes concretas del cerebro? Pues pasados los dos meses los investigadores, en vez de hacer cuestionarios y otros tipos de pruebas que indirectamente nos dicen cómo están funcionando estas partes, directamente estudiaron las redes neuronales relacionadas con el procesamiento de la violencia y encontraron que no había diferencias entre ninguno de los grupos. Es decir, que las

personas no se habían insensibilizado frente a la violencia independientemente de que jugaran o no a videojuegos, o de que jugaran a videojuegos violentos o no violentos.

¿Si juego a videojuegos voy a pegar a la gente?

El mismo laboratorio que hizo el último estudio también publicó ese mismo año un trabajo donde los participantes estaban en condiciones muy similares, pero se midió si había habido un incremento en rasgos de personalidad violentos o agresiones^[25]. Para ello al finalizar se les pasó una batería de test y no encontraron ninguna prueba de que jugar a videojuegos violentos produjera ningún problema. Sin embargo, aquí estamos hablando de un estudio individual y si hay algo que nos gusta a los científicos son los metaanálisis (estudios donde se recopilan muchos estudios y se reanalizan todos juntos). Nos gustan porque nos permiten unir muchísimos trabajos en uno solo tratando de reforzar sus puntos fuertes y cubrir los débiles; pero también hay que cogerlos con cuidado porque los resultados pueden variar mucho según los estudios que se escojan para formar parte del metaanálisis y cómo se estudien. Por ejemplo, en 2018 salieron los resultados de un metaanálisis donde juntaron veinticuatro estudios que daban un total superior a diecisiete mil participantes. No está mal. Los estudios duraban de tres a cuarenta y ocho meses y la edad media de los participantes iba de los nueve a los diecinueve años. La conclusión era que jugar a juegos violentos sí que aumentaba los comportamientos violentos, pero... claro, no en todos los estudios se medía la violencia de igual forma, en muchos solo se midió mediante cuestionarios y a esto hay que sumar el que para mí es el gran fallo: los participantes tenían una edad comprendida entre los nueve y diecinueve años. Si miramos el PEGI, juegos que reproducen una violencia equiparable a la realidad solo están recomendados a partir de los dieciséis años y a partir de los doce se permite una violencia no gráfica contra personajes humanos (por eso el *Fortnite* tiene un PEGI de 12, porque hay violencia directa [disparos], pero esta no genera sangre, vísceras, etc., con lo cual la violencia no es gráfica ni realista). En este contexto, queda claro que los videojuegos violentos no están recomendados ni diseñados para un público joven, con lo cual las conclusiones de este estudio pues... no sé, es un poco como poner a un público infantil a ver *La Naranja Mecánica* , *La lista de Schindler* o cualquier capítulo de *Black Mirror*.

Además, estas conclusiones no son para nada compartidas dentro de la comunidad científica. En otro estudio de 2018, al analizar el patrón de actividad cerebral de jugadores de videojuegos con algún tipo de violencia (desde *League of Legends* o *Warcraft* hasta *Counter-Strike* y *Grand Theft Auto*), no se encontró que haber jugado más de diez horas a la semana durante los últimos tres meses hubiera tenido ningún efecto, y se llegó a decir que «la exposición a largo plazo de videojuegos violentos no tiene efectos significativos en la actividad cerebral espontánea, en especial en las áreas cerebrales relacionadas con el control ejecutivo, los juicios morales y la memoria a corto plazo. Esto implica que el efecto adverso de los videojuegos violentos ha sido exagerado»^[26]. Y ese mismo año salió publicado un trabajo estadounidense que buscaba determinar qué factores son capaces de predecir si un niño desarrollará problemas de salud mental o comportamientos criminales cuando crezca. El estudio recopiló datos de 2.019 personas desde la infancia hasta la llegada a la edad adulta. No encontraron evidencias de que jugar a videojuegos de disparos (*shooters* como los que quería prohibir el militar americano Robert J. O'Neill) o videojuegos competitivos estuviera relacionado con desarrollar problemas de conducta o delincuencia juvenil. Es más, el análisis general de los datos los llevaba a apoyar la idea de que los videojuegos violentos, o no tienen impacto o tienen un impacto mínimo en el desarrollo de estos problemas, y que otros factores como la biología o el ambiente familiar donde te crías son elementos mucho más cruciales a la hora de producir el desarrollo de personalidades agresivas y antisociales^[27].

Resumiendo: que las declaraciones de Donald Trump relacionando los tiroteos con los videojuegos fueron una burrada. Y, además, actualmente contradicen la postura de la propia Asociación Estadounidense de Psicología (APA en inglés), que fue actualizada a principios de marzo de 2020: «Atribuir la violencia a los videojuegos no es científicamente sólido y desvía la atención de otros factores», dijo Sandra L. Shullman, presidenta de la APA, en una nota de prensa^[28]. Personalmente, ese texto me encanta por la frase que hay debajo del titular, que dice así: «Cautela frente a la hipersimplificación de problemas complejos». El origen de la violencia es uno de los temas más complejos que se pueden investigar, y sí que es verdad que históricamente algunos estudios han relacionado los videojuegos violentos con las conductas agresivas; de hecho, algunos laboratorios siguen apoyando estas ideas. Pero en general la mayoría de los datos obtenidos en los últimos años desmienten esta asociación o, como mucho, le dan una importancia muy leve frente a la gran importancia que tienen otros factores como nacer en

determinados ambientes socioeconómicos, familias con miembros violentos, etc. Además, estos nuevos datos en general son mucho más sólidos que los anteriores. Esto se debe a que ahora los investigadores se centran mucho en el uso de herramientas neurocientíficas que permiten mirar directamente si el cerebro cambia al exponerse a videojuegos violentos. Así que, aunque todavía es un campo bajo estudio, a día de hoy no se puede decir que los videojuegos violentos generen comportamientos violentos. Eso sí, esto no cambia el hecho de que no todos los videojuegos tienen un contenido apto para todos los públicos, así que siempre es importante revisar a qué está jugando nuestra descendencia.



NIVEL 3

PLAY

EMPATÍA
Y
VIDEOJUEGOS

Recientemente he estado jugando a un videojuego llamado *Firewatch*. No es una obra totalmente desconocida, pero es una creación bastante alternativa que tiene un inicio argumental aparentemente poco atractivo: eres un tío que acepta un trabajo de verano como guardabosques. Y, sin embargo, al poco de jugar ya entiendes las motivaciones del protagonista, empatizas con sus problemas y quieres acompañarle a ver qué tal le va durante el verano.

Al igual que ocurre con otras obras artísticas donde la historia es importante, en algunos videojuegos existe un sólido trabajo narrativo que va destinado a que comprendamos a los distintos personajes que aparecen en el juego y empaticemos con ellos. Y en algunos casos muy concretos, como por ejemplo en *Hellblade: Senua's Sacrifice*, los diseñadores buscan algo más que mera empatía: quieren transmitir un mensaje a su audiencia que les haga reflexionar sobre un aspecto concreto de la sociedad. En el caso de *Hellblade*, se busca visibilizar el sufrimiento que supone convivir con una enfermedad mental (en este caso, la esquizofrenia), al mismo tiempo que se muestra que quien la padece no es alguien desvalido, que, en definitiva, la enfermedad mental no es lo único que define a quien la sufre. Para ello, los diseñadores utilizan múltiples técnicas audiovisuales para que percibamos el mundo como la protagonista, Senua, al mismo tiempo que desarrolla una historia intensa y muy humana que nos conecta con ella. Y creo que es muy difícil, si no imposible, acabar el juego sin que nuestro modo de ver a las personas con una enfermedad mental haya cambiado. Y esto es interesante porque nos anima a plantearnos si, más allá de la violencia directa, pueden los videojuegos cambiar otros tipos de comportamientos o percepciones que tengamos.

NEURONAS ESPEJO: LAS RAÍCES CRISTALINAS DE LA EMPATÍA

Todo lo que somos está en nuestro cerebro. Nuestros pensamientos, recuerdos y acciones no son algo abstracto que surge de la nada, sino que se crea en células concretas. Estas células forman grupos que a veces se localizan en una

zona específica del cerebro y a veces implican distintas áreas que forman redes neuronales, es decir, conjuntos de células nerviosas que, independientemente de dónde estén en el cerebro, trabajan todas juntas en un mismo proceso, como puede ser coger un objeto, ver la televisión o sentirnos alegres, tristes... En cierto modo una red neuronal es como un conjunto de personas (las células) trabajando en una fábrica: cada una de esas personas están en un punto diferente, a veces separadas en diferentes plantas, oficinas, etc., y es posible que hagan tareas aparentemente muy poco relacionadas (como pueden hacer el contable y el operario de la cadena de montaje de una fábrica de coches), pero todos desempeñan su labor con un mismo objetivo: producir coches.

En el capítulo anterior hemos visto que hay áreas específicas que se encargan de nuestras emociones y ahora vamos a explorar cómo somos capaces de entender lo que sienten otras personas. Para ello tenemos que hablar de la empatía (la capacidad de identificarse con alguien y compartir sus sentimientos) y de las neuronas espejo.

Las neuronas espejo son aquellas que se activan tanto al realizar una acción como al ver a alguien llevando a cabo esa misma acción^[1]. Por ejemplo, cuando saltas se activan en tu cerebro una serie de neuronas (muchas de ellas en áreas motoras relacionadas con el control del movimiento, como el córtex motor, que está en el cogote, o el cerebelo, que anda por tu nuca), y cuando ves a alguien saltar también se activan algunas de esas neuronas. Pues aquellas neuronas que se han activado tanto cuando eres tú el que ha saltado como cuando simplemente veías a alguien saltar son células con propiedades espejo o, también llamadas, neuronas espejo.



DATO CURIOSO^[2]

Aunque ahora sabemos que existen neuronas espejo en el cerebro humano, estas originalmente se descubrieron en macacos y su descubrimiento se debe en parte a un estudiante que tenía hambre. El investigador Giacomo Rizzolatti llevaba un tiempo estudiando el cerebro de estos primates en su laboratorio de Parma (Italia). Concretamente en su grupo de investigación registraban las neuronas motoras que se activaban cada vez que un macaco cogía un objeto. En estas andaban cuando un día bastante caluroso de verano hicieron una pausa en el laboratorio, pero como pensaban volver enseguida dejaron los aparatos que registraban la actividad cerebral de los macacos encendidos. Al rato un estudiante de doctorado volvió a la sala con un helado en la mano: el mono se lo quedó mirando y cuando el estudiante se llevó el helado a la boca los monitores registraron activación de las neuronas motoras, pese a que el macaco estaba quieto. Esta reacción, que ya había sido percibida por los investigadores cuando personas u otros macacos comían cacahuets delante de un mono que permanecía inmóvil mientras estaba conectado al equipo, llevó al descubrimiento de las neuronas espejo.

Tras la publicación entre 1992 y 1996 de los primeros artículos donde se describen las neuronas espejo lo siguiente fue entender para qué sirven exactamente. En la actualidad está generalmente aceptado que estas neuronas están relacionadas más con el entendimiento de los objetivos que hay detrás de una acción que con acciones concretas^[3]. Unos de los datos más sólidos que apoyan esta interpretación son los experimentos donde se observa que a un mono se le activan las mismas neuronas espejo ante la acción de coger algo, por ejemplo una pieza de fruta para comérsela, independientemente de si la coge con la mano derecha, izquierda o con la boca. Y lo mismo ocurre cuando tiene que usar una pinza para coger la comida, y primero debe hacerlo usando una pinza normal y después una pinza invertida (un tipo de pinza que para cerrarla y coger la comida hay que abrir la mano en vez de cerrarla): en ambos casos se activan las mismas neuronas espejo^[4]. Es decir, que estas neuronas no se activan con la acción concreta de usar la mano, las pinzas, la boca o lo que sea para coger la comida: las neuronas espejo están relacionadas con entender que la acción que está haciendo el mono refleja su intención de coger la comida (sin importar cómo lo haga). A nuestras neuronas espejo les importa entender cuanto antes qué quiere hacer otra persona, no exactamente cómo va a hacerlo.

Décadas de estudios tanto en macacos como en humanos han encontrado neuronas con propiedades espejo en distintas redes neuronales^[5], lo cual ha reforzado la idea de que estas neuronas sirven para entender los objetivos de determinadas acciones, sean las que sean. Eso sí, es importante tener en cuenta que se trata de un mecanismo automático que intenta comprender los objetivos detrás de las acciones, pero es una vía paralela al procesamiento posterior consciente y racional que los seres humanos hacemos. Como dice el propio Giacomo Rizzolatti en una entrevista^[6]: «Las neuronas espejo demostraron que algunas acciones las entiendo de forma fenomenológica, mientras que otras no. Por ejemplo, frente a la acción de coger un vaso para beber, las neuronas espejo entienden que cojo el vaso para beber, pero... ¿por qué? Esto no lo puedo saber directamente, necesito más información... si te conozco y sé que eres un borracho quiere decir que te quieres emborrachar de nuevo, si en cambio corriste un kilómetro quiere decir que tienes sed... hay todo un proceso lógico ligado a la información que sabemos previamente. Son dos vías separadas y el desafío es entender cómo funcionan juntas».

DATO CURIOSO

Se ha visto que la activación de las neuronas espejo se produce unos sesenta milisegundos después de que alguien empiece a realizar una acción, lo cual significa que automáticamente nuestro cerebro funciona a toda velocidad para tratar de saber qué está haciendo la gente que nos rodea. Obviamente tardamos un poco más en darnos cuenta conscientemente, pero si lo pensáis significa que en cualquier competición el que se mueve primero tiene neurológicamente una ventaja inferior a la décima de segundo.

La importancia de las neuronas espejo va más allá de simplemente ser más o menos empático, ya que varios trabajos relacionan problemas en ellas con algunos de los síntomas relacionados con las habilidades sociales en los trastornos del espectro autista^{[7],[8]}. Y es que los seres humanos somos unos animales extremadamente sociales gracias a un entramado neuronal que todavía estamos estudiando. Todas estas construcciones biológicas son unas estructuras que mayoritariamente vienen de nacimiento, pero... ¿podemos modificarlas?

La empatía cambia nuestro modo de jugar

La clave de toda historia es que el espectador conecte con los personajes. Para que la trama enganche es necesario que, gracias a la empatía, se produzca una conexión emocional. *Juego de Tronos* no habría alcanzado el éxito que ha conseguido si no tuviera una narrativa que se esfuerza en hacernos entender los puntos de vista y las acciones de todos los protagonistas; y por eso mismo los personajes con imperfecciones en las que nos podemos ver reflejados suelen resultarnos muy interesantes, ya sean el Batman de *El regreso del Caballero Oscuro*, el dúo de ciencia ficción *Rick y Morty* o el caballo protagonista de *BoJack Horseman*. Pero los libros, series y películas tienen una limitación: la historia está fijada y el espectador no puede cambiar nada de lo que va a ocurrir. Sin embargo, en muchos videojuegos no es así: están diseñados para que las acciones del jugador modifiquen la historia. Las sagas

de videojuegos de *Red Dead Redemption* , *The Witcher* , *Fallout* o el reciente *Cyberpunk 2077* son máximos exponentes de mundos abiertos enormes donde el jugador tiene que estar constantemente tomando decisiones, e incluso en videojuegos mucho más restringidos, mucho más lineales, suele haber una cierta libertad de acción. Para que entendáis un poco la libertad de acción que ofrecen os pongo un ejemplo: *Mass Effect* es una saga de ciencia ficción donde nosotros encarnamos al o la comandante Sheppard. El rollo es que estamos muy ocupados salvando el universo cuando una periodista empieza a acosarnos. Esta es solo una de las decenas de subtramas secundarias del juego y, mientras lidiamos con movidas interesaciales muy tochas, la periodista se va cruzando en nuestro camino y cada vez es más problemática. Tras varios desencuentros (y tocarnos mucho las narices) podemos decidir en una última discusión si directamente le pegamos un puñetazo o no. ¿Qué haríais vosotros y por qué? Cada vez son más las investigaciones que se preguntan qué motiva a que, dentro de los videojuegos, los jugadores tomen unas decisiones u otras.

Relacionado con las decisiones morales se ha visto que, jugando contra la máquina, la moral influye en el comportamiento de los jugadores: en videojuegos violentos se juega de manera más agresiva cuando ese comportamiento está justificado dentro del juego. Y en paralelo a la moral, la empatía también participa ya que amplifica el efecto determinado por la moralidad: si no conectamos emocionalmente con los personajes, cada uno hace lo que más o menos considera moralmente adecuado, pero si empatizamos mucho los efectos se acentúan. Esto provoca que dentro de los videojuegos donde empaticemos con la historia, con los personajes, etc., los comportamientos se vuelvan más agresivos o benevolentes de lo que son únicamente guiados por una brújula moral^[9]. Y esto es muy interesante porque reproduce en un videojuego lo que nos ocurre constantemente en la vida real: normalmente vamos tomando decisiones racionales basadas en nuestro juicio moral, pero en cuanto entran en juego las emociones nuestras decisiones tienden a ser mucho más exageradas.

DATO CURIOSO

Las apariencias son importantes en los videojuegos ya que se ha visto que el aspecto estético de un personaje (apariencia, raza, vestimentas...) influye en cómo los manejan los jugadores. Por

ejemplo, en videojuegos donde hay que interaccionar con otros jugadores, cuanto más atractiva sea la apariencia del avatar/personaje manejado por el jugador, más confiado se muestra este en sus acciones y esto refuerza las interacciones sociales dentro del juego. Curiosamente, otros trabajos han encontrado una asociación entre llevar personajes con atuendos negros y tener un modo de juego más agresivo que dificulta el trabajo en grupo dentro del videojuego.

Si nuestras emociones pueden modificar cómo jugamos a un videojuego, la siguiente pregunta es si se trata de un mecanismo bidireccional y, por lo tanto, si pueden los videojuegos modificar nuestras emociones en la vida real. En el capítulo anterior vimos que los videojuegos o no tienen ninguna relación con acciones violentas o, de tenerlo, su efecto es irrelevante frente otros factores mucho más decisivos como es el entorno familiar, el entorno escolar o la presencia de enfermedades mentales. Sin embargo, esto no descarta que en otros aspectos los videojuegos sí puedan tener un papel relevante.

DATO CURIOSO

A la hora de tomar decisiones se ha visto que los adolescentes priorizan más la posible ganancia que el riesgo. Por eso cuando llegamos a la edad adulta al recordar ciertas anécdotas pensamos «Madre mía, ¿cómo se me ocurría a mí hacer esas cosas...?». La explicación es que la maduración cerebral no termina hasta pasados los veintipocos, pero no todo el cerebro madura a la vez: en los adolescentes las partes relacionadas con las emociones, como por ejemplo la amígdala, ya han madurado mientras que las partes relacionadas con el control de las emociones, como el córtex prefrontal, todavía están desarrollándose. Esto hace que biológicamente sean más emocionales a la hora de tomar decisiones, lo cual da lugar a más de algún drama y disgusto en esa época. En cierto modo son como un coche que tiene un motor emocional muy potente, pero los frenos son una birria. Aunque no todo es negativo ya que un cerebro que se centra menos en los riesgos potencia un

comportamiento de exploración, de buscar nuevos estímulos, lo cual también da lugar a que se aprendan cosas nuevas que de otra manera nunca hubieran descubierto.

¿LOS VIDEOJUEGOS PUEDEN POTENCIAR EL ACOSO CONTRA CIERTOS COLECTIVOS?

La aparición de internet ha traído grandes mejoras en el ámbito educativo, en el acceso a la información y en la comunicación, pero como todo gran avance tecnológico también ha dado lugar a nuevos problemas, como la proliferación de bulos, los problemas de seguridad digital o el ciberacoso (cyberbullying).

El *cyberbullying* es un problema muy presente dentro de la comunidad de videojuegos ya que muchos de los juegos más populares (como el *Fortnite* , *League of Legends* u *Overwarth*) se juegan con o contra otras personas de manera online: es decir, que hay que interactuar con otros humanos. Y no es solo que un jugador pueda comportarse en la partida de un modo determinado para fastidiar a los otros jugadores, sino que también existe un chat escrito o micrófono por el cual a veces hay oleadas de insultos y directamente acoso. Las personas que se comportan así son los denominados trolls, comunidad tóxica o niños rata, y si hay algún lector de este libro que se identifica con estos colectivos o los encuentra graciosos dejadme decir que no es en absoluto gracioso y que vuestro comportamiento puede llegar a ser realmente dañino para otras personas. Lo de «realmente dañino» a lo mejor os parecerá exagerado a la gente ajena a los videojuegos, pero imaginad que tenéis una afición que es importante para vosotros (por ejemplo, ir a clases de baile) y que cada vez que vais suele haber alguien que se comporta como un cretino e incluso llega a insultaros. Y como cada día es una persona diferente, el problema es interminable. Pues así es como se sienten muchos aficionados a los videojuegos al tener que lidiar con ciertos jugadores. Además, el acoso trasciende las propias partidas ya que el contenido va más allá: hay gente que juega en directo a videojuegos, escribe artículos, sube vídeos, etc. Desde gente completamente *amateur* hasta periodistas, *streamers* , *youtubers* o jugadoras profesionales para los que parte de su día a día es lidiar con individuos tóxicos.

«*Streamer*» viene del verbo inglés «*stream* », que significa ‘transmitir’, y hace referencia a aquellas personas que se dedican a compartir en directo por internet vídeos donde realizan ciertas actividades, como puede ser jugar a un videojuego, tocar un instrumento musical o simplemente hablar de un tema.

Que en los videojuegos aparezcan comportamientos tóxicos no tiene nada de sorprendente; después de todo, son parte de la sociedad y en el resto de los ámbitos culturales o de entretenimiento también hay una buena dosis de acoso. Un claro ejemplo del acoso en los videojuegos es la proliferación entre los jugadores del *Fortnite* del insulto *default* (opción por «defecto», en inglés) [10]: el *Fortnite* es un juego gratuito (es un *Free to play*) donde varios jugadores compiten entre ellos utilizando unos personajes, PERO también hay contenido de pago. Este contenido de pago no son más que elementos estéticos que cambian la apariencia del personaje con el que juegas, pero no dan ninguna ventaja dentro del juego (como podría ser que tu personaje fuera más rápido o tuviera mejores armas). Las ventajas se limitan a cosas como que tu personaje lleve un sombrero gracioso o una ropa determinada, y como esto no da ninguna ventaja se considera que el juego es un *Free to play*, pero no un *Pay to win*.

Pero bueno, si el juego es gratuito y se juega igual, ¿qué importará que alguien se pueda comprar un sombrero para su personaje favorito si eso no le da ninguna ventaja? Pues resulta que socialmente importa y no es ya que dentro del juego te insulten si juegas con personajes que no llevan complementos estéticos de pago, es que ya se está viendo que fuera de las propias partidas, en los colegios e institutos los chavales llaman *default* y acosan a aquellos niños que juegan al *Fortnite* sin adquirir nada. Todo esto ocurre porque ahora mismo los videojuegos son mucho más que encender o apagar una pantalla: son entornos sociales. Y del mismo modo que siempre ha habido el típico que te pasa por la cara la ropa pija que lleva y se ríe de que llevas prendas pasadas de moda, ahora también este tipo de acoso clasista se da porque no tienes dinero para pagarte una *skin* («piel» en inglés, hace referencia al aspecto estético de un personaje) cuando juegas al *Fortnite*. Esto ocurre y además la situación se agrava porque como normalmente los padres y los profesores no están familiarizados con los videojuegos, pues difícilmente van a entender bien qué está ocurriendo.

Pay to win (pagar para ganar) es un término acuñado por los jugadores para hablar de aquellos juegos donde no hay que pagar para jugar (no hay que comprarlos), pero dentro de los cuales puedes pagar para tener un contenido que te da ventajas frente a los otros jugadores. Vamos, es como si te apuntas a una maratón gratuita, pero si pagas te dejan competir en patinete eléctrico.

Y situaciones como esta plantean la pregunta de si estos comportamientos en los videojuegos son simplemente una reproducción de las acciones que ya vemos en otros ámbitos de la sociedad o si son algo potenciado por el diseño de los videojuegos. ¿Pueden este tipo de productos incentivar comportamientos inapropiados?

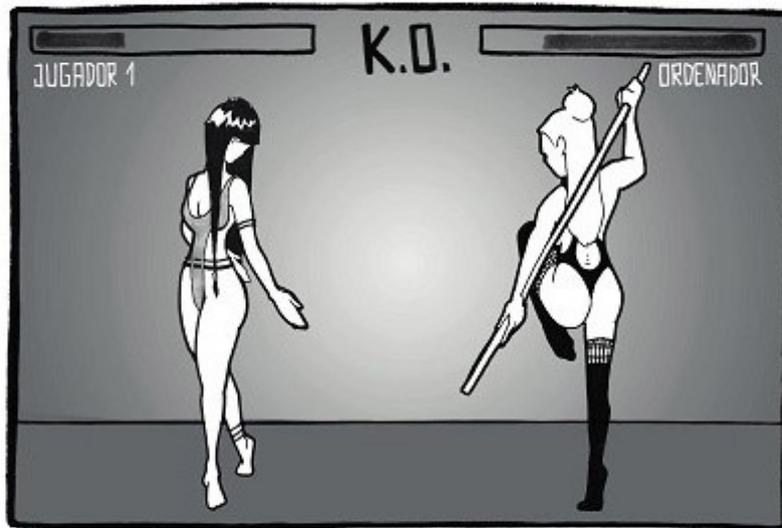
Dentro de la comunidad *gamer*, una de las quejas más repetidas son los casos de acoso machista que muchas jugadoras y demás mujeres relacionadas con el mundo de los videojuegos sufren constantemente. Son muchas las voces críticas que señalan que el diseño claramente machista de algunos videojuegos agrava la discriminación que tradicionalmente ha habido hacia las mujeres en este mundo. No hay muchos trabajos que traten este tema, pero alguno hay... En 2016 se quiso ver si la exposición a videojuegos con contenido sexista potencialmente disminuía la empatía hacia mujeres que hubieran sido víctimas de maltrato^[11]. Para ello organizaron tres grupos diferentes de jóvenes (un total de 154 chicos y chicas con una edad media de dieciséis años): los del primer grupo jugaron a videojuegos recomendados para mayores de dieciocho años por su contenido violento y sexista; los del segundo grupo jugaron a videojuegos solo violentos y recomendados a partir de dieciséis años; y los del tercer grupo jugaron a videojuegos sin contenido sexual ni violento que estaban recomendados a partir de los diez años (como un *pinball* digital o un juego de puzzles). La condición sexista y violenta era jugar una misión del *GTA San Andreas* o el *GTA Vice City*; en ambos casos, el objetivo era acabar con una banda rival, el jugador empezaba en un club privado y en el transcurso de la misión en varias zonas el jugador se encontraba con cierta frecuencia con prostitutas o bailarinas de *striptease*. En contraste, la condición violenta sin contenido sexual era jugar una misión al *Half Life 1* o al *Half Life 2*. En ambos casos, el jugador debía acabar con un grupo de enemigos mientras tenía que moverse por zonas urbanas compuestas por edificios abandonados. Tras jugar se hicieron una serie de test los cuales revelaron que en algunos participantes que habían jugado a videojuegos con

contenido sexista había disminuido su empatía por mujeres que habían sido agredidas por varones. Concretamente este efecto fue destacable en varones que se identificaban fuertemente con el comportamiento misógino de los personajes.

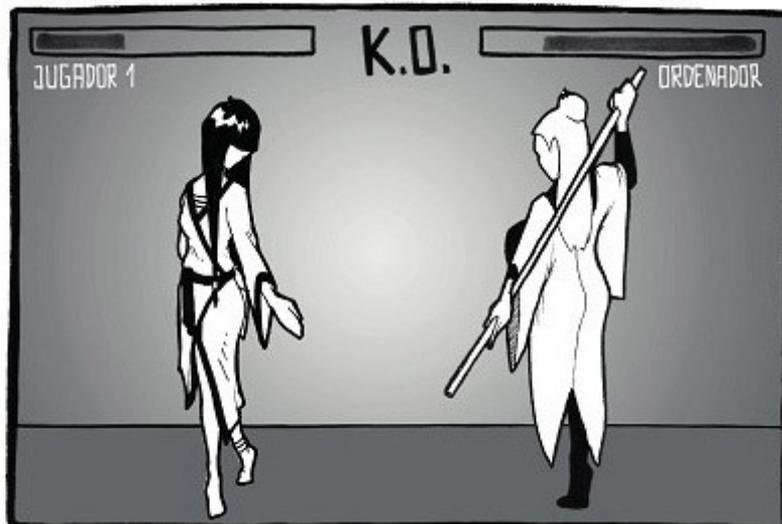
Siguiendo esta línea de investigación, uno de los aspectos que más se está estudiando es si la hipersexualización de los personajes femeninos en los videojuegos contribuye al ciberacoso. En relación con ello hay un estudio que me encanta por su simpleza^[12]: se realizó con estudiantes belgas mayores de edad (hombres y mujeres) a los que se les pidió que jugaran durante quince minutos al *Ultra Street Fighter IV* (un videojuego de lucha donde tú manejas a un personaje que se enfrenta en combate singular a otro). La partida consistía en una pelea entre dos personajes femeninos, uno manejado por el jugador, pero en dos situaciones distintas: la mitad de los voluntarios jugaron con personajes femeninos que llevaban un vestuario no sexualizado, mientras que las luchadoras con las que jugaron la otra mitad peleaban con unos bañadores que dejaban a la vista la mayor parte de su cuerpo. Esta fue la primera fase del experimento.

A los voluntarios se les había dicho que tras jugar tendrían que hacer también unos experimentos no relacionados con el videojuego donde se evaluaría su sentido del humor. Esta fue la segunda parte del experimento: en la prueba tenían que chatear con una persona (a veces era un hombre y otras, una mujer), a la que debían contarle una de las dos bromas que les presentaban. En ocho ocasiones se les dio a elegir entre una broma sexista y otra que no lo era. Uno de los resultados del trabajo fue bastante previsible independientemente de si el jugador era hombre o mujer, si estaba chateando con una mujer aquellas personas que habían jugado en condiciones sexualizadas enviaron más bromas sexistas que aquellas que habían jugado en condiciones no sexualizadas. Otros resultados son más difíciles de interpretar, como por ejemplo, que recibieron más bromas sexistas los varones que las mujeres, y que las participantes femeninas enviaron más bromas sexistas que los participantes masculinos.

CONDICIÓN SEXUALIZADA



CONDICIÓN NO SEXUALIZADA



Supongo que ahora estáis confundidos, en plan... ¿entonces qué? La respuesta es que las investigaciones están todavía muy verdes para afirmar categóricamente que la hipersexualización en los videojuegos fomenta el acoso contra las mujeres. Hay indicios, y no hay que mirar hacia otro lado, pero los pocos estudios que se han realizado tienen todavía muchas limitaciones y a veces ellos mismos presentan resultados contradictorios. Además, hay que recordar que no debemos meter a todos los videojuegos en el mismo saco, ya que no todos tienen rasgos potencialmente negativos para desarrollar la empatía hacia ciertos colectivos.

LOS VIDEOJUEGOS CONTRA LOS PREJUICIOS

Los prejuicios son de lo peor del ser humano y basta con mirar la actualidad política para ver que, cuando son compartidos por mucha gente, siempre hay un movimiento político que los usa para ir contra ciertos colectivos.

En 2012 se publicó un estudio pionero^[13]: en él un grupo de estudiantes estadounidenses jugaban a *PeaceMaker*^[14], un videojuego de estrategia donde puedes jugar como el presidente de Israel o el de Palestina, y el objetivo es conseguir que haya paz en la región antes de que acabe tu mandato. Y es importante señalar que durante la partida los jugadores deben tomar decisiones frente a eventos reales que han ocurrido entre los dos países. En el trabajo se vio que, antes de jugar, los estudiantes tenían en general una postura favorable a Israel, sin embargo, tras jugar se detectó que en aquellos que jugaron como presidentes de Palestina (en el estudio se les asignaba aleatoriamente jugar en un bando o en otro) disminuyó su valoración positiva hacia Israel. Según los investigadores esto se debe a que el videojuego ofrece un marco real del conflicto que desafía las ideas preconcebidas que tenían los estudiantes. Así pues, los estudiantes que inicialmente tenían una posición en contra de Palestina cuando tuvieron que jugar como palestinos en un contexto realista empatizaron con su situación y reajustaron sus prejuicios sobre el conflicto. Además, *PeaceMaker* no es el único videojuego que trata temas complicados con el objetivo de generar empatía: por ejemplo, una obra más reciente es *This war of mine* (2014), un juego de estrategia y supervivencia inspirado en el sitio de Sarajevo, que ha sido el asedio a una ciudad más largo en la historia moderna. El videojuego hace un esfuerzo consciente en mostrarnos los horrores de la guerra al hacernos jugar como unos civiles que tienen que sobrevivir en una ciudad asediada durante un conflicto bélico.

DATO CURIOSO

Los videojuegos no son los únicos elementos culturales que pueden influir en la sociedad. Desde principios del siglo xx el cine ha sido clave como elemento político, social y cultural, más allá de su papel como entretenimiento, y uno de los ejemplos más claros de cómo una obra de ficción puede generar cambios en la sociedad es *Top Gun (Ídolos del aire)* (1986), cuyo estreno hizo que subieran un 500% las solicitudes de unirse a las fuerzas aéreas^[15].

Los casos anteriores no son excepcionales y hay investigadores que han llevado los videojuegos hacia otros ámbitos. En 2011 se publicó un trabajo donde se vio que un proyecto en el que se había incluido un videojuego con temática antibullying consiguió disminuir los casos de acoso en el colegio^[16]. Desgraciadamente, eso sí, todavía no hay muchos trabajos sobre esta área, aunque los resultados son bastante positivos.

Además, hay que tener en cuenta que utilizar los videojuegos como una herramienta para enseñar empatía no está limitado a ciertos grupos, ya que gran parte de la población los consume significativamente. De hecho, una encuesta de 2015 reveló que el 77 % de los hombres y el 57 % de las mujeres estadounidenses de entre dieciocho y veintinueve años jugaban a videojuegos^[18]. Puesto que muchos jugadores son estudiantes universitarios, un laboratorio estudió preliminarmente el potencial de los videojuegos para enseñar empatía a los estudiantes de medicina. Para ello les hicieron a casi cien estudiantes una serie de encuestas antes y después de jugar a *That Dragon, Cancer*, un videojuego creado por Ryan y Amy Green, donde cuentan la historia de su hijo Joel, diagnosticado de cáncer a los doce meses de edad y que falleció cuatro años después. Es una obra inmersiva e intimista que explora la vida de la familia Green durante esos años, desde algunos momentos de felicidad familiar a las situaciones más difíciles que se presentan al cuidar a un niño con una enfermedad terminal. Aunque modestos, los resultados señalaron que desde la perspectiva de los estudiantes de medicina fue un aprendizaje más efectivo y llevadero que otros métodos más tradicionales para enseñarles empatía.

DATO CURIOSO

Ya que estamos hablando de enseñanza y de la transmisión de ideas, no sé si sabéis que los memes tienen un origen científico. El término lo inventó el científico Richard Dawkins, cuyo libro *El gen egoísta*^[17] tiene un capítulo titulado «Memes: los nuevos replicadores». Según él, al igual que los genes son unidades de información biológica que se van pasando de unos individuos a otros, los memes serían unidades de información, ideas que se pasan culturalmente de unos individuos a otros. Luego, eso sí, vinieron las redes sociales, WhatsApp y los chistes haciendo fotomontajes.



Resumiendo un poco, todos estos estudios sugieren que los videojuegos no son un elemento culturalmente neutro: al igual que el cine o la literatura, los videojuegos tienen el potencial de influir hasta cierto grado en los individuos, tanto positiva como negativamente, con lo cual está en manos de la industria y de los creadores el contribuir en la construcción de una sociedad mejor. Los videojuegos no son un mero entretenimiento carente de valores o lecciones morales; de hecho, prácticamente nada es un mero entretenimiento. Pensemos en el fútbol, por ejemplo. Los valores de deportividad son geniales, pero también conviven con la agresividad que muchas personas manifiestan en los campos cuando van a ver un partido en directo. Otro ejemplo sería la televisión, en la que los numerosos programas de «entretenimiento» con contenidos tóxicos conviven con programas educativos a la par que divertidos. No hay nada que demuestre que los videojuegos son una excepción y podamos poner lo que nos dé la gana en ellos sin que eso vaya a influir en los jugadores. Lo que pasa es que es muy cómodo hacerlo y si resulta que estás promoviendo comportamientos tóxicos, es fácil defenderte diciendo «es solo un juego». La madurez de una industria no solo se basa en datos macroeconómicos, cifras de ventas o números de jugadores. También se demuestra tomando la responsabilidad de juegos o comunidades negativas, y trabajando para generar un contenido ejemplar que mejore todo el mundo *gamer*.

NIVEL 4

PLAY

¿SON
ADICTIVOS
LOS
VIDEOJUEGOS?



En 2019, dos compañeros y yo dirigimos el documental *Company*, donde grabamos a un grupo de adictos en recuperación que utilizaban el teatro como una forma de apoyo para no recaer. Formaban parte de la compañía de teatro londinense Outside Edge, donde conocí a personas que en algún momento de su vida habían caído en algún tipo de adicción. Alcohólicos, cocainómanos o directamente politoxicómanos, todas esas personas se juntaban cada semana para apoyarse los unos a los otros, y nadie que los viera por la calle diría que eran adictos en recuperación. Eso sí, todos tenían en su pasado historias realmente duras, llenas de dolor tanto para ellos como para su entorno. Por eso, hablar de adicción me parece un tema extremadamente serio donde hay que ser muy riguroso, y cuando leo titulares como «Expertos comparan la adicción al juego *Fortnite* con la heroína»^[1] en uno de los mayores canales de televisión española, pues en vez de crearme directamente el titular y tirar el *Fortnite* por la ventana, me pregunto quiénes son esos expertos y en qué estudios científicos se basan para realizar tales afirmaciones.

Curiosamente, en el vídeo que salió en televisión no se da ninguna fuente y simplemente se dice «Atención, hoy hemos sabido que el videojuego *Fortnite*, conocido entre padres y adolescentes, puede ser más adictivo que la heroína. Lo avisan hoy los expertos. Es un videojuego...» y en la nota de prensa la única referencia es el nombre de un psiquiatra que aparece mencionado en el artículo de un periódico de tirada nacional. El artículo^[2], escrito por una periodista, no referencia en ningún momento la fuente de los datos que va diciendo y entre medio va incluyendo los comentarios de ese psiquiatra, que no es ningún experto especializado en psiquiatría y videojuegos, simplemente es una persona que dirige una clínica privada enorme. Eso sí, de todo lo expuesto en el artículo hay una cosa que es innegable: la inclusión en 2013 del término *Internet Gaming Disorder* (Trastorno por videojuegos Online) en el DSM-5, y la inclusión más reciente en 2017 por parte de la Organización Mundial de la Salud del término Trastorno por Videojuegos (*Gaming Disorder*) en la Clasificación Internacional de Enfermedades (International Classification of Diseases)^[3].

Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5 (DSM-5) es la quinta edición del *Manual de Diagnóstico y Estadística de Trastornos Mentales*, el cual es una de las principales referencias a la hora de hablar sobre qué es o no una enfermedad mental.

Y a todo esto hay que sumarle que, tras la inclusión por parte de las instituciones de este tipo de trastornos en el manual, han crecido la cantidad de clínicas que ofrecen tratamientos contra estas adicciones^[4]. Pero... ¿son las cosas tan sencillas? Bienvenidos al intrincado y peliagudo neuromundo de las adicciones.

DATO CURIOSO

La heroína es un derivado de la morfina que, aparte de su uso recreativo, es una sustancia de gran utilidad clínica como anestésico y para el tratamiento del dolor. No es el único caso de sustancia originalmente médica que más tarde ella, o un derivado, es consumida en otros contextos. Y, del mismo modo, también ocurre lo contrario y en drogas que inicialmente tienen un fin lúdico posteriormente se ha descubierto una posible aplicación clínica. Un ejemplo clásico de esto es el cannabis, y más recientemente se está investigando el potencial para tratar trastornos mentales de drogas como el LSD, el DMT (ayahuasca) y la psilocibina (setas alucinógenas). Sin embargo, que una droga o un derivado tengan una aplicación médica no significa que esa sustancia sea más segura, sana o «natural». Toda droga tiene una serie de contraindicaciones y su consumo —más allá de un consumo con utilidad clínica adecuadamente supervisado por médicos— siempre es en algún grado perjudicial para la salud.

¿QUÉ ES UNA DROGA?

Una droga es cualquier sustancia que cuando entra en el cuerpo genera un cambio fisiológico y/o psicológico. A este nivel técnicamente hablando es tan droga una raya de cocaína como una pastilla para la tensión o un ibuprofeno. Y también la cafeína que lleva el té o el café, o el alcohol de una cerveza son una droga.

Lo que ocurre es que cuando hablamos coloquialmente de drogas nos estamos refiriendo a un grupo concreto de sustancias que se utilizan con fines recreativos, al margen de que tengan o no una utilidad médica en ciertos contextos. De hecho, todas estas drogas son lo que llamaríamos «drogas psicoactivas» ya que alteran el funcionamiento cerebral produciendo cambios en el funcionamiento de áreas como nuestro comportamiento, percepción, estado de ánimo o forma de pensar.

Con la definición de droga sobre la mesa vemos que es incorrecto decir que los videojuegos «son una droga» porque no son una sustancia. Más adelante os explicaré que sí es posible desarrollar adicciones a ciertas cosas o acciones sin que medie una sustancia de por medio, pero por ahora esto que os lleváis aprendido.

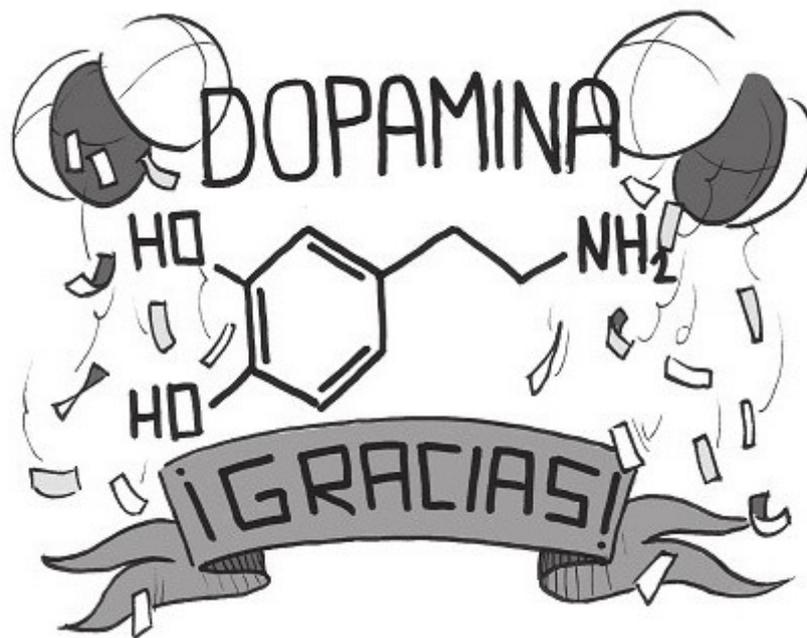
El placer y la adicción son temas complicados

Por muy poco que os haya interesado la neurociencia hasta la lectura de este maravilloso libro (muy recomendable para familia y amigos, suscríbete y dale a like), seguro que habéis oído hablar de un neurotransmisor llamado dopamina.

Los neurotransmisores son aquellas moléculas que utilizan las neuronas para pasar información a otra célula. Esta otra célula normalmente es otra neurona, pero también pueden ser otros tejidos como las células musculares, que se mueven según lo que les dice un nervio. Uno de los neurotransmisores más famosos es la dopamina, que es la molécula del gustillo por excelencia. No es la única relacionada con el placer, pero es de lejos la reina: que te dé placer comerte un bocadillo de jamón, hacer ejercicio, reírte o tener un buen orgasmo, todo eso se lo tienes que agradecer a la dopamina. Así que GRACIAS.

Cuando suben los niveles de dopamina en determinadas zonas del cerebro, sobre todo en una denominada núcleo accumbens, sentimos placer. Esta parte del cerebro es muy importante para que se produzca esa pequeña sensación agradable, también llamada «sensación de recompensa», que tenemos al

realizar actividades vitales entre las cuales está comer, y se cree que esta experiencia agradable es clave para reforzar ciertos comportamientos. La idea es que hay cosas tan importantes para que sigamos vivos que el cuerpo nos recompensa un poco cada vez que las hacemos.



Existen distintas rutas nerviosas que son capaces de estimular, directa o indirectamente, estas áreas y de ahí que el abanico de actividades y sustancias que nos dan placer sea tan amplio. A esto hay que sumarle que el núcleo accumbens se encuentra muy relacionado con la adicción, pero como este es un tema complicado es mejor dejar claras cuatro ideas básicas:

1. Que algo dé placer no lo convierte directamente en adictivo.
2. No todas las personas que se inician con una droga (uso) se convierten en adictos. La adicción es un proceso y como tal requiere exponerse a la sustancia o actividad en repetidas ocasiones.

DATO CURIOSO

Que una molécula actúe como un neurotransmisor en nuestro cerebro no significa que esté exclusivamente allí. Por ejemplo, la serotonina del cerebro es un neurotransmisor muy relacionado con nuestros estados de ánimo mientras que la serotonina que se

produce en el intestino se encarga de controlar los movimientos intestinales que van moviendo todo lo que tenemos allí dentro. Y actualmente no hay pruebas sólidas de que la serotonina intestinal sea capaz de llegar al cerebro, de manera que los niveles de serotonina cerebral y de serotonina intestinal no están relacionados entre sí.

3. Aunque tendemos a poner en el centro de la atención a la droga, hay muchos estudios que indican que, aparte de la sustancia, el entorno es clave a la hora de desarrollar o no una adicción. Estos trabajos surgieron ante una aparente paradoja: la medicina moderna administra de manera rutinaria drogas como la morfina y otros derivados opioides a cientos de miles de pacientes y proporcionalmente muy pocos de ellos desarrollan una adicción a esas sustancias.
4. La clasificación de drogas duras y drogas blandas es una convención social. En neurobiología no existe tal diferencia y si nos atenemos a sus efectos, tanto unas como otras tienen un considerable potencial de generar graves problemas de salud.

Total, que el consumo repetido de ciertas sustancias puede generar cambios en el cerebro y estos cambios son los que dan lugar a la adicción. Así es como los sistemas de refuerzo que son claves para la supervivencia y el mantenimiento de la homeostasis (estado de equilibrio dentro del cuerpo) pasan a funcionar regular y entonces, entre otras cosas, suele producirse alostasis, que es el equilibrio artificial que se consigue bajo el consumo de drogas. En esta situación, uno de los modelos que explican en parte la adicción, sobre todo en su vertiente de dependencia física (aunque también hay dependencia psicológica), es que al ir tomando constantemente una sustancia que sobreactiva ciertas partes del sistema nervioso o bien otras partes intentan contrarrestar ese efecto para mantener un equilibrio, o bien las partes sobreactivadas dejan de «esforzarse»: con el tiempo lo que ocurre es que sin la droga estas áreas están menos activadas de lo normal, lo cual produce malestar, síndrome de abstinencia, etc., haciendo que al final un adicto no consuma droga para sentirse mejor de lo habitual, sino para dejar de sentirse mal. De hecho, los cambios pueden ser tan profundos que en adictos crónicos se ven variaciones claras en los patrones de activación del cerebro. Y son precisamente por estos cambios, que luego son difíciles de revertir, por lo que se dice que alguien es un adicto siempre aunque lleve décadas limpio. En

cierto modo es un poco como tener una cicatriz cerebral, pero esto no significa que no puedan llevar una vida normal. Volviendo a la compañía de teatro que conocí en Londres, una de las personas más simpáticas que conocí en Outside Edge fue Liam, un ingeniero que llevaba décadas completamente limpio y era un actor nato.

DATO CURIOSO

Se calcula que de media el 15% de la población mundial convive con alguna forma de dolor crónico. Afortunadamente, para tratar a estas personas existe una gran variedad de analgésicos que varían en su potencia, duración, efectos secundarios... y también en la frecuencia con la cual la gente desarrolla adicción a ellos. Entre todos ellos están los opioides, que son algunos de los más potentes analgésicos, pero también de los más adictivos y que además presentan el riesgo de que es posible morir por una sobredosis. En España su prescripción médica está muy controlada, pero en Estados Unidos durante décadas no ha sido así y ello ha generado una crisis sanitaria donde las sobredosis son actualmente la principal causa de muerte entre los adultos estadounidenses menores de cincuenta y cinco años. Si se comparan los datos, resulta que causan casi tantas muertes como los accidentes de tráfico y las armas en Estados Unidos juntas^[5]. La situación es especialmente grave en zonas socioeconómicamente deprimidas y ha dado lugar a que más de quinientas ciudades y comunidades se hayan querellado contra las empresas farmacéuticas^[6].

DATO CURIOSO

La broma de que te puedes drogar tomando jarabes para la tos tiene una considerable base histórica. En 1898 Bayer comercializó la heroína como «antitusígeno», es decir, como un producto para

aliviar o calmar la tos. Obviamente ahora este tipo de productos NO llevan heroína, pero la gente acabó por todo lo alto el siglo XIX.

No solo son adictivas las drogas: adicciones sin sustancia

Llegados a este punto es fácil pensar que los videojuegos no son una sustancia y, por tanto, no pueden ser adictivos. Eso es bastante simplista ya que para que se desarrolle una adicción la única condición es que se produzcan unos cambios concretos en el cerebro, y resulta que lo que consumimos, pero también lo que hacemos, tiene un efecto en el cerebro. De ahí que existan lo que se denominan «adicciones sin sustancia».

Las adicciones sin sustancia son conductas repetitivas que al menos inicialmente resultan placenteras, pero que generan una pérdida de control en el sujeto dando lugar a problemas graves en su vida cotidiana, entorno familiar, laboral o social. Es importante fijarse en que la definición de adicción va más allá de repetir con cierta frecuencia una acción o un consumo: por ejemplo, que alguien beba agua todos los días o se levante todas las mañanas no significa que tenga una adicción a estas cosas. La clave está en si ese comportamiento desencadena ciertos cambios negativos de salud, como el sentirse mal si no se realiza, y/o daña elementos sociales como tus relaciones con otras personas, pone en peligro tu trabajo, te arruina económicamente, etc.

Dicho esto, aparte de sustancias hay muchas actividades que nos resultan placenteras, y si nos resultan placenteras es porque activan ciertos circuitos neuronales que están implicados en el placer, los cuales ya hemos visto que están relacionados con la adicción. Un ejemplo clásico de este tipo de problemas es la ludopatía, que antes del *boom* de las casas de apuestas ya la padecía un 2-3% de la población y se veía que la edad media descendía; estos datos encajan con el perfil de personas que en España acuden a las casas de apuestas, que actualmente se estima que son alrededor de 1,6 millones de personas, en su mayoría varones, con una edad media de entre dieciocho y treinta y cinco años y aficionados al deporte, sobre todo al fútbol^[7]. Es especialmente preocupante que una parte significativa de estos locales se sitúen cerca de institutos^[8], barrios pobres...^[9] y ya se han producido redadas

en las cuales se han encontrado menores apostando en estos establecimientos^[10].

Pero, ojo, que hay muchas otras adicciones sin sustancia científicamente estudiadas: está, por ejemplo, la adicción al trabajo, padecida por cerca del 10% de la población y que se caracteriza por una progresiva pérdida del control de los límites del trabajo que da lugar a interferencias negativas en la vida cotidiana, relaciones familiares deterioradas, síntomas de abstinencia (irritabilidad, ansiedad, depresión, etc.) en los periodos vacacionales, relaciones sexuales programadas y no espontáneas, alteraciones relacionadas con el estrés, etc. O también existe la adicción al ejercicio físico, en la cual las personas tienen pensamientos compulsivos sobre la práctica de ejercicio y sufren síndrome de abstinencia cuando no pueden hacer deporte. Adicción a las compras, al sexo... y a todas estas recientemente se han sumado los videojuegos.

¿QUÉ ES ESTO DEL TRASTORNO POR VIDEOJUEGOS?

Como he comentado anteriormente, ya se le ha puesto nombre a esto de viciarse jugando a videojuegos, pero hay que poner en contexto las cosas:

El término *Internet Gaming Disorder* (Trastorno por Videojuegos Online) incluido desde 2013 en el DSM-5 fue bastante controvertido porque las evidencias sobre este trastorno eran bastante limitadas y el modo de clasificarlo tampoco parecía el más adecuado. Así que en el ámbito sanitario la aparición de este término se tomó más como una forma de llamar la atención sobre este asunto para que se investigara más a fondo que como algo fijo e inmutable.

Los años pasaron y en 2017 la Organización Mundial de la Salud (OMS) sacó el término «Trastorno por Videojuegos» (*Gaming Disorder*) que se incluye en la Clasificación Internacional de Enfermedades (*International Classification of Diseases*). Tanto un término como otro son muy similares y hacen referencia a un comportamiento poco controlado respecto a las horas de juego, obsesión por este tipo de ocio, continuar jugando pese a las consecuencias negativas, desarrollo de tolerancia (cada vez menos placer al jugar) y síndrome de abstinencia. Vamos, todas las características de una adicción. Y aunque hay aspectos bastante criticados sobre la aparición de

estos términos, el hecho de que entidades médicas tan importantes los mencionen es lo suficientemente preocupante como para echarle un buen vistazo a los estudios científicos sobre el tema. Vamos allá.

Alimentación, soledad y videojuegos

Una de las características de una adicción es que interfiere con tareas o entornos vitales, y creo que todos estaremos de acuerdo en que sin comer se vive poco. De hecho, comer nos resulta placentero por ese mismo motivo y también existe la adicción a la comida, pero me estoy desviando del tema... Está documentado que aquellas personas que emplean más tiempo jugando a videojuegos tienen más riesgo de presentar hábitos de alimentación poco saludables como saltarse comidas, tomar tentempiés entre comidas, adquirir comida rápida, comer a horarios irregulares, etc. Ante esto, quizá nuestro primer impulso como padres o tutores es prohibir los videojuegos, pero las recomendaciones científicas van más en otra dirección: «Es necesario enseñarles a los niños los horarios, duración y tipos de juegos digitales tanto como enseñarles a controlarse ellos mismos, en vez de prohibirles jugar»^[11].

Y, cambiando un poco de ámbito, otro trabajo que se llevó a cabo con niños de nueve y diez años evaluó si había una relación entre la soledad y el ocio electrónico^[12], y halló que existía una débil relación entre los niveles de soledad y los indicadores de adicción a los videojuegos. Paradójicamente, en el mismo estudio también encontraron una relación entre ser hijo único y la soledad, y los investigadores no se llevan las manos a la cabeza y recomiendan a los padres tener más hijos para combatir la soledad de su descendencia.

El problema de fondo de algunos estudios es que únicamente demuestran una correlación entre indicadores de una posible adicción a los videojuegos y un deterioro en otros ámbitos de la vida.

Una correlación es cuando se demuestra que dos cosas ocurren al mismo tiempo, pero no está demostrado que ambas estén relacionadas.

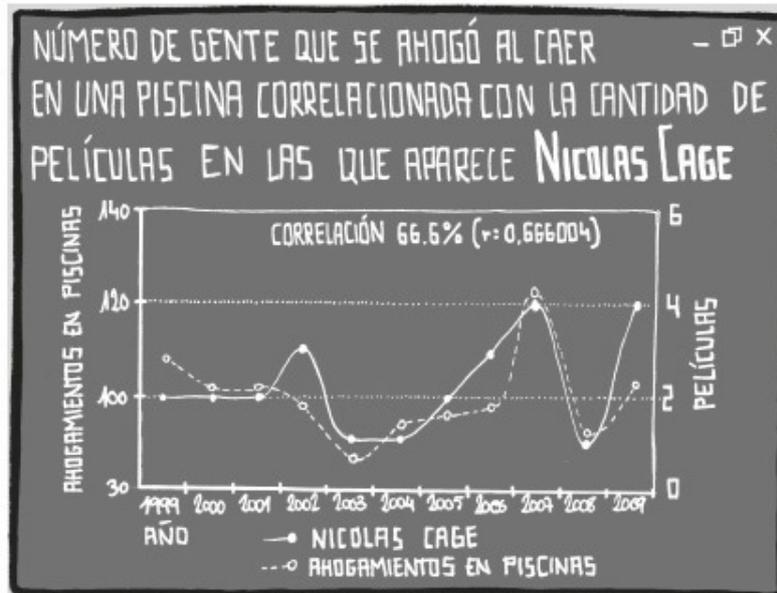
Una de las frases que más te enseñan cuando estudias ciencias es «correlación no implica causalidad». Si os tenéis que llevar una sola frase de

conocimiento científico de este libro, quedaos con esta. Que dos cosas ocurran a la vez no significa que estén relacionadas entre sí de algún modo, como por ejemplo que una sea consecuencia de la otra. Esto puede resultar un poco contraintuitivo, pero me vais a entender enseguida: es posible que en una ciudad haya una correlación entre la cantidad de lentejas consumidas y el número de coches que se compran de color rojo, pero a nadie se le ocurre que una cosa esté relacionada con la otra. Es bastante obvio que lo más probable es que ambas cosas hayan aumentado a la vez por casualidad.

Esto, ojo, no quiere decir que directamente tengamos que descartar todas las correlaciones como chorradas azarosas, pero hay que interpretarlas con cuidado. Hay que ponerlas en contexto, compararlas con otros trabajos y hay que ser conscientes de que es necesario ir más allá para probar definitivamente que dos o más cosas estén relacionadas entre sí.

DATO CURIOSO

¿Qué tienen que ver el número de piratas y la temperatura de la Tierra? Nada, pero existe una correlación entre ambos ya que al mismo tiempo que ha ido disminuyendo el número de piratas en el mundo ha ido subiendo la temperatura media del planeta. Esta correlación es de las más conocidas ya que forma parte del argumentario de la Iglesia Pastafari^[13]. Si os mola esto de las correlaciones, os gustará saber que hay una página dedicada a ellas donde hay correlaciones muy curiosas como, por ejemplo, la que existe entre la cantidad de divorcios en el estado de Maine y el consumo de margarina, o entre el número de personas que fallecen ahogadas al caer en una piscina y la cantidad de películas anuales en las que aparece Nicolas Cage^{[14],[15]}.



Autocontrol y adicción

Que levante la mano quien se haya quemado alguna vez porque tenía mucha hambre y se ha metido comida en la boca sin esperar a que se enfriara. Nos pasa a todos y neurológicamente es un craso error porque significa que las áreas del control y toma de decisiones, como el córtex prefrontal, han fallado en conseguir que nos esperáramos un poco más. ¡Pero es que teníamos mucha hambre!

La capacidad de resistirse a un estímulo primario, como una croqueta recién salida de la sartén, es un ejemplo de autocontrol que requiere una cierta madurez neuronal. Os estoy hablando de croquetas, pero los dulces también valen, ¿eh? Imaginaos que lleváis un rato sin comer, os ofrecen un dulce, por ejemplo un huevo Kinder de esos que nos vuelven locos de críos, pero con una condición: podéis coger uno ahora o, si os esperáis unos minutos, os dan dos. Como adultos que somos podemos esperarnos perfectamente un rato, pero los niños pequeños (cuyas redes neuronales en zonas como el córtex prefrontal están todavía muy inmaduras) lo pasan fatal: se han hecho experimentos de este estilo colocando un dulce sobre la mesa y dejando al niño solo en la habitación mientras el adulto va a por el otro dulce. Los pequeños sufren bastante y recurren a todo tipo de estrategias para intentar no comerse el dulce antes de tiempo: se tapan los ojos con las manos para no

verlo, intentan distraerse con otras cosas, se sientan de espaldas a la mesa... y, obviamente, no todos aguantan el tiempo necesario y algunos de ellos se acaban comiendo el dulce.

Este es un ejemplo clásico de cómo se puede medir el autocontrol ofreciéndole a alguien algo que quiere. A los adultos se les suele ofrecer dinero, pero diciéndoles que pueden conseguir más si se esperan un poco de tiempo. Y, por cierto, en general somos malísimos en esto, lo cual explica por qué mucha gente toma decisiones financieras horribles al preferir dinero rápido en la cuenta que mayores ganancias al cabo de unos meses. Pero, bueno, tiene sentido que prioricemos el presente ya que en el reino animal más vale pájaro en mano, o en nuestro estómago, que ciento volando. Lo que pasa es que ya no estamos en las llanuras cazando y las hipotecas son a treinta años.

Con todo esto os quiero decir que se puede medir la capacidad de autocontrol que tiene una persona. Y como el autocontrol es una de las habilidades que se ven perjudicadas en una adicción, sabiendo esto unos investigadores quisieron comprobar si los jugadores que jugaban mucho al MOBA *League of Legends* tenían problemas de autocontrol^[16].

Los MOBA (*Multiplayer Online Battle Arena*) más populares son el *DOTA 2* y el *League of Legends* (el *LOL*). En el *LOL* los jugadores están divididos en dos equipos de cinco miembros. Los miembros de cada equipo tienen que colaborar para destruir la base enemiga y, aunque se juega en tiempo real, no es un videojuego de disparos. Requiere una dosis importante de reflejos, pero también de estrategia y conocimiento del juego (ya que existen más de ciento cuarenta personajes distintos que los jugadores pueden utilizar, cada uno con cuatro habilidades diferentes, objetos que se pueden comprar para potenciarlos...). Vamos, que poca broma con el *LOL*. Y a toda esta complejidad hay que sumarle que existe una vertiente competitiva del *LOL* con personas que viven, y muy bien, de jugar al *LOL*, lo cual ha hecho que ahora muchos jóvenes en vez de querer ser jugadores profesionales de fútbol se decanten por ser jugadores profesionales del *LOL*.

DATO CURIOSO

***League of Legends* es actualmente uno de los videojuegos más populares. Cada día ocho millones de personas se conectan para**

jugar^[17] y la final de la competición mundial de 2018 tuvo un pico de audiencia superior a los doscientos millones de espectadores^[18]. Más o menos como si toda Francia, Alemania y el Reino Unido hubieran visto la final en ese momento.

El *LOL* se considera un eSport. Los eSports son deportes electrónicos y como tales tienen sus circuitos competitivos a escala mundial, jugadores profesionales, entrenadores, patrocinadores, etc.

Total, que los investigadores quisieron averiguar si jugar mucho al *LOL* hacía que desarrollaras problemas de autocontrol, lo cual estaría relacionado con una posible adicción. ¿Y cuánto es jugar mucho? Pues de media los participantes del estudio (treinta y seis jóvenes de entre dieciocho y veinticuatro años) se viciaban 16,72 horas a la semana y llevan ya jugadas más de 1.200 horas. No está mal, aunque tengo que confesar que yo no sé, ni quiero saber, cuántas horas le metí a este juego durante mi tesis doctoral... De todos modos, también habría que ver cuántas horas a la semana dedica la gente a ver series, ¿eh? Pero bueno, hay que admitir que dieciséis horas semanales es un buen ritmo.

En fin, que hicieron una serie de pruebas y descubrieron que en algunos de estos jugadores sí había presencia de rasgos de impulsividad y adicción en el consumo del *LOL*, pero los propios investigadores advierten que la cosa no es tan sencilla. El desarrollo de estos rasgos no estaba asociado directamente a jugar más o menos horas al *LOL*, ya que había que distinguir entre dos tipos de jugadores:

1. Aquellos que se han involucrado mucho en el juego, de ahí la cantidad de horas jugadas, pero mantienen unos hábitos saludables de consumo, con lo cual las horas de uso únicamente indican una pasión por el videojuego o su uso como actividad de ocio.
2. Aquellas personas que sí desarrollan unos hábitos que encajarían dentro del marco de una adicción.

Las conclusiones finales apuntan a que en futuros estudios hay que ver cuáles son los factores de riesgo que hacen que una persona acabe siendo de un grupo u otro. En este sentido se han empezado a publicar algunos trabajos, como un estudio que analizaba la relación entre el Trastorno por Déficit de

Atención con Hiperactividad con un consumo excesivo de videojuegos y el fumar. Siendo su conclusión que si se trataba a alguien por adicción a videojuegos también se deben revisar los otros dos factores^[19].

Siguiendo esta idea hay muchos trabajos que han encontrado comorbilidad entre el Trastorno por Videojuegos Online/ Trastorno por Videojuegos y patologías psicológicas como ansiedad, depresión, hiperactividad, fobia social y síntomas obsesivos compulsivos. Si esto lo leemos en el capítulo uno del libro quemamos la Playstation, pero ahora somos una mente entrenada en los caminos de la ciencia que sabe que el hecho de que dos factores aparezcan a la vez no significa directamente que uno sea consecuencia del otro, y recordamos que correlación no implica causalidad. Y esto es precisamente de lo que advierte un artículo tocho publicado en 2018^[20]: seleccionaron veinticuatro trabajos sobre este tema que acumulaban casi cincuenta y cuatro mil participantes en total, y tras lo que debió de ser una cantidad extremadamente significativa de horas de trabajo, extrajeron varias conclusiones. La primera es que sí, que el Trastorno por Videojuegos tenía comorbilidades muy altas con muchas patologías psiquiátricas, pero que los estudios únicamente señalaban correlaciones. La segunda es que había que tener cuidado con un potencial sesgo negativo hacia los videojuegos en las publicaciones de hace unos años, lo cual también es un problema mencionado a la hora de interpretar las conclusiones de otras áreas de investigación sobre los videojuegos. Y finalmente mencionaban que eran necesarios trabajos longitudinales que comprobaran a lo largo del tiempo si las personas con patologías psiquiátricas desarrollaban un Trastorno por Videojuegos, o viceversa. Sin esto, el artículo advertía que los resultados se debían interpretar con precaución. Una precaución que no hay en muchos titulares de periódicos, donde se comparan directamente los videojuegos con el consumo de cocaína u otras drogas.

DATO CURIOSO

Esto de mirar la relación entre adicción a videojuegos y tabaquismo puede parecer un poco *random*, un poco aleatorio, pero hay una buena razón para ello: existe una alta comorbilidad entre adicciones psicológicas y abuso de sustancias (por ejemplo, ludopatía y alcoholismo/tabaquismo). «Comorbilidad» es la palabra chachi

médica que normalmente se usa para decir que dos o más problemas médicos pueden aparecer simultáneamente. Por ejemplo, pacientes con enfermedades físicas graves como el cáncer pueden presentar también depresión, así que en estos casos podríamos decir que hay una cierta comorbilidad entre el cáncer y la depresión. Es un poco como el pan con tomate: el pan puede comerse solo, pero también es frecuente que nos lo sirvan untado con tomate, con lo cual hay una cierta comorbilidad entre el pan y el tomate.

Además, los autores del trabajo reflexionan sobre las comunidades que se generan en torno a los videojuegos online: «Generalmente cada videojuego online tiene asociada una comunidad de jugadores. Esto puede llevar a que los jugadores encuentren en internet gente con intereses similares y, por lo tanto, expandan o reemplacen su entramado social de la “vida real”. Conforme se va dedicando más y más tiempo a estas relaciones online, las relaciones sociales del “mundo real” tienden a deteriorarse o desaparecer, y esta falta de apoyo social en la “vida real” puede llevar a algunos jugadores a desarrollar ciertos síntomas. Pero en otros casos establecer este tipo de relaciones online puede ayudar a aliviar el estrés psicológico de algunos jugadores, ayudando a las personas a establecer relaciones sociales a través de internet y construir sus vidas en torno a ello. Algunos autores han publicado evidencias de que las características personales (por ejemplo, extraversión, introversión) afectan a la elección de relaciones online u offline».

Es decir, que no solo hay que estudiar los videojuegos como una posible fuente de patologías, sino que también puede ser al contrario: si bien no sustituyen a ningún tratamiento clínico, sí que pueden ser un elemento de apoyo para muchas personas. Esto, si estáis en contacto con gente que juega a videojuegos, seguro que lo habréis oído alguna vez. En España, por ejemplo, el redactor de *Eurogamer*, Borja Pavón —una de las personas más conocidas del mundo de los videojuegos— comparte en el vídeo «VIDEOJUEGOS Y ANSIEDAD, un viaje personal»^[21] su experiencia de cómo los videojuegos le ayudan a trabajar sus problemas de ansiedad.

EL CEREBRO DE UN ADICTO A LOS VIDEOJUEGOS

Llegados a este punto solo nos falta mirar directamente el cerebro de la gente que juega a videojuegos. Es aquí donde la ciencia saca todo su músculo técnico, y la cartera, y usamos resonancias magnéticas funcionales para ver en tiempo real qué partes del cerebro consumen más energía, cómo reacciona a ciertos estímulos, cómo es su estructura...

Una concienzuda revisión de los estudios que buscaban relaciones entre el cerebro de la gente afectada de ludopatía y la gente con Trastorno por Videojuegos concluyó que había similitudes entre ellos^[22]. La mayor parte de los trabajos usaban las resonancias para observar directamente cambios en el cerebro, lo cual le da un peso importante a los resultados, pero es verdad que los propios autores admiten ciertas limitaciones: estos paralelismos no se cumplen en todos los aspectos característicos de un cerebro afectado por ludopatía, y en algunas áreas la cantidad de estudios disponibles sigue siendo bastante escasa. Aun así, la conclusión general es que hay una base neurobiológica común que justifica la inclusión en el DMS-5 de un término sobre adicción a videojuegos.

A conclusiones similares han llegado otros trabajos donde se ha visto que el uso de videojuegos puede llevar a cambios en la sensibilidad a la dopamina en las áreas neuronales relacionadas con la sensación de recompensa. Cambios que también afectan estructuralmente al córtex prefrontal, tal y como ocurre en otras adicciones^{[23],[24]}. Sin embargo, los investigadores tienen especial cuidado en no generalizar con todos los videojuegos ya que son los videojuegos online los que presentan un mayor riesgo de generar adicción. Además, también informan de que está demostrado que los videojuegos pueden tener efectos positivos en sus consumidores, con lo cual no es algo tan sencillo como que los videojuegos sean buenos o malos. Sí, los videojuegos tienen un potencial adictivo, pero no todos tienen el mismo potencial, del mismo modo que no todas las personas tienen la misma tendencia a desarrollar adicciones, y también hay que sopesar los efectos potencialmente positivos que poseen. Con lo cual, ellos no abogan por prohibir los videojuegos, pero sí advierten que es importante ser consciente de que se puede desarrollar una adicción a ellos, y que para prevenirla es importante una adecuada educación y control paterno.

¿Por qué son adictivos los videojuegos?

Los trabajos anteriores nos dicen que los videojuegos tienen un cierto componente adictivo, pero no nos indican cómo se produce esta adicción. Hay que recurrir a la psicología para encontrar una posible explicación^[25].

Supongo que os sonará el experimento de los perros de Pávlov, donde el fisiólogo ruso tocaba una campana antes de dar de comer a unos perros y al final estos se ponían a salivar con solo oír la campana, hubiera o no comida después. Aquí Pávlov consiguió condicionar a los animales para que la respuesta a un estímulo, salivar ante la comida, se produjera en otras circunstancias aparte de la presencia de comida, como es en este caso escuchar una campana. Y lo consiguió porque a fuerza de repetir y repetir los animales acabaron asociando ese sonido con la llegada de comida. Un poco como cuando llaman a tu puerta y sonrías porque piensas que te llega otro paquete de Amazon, como normalmente es, cuando en verdad el sonido simplemente te dice que alguien está llamando a la puerta, pero no necesariamente tiene que ser otro paquete con algo que has pedido.



Este experimento es interesante, pero entre las pegas que se le puede poner es que los perros no realizan ninguna acción ya que salivar es algo totalmente pasivo. Así que los trabajos posteriores se centraron en averiguar cómo podemos enseñarles a los animales a llevar a cabo acciones concretas.

Cómo hacer que alguien repita compulsivamente una conducta: la caja de Skinner

Los experimentos de Thorndike estaban bien, aunque tenían la limitación de que el animal debía hacer la acción una sola vez. Basándose en estos trabajos Burrhus Frederic Skinner diseñó la que luego sería conocida como «la caja de Skinner»: eran espacios cerrados con un dispensador de comida asociado a una palanca. Aquí lo que nos interesa es ver cuántas veces el animal, por ejemplo una rata, pulsa la palanca.

DATO CURIOSO

Uno de los pioneros en el campo del comportamiento fue Edward Lee Thorndike (1874-1949). Ya cuando estaba haciendo el doctorado en Harvard, Edward montaba laberintos con libros en su habitación y les daba comida a unas gallinas si estas eran capaces de orientarse dentro del laberinto. Tuvo que dejar de hacerlo porque la casera de la residencia de estudiantes amenazó con echarlo. Posteriormente Thorndike continuó sus estudios en Nueva York, donde usó cajas de naranjas para montar unas jaulas dentro de las cuales metía gatos vagabundos que capturaba por las calles. Vamos, que Thorndike no solo fue un pionero en psicología, sino también en el campo de hacer ciencia con bajo presupuesto. Hubiera sido un buen científico español.

La palabra «jaula» suena un poco fuerte, pero no eran más que cajas de naranjas que Thorndike había modificado para colocarles dentro una cuerda o una palanca gracias a la cual se abría la caja. Fuera de la caja, Thorndike dejaba un poco de comida y dentro al gato hambriento. Al principio al gato le daba igual la comida y se peleaba contra la caja por salir: mordía, arañaba... Con este comportamiento caótico de ensayo-error el animal eventualmente manipulaba la palanca o cuerda que abría la caja y lograba escapar. Hasta aquí todo bien. El tema es que Thorndike cronometraba cuánto tardaba el gato en salir, y se dio cuenta de que si metía el gato en la caja de nuevo este conseguía salir más rápidamente, la tercera vez aún más rápido y así progresivamente hasta que tal cual

metía al gato en la caja, este dejaba de arañar, buscaba la palanca, le daba y salía de la caja con aire de superioridad.

En uno de los primeros experimentos (1938) se mete una rata hambrienta en la caja y esta empieza a toquetear todo, igual que hacían los gatos de Thorndike. Pero durante la primera hora, incluso si toca por casualidad la palanca, no aparece comida en el dispensador. Así que durante estos primeros sesenta minutos la rata apenas pulsa la palanca. La cosa cambia en la segunda hora, ya que se activa el dispensador y cada vez que la rata toca la palanca aparece una píldora de comida. El animal aprovecha la barra libre y durante esta segunda hora pulsa muchísimas veces la palanca. En palabrejas de los psicólogos, aquí lo que ha ocurrido es que gracias a la introducción de un refuerzo positivo —las píldoras de comida— ha aumentado la frecuencia de aparición de una conducta operante: accionar la palanca (lo llaman «conducta operante» porque es una conducta que realiza una acción, que hace una operación, para diferenciarlo de conductas como el salivar de los perros de Pávlov, que eran conductas pasivas). Pero claro, imaginad que somos los investigadores y las píldoras de comida nos salen caras, así que llegado un punto hacemos que estas no aparezcan siempre que el animal presione la palanca, ¿seguirá la rata accionando la palanca?

El diseño original de Skinner ofrecía alimento cada vez que se accionaba la palanca, pero investigadores como David Premack (1959) exploraron otras posibilidades. Según Premack, las cosas que hacemos están ordenadas en una jerarquía donde arriba del todo están las cosas que más nos gusta hacer, y en el caso de poder elegir siempre hacemos estas acciones antes que otras de jerarquía inferior. En 1962 Premack llevó a cabo un experimento donde unos niños tenían que elegir entre jugar al *pinball* o comer un dulce. Podían hacer una cosa u otra. Inicialmente los chavales jugaron al *pinball*, pero la cosa cambió cuando a los niños les entró hambre y empezaron a preferir el dulce antes que el *pinball*. Este experimento señala que, cuando se tiene que elegir una sola actividad entre varias (no pueden estar comiendo y jugando a la vez), la posición en la jerarquía de una actividad puede mejorar. Esto también se ha visto con ratas: las ratas a las que inicialmente se les había limitado la libertad de movimientos después valoraban más la oportunidad de correr que aquellas a las cuales no se les había restringido la libertad.

Con todo esto en la cabeza, siempre existe la posibilidad de que queramos que un ser vivo haga algo, pero él no quiera hacerlo. El propio Skinner tenía este problema con algunas ratas que pasaban de pulsar la palanca. Cuando se

encontraba con estos casos, Skinner iba más despacio: primero les daba alimento si miraban la palanca, pero luego con eso ya no bastaba y el animal debía aproximarse a la palanca para obtener alimento. Tras varias repeticiones, de nuevo se restringía el alimento ante una nueva condición, ahora solo salía comida si el animal se acercaba mucho a la palanca. Y así progresivamente hasta que el animal presionaba la palanca a cambio de comida. Partiendo de esta base se han desarrollado multitud de ensayos, algunos de ellos sobre adicción. ¿Por qué? Pues porque resulta que, en determinadas condiciones, al disminuir la cantidad de refuerzo el animal en vez de presionar la palanca menos, la presiona más. Y, por ejemplo, se cuenta cuántas veces una rata es capaz de darle a la palanca para conseguir una sola píldora de comida, aunque inicialmente consiguiera una píldora por cada pulsación... Se analiza cómo varía eso en función de si tiene hambre, de si está en un entorno interesante donde puede realizar otras actividades, etc. Estos experimentos no solo se han hecho con comida: también hay versiones similares, pero en las cuales la rata se autosumministra una droga al presionar la palanca, y una de las formas de medir el potencial adictivo de una sustancia, una vez el animal se había acostumbrado a conseguir una determinada dosis cada vez que le da a la palanca, es contar cuántas veces es capaz de repetir la acción de activar el mecanismo sin recibir nada a cambio hasta que al final recibe la dosis.



DATO CURIOSO

Aunque los estudios de Skinner se centraron en animales, se han realizado experimentos bastante similares en personas. Uno de los primeros tenía como objetivo conseguir que un niño de cuarenta y cuatro meses hiciera deporte^[26]. Al principio la profesora de educación física sonreía y hablaba con el niño cada vez que este se acercaba a una máquina de ejercicio, pero dejaba de prestarle atención si se alejaba. Gradualmente la profesora fue siendo más exigente hasta conseguir que el niño pasara la mayor parte de la sesión utilizando la máquina.

El diseño de algunos videojuegos y la caja de Skinner

Si pensamos en todo lo que acabamos de leer no hay que ser muy listos para ver que todo ese conocimiento puede usarse con fines comerciales. Eso sí, hay que tener en cuenta que el desarrollo de condicionamientos no es tan sencillo como puede parecer al leer estos trabajos, puesto que tiene muchas limitaciones, matices, etc. Pero tampoco se puede negar que existen estas técnicas y muchas empresas las aplican en el diseño de sus videojuegos.

Un claro ejemplo es el videojuego gratuito *Hearthstone*, al cual yo llevo jugando muchos años. En él dos jugadores se enfrentan utilizando mazos de treinta cartas que han creado. Técnicamente es un videojuego *Free to play*, pero muchas personas lo critican alegando que en realidad es un *Pay to win* porque hay dos formas de conseguir las cartas: una gratuita y otra pagando. El tema es que la forma gratuita es excesivamente lenta e ineficiente, y para jugar compitiendo contra otros jugadores existen ciertos niveles que son muy difíciles de alcanzar si no tienes algunas cartas, así que muchos jugadores directamente gastan de vez en cuando algún dinero. A esto sumadle que cada cierto tiempo el sistema de cartas se renueva y hacen falta cartas nuevas, y tenemos una máquina de hacer dinero a la cual han jugado más de cien

millones de personas^[27]. Pero... ¿cómo consigue que la gente pague por algo que es gratuito?

Empecemos por lo básico, los diseñadores saben que cuanto más tiempo se pasa jugando a un videojuego más probable es que el jugador invierta algo de dinero. Además, pasadas las primeras horas de aprendizaje, la gente empieza a jugar en partidas competitivas donde el sistema inicialmente les clasifica con los peores jugadores y a medida que van ganando van ascendiendo en el ranking, lo cual los lleva a enfrentarse contra adversarios potencialmente mejores. ¿Por qué lo hacen así y no al revés? Se trata de una decisión de diseño basada en que el estímulo de refuerzo principal es la victoria. Si inicialmente juegas contra individuos de nivel inferior es más fácil que ganes, lo cual es un refuerzo positivo para que sigas jugando, refuerzo que cada vez se vuelve más difícil de conseguir conforme subes de nivel porque los adversarios son más duros. Esto puede hacer que a la larga te estanques y dejes de jugar, pero no te preocupes que está todo pensado: cada mes se reinician las clasificaciones y se baja parcialmente de clasificación a todos los jugadores. Obviamente, la gente juega y recupera su nivel, pero el truco es que si tras el reinicio tardas unos pocos días en jugar es probable que los jugadores de tu nivel ya hayan recuperado sus puntos mientras que tú aún no, con lo cual jugarás contra gente peor que tú, y ganarás más partidas de lo habitual durante un tiempo hasta que te vuelvas a estancar.

La cuestión es que en los videojuegos es posible implementar refuerzos de muchos tipos simultáneamente y a distintos niveles. Siguiendo con *Hearthstone*, para conseguir cartas puedes pagar dinero o gastar oro (la «moneda» ficticia del juego), el cual se consigue en pequeñas cantidades ganando partidas o una vez al día se gana algo más llevando a cabo una misión concreta. Eso sí, solo se pueden acumular tres misiones, con lo cual o juegas un mínimo de una vez cada tres días o perderás algunas de estas oportunidades. Además, ganas oro solo cada tres victorias, con lo cual el sistema te incentiva a jugar un mínimo de tres partidas para lograr esta recompensa adicional. Además, tanto ganar oro como ganar una partida son anunciados con una serie de estímulos audiovisuales diseñados para maximizar el subidón que te da conseguirlo. Y estas son solo algunas de las muchas mecánicas que están presentes en *Hearthstone* y que, por cierto, son compartidas en su diseño por muchos otros videojuegos, convirtiendo algunas de las producciones electrónicas en sistemas llenos de múltiples cajas de Skinner.

DATO CURIOSO

Puede parecer que un sistema donde el jugador gana mucho al principio y la dificultad va subiendo es inevitable para hacer un videojuego interesante, pero no es verdad. Existen videojuegos que inicialmente son muy poco agradecidos con el jugador novato ya que requieren bastante aprendizaje y aun así han sido grandes éxitos comerciales. Uno de los más famosos es la saga de videojuegos *Dark Souls* y os aseguro que las primeras 8-12 horas jugando a uno de estos juegos son bastante traumáticas.

La ludopatía ronda el mundo de los videojuegos

En 2018 el Ministerio de Justicia belga anunció la prohibición de las cajas de botín (también conocidas como *loot boxes*) en los videojuegos, y emitió una sentencia que nombraba específicamente a los videojuegos como *FIFA*, *Overwatch* y *Counter Strike: Global Offensive*, alegando que en estos están presentes «apuestas que pueden reportar un beneficio o una pérdida, y el azar forma parte del juego»^[28]. Esta prohibición no es algo excepcional: un senador estadounidense republicano quiere prohibir las cajas de botín en juegos infantiles, siendo además muy crítico con los sistemas de microtransacciones presentes en videojuegos como el *Candy Crush*^[29], y en otros países, como por ejemplo España, se ha anunciado que se regularán las cajas de botín para prevenir la ludopatía en adolescentes^[30], pero... ¿qué es esto de las *loot boxes*?

Cuando un niño pequeño se compra un álbum de cromos enseguida se encuentra con un problema: no puede comprar los cromos que quiere. Los cromos van en sobres y no sabe qué cromos hay exactamente dentro del sobre. Esto en cierto modo se puede considerar una mecánica de apuesta ya que no todos los cromos tienen el mismo valor para el menor porque, o bien algunos son los que le faltan para completar la colección o bien algunos son los de sus jugadores favoritos. Muchísimas personas, yo me incluyo entre ellas, tenemos la experiencia de que de pequeños nos han comprado o nos hemos gastado la paga en sobres. Pero no hemos pagado por los cromos que hay en ellos, sino por la remota posibilidad de que entre esos sobres

aparezcan unos cromos en concreto. Eso es una mecánica de apuesta ya que incluye tanto una transacción económica como un factor de azar.

En el *Hearthstone* ocurre lo mismo: tanto si pagas con dinero real como con recursos del juego, en general lo único que puedes comprar para conseguir cartas son sobres virtuales de cinco cartas, donde dentro de ciertos márgenes muy amplios el contenido de las cartas es al azar. Estos sobres son un ejemplo de lo que en el mundo de los videojuegos se denominan cajas de botín (*loot boxes*), que están en algunos videojuegos con diversos nombres: cofres, sobres, barriles, etc. Y, a diferencia de otro tipo de microtransacciones (compras dentro del juego) donde si pagas una cantidad determinada obtienes un producto concreto, las *loot boxes* son un producto de apuesta ya que tú pagas una cantidad determinada, pero el resultado es aleatorio. Al igual que con los cromos de tu infancia, es posible que te gastes mucho dinero y no te salga lo que estás buscando.

DATO CURIOSO

Muchas compañías han encontrado una gran fuente de ingresos en incluir pequeños pagos que se pueden hacer dentro del juego. En algunos casos, el videojuego es gratuito y esta es su única fuente de financiación, pero estas operaciones también están presentes en juegos de pago bastante caros. Es verdad que la gran mayoría de los jugadores o no usan las microtransacciones o gastan cantidades relativamente bajas, pero las grandes empresas han identificado un perfil de jugador muy minoritario, pero muy lucrativo: los llamados «jugadores ballena». Son jugadores que invierten mucho más que la media: es el caso, por ejemplo, de Alie Badillo, que se gastó aproximadamente mil dólares jugando al *Candy Crush*^[31]; el caso de un jugador del videojuego de móviles *Transformers: Earth Wars*^[32] que desembolsó ciento cincuenta mil dólares o el caso de Stephen Barnes, que desde 2011 lleva más de dos millones de dólares gastados en *Modern War*^[33].

Tras revisar toda esta información sobre la industria y las investigaciones científicas hay varias cosas claras. Una es que los trabajos científicos publicados hasta ahora señalan con distinto grado de evidencia que algunos

videojuegos son capaces de generar adicción. Esto, además, ya sabemos que es teóricamente posible porque existen adicciones sin sustancia y, si analizamos algunos videojuegos, encontraremos en ellos mecánicas que imitan técnicas usadas por la psicología para potenciar ciertos comportamientos. Así que sí, hasta cierto punto se puede hablar de adicción a los videojuegos.

Pero es injusto hablar de adicción a todos los videojuegos. Hay muchas obras que no abusan compulsivamente de estas mecánicas tóxicas, con lo cual jugar a estos videojuegos supone muchísimo menos riesgo. Suelen ser juegos que no tienen micropagos y que se centran en dar al jugador una experiencia de calidad, pero limitada en el tiempo. En este sentido, no son un riesgo porque incluso aunque sea un videojuego muy bueno, cuando te lo acabas se acabó. En cierto modo consumirlos tiene el mismo riesgo que leer un libro de *Juego de Tronos* o ver una serie del tirón: vale, quizá esa semana que te has «enganchado» al libro has descuidado algunas cosas, pero a largo plazo el impacto es irrelevante y te has llevado una experiencia que te acompañará durante toda la vida.

También sabemos que no todos los jugadores tienen la misma predisposición a la adicción, y que esta depende de factores completamente ajenos al juego como el entorno social del jugador, su situación emocional, etc. Sin olvidar que hay juegos que pueden tener un impacto positivo para algunas personas. Además, me parece bastante sesgado estar lanzando constantemente titulares alarmistas sobre los videojuegos cuando otras drogas legales son ignoradas por los medios. En estos casos no puedo evitar pensar en el alcohol, que rara vez sale en los titulares pero cuyo consumo no solo puede derivar en alcoholismo, sino que directamente tiene un impacto negativo en la salud de las personas desde la primera copa, y de hecho se estima que el 3-3,5% de los tumores en los países desarrollados se deben al consumo de alcohol^[34].

Y lo último que sabemos es que gran parte de la responsabilidad de este problema recae en las empresas, no es algo intrínseco a los videojuegos como obra. Es una elección de modelo de negocio: por ejemplo, la empresa Team Cherry es un claro caso de éxito que no abusa de estas mecánicas ni vende videojuegos con micropagos. Micropagos que en el mundo online se intentan justificar por los costes de mantenimiento de servidores, pero incluso ese problema se puede solucionar sin micropagos: *World of Warcraft* es el videojuego online más famoso y lleva diez años funcionando gracias a un

sistema de suscripción. O si vas a meter micropagos nada te obliga a usar *loot boxes*, que son directamente sistemas de apuestas.

Es importante tomarse estos temas en serio y una posible mejora sería que igual que en el sistema de revisión PEGI se hacen recomendaciones en función del contenido sexual, violento, etc., también habría que incluir en esta clasificación la presencia de elementos de apuestas, microtransacciones, abuso de mecánicas con un claro fin adictivo, etc. Irónicamente el PEGI sí que tiene en cuenta si existen sistemas de apuesta simulados, como por ejemplo que parte de la acción ocurra en casinos o que directamente (aunque sin apostar dinero real) puedas jugar a juegos de apuesta dentro de una partida contra personajes virtuales (como ocurre en el videojuego de vaqueros *Dead Red Redemption*, donde te puedes meter en una taberna del oeste a jugar al póquer). Está muy bien que el PEGI considere estos casos simulados de apuesta, pero es que resulta que aún se está discutiendo si incluir o no en el PEGI^{[35],[36],[37]} la presencia de APUESTAS REALES en los videojuegos. En fin... la inactividad de las instituciones en estos asuntos es vergonzosa; muy especialmente porque las adicciones son un tema de salud pública que puede destrozarse vidas enteras, y algunas empresas están jugando con fuego simplemente para ganar más dinero.

A pixel art style background featuring a landscape with mountains and clouds. The mountains are rendered in shades of gray and black, with white snow on their peaks. The sky is a light gray, and there are several pixelated clouds scattered throughout. The overall aesthetic is reminiscent of classic 8-bit video games.

NIVEL 5

PLAY

¿LOS
VIDEOJUEGOS
PUEDEN
MEJORAR
NUESTRO
CEREBRO?

A mediados de la primera década de los años 2000, Nintendo sacó la consola portátil Nintendo DS, que entre otras cosas tenía una pantalla táctil. Esto permitía dibujar, escribir, etc., en la pantalla usando un palito de plástico, y aprovechándose de eso salió uno de los videojuegos más exitosos de Nintendo, el *Brain Training*.

Brain Training del Dr. Kawashima ¿Cuántos años tiene tu cerebro? fue un auténtico bombazo e incluso ahora es el cuarto juego con más ventas de Nintendo DS, por encima de clásicos como *Animal Crossing: Wild World* o cualquiera de los *Pokemons*^[1]. Así que poca broma con este juego cuyo principal aliciente era entrenar tu cerebro realizando ejercicios sencillos de creciente dificultad: desde cálculos matemáticos hasta identificar estímulos visuales, retener información... todo con el objetivo final de que cuanto mejor lo hicieras la máquina estimaría que tu cerebro era más joven (pudiendo llegar hasta los veinte años). Esto de decir que cuanto peores resultados saques más viejo eres es una idea muy discutible que yo encuentro hasta insultante, como si la gente mayor fuera inevitablemente idiota y bastara ser joven para ser inteligente. En fin, que era una simplificación que se basaba, eso sí, en el hecho de que, al igual que pasa con el resto de las funciones corporales, las capacidades cognitivas van empeorando con la edad. Pero, y este era el concepto principal del juego, sabemos que las capacidades cognitivas se pueden mejorar con el entrenamiento e incluso gracias a toda una vida de actividad intelectual constante se pueden atenuar los efectos de la edad. Por ejemplo, un estudio planteó una lista de palabras que había que memorizar y los participantes debían repetir la lista nada más leerla y volverla a repetir pasada media hora. La idea es ver cuántas de las palabras que una persona es capaz de retener inicialmente sigue recordando tiempo después. Y entre otras cosas se vio que personas con 80-85 años que tenían un nivel cultural elevado eran capaces de retener en torno al 60% de lo aprendido, mientras que eran menos del 50% en el caso de las personas con el nivel cultural más bajo^[2].

Pese al *boom* de ventas, el *Brain Training* ya no es tan popular y esto es debido, en gran parte, a que a la hora de la verdad nadie notaba muchísimo cambio y, al final, como no te convertías en un genio por hacer cuatro

ejercicios en una maquinita, pues lo ibas dejando. De hecho, es bastante discutido que este tipo de entrenamientos realmente mejoren la capacidad intelectual de las personas ya que son demasiado específicos, y todo lo que rodea nuestras capacidades mentales involucra procesos muy complejos. Es un poco como si queréis ser capaces de pintar cosas al nivel de La Capilla Sixtina y para ello os entrenáis únicamente haciendo ejercicios de pintar líneas rectas. Sí, para dibujar es importante ser capaz de hacer un trazo firme, pero esto no es más que una ínfima parte de todo lo necesario para pintar una gran obra de arte. Pues lo mismo con la inteligencia.

Lo más interesante de este asunto es la idea que plantea: usar los videojuegos como herramienta de mejora cognitiva. O visto de otro modo, ¿los videojuegos actuales potencian el cerebro de los jugadores? No hay que olvidar que muchos son extremadamente complejos, y dentro de su variedad algunos requieren gran rapidez de reflejos mientras que otros plantean intrincados puzles tridimensionales o una compleja gestión de recursos.

LA MEMORIA Y LOS VIDEOJUEGOS

Tener más memoria es algo que todo el mundo seguramente desearía: vendría bien para los exámenes, para no olvidar los cumpleaños de la gente... y, además, está claro que ayudaría frente a problemas extremadamente duros relacionados con ella, como, por ejemplo, los casos de pacientes con alzhéimer.

La memoria es uno de los ejemplos más claros de que la neurociencia todavía es una disciplina muy joven donde falta saber cosas muy básicas: es imposible señalarte qué es un recuerdo, coger una muestra de un cerebro humano, analizarla y decirte «¿ves eso?, eso es un recuerdo». En contraste, ramas como la genética pueden directa o indirectamente mostrarte un gen concreto, sus efectos... y por supuesto, tenemos un conocimiento muy sólido a nivel molecular sobre qué es un gen, los elementos que lo componen, dónde está presente, etc.

Pero que nos falten muchas cosas por descubrir no significa que los neurocientíficos no sepamos cosas. ¡Anda que no hay libros tochos llenos de información sobre el cerebro humano! Aunque no sabemos a nivel microscópico qué es un recuerdo, tenemos muchísima información sobre las áreas del cerebro implicadas en la memoria, o quizá debería decir «memorias», ya que esta se puede dividir en subgrupos.

Si estamos hablando de las cosas que hemos ido aprendiendo hay dos grupos: por un lado, tenemos nuestros recuerdos personales (a esto se le llama memoria episódica) y por otro lado, están todas las cosas que hemos estudiado (memoria semántica). Para que nos entendamos, saber que en Noruega hace frío porque lo leímos en un libro es memoria semántica mientras que saber que en Noruega hace frío porque fuimos una vez de vacaciones y nos acordamos de que nos helamos porque no llevábamos suficientes capas de ropa es memoria episódica. La memoria episódica y la semántica forman lo que se denomina memoria declarativa, pero nuestro conocimiento va más allá: también sabemos hacer acciones, como ir en bicicleta, coser, bailar... y eso es la memoria implícita.

DATO CURIOSO

El Proyecto Genoma Humano (1990-2003), que costó tres mil millones de dólares, es uno de los responsables de nuestro gran conocimiento sobre genética humana. Pero como lector de neurocosas no estés celoso del Proyecto Genoma Humano, porque actualmente existe una iniciativa equiparable en ambición y presupuesto: el Proyecto BRAIN. Es una tarea de diez años de duración, con cientos de millones de presupuesto que ha juntado a muchos grandes profesionales para entender las conexiones del cerebro humano: el conectoma. Todo lo que aprendemos, las experiencias que nos hacen cambiar, nuestros recuerdos, cómo vamos madurando con el paso de los años... todos esos pequeños pasos que acaban construyendo la persona que somos ahora mismo son movimientos que se producen dentro de nuestro cerebro, y se cree que esos estímulos nos hacen cambiar porque modifican algunas de nuestras conexiones cerebrales. Pero son tantas que actualmente es imposible analizar cómo algunas experiencias concretas alteran esas redes neuronales. El problema es el mismo que el del cajón donde guardamos las luces del árbol de Navidad: si solo tenemos unas luces es fácil distinguir los cables que las forman, pero si tenemos muchas luces distintas es un jaleo saber cuál es cuál, desenredarlas, etc. El conectoma vendría a ser una caja con billones de cables de luces distintos enredados, ya que literalmente es el

conjunto de todas las conexiones que hay en nuestro cerebro y el objetivo del Proyecto BRAIN es generar el conocimiento científico suficiente como para poder empezar a entender nuestras entrañas cerebrales.

Esta clasificación no es un capricho, sino que responde a diferencias neurológicas: por ejemplo, a diferencia de las cosas que aprendemos (las cuales se nos suelen olvidar), sabemos que las personas memorizamos prácticamente todo lo que vivimos (memoria episódica). Eso sí, memorizar y recordar no es lo mismo. Además, estas diferencias entre los tipos de memorias también explican cómo solemos recordar con más facilidad las acciones (memoria implícita), de ahí que ciertas cosas sean «como ir en bicicleta», en alusión a que nunca se olvidan.

En el cerebro los lóbulos temporales son clave en el almacenamiento de recuerdos y, de hecho, es posible hacer que alguien recuerde cosas artificialmente: «basta» con usar unos electrodos dentro del cráneo para estimular estos lóbulos. Como consecuencia, los pacientes en algunos casos recuerdan experiencias olvidadas incluso hasta el punto de tener alucinaciones complejas donde «reviven» ese momento. Eso sí, lo que no es posible es provocar que el paciente recuerde algo en concreto. Este tipo de reminiscencias también se han visto en pacientes que desarrollan algún problema neurológico (un tumor, un ataque epiléptico, un trombo...) que deriva en un exceso de actividad en esa zona. Por ejemplo, está documentada la historia clínica de una anciana irlandesa que una noche se despertó al empezar a oír canciones de su infancia (canciones que había olvidado hacía décadas). Buscó de dónde venía el sonido, pero le fue imposible encontrar la fuente sonora, pese a que oía la música con claridad. La música no se apagó hasta meses después cuando su cerebro se recuperó completamente de una pequeña trombosis que tuvo en su lóbulo temporal derecho^[3].

En cierto modo, los lóbulos temporales son los estantes de una gigantesca librería y los lóbulos frontales serían los bibliotecarios encargados de buscar los libros que deseamos, ya que los lóbulos frontales son relevantes en nuestra capacidad de recordar algo. A esto hay que sumarle que el hipocampo, como una sección específica de libros, se ha visto que es especialmente importante en la memoria espacial (aquella que nos permite recordar la posición de un objeto respecto a otros; sirve desde para encontrar cosas en una casa hasta para recordar el camino de vuelta a casa en una excursión o memorizar las calles de una ciudad). Aunque se suele hablar en singular, tenemos dos

hipocampos (uno en cada hemisferio cerebral) y se encuentran en las profundidades de los lóbulos temporales. El hipocampo —cuyo nombre proviene de la palabra en griego para designar un caballito de mar, al que se asemeja por su forma— es con diferencia la parte más estudiada del cerebro con relación a la memoria. Por ejemplo, es muy conocido en neurociencia que en los taxistas de Londres se vio un incremento de la materia gris en esta zona, lo cual reflejaría una mejora en la memoria espacial de estos conductores tras años de tenerse que aprender mentalmente un mapa tan complicado como el de la capital británica^[4]. Y también se ha relacionado esta zona con la memoria episódica, aunque no debemos olvidar que nuestra memoria es uno de los procesos más complejos que tenemos y que, como tal, exige del funcionamiento de varias áreas cerebrales. Así que hay que ser cautos a la hora de asociar a cambios muy concretos en el cerebro alteraciones en funciones extremadamente complejas.

DATO CURIOSO

El hipocampo es una zona que ha sido muy investigada ya que es clave en la formación de nuevos recuerdos. Sin embargo, no está involucrada en almacenar los recuerdos (lo cual sucede en otras zonas del lóbulo temporal), por lo que las lesiones en esta parte generan problemas para crear nuevos recuerdos, pero no afectan de un modo significativo la capacidad de recordar memorias previas a la lesión. Es decir, que la gente recuerda todo lo que sabía antes de tener la lesión, pero difícilmente recuerda las cosas que le ocurren después de la lesión. Si habéis visto la película *Memento* (2000) de Christopher Nolan, sabréis de lo que estoy hablando.

Atención con la memoria de trabajo

Hasta ahora os he estado hablando de lo que llamaríamos la memoria a largo plazo, que si nuestro cerebro fuera un ordenador se podría comparar a lo que guardamos en el disco duro. Pero los ordenadores también tienen otro tipo de memoria: la RAM, que sirve para almacenar temporalmente la información

que estamos usando sin tener que recurrir al disco duro, es como... como la mesa del escritorio sobre la que estoy trabajando en estos momentos: tengo en la habitación estanterías llenas de libros, pero solo me caben sobre la mesa los que estoy consultando en este momento, y según voy cambiando de tarea voy recogiendo de la mesa algunos libros y voy añadiendo otros nuevos sacados de las estanterías. Esta mesa es nuestra memoria de trabajo.

Pero en la mesa no siempre hay libros de las estanterías, a veces me llegan cartas, escribo notas, etc., y estos papeles se quedan un tiempo allí mientras los estoy usando y luego muchos de ellos los tiro a la papelera, con lo cual nunca llegan a las estanterías. Solo archivo y acaban pasando a los estantes los que son importantes. Esto es un poco lo que es la memoria de trabajo, que no solo hace referencia a retener durante un breve periodo de tiempo información, lo que sería memoria a corto plazo (por ejemplo, aprenderte una lista de la compra y bajar a comprar), sino también al uso que se le da a esa información en el momento.

La memoria de trabajo es un sistema que almacena y procesa la información que estamos necesitando en el momento para una tarea concreta.

Su capacidad es muy limitada, pero gracias a ella podemos mantener un flujo de trabajo constante en tareas complejas sin tener que estar interrumpiendo nuestro ritmo de pensamiento todo el rato para recordar cosas. Esto hace que la memoria de trabajo sea muy importante en procesos intelectuales como el razonamiento, la concentración, la comprensión de conceptos, la resolución de problemas o el control de impulsos^[5]. Así que es un área de la memoria muy interesante porque está estrechamente relacionada con capacidades que son importantes para la inteligencia.

Existen bastantes publicaciones científicas que señalan que los videojuegos pueden producir una mejora de la memoria de trabajo. Por ejemplo, en 2016 se estudiaron ciento sesenta y siete jóvenes entre trece y veinticuatro años y se descubrió que un mayor consumo diario de videojuegos se asociaba con una mejor memoria de trabajo^[6]. Y en la misma línea van los resultados de otras publicaciones, como una donde recientemente los adultos clasificados como *gamers* (jugadores) tenían mejores valores en los test de memoria de trabajo. Eso sí, aquí los investigadores matizan que las diferencias, aunque significativas, eran pequeñas. Así que tampoco nos

flipemos mucho. Lo mismo ocurre cuando se analizan en conjunto a todos los adultos del estudio: sí, en general la memoria de trabajo mejora conforme más horas se juegan a la semana, pero la mejora es pequeña. Al final del artículo, los investigadores concluyen que si bien sus resultados apoyan hasta cierto punto la idea de que algunos videojuegos podrían mejorar ciertas capacidades cognitivas, los resultados no son suficientes como para afirmar algo rotundamente^[7]. De nuevo, este caso nos recuerda que la solidez de la ciencia requiere mucho tiempo y trabajo porque no se basa en estudios individuales, sino en la acumulación de evidencias científicas provenientes de múltiples publicaciones que se complementan y, al mismo tiempo que aclaran posibles dudas, refuerzan las cosas que ya se tenían claras. Y es que la ciencia actual no es un proceso individual hecho por un solo científico o grupo de investigación, la ciencia es un deporte de equipo a escala planetaria.

Volviendo a la memoria, además hay que considerar que las pruebas que evalúan la memoria de trabajo son muy específicas: por ejemplo, algunas se centran en la capacidad de retener palabras mientras que otras evalúan la memoria espacial. Y dentro de las pruebas de memoria espacial son diferentes aquellas donde desaparece un objeto en la pantalla y cuando reaparece hay que decir si lo hace en la misma posición, que aquellas que son laberintos virtuales donde el jugador debe orientarse.

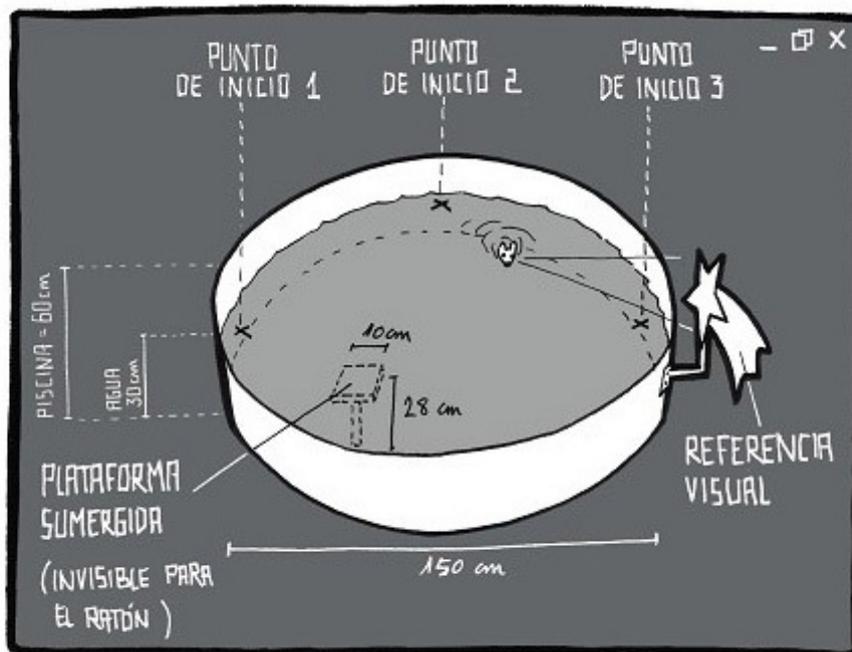
DATO CURIOSO

Ahora están de moda las *escape rooms*, las cuales son algo que los científicos llevamos perfeccionando desde hace décadas. Como ya viste con los gatos de Thorndike, gran parte de la neurociencia se ha basado en meter a un animal en un sitio y ver si sale. A veces los sitios son bastante curiosos, como la piscina más famosa de la neurociencia: «La piscina de Morris».

En esta prueba tenemos una piscina bastante grande si eres un ratón, normalmente es una piscina de 1-2 metros de diámetro donde el animal solo puede hacer pie en una plataforma. Como el animal no puede salir de la piscina, su única alternativa a estar continuamente nadando es posarse en la plataforma. Lo complicado para el ratón es que la plataforma está un poco sumergida bajo un agua opaca, así que no la ve. La primera vez el pobre ratón no tiene

más opción que nadar dando vueltas aleatoriamente hasta encontrarla, pero... ¿qué ocurre las siguientes veces que ponemos al ratón en la piscina? Pues resulta que, pese a no verla, cada vez encuentra la plataforma más rápidamente. ¿Cómo lo consigue? Resulta que en la piscina de Morris hay objetos en alto colgando fuera de la piscina, pero a una altura suficiente como para que el ratón los vea desde el agua mientras nada. Y el ratón, al igual que los navegantes al mirar las constelaciones nocturnas, los usa para orientarse dentro de la piscina y encontrar rápidamente la plataforma. Esta prueba se utiliza para medir la capacidad que tiene de recordar las posiciones de los objetos, y es una de las pruebas más importantes de memoria espacial que hay.

Pese a las dificultades, algunos de estos trabajos neurocientíficos en este campo son especialmente chulos porque estudian la actividad cerebral mientras se usa la memoria de trabajo, lo cual ha dado resultados bastante sesudos. En el estudio antes mencionado realizado con ciento sesenta y siete jóvenes entre los trece y los veinticuatro años, encontraron que la mejora en la memoria de trabajo iba asociada a una mayor actividad en áreas fronto-parietales del córtex cerebral. Sin embargo, esta actividad solo se incrementaba cuando los chavales hacían la prueba más compleja de memoria de trabajo. De hecho, cuando hacían la prueba de dificultad básica el resultado era opuesto: cuanto más hubieran jugado a videojuegos menor era la actividad en estas áreas. ¿Resultados contradictorios y por lo tanto equivocados? Puede que no. Según la hipótesis de la eficiencia neural, una gran capacidad cognitiva se ve reflejada con una activación menor de lo normal cuando el cerebro se enfrenta a un problema, lo cual según esta hipótesis es debido a que el cerebro con gran capacidad es más eficiente resolviendo el problema y, por lo tanto, necesita «esforzarse menos» que un cerebro estándar. Una de las mayores defensoras de esta idea es la científica Daphne Bavelier, que ha obtenido resultados acorde con este modelo, como por ejemplo el hecho de que algunos *gamers* tenían una menor activación de las redes neuronales fronto-parietales cuando hacían un ejercicio de atención visual. En el siguiente capítulo veremos que Bavelier es una de las grandes pioneras de la neurociencia de los videojuegos.



Según los investigadores, cuando el cerebro de los *gamers* se enfrentaba a una tarea sencilla, entonces iba sobrado y por lo tanto se activaba menos de lo normal porque su mayor eficiencia era suficiente para cumplir la tarea. Pero cuando el problema era complicado, el cerebro *gamer* sacaba todo su potencial y era capaz de activarse más de lo normal para afrontar la tarea.

Pero no todo es tan sencillo. Uno de los aspectos más estudiados es qué tipos de videojuegos potencian la memoria de trabajo, y qué clase de memoria de trabajo. Aquí hay artículos que no se complican demasiado la vida y examinan en general el efecto de jugar a videojuegos. Gracias a ellos sabemos que quizá los videojuegos potencian aspectos genéricos de la memoria de trabajo como podría ser ir actualizando qué cosas debemos tener en mente y cuáles no mientras estamos haciendo una tarea, y esto explicaría por qué en general parece ser que los videojuegos mejoran esta capacidad cognitiva. Sin embargo, otros investigadores han visto cambios diferentes en el cerebro según el videojuego: observaron cambios en el hipocampo en función de si los jugadores consumían videojuegos de acción en primera o tercera persona (como *Grand Theft Auto V*, *Tomb Raider (2012)*, *Gears of War*, *Counter-Strike* o *Call of Duty*), de plataformas 3D (como *Super Mario 64*) o videojuegos de acción con un componente de rol (como *Dead Island* o *Borderlands 2*). Y se evaluó su memoria de trabajo en un laberinto virtual de 4 en 8^[8]. Agarraos que tiene miga este tipo de laberinto.

En los laberintos 4 en 8 se sitúa al sujeto en el centro mirando en dirección a uno de los ocho pasillos que salen en todas las direcciones desde

donde está. Siempre se le coloca mirando inicialmente al mismo, aunque los ocho pasillos son idénticos y todos ellos están separados unos de otros por el mismo ángulo, formando (si viéramos el laberinto desde arriba) la figura de una estrella de ocho puntas (también conocida como estrella del caos por algunos frikis). Pero hay dos detalles importantes: el primero es que al final de cuatro de los pasillos hay un elemento, y el segundo es que sobre el laberinto hay elementos en distintos puntos que pueden servir de orientación, igual que ocurría en la piscina de Morris. En el artículo el laberinto era virtual y en él había ocho caminos (cuatro con objetos al final), y de fondo en el mundo virtual había montañas, árboles, etc. El experimento va así: primero se le deja a la gente que recorra virtualmente los caminos, memorice en cuáles al final hay un objeto y cuando se ha comprobado que se los sabe empieza la segunda parte: virtualmente aparece un muro que tapa todos los árboles, montañas y demás elementos del fondo que servían de ayuda, y se le pide al sujeto que vaya a por los objetos. Aquí según el tipo de memoria de trabajo que use principalmente una persona hay dos formas de que haya memorizado dónde están los objetos:

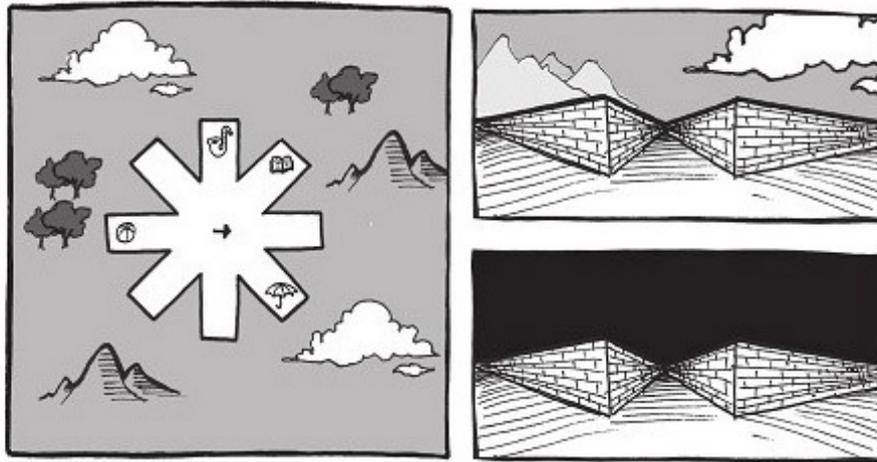
—Una es la denominada estrategia espacial. Aunque ya no puede verlos, el sujeto recuerda los elementos que antes le servían de orientación, su posición respecto a los distintos pasillos y gracias a eso es capaz de recordar dónde están los objetos.

—La otra se llama estrategia de respuesta y se basa en haber memorizado el patrón o secuencia de pasillos con y sin objeto, es algo en plan: «Vale, el pasillo que tengo en frente al principio del experimento está vacío, el siguiente a la derecha también, el siguiente en ese sentido ya tiene un objeto, el siguiente...». Esta forma de resolver el problema tiene la ventaja de que no se ve dificultada por perder las referencias del entorno, pero la gran desventaja es que si no empiezas siempre en el mismo punto, estás completamente desorientado.

La idea de estas estrategias es que se puede clasificar a las personas en dos grupos, en función de si usan mayoritariamente una estrategia espacial o de respuesta para orientarse. Y, de hecho, es normal que una persona utilice más una que otra, pero querían ver si consumir ciertos tipos de videojuegos puede modificar las estrategias que usa una persona.

Estos fueron sus tres resultados: en un primer experimento se comparó gente no *gamer* con jugadores de videojuegos de acción y se observó que el 83% de los jugadores utilizaban mayoritariamente estrategias de respuesta al mismo tiempo que se detectó una disminución de la materia gris en el

hipocampo izquierdo (este cambio en el hipocampo ya se había asociado a un uso mayoritario de estrategias de respuesta en otros trabajos). Lo normal aquí sería pensar que jugar a videojuegos de acción potenció el uso de estrategias de respuesta, pero también se podría argumentar al revés y afirmar que quienes usan normalmente estrategias de respuesta encuentran más atractivos los videojuegos de acción y de allí que sean mayoría. Por eso los investigadores continuaron trabajando.



Izquierda: esquema del laberinto donde la flecha señala la perspectiva inicial del participante. Arriba a la derecha se ve la vista del jugador durante la fase de aprendizaje y, debajo, la fase de prueba durante la cual se eliminan todas las referencias de orientación espacial.

En un segundo experimento pusieron a jugar a personas que habitualmente no consumían videojuegos: en aquellos que usaban principalmente estrategias de respuesta se vio que el hipocampo derecho disminuía si usaban videojuegos de acción, pero crecía si jugaban a videojuegos de plataformas 3D. Por otro lado, en los que usaban estrategias espaciales se vieron incrementos en el hipocampo izquierdo o en algunas partes del córtex según el videojuego que les tocó. Esto, que es un poco lío, viene a decir que según el tipo de juego se potencia el uso de unas estrategias u otras, lo cual tiene como consecuencia unos cambios u otros en el cerebro.

Y todavía se hizo un último experimento con gente no jugadora a la que se le pidió que jugara a videojuegos de acción con elementos de rol y mundo abierto como *Borderlands 2* o *Dead Island*. En estos videojuegos los jugadores se mueven por mundos tan abiertos, tan grandes, que el juego tiene un sistema muy marcado de ayudas de orientación (como mapas desplegados en la pantalla, carteles dentro del juego, etc.) para que el jugador no se pierda; y esto, paradójicamente, desincentiva que el jugador use estrategias espaciales para orientarse ya que el entorno es tan amplio y es tan fácil recurrir a los recursos automáticos que, por ejemplo, el jugador directamente mira el mapa

en vez de construir un mapa mental de dónde están las calles, los montes, etc. Aquí los resultados fueron similares a los del segundo experimento, con una disminución general del hipocampo en aquellos jugadores que usaban estrategias de respuesta y un incremento en los que usaban estrategias espaciales.

Resumiendo: que según el tipo de videojuego se producían unos cambios estructurales u otros en algunas partes del cerebro. ¿Quiere esto decir que debemos evitar cierto tipo de videojuegos porque de lo contrario no sabremos orientarnos espacialmente? No. Los propios investigadores afirman que con sus limitados resultados no se puede saber si se produce un cambio a nivel práctico, es decir, un impacto cognitivo significativo, en las capacidades de las personas. Entonces, ¿esto para qué sirve? Pues demuestra de nuevo que los videojuegos son capaces de generar cambios en el cerebro, lo cual está relacionado con la plasticidad neuronal, y no todos los videojuegos generan los mismos cambios. Esto último es muy interesante, porque sugiere que una mayor comunicación entre creadores de videojuegos y neurocientíficos daría lugar a videojuegos que minimizaran los posibles impactos negativos y maximizaran los positivos. Os pongo un ejemplo:

Si resulta que poner demasiadas ayudas a la orientación dentro del juego es algo negativo, hagamos un diseño del videojuego donde una de las mecánicas jugables implique que haya que aprenderse espacialmente el entorno. De esto ya hay muchos casos de éxito: en *Portal* y *Portal 2* hay que escapar de distintas salas y para ello debemos entender espacialmente los puzles. O en la saga de *Dark Souls* te tienes que mover por mundos enormes sin mapas, así que no te queda otro remedio que entrenar tu memoria espacial si quieres sobrevivir un poco. O en *Firewatch* nuestras ayudas para movernos por el bosque nacional Shoshone se limitan a una brújula y un mapa de montaña muy general. Todos estos productos nos demuestran que es viable crear videojuegos que, en muchos aspectos, le piden a nuestro cerebro algo más que simplemente estar pasando las horas delante del televisor. Y todo eso sin dejar de ser divertidos y contarnos en muchos casos historias que nos atrapan de principio a fin.

¿Qué es esto de la plasticidad cerebral?

Os voy a contar una anécdota que me pasó hace unos años, durante una actuación. Una parte importante de mi carrera divulgadora ha sido como

monologuista científico que explica neurociencia con algo de humor. He actuado en más de cien ocasiones en todo tipo de sitios, desde locales pequeños hasta grandes anfiteatros, en España, Inglaterra y América Latina; y entre tanta actuación tengo muy claro cuál ha sido el momento más delicado que he vivido sobre el escenario. Fue en una actuación en Girona: entre el público había unos jóvenes con parálisis cerebral y en el momento en que durante mi monólogo mencioné superficialmente la plasticidad cerebral, a sus cuidadores se les iluminaron los ojos. Al acabar los monólogos, la parte final del espectáculo era responder desde el escenario a las preguntas del público y, obviamente, me consultaron sobre el tema: básicamente me preguntaron entre líneas si todo eso que se decía sobre la plasticidad era cierto, y si entonces iba a ser posible ayudar a gente como esos chavales que tenía delante. Con mucha pena les tuve que decir que no. Al menos, a día de hoy todas esas grandes promesas que se hacen sobre la plasticidad cerebral son, en general, extremadamente exageradas.

Cuando se habla de plasticidad cerebral se hace referencia a la capacidad que tienen las células del cerebro de cambiar y renovarse, tanto desde el punto de vista estructural como funcional. Gracias a los procesos plásticos durante el desarrollo el cerebro va madurando según los estímulos que va recibiendo y de adultos somos capaces de aprender nuevas habilidades o mejorar las que ya tenemos. Del mismo modo, la plasticidad también está detrás de la capacidad, muy limitada, que tiene el cerebro de recuperarse de lesiones.

Esta plasticidad, esta capacidad de generar nuevas estructuras o cambiar las que ya hay, se basa en dos pilares: la capacidad de generar nuevas células y la capacidad de crear nuevas conexiones neuronales.

Vamos con la primera. Cuando somos adultos, en nuestros tejidos no todas las células son capaces de dividirse para generar nuevas células.

<p>La división celular es una forma de multiplicación celular donde una célula se divide dando lugar a dos células.</p>

Pasadas las primeras fases de nuestro desarrollo, únicamente mantienen la capacidad de dividirse las famosas células madre, con lo cual para que un órgano pueda regenerar las células que pierde (ya sea por alguna lesión, enfermedad o el desgaste por la edad), necesita tener dentro algunas células madre. Antes se creía que en el cerebro adulto no había células de este tipo, que una vez llegabas a adulto tenías una cantidad determinada de células y

con esas tenías que ir tirando toda la vida, a ver cuánto te duraban. Un poco como cuando te daban la paga de chaval y tenías que tirar con eso todo el mes. Ahora sabemos que esto no es así, pero en la neurociencia actual uno de los temas más discutidos es la cantidad y relevancia de estas células madre neuronales: la cuestión es que incluso si cogemos los estudios que encuentran mayores cantidades de células madre neuronales, estas siguen siendo bastante pocas y se encuentran en áreas muy específicas del cerebro (el hipocampo, del cual os he hablado bastante en este capítulo, es una de esas zonas). Con lo cual, incluso siendo optimista en este aspecto, la capacidad regenerativa natural que darían estas células es muy limitada y probablemente bastante específica de zonas cerebrales concretas. Esto, hablando claramente, es una birria de regeneración: nuestra sangre, sistema inmunitario, piel, hígado, etc., son muy superiores en este aspecto y, de hecho, si nos ponemos a comparar entre los tejidos de nuestro cuerpo, nuestro cerebro es de los que peor capacidad regenerativa tiene. Por eso mismo las enfermedades neurodegenerativas son tan devastadoras.

El segundo pilar de la neuroplasticidad se basa en que cuando perdemos una neurona se pierden sus conexiones, pero entonces otras neuronas pueden ramificarse un poquito más y compensar la pérdida. Esto, aunque es un proceso relativamente lento, es la base del aprendizaje y también sirve para compensar daños neuronales. Y es que, aunque no puedas reponer completamente la pérdida de neuronas, como en verdad lo que importa son los circuitos que generan las neuronas, mientras podamos reforzar los circuitos que ya tenemos para compensar las pérdidas o crear nuevos circuitos neuronales con las neuronas restantes, pues no hay problema. Esto es como si tengo cinco ordenadores para hacer una tarea informática. La tarea, que vamos a llamar T, es algo demasiado grande como para que lo haga un solo ordenador, así que divido el trabajo en cinco partes (t.1, t.2, t.3, t.4 y t.5), y pongo a un ordenador a hacer cada una de las tareas: ORDENADOR1 se encarga de t.1, ORDENADOR2 se encarga de t.2... así hasta ORDENADOR5. Todo va bien hasta que se estropea ORDENADOR2 y nadie se está encargando de hacer la parte t.2. Para solucionar el problema se me ocurre reorganizar la distribución de tareas, rehacer las conexiones entre los ordenadores y dividir entre los cuatro ordenadores restantes el trabajo que suponía t.2. Ahora el ORDENADOR1 se encarga de t.1 y de t.2.1 (la parte de t.2 que le ha tocado), y lo mismo hacen ORDENADOR3, ORDENADOR4 y ORDENADOR5.

A nadie se le escapa que pasar de hacer una cosa con cuatro ordenadores en vez de cinco es un apaño ya que lo ideal sería poder regenerar el ordenador estropeado. Aun así, si funciona el truco, genial. Pero está claro que como se nos empiecen a romper ordenadores va a llegar un momento en que los restantes no van a poder compensar las pérdidas, por eso la plasticidad neuronal que se basa en generar nuevas conexiones tiene un límite muy claro: cuando el daño es muy grave, las neuronas supervivientes no pueden compensar la pérdida de conexiones. Esto ocurre cuando empiezan a manifestarse los síntomas de una enfermedad neurodegenerativa o cuando se producen lesiones cerebrales graves.

La extremada expectativa que hay con la plasticidad neuronal, o *hype* en lenguaje *millennial*, tiene muchos responsables (se dice que algo tiene *hype* cuando antes de que salga un videojuego, película, etc., ya ha despertado muchas expectativas sobre el producto basándose únicamente en el poco contenido que han visto antes del estreno: tráileres, imágenes, etc.): parte de la culpa la tienen muchos de los propios investigadores de este campo que promocionan sus resultados sin la cautela debida, sin matizarlos, sin ponerlos en contexto y directamente a veces exagerándolos intencionalmente... Pero a esto hay que sumarle que algunos periodistas se pasan a la hora de poner titulares y que hay gente divulgando sobre este tema sin haber estudiado primero conceptos básicos de neurobiología que evitarían ciertos errores a la hora de comunicar. Personalmente creo que siempre hay que ser lo más riguroso posible a la hora de divulgar, pero si se trata de un tema de salud se debe ser adicionalmente cauto con las expectativas que se generan. Nunca hay que olvidar que lo que para el científico o el periodista puede ser mero marketing, para algunas personas en situaciones de salud muy complicadas puede ser esperanza.

DATO CURIOSO

¿Alguna vez te has preguntado por qué aprendemos con más facilidad cosas nuevas cuando somos pequeños? La plasticidad cerebral está detrás de esto: durante la infancia el cerebro todavía está desarrollándose mucho y tiene unos niveles de plasticidad muy altos. Esto facilita el aprendizaje de cosas nuevas ya que básicamente el cerebro con cada cosa nueva que le llega crea

conexiones nuevas. Pero esto empieza a cambiar cuando se acerca la adolescencia y se produce la «poda sináptica», que es un proceso por el cual el cerebro empieza a especializarse: refuerza las conexiones que más utiliza y elimina aquellas que se usan menos. Pasada la poda nuestro cerebro es menos plástico y está más especializado, esto no solo hace más difícil aprender cosas nuevas, sino que nuestro aprendizaje está condicionado por las cosas que ya hemos aprendido antes. Por ejemplo, después de la adolescencia es muy complicado aprender un idioma nuevo y hablarlo sin acento porque el cerebro, en vez de generar unas carreteras neuronales nuevas para ese idioma, usa como base para aprender el idioma nuevo las redes que tenemos ya para otros idiomas y las adapta.

¿LOS VIDEOJUEGOS TE QUITAN EL SUEÑO?

Una de las épocas más felices de mi vida fue el primer año de universidad. Los exámenes me fueron bien e hice una vida social universitaria bastante intensa: recuerdo salir de fiesta un par de veces por semana, unirme a la revista universitaria, ir al gimnasio e incluso, ojo, a veces ligar. En alguna ocasión era tan agotador el ritmo social estudiantil que cenaba, me echaba una cabezada de veinte minutos, una ducha rápida y salía de fiesta. Si en algún momento he tenido un superpoder, creo que fue mi capacidad universitaria de echarme siestas cortas en cualquier lugar y momento. El tema es que ese año también lo recuerdo con especial cariño porque fue una de las épocas que más he jugado a videojuegos. Os cuento.

Era septiembre de 2004 y empecé a jugar con varios de mis amigos a un servidor online. Todos éramos lo que se llama ahora unos frikis: teníamos un vasto conocimiento de *Warhammer*, libros de fantasía como *Las Crónicas de la Dragonlance* o *El Señor de los Anillos*, y juegos de rol como *Vampire: La Mascarada*, aunque destacaba sobre todo *Dragones y Mazmorras (D&D)*. Este juego de rol es muy famoso y muchos videojuegos han adaptado sus mecánicas de juego: de aquí vienen clásicos del mundo digital como *Baldur's Gate* o *Icwind Dale*, que triunfaron bastante en esos años y han sido la inspiración directa de obras actuales como *Pillars of Eternity* o *Divinity Original Sin*. El tema es que internet no era gran cosa entonces, pero estaba a punto de serlo, y entonces llegó *Neverwinter Nights (2002)*: un maravilloso

videojuego con gráficos tochos, para la época, basado en *D&D*, que además facilitaba que los jugadores crearan sus propios universos y los compartieran con otros jugadores. Y unos FRIKIS CON MAYÚSCULAS crearon un servidor de rol donde reproducían el mundo de la saga de libros de *Las Crónicas de la Dragonlance*. A esto, sumadle que yo tenía clase por las tardes y ya os podéis imaginar que solía irme a dormir a altas horas de la noche porque me pasaba hasta las tantas roleando dentro del videojuego con mis compañeros y otros seres humanos con niveles de frikismo incluso muy superiores a los nuestros. Había hasta un foro donde discutíamos la aplicación de las reglas de *D&D*, escribíamos relatos sobre nuestros personajes, informábamos sobre problemas técnicos y también socializábamos, se organizaban quedadas, etc.

Si os cuento esto es un poco porque hay un estigma social enorme alrededor del friki, cuando en general incluso la gente que durante unos años dedica muchas horas a los videojuegos sigue manteniendo unas costumbres sociales adecuadas y, en general, se ducha como todo el mundo. Es más, a veces en torno a los videojuegos aparecen comunidades que tienen en sus miembros una influencia muy positiva y merecen el mismo respeto que cualquier otra afición. Yo nunca entenderé por qué en el instituto era de frikis saberse casi todos los hechizos de la clase mago de *D&D*, pero sin embargo era socialmente positivo conocer las alineaciones de todos los equipos de primera división de fútbol masculino. No sé, yo siempre he pensado que cada uno es libre de memorizar los datos inútiles que le dé la gana.



Y también os hablo de este tema porque es muy frecuente asociar el consumo de videojuegos a la falta de sueño. Vamos a ver qué es esto del sueño y qué dice la ciencia sobre el tema.

Las fases del sueño y su anatomía

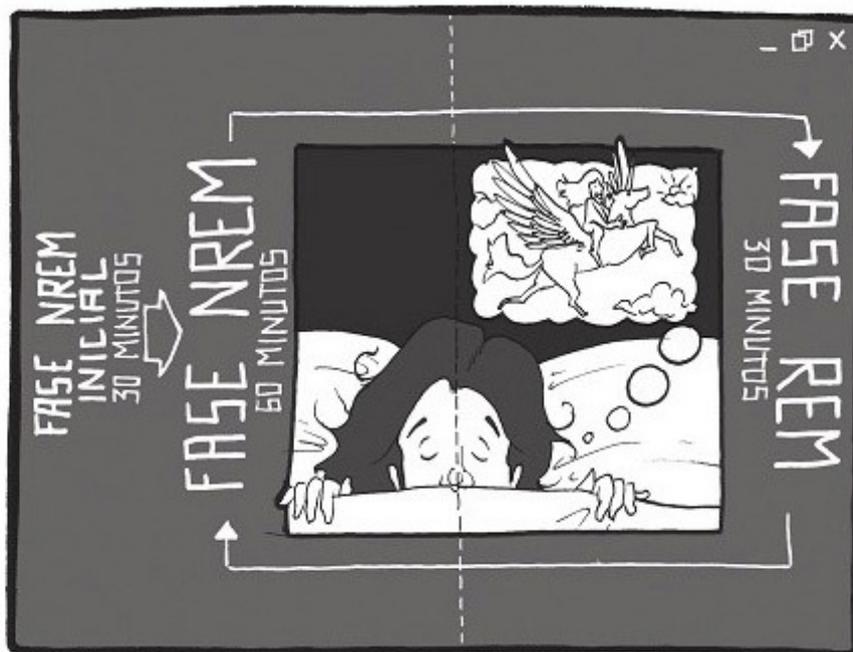
Nuestro sueño se divide en dos fases: la fase NREM, o fase NO REM, y la fase REM. REM significa *Rapid Eye Movement*, movimientos rápidos del ojo. Luego llegaré a esto. Cuando nos dormimos, durante los primeros treinta minutos de sueño el cuerpo pasa de la vigilia al sueño. Esta es la parte inicial de la fase NREM, que no se repite durante el resto del sueño. Los músculos se relajan y el metabolismo corporal empieza a disminuir. Es en esta fase cuando a veces se producen esas alucinaciones como si nos hubiéramos tropezado y otros tipos de espasmos musculares. Pasada esta primera fase empieza el resto de la fase NREM y toda la fase REM, que en total duran unos noventa minutos. Estos noventa minutos NREM+REM se repiten cíclicamente durante el resto de la noche, lo cual supone aproximadamente cinco ciclos para ocho horas de sueño.

Cada fase del sueño tiene unas características determinadas: en la fase NREM el cuerpo está muy relajado y en el cerebro se da un patrón de actividad distinto al que tenemos cuando estamos despiertos. Y además se ha visto que suben los niveles de ATP (el ATP es una molécula que usan nuestras células como combustible) en las zonas que normalmente tenemos muy activas durante la vigilia. Por lo que en estas áreas no solo baja la actividad, sino que además van acumulando provisiones para aguantar cuando estamos despiertos. En general, estos datos se interpretan como que el cerebro «descansa», ya que se dejan de usar las áreas que empleamos durante la vigilia y suben sus niveles energéticos.

La fase NREM dura unos sesenta minutos y luego viene la fase REM, que dura unos treinta. Aquí el cuerpo continúa muy relajado, pero el cerebro tiene una actividad similar a cuando estamos despiertos y los ojos se mueven rápidamente bajo los párpados. Se cree que esta fase del sueño es muy importante para el aprendizaje y la memoria; los datos también señalan que es relevante durante el desarrollo cerebral y, además, en la fase REM es cuando soñamos.

La identificación de las áreas que controlan la vigilia y el sueño empezó con un neurólogo llamado Constantin von Economo, que estudió pacientes con encefalitis (infecciones en el cerebro)^[9]. Constantin descubrió que pacientes con lesiones en el tallo cerebral (también llamado tronco del encéfalo) y la parte posterior del hipotálamo desarrollaban excesivo sueño (enfermedad de Von Economo), mientras que lesiones en la parte anterior del hipotálamo y la parte basal del cerebro anterior generaban síntomas de

insomnio. Total, que el tronco del encéfalo es una región esencial que controla los estados de vigilia/sueño y el tono muscular. Y lesiones graves en esta zona, en humanos y otros mamíferos, pueden causar coma, inconsciencia prolongada y falta de respuestas. Del tronco del encéfalo nacen dos rutas críticas para mantener la vigilia: una que es importante para la activación cortical y otra, descendente desde el tronco del encéfalo hasta la médula espinal, que es importante para el tono muscular. La actividad en ambas rutas debe estar coordinada para permitir los movimientos voluntarios cuando, y solo cuando, el cerebro está despierto.



DATO CURIOSO

Existe una enfermedad rara llamada Insomnio Familiar Fatal, que afecta a la parte de la fase NREM que se repite cíclicamente cada noche junto con toda la fase REM. Su síntoma más importante es que los pacientes sufren de insomnio continuo y finalmente acaban falleciendo. Así que la falta de sueño continuada puede llegar a ser mortal para los seres humanos.

Si nos movemos un poco hacia el contexto de la biología resulta que nuestro paso diario de la vigilia al sueño es uno de los ejemplos más claros de

un ritmo circadiano, que son aquellas variables o procesos biológicos que cambian periódicamente cada cierto tiempo. También se los conoce como relojes circadianos. Otro ejemplo sería la activación nocturna de los genes necesarios para la división celular. Durante estos procesos, nuestro material genético queda al descubierto con lo cual es más vulnerable a daños como los que podría producir la radiación ultravioleta presente en los rayos del sol, pero claro, como esta activación genética normalmente solo se produce por la noche se evitan los potenciales daños por esta radiación. Vamos, que en nuestro cuerpo no todo funciona como un negocio abierto las 24 horas del día los 365 días del año: muchos procesos biológicos tienen unos horarios de oficinas muy concretos, ciclos y ritmos propios.

No existen muchos estudios que den algo de información sobre el impacto en la calidad del sueño y el consumo de videojuegos. Hay trabajos bastante genéricos que analizan el consumo de tecnología digital (consultar el móvil, usar un ordenador, ver la televisión, etc.) y en general los resultados son bastante obvios: la gente prefiere quedarse enredando que irse a la cama^[10]. Disminuyen las horas de sueño y en algunos casos la calidad del sueño, con lo cual de entrada parece bastante desaconsejable abusar de estas tecnologías cerca de la hora de irse a dormir. Eso sí, no es el único factor que afecta a la calidad del sueño: por ejemplo, el sobrepeso también aparece como un elemento que potencialmente dificulta la capacidad de dormirse y la calidad del descanso.

La cantidad de publicaciones centradas en el efecto de los videojuegos es aún menor, aunque los resultados son similares^[11]: el consumo excesivo de videojuegos, especialmente por la noche, está asociado con dormir menos y hacerlo con peor calidad. Y como el descanso es clave para tener nuestras capacidades mentales a tope, algunos trabajos han documentado una disminución de algunas habilidades cognitivas. Es decir, que si duermes poco estás un poco dormido durante el día. Tampoco es un resultado muy revolucionario...

De nuevo la mayor pega es que estos trabajos únicamente demuestran correlaciones entre un factor y otro, pero... ¿qué podrían estar haciendo los videojuegos para mantenernos despiertos? Una hipótesis es que videojuegos muy estimulantes o intensos podrían estar aumentando nuestro nivel de alerta justo un rato antes de irnos a dormir: imagínate que estás jugando a un videojuego de competición, por ejemplo una partida clasificatoria al *LOL (League of Legends)*, a veces estas partidas son muy intensas y claro, acabas la partida, te das cuenta de que se te ha hecho tarde y te vas a la cama, pero es

posible que te cueste dormir un poco porque estás todavía dándole vueltas a la partida. Esto no es algo específico de los videojuegos: una de las recomendaciones genéricas para tener una buena calidad de sueño es evitar situaciones muy estimulantes, como podría ser el ejercicio físico de alta intensidad, justo antes de irte a dormir. De hecho, la única actividad de alta intensidad que se me ocurre que podría ser recomendable antes de dormir es tener sexo. Yo, claro, como soy un friki de los videojuegos, no sé mucho de esto, pero he leído libros sobre biología reproductiva. Eso sí, estamos hablando de sexo con orgasmos, ya que eso libera un montón de neurotransmisores y muchos de ellos tienen un efecto relajante.

Otra de las posibles formas mediante las cuales los videojuegos podrían estar alterando nuestro sueño es la luz. Recordemos que nuestro equilibrio entre el estado de vigilia y el sueño es un ritmo circadiano y, como tal, se atiene a unos niveles internos de ciertas moléculas que cambian con el tiempo. Para entender un poco mejor esto hablemos del *jet lag*, que te puede afectar, por ejemplo, cuando viajas en avión y al llegar a tu destino son las seis de la tarde, pero tú tienes mucho sueño porque en la ciudad donde cogiste el avión son las cuatro de la mañana. Tienes sueño porque para tu cuerpo es de madrugada, aunque eso sí, estos relojes internos también se ven afectados en parte por elementos externos, en este caso la luz. Por eso para combatir el *jet lag* se recomienda que no te vayas a dormir cuando el cuerpo te lo pida, sino que lo hagas solo cuando sea de noche. Así la luz natural te ayudará a ajustar tu ritmo interno al horario de donde te encuentres.

Y hablando de *jet lag*, seguramente habréis oído hablar de las famosas pastillas de melatonina. La melatonina es un compuesto que es esencial en la regulación de nuestros ciclos de sueño/vigilia. Su producción es mínima durante el día, pero cuando empieza a anochecer su cantidad aumenta hasta llegar a un máximo entre las doce de la noche y las tres de la madrugada. Desde ese momento empieza a caer hasta alcanzar sus valores más bajos durante el día^[12]. Es decir, que con la subida de melatonina nos entra sueño y cuando sus niveles bajan nos vamos preparando para despertarnos hasta llegar a unos niveles mínimos que son los que tenemos durante el día, cuando normalmente estamos despiertos. El truco está en que la producción de melatonina está asociada a la luz, la cual inhibe su producción, y en especial los tejidos que producen melatonina son particularmente sensibles a la luz azul. Se ha visto que la exposición a luz artificial puede bloquear la producción de melatonina, y si estamos hablando de aparatos electrónicos resulta que las pantallas suelen emitir una luz especialmente rica en luz azul.

Por esto se desaconseja usar los móviles antes de irse a dormir, pero por el mismo motivo también es teóricamente desaconsejable estar jugando a videojuegos o viendo la televisión justo antes de meterse en la cama.

Aunque haya trabajos que señalen una relación entre el consumo de videojuegos y una peor calidad de sueño, hay que ponerlo todo en su contexto: estos datos únicamente señalan una correlación entre ambos. Pero si vamos a las causas, vemos que lo único que ocurre es que los videojuegos tienen elementos que están presentes en otros hábitos: el tema de la luz en las pantallas es algo compartido por cualquier dispositivo electrónico, y la sobreestimulación antes de irse a dormir es desaconsejable ya estemos hablando de un videojuego de acción como de bailar música tecno a tope o de levantar pesas justo antes de acostarse. Además, aunque el regulador principal de la melatonina es la luz, también hay reguladores secundarios como, por ejemplo, las horas de comida o la actividad física.

Pero bueno, parece que en este caso los videojuegos poco pueden hacer por mejorar nuestro cerebro y es posible que contribuyan a algún leve problema de sueño. De todos modos, aquí el asunto de fondo es que es importante tener en general unos buenos hábitos de sueño, lo cual se llama higiene de sueño. Hablando de videojuegos, una buena higiene de sueño puede ser, por ejemplo, dejar de jugar un ratillo antes de irse a dormir en vez de parar justo antes, o evitar videojuegos muy excitantes: de hecho, aunque son minoritarios, existen videojuegos más contemplativos que pueden ser bastante relajantes. Y si tu pantalla tiene algún modo nocturno que disminuye la luz azul, a lo mejor es buena idea activarlo cerca de la hora de dormir. Yo, personalmente, no creo que haya que obsesionarse con estos temas, pero siempre está bien conocerlos, ser consciente de qué tal descansamos últimamente, por qué puede ser... y, obviamente, en caso de duda consultar a un médico.

Además, los propios artículos sobre el uso de elementos electrónicos (navegar por internet, ver series, jugar a videojuegos, chatear con el móvil, etc.) señalan que hay un problema de fondo que tiene difícil solución: entre semana el único rato de ocio de la mayoría de la gente es después de cenar, con lo cual es casi inevitable jugar a videojuegos en horario nocturno. Es importante ver las cosas en su conjunto, hacernos preguntas e intentar ver un poco más allá de una simple correlación.

SI ERES CIRUJANO Y JUEGAS A VIDEOJUEGOS, UTILIZA EL MANDO

En neurociencia, un error común es pensar en el cerebro como el centro de nuestras habilidades intelectuales en vez de pensar en él como lo que realmente es: el centro de todas nuestras habilidades. Cuando vemos a un bailarín experto danzando en un espectáculo de ballet pensamos en su cuerpo y ¡hala! al cerebro que le den. Pero todo movimiento necesita un cuerpo y un cerebro preparados. La coordinación motora se debe en gran parte al cerebelo, el cual recuerda que apenas es un 10% del volumen cerebral, ¡pero en su interior están aproximadamente el 80% de las neuronas!^[13] Así que usamos muchas más neuronas para movernos que para pensar.

La ciencia avanza que es una barbaridad y la ciencia médica ya no digamos. Por ejemplo, la cirugía actual cada vez se parece menos a la imagen clásica de un médico abriendo al paciente bisturí en mano. Es frecuente el uso de la laparoscopia, que permite operar abriendo pequeñas incisiones por las que se introduce el instrumental mientras las manos del cirujano manejan el equipo desde fuera, y en sus áreas más pioneras la cirugía médica directamente usa equipos robotizados manejados por el cirujano. Operar se parece cada vez más a estar jugando a un videojuego con un mando y, es más, algunos de los movimientos que deben hacer los cirujanos con estos equipos son similares a los de un *gamer* con un mando entre sus manos. Esta similitud les llamó la atención a algunos investigadores, que han analizado si jugar a videojuegos tenía como consecuencia una mejora de las habilidades quirúrgicas de los médicos.

En 2016 una revisión sistemática del tema determinó que si bien algunos artículos encontraban una mejora en las habilidades a la hora de hacer una laparoscopia, otros no, y además en conjunto el número de trabajos suficientemente rigurosos era muy pequeño^[14]. Afortunadamente, el tema sigue siendo investigado y un trabajo reciente ha vuelto a encontrar una correlación positiva entre jugar a consolas y una mejora en las habilidades laparoscópicas de los estudiantes de medicina. De hecho, encuentran mejores resultados en los jugadores que utilizaron la Wii (jugando al *Monkey Ball Banana Blitz*) frente aquellos que usaron la Xbox (jugando al modo zombi del *Call of Duty Operation Black ops*)^[15]. Esto es muy curioso, porque de confirmarse con otros trabajos, implica que sería posible mejorar las habilidades quirúrgicas sin necesidad directa de practicar aspectos médicos: bastaría con que tuvieran que realizar repetitivamente determinados

movimientos similares en su base a los que hacen durante las operaciones. En cierto modo es como cuando algún deportista entrena una misma capacidad desde distintos ángulos: por ejemplo, entrenar la capacidad cardiaca corriendo, haciendo distintos trabajos de intensidad, nadando, yendo en bici...

Obviamente un videojuego no sustituye al entrenamiento médico directo, pero, aunque todavía estamos muy lejos de saber con total seguridad cuánto y en qué nos pueden ayudar los videojuegos, creo que todas estas investigaciones son un buen ejemplo de que, más allá de su componente como elementos de entretenimiento, el ocio electrónico tiene un potencial para ayudarnos a mejorar.



Cuando vivía en Londres fui a un debate sobre si el cerebro humano es diferente según el sexo del individuo. Vamos, sobre si existe un cerebro «masculino» y otro «femenino». Es un tema extremadamente complicado y para debatirlo contaron con la presencia de dos expertos neurocientíficos: Simon Baron-Cohen y Gina Rippon. Ambos tienen sendos libros publicados que defienden ideas opuestas, y la gracia es que ambos sacan diferentes conclusiones pese a que parten prácticamente de los mismos datos. El tema está en la interpretación que hacen de los resultados publicados por los laboratorios de todo el mundo.

Este debate, que por cierto fue muy amistoso, entre Simon Baron-Cohen y Gina Rippon refleja que a veces los datos dan un cierto margen a la interpretación, y que este margen puede llegar a ser bastante relevante. Esto, además, se suele dar en las áreas más recientes y punteras ya que es donde menos información hay: llevamos décadas de investigación muy sólida en genética así que si estamos hablando de términos básicos en esta área las cosas están ya tan claras que hay poco margen para la discusión, pero temas mucho más recientes como la neurociencia... pues según de qué estemos hablando ya hemos visto que es complicado e imprudente ser muy categórico con lo que decimos. De hecho, a veces pasan cosas curiosas, como por ejemplo que el 19 de julio de 2017 se publicó un estudio que decía que los videojuegos de acción ayudaban a niños con dislexia^[1] y el 11 de enero de 2018 se publicó otra investigación que afirmaba lo contrario^[2]. Ambos trabajos fueron publicados en *Scientific Reports*, una de las revistas científicas más prestigiosas a escala mundial.

DATO CURIOSO

La interpretación de los resultados es tan importante que los artículos científicos tienen una sección final denominada «discusión» donde los investigadores debaten sobre sus resultados y los ponen en

contexto con otras investigaciones. El resto de las secciones de un artículo carecen de esta subjetividad e incluyen una introducción, los resultados y una parte donde se explican detalladamente las técnicas utilizadas, el material empleado, etc.

Ya hemos visto que hay indicios, más o menos firmes, de que los videojuegos pueden modificar algunas capacidades cerebrales, y hay investigadores que han decidido ir un poco más lejos y comprobar si todo esto de los *gamers* puede llegar a tener aplicaciones terapéuticas. En el caso anterior estamos hablando de dislexia y actualmente todavía no está muy claro si los videojuegos pueden ser de ayuda o no.

La dislexia es una deficiencia en la adquisición del lenguaje escrito independiente del nivel de inteligencia y teniendo recursos educativos suficientes.

Intuitivamente puede parecer que es muy negativo que dos estudios similares lleguen a conclusiones diferentes, pero en verdad esto forma parte de la ciencia: cuando alguien publica un resultado el resto de los investigadores suelen incorporarlo a sus propias líneas de investigación y como consecuencia repiten, al menos en parte, los experimentos ya hechos. Y claro, aquí pueden pasar dos cosas: o que salga lo mismo o que salga algo diferente. Si ha salido lo mismo se dice que se han replicado los experimentos, lo cual refuerza la validez de los resultados previos. Si ha salido algo diferente... pues se abre un debate más o menos amistoso (a veces MUY POCO amistoso) entre los investigadores. De este debate salen más trabajos que van proporcionando más información, se averigua por qué los resultados eran diferentes y al final la ciencia va avanzando poco a poco.

DATO CURIOSO

A veces, en ciencia es difícil que se acepte inicialmente un trabajo que contradice resultados muy asentados en la comunidad científica. Un claro ejemplo es el de la cantidad de neuronas y células gliales

que hay en el cerebro humano: durante décadas se pensó que había 100.000 millones de neuronas y aproximadamente diez veces más de células gliales. El dato se daba en las universidades, estaba en todos los manuales de neurociencia y muchísimas investigaciones desarrollaron sus propios trabajos basándose en él. Esto no cambió hasta que llegó una comunicadora científica, que había sido investigadora, y necesitó uno de esos datos para una actividad de divulgación^[3]: en 2003 Suzana Herculano-Houzel fue incapaz de encontrar la fuente original de esas cifras y lo único que encontró fue un trabajo de 1988 donde habían llegado a la cifra de 85.000 millones de neuronas a partir de estimaciones parciales. Al parecer esa cantidad posteriormente fue redondeada a 100.000 y asumida como totalmente fiable. Suzana volvió a la investigación y, como ya vimos al principio del libro, desarrolló una nueva técnica que permite contar con precisión las células cerebrales gracias a la cual sacó unos resultados demoledores: el cerebro humano tiene unos 86.000 millones de neuronas y hay aproximadamente una célula glial por neurona. Los resultados eran tan potentes que Suzana pensó en publicarlos en alguna de las mejores revistas neurocientíficas: todas la rechazaron sistemáticamente. *Nature*, *Science*, *Neuron*, *Journal of Neuroscience* ... e incluso en algún caso le llegaron a mencionar que los datos eran muy diferentes a los que se habían publicado en artículos anteriores y, por lo tanto, estas nuevas cifras eran poco creíbles. Finalmente los resultados fueron publicados en una revista en 2009. Más tarde se han replicado estos resultados y personalmente creo que son los más importantes que se han publicado en neurociencia en las últimas décadas. Sé que un cambio de números a lo mejor no es muy llamativo, pero es que son la base de todo: cuando comparamos cerebros para estudiar neuroevolución es necesario saber cuántas células tienen, del mismo modo que en los trabajos sobre enfermedades neurodegenerativas donde se pierden células hace falta saber cuántas células hay en un cerebro sano. Así que, si de mí dependiera, Suzana tendría ya el premio Nobel de Medicina como mínimo. Actualmente Suzana se ha especializado en la evolución del cerebro, y se dedica en gran parte a estudiar a nivel celular la composición de los cerebros de todo tipo de animales, desde ratones hasta elefantes.

LOS VIDEOJUEGOS ECHAN UN CABLE A LA TERCERA EDAD

Una de las áreas donde más se están planteando los videojuegos como terapia es en el envejecimiento. Hay un generalizado envejecimiento de la población y uno de los mayores desafíos es conseguir que el progresivo deterioro de las habilidades cognitivas sea el menor posible. Además, en este contexto las enfermedades neurodegenerativas son un desafío abrumador.

Por un lado, está el alzhéimer, que es la enfermedad neurodegenerativa más común. Actualmente hay unos cuarenta millones de personas, la mayoría mayores de sesenta años, en todo el mundo que sufren demencia, de los cuales el 60-70% padecen alzhéimer^[4]. Se estima que, por lo menos hasta el año 2050, el número de personas con alzhéimer se duplicará cada veinte años. La enfermedad es muy conocida porque sus efectos suelen centrarse en la memoria, aunque conforme va avanzando también se ven dañadas otras capacidades y los problemas se multiplican. Desgraciadamente es una enfermedad devastadora para la cual no hay ninguna cura y los tratamientos encaminados a retrasar su avance tienen efectos muy limitados. De hecho, las únicas recomendaciones contra el alzhéimer bastante efectivas son de carácter preventivo: se ha visto que tanto tener una buena salud cardiovascular (gracias a una buena dieta, ejercicio físico...) como una elevada y continuada actividad intelectual disminuyen las probabilidades de padecer la enfermedad o, al menos, aumentan las probabilidades de que esta aparezca a edades más tardías.

Es curioso lo de la actividad intelectual y la demencia porque se cree que su efecto preventivo se debe a que aumenta una neurociosa denominada «reserva cognitiva». La reserva cognitiva hace referencia a la capacidad que tendría un cerebro determinado de resistir cambios negativos, enfermedades... sin manifestar síntomas. Vamos, que hablando en jerga *gamer* la reserva cognitiva son los puntos de vida cerebrales y una enfermedad lo que hace es quitarte una serie de puntos al día. Cuando la reserva llega a cero, la enfermedad se empieza a manifestar. ¿Cómo se relaciona la reserva cognitiva con la actividad intelectual? Pues ahora os lo explico: la idea es que una actividad intelectual constante y variada genera un cerebro con muchas redes neuronales y muy diversas. Es como si fuera un mapa de carreteras donde cada vez hay más y más carreteras, y las enfermedades lo que hacen es empezar a cortarlas. Cuantas más carreteras tengamos mejor porque, aunque la enfermedad corte algunas, siempre existirá

la posibilidad de tomar otra ruta alternativa. Y así vamos aguantando. Obviamente al final nos quedaremos sin posibilidades, pero si logramos que la enfermedad aparezca mucho más tarde ya será mucho porque en el fondo lo único que podemos ganar en esta vida es tiempo.

En este contexto, ya hemos visto que los videojuegos tienen cierto potencial para mejorar algunas capacidades mentales, así que hay investigadores que se han dedicado a poner a abueletes a jugar a videojuegos. Uno de los estudios más interesantes reunió a cuarenta ancianos madrileños, veinte de los cuales jugaron un total de quince horas para ver si sus habilidades memorísticas habían cambiado respecto a los que no jugaban^[5]. Se observaron mejoras en distintos aspectos de la memoria de trabajo y también en la memoria episódica (la de recordar nuestras propias experiencias). Además, algunos de estos cambios se mantuvieron cuando volvieron a evaluar a los participantes tres meses después de haber estado dándole a los videojuegos. Hay que destacar, eso sí, que a los participantes se les hizo jugar a un pack comercial de videojuegos diseñados específicamente para entrenar las habilidades cognitivas^[6].

Todo este tema tiene años, y ya en 2015 una revisión de los trabajos sobre este asunto concluyó que, aunque preliminares en muchos casos, los resultados apuntaban a que el consumo de videojuegos tenía un cierto impacto positivo en las personas mayores^[7]. Datos más actualizados dan ciertos motivos para el optimismo, aunque eso sí, con prudencia: por ejemplo, un análisis sobre este tema publicado en 2019 concluía que de todas las capacidades analizadas (velocidad de pensamiento, atención, razonamiento, etc.) únicamente mejoraba una: la capacidad de actualizar la información que estamos usando en cada momento en función de nuestros recuerdos más a largo plazo^[10]. Estos resultados vuelven otra vez a sacar a la palestra la influencia de los videojuegos en la memoria ejecutiva y ponen sobre la mesa el interés de fomentar la cultura de los videojuegos en la tercera edad. Después de todo, los videojuegos son una actividad de ocio que exige mucha más participación que el pasatiempo favorito por excelencia de toda la sociedad: ver la televisión.

DATO CURIOSO

El 8 de julio de 2015 ocurrió algo aparentemente irrelevante: la estadounidense Shirley Curry (que en 2020 cumplió ochenta y cuatro años) subió su primer vídeo en su canal de YouTube^[8]. No es más que un fotomontaje de fotos boscosas de unas vacaciones, lo cual, más allá del hecho inusual de que alguien de casi ochenta años suba un vídeo a YouTube, no tiene más importancia. Lo interesante ocurrió unos meses después, el 18 de septiembre: Shirley subió un segundo vídeo al canal, esta vez ella salía jugando al *The Elder Scrolls V: Skyrim*.

Actualmente Shirley Curry es una importante youtuber con más de novecientos mil seguidores solo en YouTube, y lo ha conseguido subiendo principalmente vídeos en los que sale ella jugando al *Skyrim*. En internet es conocida como la Abuela del *Skyrim* y los propios creadores del videojuego le han creado un personaje para homenajearla en el próximo título de la saga *The Elder Scrolls*^[9]. Merece la pena ver sus vídeos solo para contemplar cómo disfruta del juego. Shirley nos recuerda que los videojuegos no solo son para jóvenes, lo cual establece un puente entre la neurociencia del envejecimiento y el mundo *gamer*.



The Elder Scrolls V: Skyrim (2011) es uno de los videojuegos de rol más conocidos que hay, y en él el jugador se mueve por un mundo de fantasía medieval.

Y si la idea de abueletes *gamers* os parece una locura, quisiera recordaros un caso entrañable: los *Silver Snipers* (Francotiradores Plateados)^[11]. Se trata del primer equipo profesional sénior de *Counter-Strike: Global Offensive* (un videojuego de acción en primera persona donde luchan a disparo limpio dos equipos: los terroristas contra los antiterroristas. Vamos, el «polis y cacos» cibernético). Sus edades oscilan entre los sesenta y cinco y los setenta y siete años y cada uno lleva entre 328 y 1.207 horas jugadas. Cuidado con los ciberyayos, que le meten una paliza jugando a más de algún *millennial*.

LOS EXERGAMES: VIDEOJUEGOS PARA MOVER EL ESQUELETO

Normalmente los videojuegos se juegan sentados o, a poder ser, semitumbados en el sofá frente a una buena pantalla. Lo único que se mueven son las manos sobre el mando o teclado y los ojos. Y ya. Así durante horas. Recuerdo que hace millones de años, mis amigos y yo teníamos conexiones a internet muy cutres en casa (si es que teníamos), así que íbamos de vez en cuando a un ciber a jugar todos juntos. Un ciber, para los más jovenzanos, es un sitio con muchos ordenadores tochos, poca luz, máquinas de refrescos y todo el internet que puedas necesitar. Solíamos cogernos ofertas de cuatro horas y ¡hala! nos pegábamos todo ese rato del tirón (yo no recuerdo haber ido a al baño nunca en un ciber) jugando al *Counter Strike* original, al *Diablo 2*, el *Quake 2*, etc. Tras cuatro horas de acción pixelada todos teníamos claro que quizá una hora más sí que hubiéramos seguido jugando...

Por definición jugar a videojuegos es una actividad muy sedentaria. Esto ha dado lugar a muchos estereotipos, pero bueno, en fin, también leer se hace sentado y nadie parece tener un problema con ello. Y esto fue así hasta que empezaron a llegar videojuegos que, ¡oh, sacrilegio!, exigían actividad física: la Wii introdujo unos mandos que detectaban el movimiento y, de repente, tenías que tener cuidado al jugar no fuera a ser que tiraras una lámpara durante una partida de *Wii Party* demasiado intensa. También había alfombras sobre las que bailar, xBox sacó Kinect (que es un dispositivo que detecta los movimientos sin el uso de mandos) y ahora hay hasta básculas que miden la presión que ejerces sobre ellas. Existe hasta el *Wii Fit*, que es un videojuego básicamente diseñado para que hagas ejercicio. De nuevo, repito, sacrilegio.

En la literatura científica se clasifican como *exergames* a todos aquellos videojuegos interactivos que exigen al jugador realizar movimientos corporales para realizar acciones dentro del juego^[12].

La rehabilitación física es un tema de salud pública bastante complicado. Si la cosa es grave se puede alargar durante meses o años, con lo cual es un proceso largo pero también muy doloroso, incómodo... donde los pacientes se sienten con frecuencia frustrados, cansados... y a esto hay que sumarle que, en muchos países, incluido España, los programas de rehabilitación que te ofrecen los sistemas públicos no siempre ayudan al paciente hasta que este se ha recuperado por completo. Yo todavía recuerdo a mi padre, quien tras una operación de clavícula y un poco de rehabilitación, se encontró en casa notando que era incapaz de subir el brazo por encima del hombro. Pasada la rehabilitación básica con la cual recuperó parte de la movilidad le pautaron unos ejercicios para hacer en casa y, hala, paciencia, que ya irás recuperando movilidad si los vas haciendo. Afortunadamente mi padre siempre ha sido una persona muy deportista y se dedicó concienzudamente a realizar esos ejercicios hasta recuperarse del todo, pero... ¿qué ocurre si es un caso más grave o estuviéramos hablando de gente con otras complicaciones?

Tomemos por ejemplo los derrames cerebrales. Se producen unos ochocientos mil al año, son la segunda causa de demencia y aproximadamente en un tercio de los casos implican daños cognitivos. Por si esto fuera poco, además pueden tener graves efectos a nivel físico, como pérdida de fuerza o movilidad en extremidades a un lado del cuerpo (hemiparesia), dificultad de habla, otros problemas motores... y en general es una de las principales causas de discapacidad. Discapacidad que, en algunos casos, tras la recuperación parcial inicial, la situación empeora a largo plazo^[13].

Uno de los pocos estudios centrados en ver si los *exergames* pueden ayudar a recuperar capacidades cognitivas perdidas por un derrame cerebral (como capacidad de atención, fluidez del habla o memoria de trabajo) se realizó en el País Vasco: allí, quince de los treinta pacientes de la tercera edad en rehabilitación realizaron ejercicios mientras jugaban al *Nintendo Wii Sport Resort*^[14]. La idea de este trabajo es un poco rollo *Mens sana in corpore sano*, al buscar a través de cierta actividad física restaurar algunas capacidades mentales, ya que determinados movimientos requieren utilizar la atención, mantener en la memoria secuencias de movimientos, etc. Desgraciadamente, aunque los investigadores ven una tendencia de mejora

superior a lo habitual en el grupo que jugó a la Wii, los resultados no son lo suficientemente sólidos como para afirmar con seguridad que haya una mejora significativa.

Eso sí, donde están sacando unos resultados espectaculares los *exergames* es en su potencial papel como terapia complementaria a la rehabilitación física habitual. Aquí hay muchos casos distintos:

—Se ha investigado en casos de fibromialgia. La fibromialgia es un síndrome crónico caracterizado por un dolor generalizado por todo el cuerpo de manera continuada durante más de tres meses, que tiene asociados otros síntomas como fatiga, dificultad de sueño, ansiedad, depresión, pérdida de equilibrio, mayor riesgo de caídas y baja forma física. No hay tratamientos curativos para este síndrome, así que la aproximación clínica va destinada a intentar mejorar la calidad de vida, y aquí la rehabilitación física es un punto importante. El problema del ejercicio físico es que los pacientes deben realizarlo de manera continuada. Y si a las personas sanas a veces les cuesta mucho hacer ejercicio, imaginad lo que es para una persona que sufre dolor crónico. Se ha visto que las terapias basadas en *exergames* funcionan para rehabilitar algunos aspectos de movilidad y equilibrio de estas personas, y que además casi todas las pacientes no abandonaban el tratamiento^[15].

DATO CURIOSO

Desde pequeñas molestias a situaciones muy graves, se calcula que de media el 15% de la población convive con algún tipo de dolor crónico. Para que os hagáis una idea del tamaño del problema, en 2012 se calculó que el dolor crónico supone entre el 1,5-3% del producto interior bruto Europeo, y ya en 2015, en Estados Unidos se calculó que el coste económico del dolor crónico era superior a otros costes sanitarios como los debidos a las enfermedades de corazón, el cáncer o la diabetes. Con lo cual, la mejora de la calidad de vida de los pacientes con dolor crónico es uno de los mayores desafíos sanitarios.

—Se ha visto que son útiles en casos de ataxias neurodegenerativas. La ataxia es una falta de control muscular en movimientos voluntarios como puede ser usar los brazos o caminar. En algunos casos esto se debe a procesos

neurodegenerativos en partes del cerebro como el cerebelo y, como no tenemos prácticamente tratamientos farmacológicos efectivos contra la neurodegeneración, la mayor parte de la ayuda se centra en la rehabilitación. De nuevo, en general se ha visto que los *exergames* son un buen complemento a la terapia tradicional incluso en niños, a los cuales se les animó a jugar a videojuegos que usaran el Microsoft Xbox Kinect y que requirieran un set de movimientos adecuados para su rehabilitación. Uno de los aspectos más destacados fue la motivación de los pacientes para realizar este tipo de ejercicios frente a la rehabilitación tradicional^[16].

También se ha observado que los *exergames* pueden ser útiles en la recuperación física tras un derrame cerebral, y en general los estudios los señalan como una herramienta útil tanto para la rehabilitación de lesiones como en trabajo geriátrico para compensar parcialmente el deterioro natural producido por la edad^[17]. Todos los estudios, eso sí, recalcan que este tipo de ejercicios de rehabilitación debe realizarse (como mínimo durante las fases iniciales) bajo supervisión profesional para evitar lesiones, y se deben seleccionar aquellos movimientos que son adecuados para la recuperación. Pese a que los *exergames* en ningún momento se plantean como sustitutos de la rehabilitación clásica, hay dos elementos clave que los hacen destacar como un tratamiento complementario en este ámbito:

1. La mayoría de los pacientes no abandonan la rehabilitación antes de haber acabado todas las sesiones. Pensemos en la pérdida de fuerza o movilidad que se produce en muchos casos tras un derrame cerebral. Se estima que la recuperación natural (por la propia sanación física) puede llegar hasta el 50%, pero el resto depende completamente de la rehabilitación. El problema es que la rehabilitación es muy dura, ya que requiere repetir miles de veces los mismos movimientos durante meses para apenas notar mejoría a corto plazo. Como ya hemos visto antes, esto es un problema si lo que queremos es reforzar la conducta de completar toda la rehabilitación necesaria ya que la recompensa (recuperar totalmente la funcionalidad perdida) está a meses o incluso años de distancia. Aquí es donde entran en escena los videojuegos, que están diseñados para ser divertidos y reforzar la conducta para que la gente los juegue con frecuencia.
2. Su coste. No hay nada mejor que una sanidad pública donde, independientemente de tu poder económico, si tienes un problema de salud el sistema te cuida durante toda la recuperación. Idealmente esto significaría que los pacientes realizan toda su rehabilitación bajo

supervisión profesional hasta que están totalmente recuperados. La realidad es que esto rara vez se da en muchos países, así que a los profesionales no les queda otra que recomendar a sus pacientes una serie de ejercicios complementarios que estos deben hacer por su cuenta. Muchas de las consolas que se han usado para la rehabilitación tienen a día de hoy unos precios más o menos asequibles (y una vez acabada la rehabilitación se pueden revender o usar para jugar unas partidillas), lo cual es algo que hay que tener muy en cuenta si queremos ayudar a todas las personas del planeta y no solo a las que tienen más llena la cartera.

La propiocepción, nuestro sexto sentido

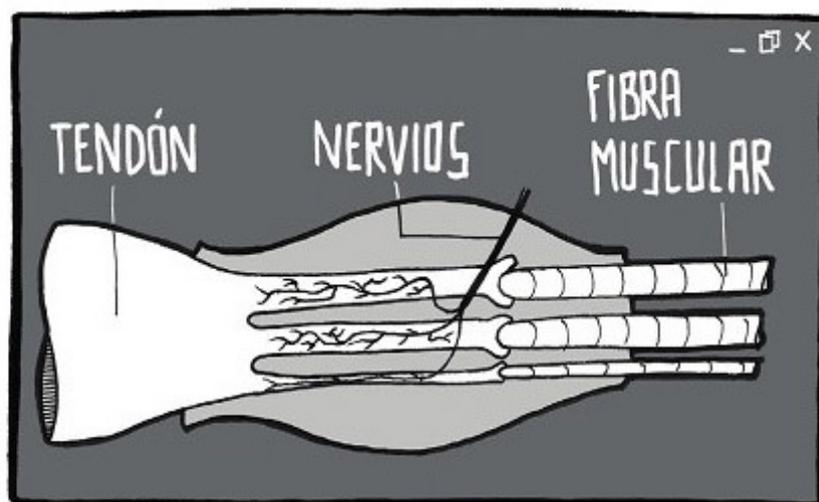
Ya que en este capítulo estamos hablando de mover el esqueleto, os invito a hacer un pequeño ejercicio: cerrad el libro, cerrad los ojos, extended los brazos lo máximo que podáis y dad una palmada. Fácil, ¿verdad? Pero pensad, ¿cómo habéis sido capaces de hacerlo? No estabais viendo vuestras manos y, sin embargo, habéis conseguido que choquen, mientras que para coger cualquier objeto con vuestra mano necesitáis ver tanto el objeto como la mano. La respuesta a esto es que bueno, sentís vuestro propio cuerpo. De hecho, es algo tan natural que normalmente ni nos paramos a pensar sobre ello.

La capacidad de percibir nuestro propio cuerpo se denomina propiocepción, y es uno de nuestros sentidos. Todos hemos estudiado en el colegio que tenemos cinco sentidos: vista, oído, gusto, olfato y tacto. Pero la realidad es que tenemos más: por ejemplo, existe la termocepción, que es nuestra capacidad de sentir la temperatura, o la nocicepción, la cual, resumiendo un poco, nos permite sentir dolor. Y entre todos los sentidos menos conocidos quizá el más importante es la propiocepción.

En cierto modo tiene lógica que nos cueste identificar intuitivamente la propiocepción como un sentido igual que la vista o el gusto. Después de todo, en primer lugar, no tenemos una estructura visible que nos ayude a identificarlo como puede ser la nariz, la lengua o los ojos. Por el contrario, la propiocepción se basa en una serie de estructuras nerviosas que están repartidas por todo el cuerpo, en las capas musculares, las articulaciones y los tendones. A esas microestructuras llegan nervios que tienen mecanorreceptores, es decir, receptores que se activan frente a cambios

físicos como un estiramiento, un aumento o disminución de la tensión... Los mecanorreceptores responden ante estos cambios activando nervios que transmiten constantemente esta información al cerebro. Esa es otra peculiaridad de este sentido: funciona constantemente. Ese es el segundo motivo por el cual es difícil darse cuenta de que tenemos ese sentido: siempre está allí. Y como muchas otras cosas que nos acompañan durante la vida, tendemos a darnos realmente cuenta de su presencia solo tras su pérdida.

La importancia de la propiocepción se ve claramente en los pacientes que la pierden: es el caso, por ejemplo, de una mujer que debido a una infección su percepción corporal quedó tan dañada que inicialmente era incapaz de moverse^[18]. Literalmente no podía ni andar, declaró que constantemente «perdía los brazos» y, en general, tenía la desagradable sensación de vivir dentro de un cuerpo que ella en gran parte no percibía. Este es un caso extremadamente grave, pero refleja muchos de los síntomas que suelen producirse: al perder el control del cuerpo, a los pacientes les cuesta mantenerse en pie, fallan al realizar cualquier tipo de movimiento, agarre... En muchos casos tienen que compensar esta pérdida viendo la parte del cuerpo que quieren mover (por ejemplo, mirarse los pies o las piernas al andar, etc.), tienen que estar todo el rato concentrándose en cada movimiento, controlando conscientemente hasta su postura corporal.



Representación esquemática de un órgano tendinoso de Golgi. Estos órganos microscópicos son parte de las estructuras que forman la propiocepción. Aquí se miden cambios como los producidos cuando las fibras musculares se contraen, lo cual estira el tendón y ese incremento de la tensión es registrado por los nervios conectados al tendón^[19].

Con todo esto vemos que la propiocepción nos recuerda que el sistema nervioso va más allá de nuestras capacidades intelectuales, del mismo modo

que los *exergames* indican que los videojuegos como terapia pueden incluirse tanto para situaciones intelectuales como físicas.

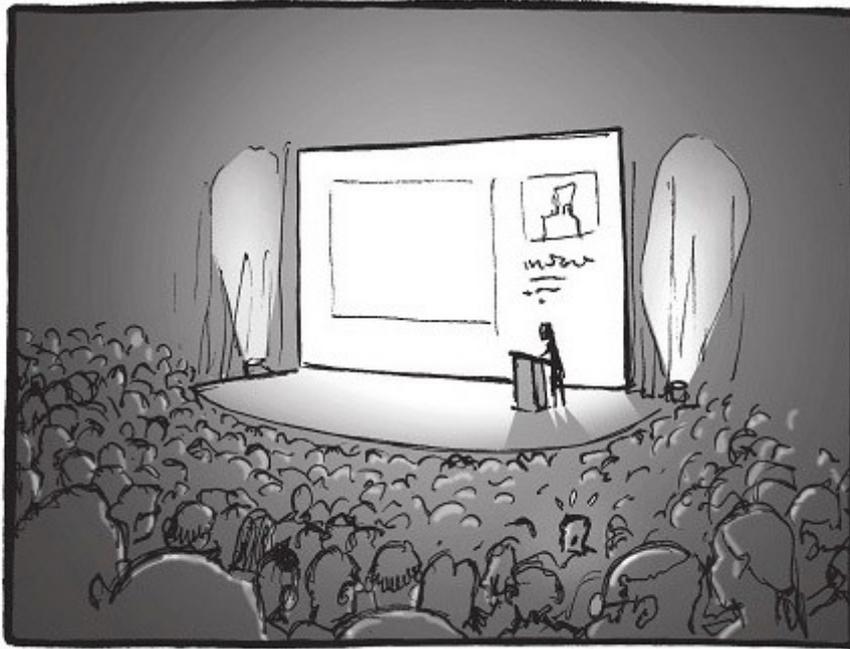
DATO CURIOSO

Una de las consecuencias de la pérdida de la propiocepción puede ser un cambio en la voz, ya que esta está controlada principalmente por este sentido y no por el oído. Esto explica, entre otras cosas, que apenas nos cambie la voz en situaciones donde no podemos oírnos bien como dentro de una discoteca.

VIDEOJUEGOS COMO SOLUCIÓN AL OJO VAGO

Creo que no estarías leyendo este libro si yo no hubiera asistido a una charla de la neurocientífica Daphne Bavelier. Yo estaba haciendo la tesis en Barcelona y en el verano de 2012 se produjo en la ciudad un encuentro de la Federación de Sociedades Europeas de Neurociencia (FENS, por sus siglas en inglés).

El mundo de la investigación tiene sus particularidades, y una de ellas es que los investigadores se van reuniendo cada cierto tiempo para compartir sus resultados con los colegas. Estos encuentros tienen todos los formatos y escalas posibles, desde encuentros informales con algún laboratorio de tu ciudad hasta eventos donde miles de científicos asisten durante unos pocos días a un lugar concreto. El encuentro de la FENS de 2012 era de los segundos. Allí es donde escuché por primera vez a Daphne Bavelier, quien iba a dar una de las charlas más importantes (si el evento hubiese sido un megafestival de música, pues ella habría ido como grupo principal). Y yo, como era neurociencia y videojuegos, pues como buen *gamer* allí que me fui. Esa charla fue la primera vez, que yo recuerde, que me planteé esta rara fusión entre neurociencia y videojuegos. La cosa fue creciendo poco a poco en mi cabeza y cuando seis años después me plantearon escribir un libro de neurociencia tuve claro el tema que iba a tratar.



Una de las áreas que la doctora Bavelier más ha investigado es la relación entre los videojuegos de acción de disparos (*shooters*) en primera persona y las capacidades visuales. De hecho, varios estudios en los que ella ha participado se centran en el tratamiento de la ambliopía, comúnmente conocida como «ojo vago».

El ojo vago afecta aproximadamente al 2,4% de la población, con lo cual es uno de los problemas de visión infantiles más comunes. Echando cuentas se calcula que afecta a unos quince millones de niños y niñas de todo el mundo. Sin embargo, pese a ser un problema de visión, el fallo no está en el ojo sino en el sistema nervioso asociado a él: tenemos en el cerebro unas partes encargadas de controlar los ojos y normalmente existe un cierto equilibrio entre la parte que controla el ojo derecho y la parte que controla el izquierdo. Pero eso no ocurre en los casos de ojo vago, ya que se favorece mucho más el uso de uno frente a otro, lo cual da lugar a problemas de visión que, además, también pueden llegar a afectar al desarrollo de habilidades motoras o dificultar la lectura.

Sobre el papel, la solución a este problema es sencilla: forzar el uso del ojo vago hasta que se equilibre el uso de ambas partes y el problema desaparezca. Este cambio se basa en aprovecharse de la plasticidad cerebral para reorganizar las conexiones nerviosas implicadas en el control ocular, pero tiene varias pegs. La primera es que el tratamiento actual, colocar un parche en el ojo sano para forzar el uso del vago, no es precisamente un tratamiento cómodo. A la incomodidad hay que sumarle la pérdida de visión

mientras se tiene el ojo tapado y que el parche no ayuda con uno de los posibles problemas del ojo vago: una disminución de la autoestima de los niños al afectar a su imagen personal. Y tener que llevar un parche color carne en el ojo bueno no es precisamente una mejora de imagen personal.

Y la segunda dificultad tiene que ver con la propia plasticidad cerebral. Como es un proceso plástico existe el riesgo de que parte del cambio revierta con el tiempo (en su primer año de tratamiento hasta un 25% de los pacientes experimentan una regresión). Pero lo peor es que la plasticidad cerebral disminuye drásticamente durante los primeros años de edad, lo cual hace que cuanto mayor sea el paciente hagan falta más horas de tratamiento: con cuatro años son necesarias de media 170 horas, con seis años la cifra sube a unas 236 horas y si el chaval supera los siete años pues que se prepare, que el tratamiento son más de 400 horas. Así hasta que llega un punto en el cual es muy difícil solucionar el problema por mucho parche que se lleve.

DATO CURIOSO

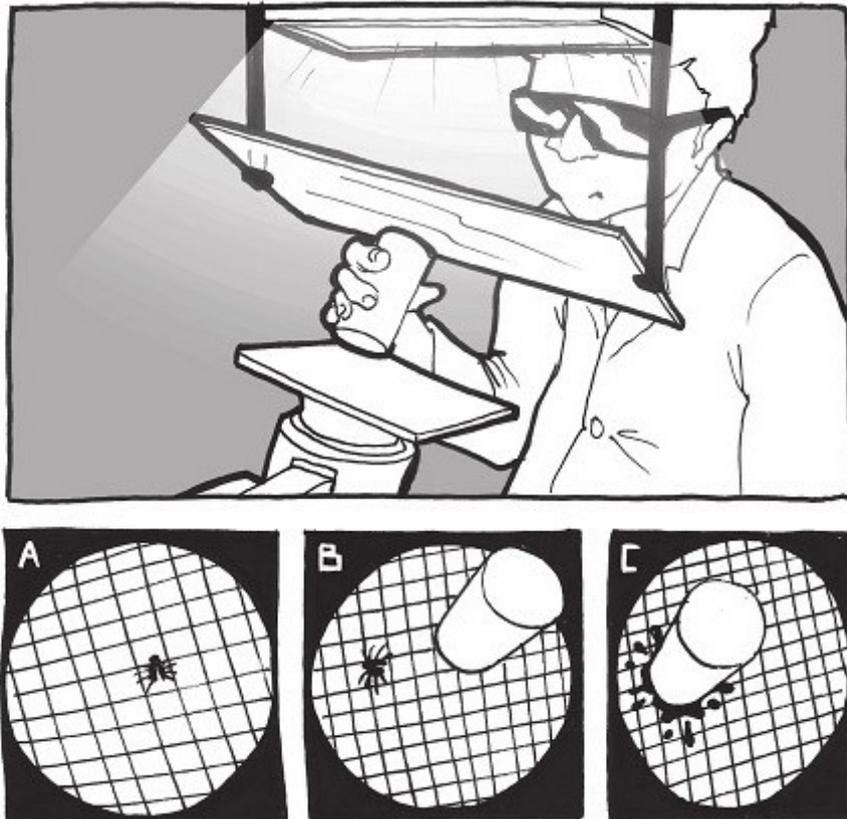
De existir los cíclopes, estos probablemente tendrían problemas de visión de profundidad (distinguir lo lejos o cerca que están los objetos), ya que esta información se basa en gran parte en las diferencias que hay entre la imagen que obtenemos de un ojo y la que obtenemos del otro. Existen algunos mecanismos compensatorios que podrían ayudar a alguien tuerto a mantener una cierta visión de profundidad, pero de todos modos mi consejo supercientífico es que intentéis conservar ambos ojos.

En este contexto, tanto Bavelier como otros laboratorios han ido encontrando durante años evidencias de que determinados videojuegos sí que tienen una cierta influencia en el procesamiento visual hasta el punto de plantear los videojuegos como una terapia para ciertos problemas. Por ejemplo, hay un estudio con once pacientes adultos que tenían deficiencias en su estereopsis^[20].

La estereopsis es la capacidad que tiene nuestro cerebro de formar una imagen en tres dimensiones a partir de dos imágenes, una por cada

ojo.

Los investigadores crearon un juego de realidad virtual donde los pacientes con estereopsis un poco regular tenían que aplastar un insecto virtual usando un objeto cilíndrico. Tras los ejercicios se vio que la estereopsis de la mayor parte de los pacientes mejoró e incluso dos pacientes dijeron que sentían que evaluaban mejor las distancias cuando conducían. Estos resultados son interesantes porque una pérdida de estereopsis puede estar presente en alguien con ambliopía, pero también es un problema que aparece en otras situaciones y, además, son resultados de mejora en adultos (de entre diecinueve y cincuenta y seis años), lo cual está muy bien teniendo en cuenta la evolución de la neuroplasticidad con la edad.



En la parte superior vemos el dispositivo. En A se muestra la imagen ficticia, incluido el bicho virtual, que ve el participante. En B y C observamos los intentos del participante por aplastar al insecto, tanto cuando falla (B) como cuando acierta (C).

En un estudio más reciente participaron veintiún pacientes con ambliopía de edades comprendidas entre los siete y diecisiete años (considerados muy mayores o extremadamente mayores para ser ayudados con el tratamiento clásico del parche) y se les pidió que jugaran durante veinte horas al videojuego *The Magical Garden*^[21]. No se trata de un videojuego comercial

en primera persona, sino uno específicamente diseñado para la prueba: en él los jugadores deben recolectar objetos, moverse por el escenario y marcar con el puntero elementos móviles, como unos robots que aparecen en la pantalla. Además, el videojuego fue relativamente fácil de crear ya que no se fabricó de cero, sino que se hizo usando de base el sistema gráfico del videojuego de acción en primera persona *Unreal Tournament*, eso sí, eliminando todo el contenido violento, cambiando el aspecto, etc.

DATO CURIOSO

La relación entre ciencia y videojuegos también está empezando a involucrar las ramas de investigación básica a partir de las cuales posteriormente se desarrolla la ciencia aplicada. La mayor parte de estos casos están englobados dentro de lo que se denomina «ciencia ciudadana»: es decir, proyectos científicos donde se le da a la ciudadanía un papel activo en el proyecto científico. Uno de los ejemplos más clásicos es *Foldit*^[22], un videojuego online donde los jugadores realizan puzzles basados en doblar la estructura molecular de proteínas. La idea es que los jugadores van probando con las múltiples posibilidades de moldear distintas proteínas, lo cual les sirve a los científicos como simulaciones de potenciales formas de las proteínas y esto les ayuda a descubrir su estructura. Este tipo de trabajo es importante en enfermedades como el VIH, el cáncer o el alzhéimer; y *Foldit* está relacionado con al menos diez publicaciones científicas de alto nivel. Pero hay más casos de ciencia ciudadana y videojuegos: a diferencia de *Foldit*, donde los ciudadanos únicamente participan en una parte del proyecto, hay iniciativas en las que la relación entre investigadores y el resto de los ciudadanos se da ya desde un inicio. Un caso todavía en desarrollo es *Geningma*^[23]: la idea es utilizar la gran capacidad humana para detectar patrones (muy superior a la de muchos algoritmos actuales) para estudiar las secuencias genéticas de las células tumorales. Para ello se está diseñando una aplicación para los teléfonos móviles donde en un formato de videojuego los participantes analizarán pequeñas partes del ADN de células cancerígenas. En este caso, en la creación del juego y su posterior testeo se está contando con la

colaboración de profesionales de áreas no científicas y público general. Una vez terminado, el proyecto tiene el potencial de ser capaz de obtener información relevante sobre la genética del cáncer.

Los resultados fueron una mejora en las capacidades visuales de los pacientes, y lo que es igual de importante, estas mejoras se mantuvieron en gran parte pasadas 6-10 semanas del experimento. Ya de por sí los resultados son muy esperanzadores porque cualquier chaval del mundo prefiere jugar a videojuegos que llevar un parche color carne durante cientos de horas, pero es que si además lo comparamos con el tratamiento convencional los resultados son bastante impresionantes: estamos hablando de mejoras en pacientes de entre siete y diecisiete años con solo veinte horas de trabajo, cuando en pacientes de solo siete años se necesita llevar el parche en el ojo unas cuatrocientas horas.

¿CURAR CON VIDEOJUEGOS?

El primer vuelo a motor prolongado de la historia fue una cutrada: apenas doce segundos en el aire durante los cuales el protoavión recorrió tan solo treinta y siete metros. Pero lo importante de este primer viaje realizado en 1903 es que los hermanos Wright demostraron que era posible volar^[24]. Después ha venido más de un siglo de trabajo aeronáutico hasta que hemos llegado a una situación donde está totalmente normalizado coger un avión.

Cuando pienso en los videojuegos como terapia me acuerdo del enclenque avión a motor que construyeron los Wright con alas de madera y tela: a día de hoy los resultados que Bavelier y otros investigadores están obteniendo por todo el mundo no son más que eso. Pero, aunque no muy imponentes, son los resultados más difíciles de lograr porque están explorando una idea nueva. Luego vendrán décadas de perfeccionamiento donde seguramente los videojuegos como terapia se desarrollarán como algo diferente a los videojuegos únicamente como entretenimiento. Habrá que ver su eficacia frente a tratamientos convencionales, si funcionan como tratamiento directo o complemento, su coste, para qué sirven y para qué no... pero, aunque todos estos factores son muy importantes, en el fondo no dejan de ser detalles frente al nacimiento de una nueva idea: los videojuegos como terapia. Y, además, todo de la mano de investigaciones rigurosas que separan la charlatanería de

la realidad científica. Quizá no nos demos cuenta, pero le debemos mucho a pioneras como Daphne Bavelier.

NIVEL SECRETO

PLAY

LOS
VIDEOJUEGOS
COMO
CULTURA



A veces oigo a gente intentando descalificar al conocimiento científico diciendo que «la ciencia no lo sabe todo», ante lo cual yo... pues me encojo de hombros. Incluso en las ramas más veteranas de la ciencia, como la física o la química, hay tanto por descubrir, tanto por avanzar... y es tan obvio que no existe un «todo» que pueda ser aprendido porque el conocimiento no es un libro finito que se va leyendo, sino una obra interminable que se va escribiendo página a página.

La cultura avanza, las formas de expresión artística se refinan y descubrir algo lleva a nuevas preguntas. Esto a veces puede ser un poco frustrante, pero saber un poco siempre es mejor que no saber nada, y aunque en neurociencia todavía no tengamos las respuestas a preguntas fundamentales como qué es desde el punto de vista biológico la consciencia, en qué sustrato molecular existe un recuerdo o una idea... también hay cosas básicas que ahora sabemos —como cuántas neuronas tenemos o cómo se comunican entre ellas— que antes desconocíamos.

Cuanto más avanzamos, más complejos y sofisticados se vuelven los sistemas, que es en los ámbitos técnico, artístico y social lo que les está ocurriendo a los videojuegos. Entiendo que desde fuera puede parecer que el ocio electrónico no pasa de ser una maquinita o una pantalla con la que se pueden jugar algunas partidas... Y en muchos casos no es más que eso y tampoco pasa nada, no toda la gente tiene que ser un jugador obsesionado con el mundo de los videojuegos, y tampoco se es mejor o peor *gamer* por jugar más o menos, o jugar a unos videojuegos u otros. Pero lo que sí que hay que entender es que una industria que supera económicamente al cine, la música o la literatura es un mundo muy complejo y desde luego que no va a desaparecer por muchos prejuicios que haya contra ella.

De hecho, el ocio electrónico cada vez se está normalizando más en nuestras vidas. Los diarios deportivos empiezan a tener secciones dedicadas a los *eSports* e industrias culturales como editoriales o productoras audiovisuales crean productos basados en el mundo de los videojuegos. Cada vez más estas creaciones digitales ocupan un mayor espacio en nuestra sociedad y, por lo tanto, también en nuestra cultura. Y cada vez más no saber

nada sobre videojuegos es tener un poco de incultura sobre ciertos aspectos de nuestra sociedad, igual que es incultura no saber nada sobre cine, literatura, deporte, ciencia, música, teatro, política, historia, etc.

Y si bien ya hemos visto en este libro que la industria de los videojuegos todavía tiene que madurar en muchos aspectos, también está claro que muchas de sus áreas tienen un potencial positivo enorme, y el mundo de los videojuegos ya lo está haciendo muy bien en algunas de ellas: existen asociaciones como Juegaterapia^[1] que donan a los hospitales consolas para que los niños con cáncer puedan jugar mientras están hospitalizados; empresas como Microsoft, que ha desarrollado un mando adaptado para que personas con movilidad reducida puedan jugar^[2]; en algunos videojuegos se pueden adaptar los colores para los daltónicos, aumentar el tamaño de los subtítulos para personas con problemas de visión, etc.; hay eventos multitudinarios, quedadas, canales de YouTube, foros, revistas... incluso hay iniciativas como The Good Gamer^[3], cuyo objetivo es acercar el mundo de los videojuegos a padres totalmente desconocedores de este ocio al cual sus hijos dedican muchísimo tiempo. El mundo de los videojuegos es un lugar vastísimo, y es verdad que no tiene por qué interesarle a todo el mundo, pero es una pena que mucha gente lo rechace simplemente por prejuicios.

Cuando pienso en la importancia social de la cultura siempre pienso en un libro que leí hace años. Tengo la teoría de que el nazismo en el mundo ya no existiría si todas las personas leyeran en algún momento de su vida *Paradero desconocido*, de la escritora Katherine Kressmann Taylor. Sé que es una idea excesivamente inocente, pero no puedo dejar de creer que a la mayoría de la gente que lee ese libro se le tiene que mover irreversiblemente algo por dentro. Supongo que todos necesitamos creer en algo.

Lo mismo me ocurre con la película *La lista de Schindler*. ¡Es que es imposible no llorar! O cambiando de tema está *Requiem por un sueño*, que aborda el mundo de las drogas, o el documental *Sisters in Law*, que nos muestra la vida de las mujeres en el sistema judicial de Camerún. Algunas obras del cine y la literatura nos hablan de realidades del ser humano, reflexionan sobre nuestros errores y aciertos... y entrar en contacto con ellas nos hace crecer como personas.

Siento que lo mismo ocurre con algunos videojuegos. Recientemente jugué a *Firewatch*, cuyo argumento es básicamente pasar un verano trabajando como guarda forestal en el Bosque Nacional Shoshone (Estados Unidos). Pero toda la obra es una reflexión sobre la pérdida, sobre qué pasa cuando algo se rompe irremediablemente, cómo afrontamos la vida cuando

respiramos por mera inercia y si es posible recuperarse. *Dear Esther* es un videojuego que nos habla de la depresión y el luto, que además comparte con *Paradero desconocido* la base narrativa: ambas son obras epistolares, es decir, que la narración se desarrolla mediante cartas. En *Paradero desconocido* son las cartas entre dos amigos de toda la vida, uno que reside en Estados Unidos y otro que ha vuelto a su Alemania natal coincidiendo con el crecimiento del nazismo. En *Dear Esther* son las cartas del protagonista a Esther, misivas que se van leyendo conforme exploramos la isla donde se desarrolla la historia.

DATO CURIOSO

En algunos videojuegos las artes clásicas desempeñan un papel esencial. Uno de los ejemplos más obvios es la saga *Assasins Creed*, cuyas obras se desarrollan en el pasado y la representación históricamente fiel de ciudades y monumentos es parte de su atractivo. De hecho, tras el incendio de la catedral de Notre Dame, mientras se realiza su reconstrucción existe la posibilidad de «visitar» el templo virtualmente dentro de uno de los videojuegos de la saga, y la propia compañía que creó el videojuego tiene muchísima información arquitectónica sobre la catedral que podría ser útil en la reconstrucción, ya que necesitaron recolectar todos esos datos antes de poder crear la versión digital de ese edificio.

Los videojuegos y la literatura comparten muchas herramientas narrativas, del mismo modo que audiovisualmente los videojuegos beben de las artes plásticas, del cine y la fotografía. Os invito a que veáis el tráiler de *Gris* y descubráis la belleza pictórica de ese juego. Pero para mí, el mejor ejemplo del poder narrativo de los videojuegos es *Hellblade: Senua's Sacrifice* (creado por Ninja Theory). *Hellblade* comienza con Senua remando sola en una barca, adentrándose en la niebla hasta llegar desde el mar a una ría que poco a poco se va estrechando en un viaje que nos recuerda al río por el cual navegaba el capitán Benjamin L. Willard en su búsqueda del coronel Kurtz en la película *Apocalypse Now*. Ambas obras tienen como claro referente el libro *El corazón de las tinieblas*, de Joseph Conrad, y hablan del descenso a la locura de la mente humana. Y es que el comienzo del viaje de Senua, una

guerrera celta que ha decidido adentrarse en Hellheim (el infierno vikingo) en búsqueda del alma de su amado Dillion, no es más que un viaje físico que funciona como una excusa argumental para un viaje metafórico hacia las partes más oscuras de la psique de Senua, que padece psicosis.

«Este juego contiene representaciones de la psicosis. Para plasmarlas, se ha contado con la ayuda de personas con experiencia en psicosis, así como con la de profesionales de la psiquiatría. Estas representaciones pueden resultar turbadoras para algunas personas, incluidas aquellas que hayan tenido experiencias similares.» Este mensaje en blanco sobre negro es lo primero que vemos al arrancar el juego. Ninja Theory creó este videojuego con la intención de representar fielmente la experiencia de una persona que padece psicosis y para ello entró en contacto con pacientes y profesionales del área. Y quiero destacar la gran importancia de consultar a los pacientes, ya que la psicosis es extremadamente difícil de comprender sin los testimonios directos de quienes la padecen: es una condición en la cual un paciente vive delirios (ideas o creencias que no tienen base real y que se siguen creyendo aunque se muestren pruebas de estar equivocados, como puede ser creer que hay mensajes ocultos en libros o periódicos), alucinaciones (experimentar percepciones sensoriales sin que haya un estímulo sensorial que las produzca, como oír gente hablándote cuando estás solo en casa) o las dos. Es importante considerar que en estos pacientes todas estas alteraciones/ alucinaciones se producen sin haber tomado ningún tipo de droga (aunque gente que no tenga psicosis sí que puede sufrir brotes psicóticos puntuales bajo el efecto de determinadas sustancias alucinógenas) y aunque la esquizofrenia es frecuente en los pacientes psicóticos, los esquizofrénicos padecen además otros síntomas como pérdida de algunas capacidades cognitivas.

DATO CURIOSO

No todas las personas que oyen en algún momento de su vida voces tienen problemas psiquiátricos. De hecho, se estima que el 7-15% de la población ha experimentado en algún momento esta experiencia con más o menos frecuencia, y de ellos solo una minoría presenta problemas de salud mental. En general estas voces son amigables y controlables, a diferencia de los casos clínicos, donde suelen ser

amenazadoras, llenas de mensajes negativos contra el paciente y escapan a su control^[4].

Otros casos de alucinaciones, en esta ocasión benignas, son las que desarrollan las personas con el Síndrome de Bonnet^[5]. Estas son alucinaciones visuales que pueden ser bastante sencillas o complejas, que aparecen en personas con una visión bastante deteriorada (frecuentemente por el paso de la edad) y las capacidades mentales en perfecto estado. Estas personas normalmente siempre son conscientes de que las visiones no son reales y suelen poder hacerlas desaparecer con gestos sencillos como abrir y cerrar los ojos. Se cree que se producen porque el cerebro, ante la falta de estímulos visuales por el deterioro ocular, se inventa las alucinaciones visuales. Se ha llegado a esta explicación porque se ha visto que las personas que viven mucho tiempo en situaciones de privación sensorial, como por ejemplo vivir en aislamiento, tienden a desarrollar alucinaciones. Eso sí, en el caso del Síndrome de Bonnet es difícil saber exactamente cuánta gente experimenta estas visiones ya que es probable que muchas personas no hablen de ellas por miedo a ser consideradas locas.

En *Hellblade*, Senua escucha constantemente voces que la acosan, pero también la animan y le dan consejos, o la insultan. A veces tiene alucinaciones visuales y algunos puzles de búsqueda de patrones claramente están basados en los delirios mientras va descendiendo cada vez más y más en el infierno y la salud mental de Senua se va deteriorando. Esta historia podría haberse contado en un libro, pero los videojuegos han permitido usar la tecnología para crear una experiencia mucho más inmersiva: por ejemplo, para grabar las voces que acosan a Senua se contó con un grupo de actrices que se movían bailando alrededor de un micrófono al cual le hablaban. El aparato era capaz de grabar el sonido en todas las direcciones a su alrededor, y después de la grabación se adaptó el sistema para que las voces se escucharan como si el jugador (Senua) estuviera donde se encontraba el micrófono.

DATO CURIOSO

¿Por qué tenemos dos orejas? ¿Y por qué tenemos una a cada lado de la cabeza en vez de las dos enfrente, por ejemplo? Pues porque

según de dónde venga un sonido llegará antes a un oído o a otro, y esta diferencia en tiempo e intensidad son factores que ayudan a nuestro cerebro a situar el origen de ese sonido. Si solo tuviéramos un oído, o ambos en posiciones similares, esta ventaja se anularía y sería más complicado determinar exactamente de dónde vienen los sonidos.

Ninja Theory ha recibido por este juego múltiples premios, pero sobre todo mensajes de gente que, por primera vez, han sido capaces de entender por lo que estaba pasando una persona cercana afectada por psicosis; o fueron capaces, los propios pacientes, de enseñarle el juego a sus familiares, amigos, etc., para que estos comprendieran por lo que estaban pasando. El gran poder de contar historias reside en hacernos sentir parte de ese viaje. A veces leemos un libro escrito hace décadas y nos sentimos acompañados porque alguien vivió lo que nosotros sentimos en ese momento, o una película nos mueve algo por dentro que ni sabíamos que sentíamos. Ese poder narrativo también está en los videojuegos, pero estos tienen una capa adicional de potencial porque al ser el jugador el que dirige la historia esta puede ser mucho más inmersiva. Esto lo saben los creadores de *Hellblade*, que tras el éxito del videojuego han decidido avanzar hacia un nivel superior y están desarrollando *The Insight Project*^[6]: una combinación de neurociencia y tecnología digital que tiene como objetivo diseñar videojuegos que sean capaces de ayudar a personas con enfermedades mentales. Este es quizá uno de los mejores ejemplos de que los videojuegos pueden aportar mucho a nuestra sociedad.

Los videojuegos son cultura. La ciencia es cultura. Y creo que ambos universos se pueden beneficiar muchísimo uno de otro. Por eso no debe continuar pasando que el ocio electrónico, que es un mundo extremadamente tecnológico, no haya recurrido a áreas científicas como la neurobiología para combatir ideas falsas sobre el medio, mejorar algunos de sus aspectos positivos y también corregir sus defectos. Aun así, pese a todos los errores del pasado, estoy convencido de que vamos por buen camino y tengo muchísima curiosidad por las cosas que se descubrirán en neurociencia en los próximos años, y también por cómo será el próximo videojuego que me emocione. Que me atrape. Que me haga crecer como persona.

Y es que lo bueno de la cultura es que nunca se acaba. ¿Seguimos?



AGRADECIMIENTOS

Hace años tenía una idea en la cabeza. El problema es que las ideas son algo frágil, pequeño, embrionario... que necesitan una oportunidad para poder desarrollarse. Quiero agradecerle a Sergi Soliva de la Iglesia y al resto del equipo de Ediciones Paidós que me ofrecieran la posibilidad de escribir un libro sobre neurociencia, y también gracias por aceptar cuando os planteé la idea de *Neurogamer*.



Científico nato, tras estudiar Bioquímica en su Zaragoza natal e investigar durante un año en la Universidad de Cambridge (RU), el Dr. Pablo Barrecheguren consiguió una beca doctoral de La Caixa para realizar una tesis sobre neurobiología y tumores cerebrales.

Experto multidisciplinar en comunicación científica, es autor del libro *El cerebro humano explicado por Dr. Santiago Ramón y Cajal* (Ed. Juventud, 2021) y coautor de otros cinco libros de divulgación científica. También colabora en medios escritos como *Materia (elPaís)*, *McGraw-Hill*, *Jot Down* o *Principia*. A nivel audiovisual hizo el máster «Science Media Production» del Imperial College London, lleva el canal de divulgación «Neurocosas» y en dos ocasiones ha conseguido financiación pública por parte de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) para realizar proyectos audiovisuales de divulgación: *Neurocosas* (2017) y *Neuropíldoras* (2018).

Notas

[1] Enard, W., «The Molecular Basis of Human Brain Evolution», *Current Biology* , 26 (20), (2016), R1109–R1117. <<

[2] Herculano-Houzel, S., *The Human advantage*, MIT Press, 2016. <<

[3] Lehninger, *Principios de Bioquímica*, cuarta edición, 2006. <<

[4] Scheltens, P., Blennow, K., Breteler, M. M. B., Strooper, B. De, Frisoni, G. B., Salloway, S., & Flier, W. M. Van Der, *Seminar Alzheimer's disease*, 6736(15), (2016), 1–13. <<

[5] Lee, J. H., Oh, I., & Lim, H. K., «Stem Cell Therapy: A Prospective Treatment for Alzheimer's Disease», *Psychiatry Investigation*, 13(6), (2016), 583–589. <<

[6] «World Alzheimer Report 2015. The global Impact of Dementia»,
Alzheimer's Disease International (ADI). <<

[7] Kimmig, A.-C. S., Andringa, G. & Derntl, B., «Potential Adverse Effects of Violent Video Gaming: Interpersonal- Affective Traits Are Rather Impaired Than Disinhibition in Young Adults», *Front. Psychol.* , 9:736 (2018). <<

[8] Kral, T. R. A., Stodola, D. E., Birn, R. M., Mumford, J. A., Solis, E., Flook, L., Patsenko, E. G., Anderson, C. G., Steinkuehler, C., & Davidson, R. J., «Neural correlates of video game empathy training in adolescents: a randomized trial», *npj Science of Learning*, 3:13 (2018). <<

[9] Jarvis, M., «Video games: The bad, the ugly, and the (potentially) good», *Science*, 355 (6332), (March 30, 2017), 1385. <<

[10] Kimmig, A.-C. S., Andringa, G. & Derntl, B., «Potential Adverse Effects of Violent Video Gaming: Interpersonal- Affective Traits Are Rather Impaired Than Disinhibition in Young Adults», *Front. Psychol.* , 9:736 (2018). <<

[11] Chen, A., Hanna, J. J., Adithya Manohar, A., & Tobia, A., Tobia. «Teaching Empathy: the Implementation of a Video Game into a Psychiatry Clerkship Curriculum», *Academic Psychiatry* (2018) 42:362–365. <<

[12] Quiroga, M. A., Román, F. J., De La Fuente, J., Privado, J., & Colom, R., «The Measurement of Intelligence in the XXI Century using Video Games», *Spanish Journal of Psychology*, 19 (2016), 1–13. <<

[13] Quiroga, M. A., Román, F. J., De La Fuente, J., Privado, J., & Colom, R., «The Measurement of Intelligence in the XXI Century using Video Games», *Spanish Journal of Psychology*, 19 (2016), 1–13. <<

[14] Palaus, M., Marron, E. M., Viejo-Sobera, R., & Redolar-Ripoll, D., «Neural basis of video gaming: A systematic review», *Frontiers in Human Neuroscience*, 11 (May, 2017). <<

[15] Lee, H. J., Tran, D. D., & Morrell, H. E. R., «Smoking, ADHD, and Problematic Video Game Use: A Structural Modeling Approach». *Cyberpsychology, behaviour, and social networking* (2018). <<

[16] «Video Games in the 21st Century: The 2017 Report», Entertainment Software Association. <<

[17] Hisam, A., Mashhadi, S. F., Faheem, M., Sohail, M., Ikhlaq, B., & Iqbal, I., «Does playing video games effect cognitive abilities in Pakistani children?», *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 34(6), (2018), 1507–1511.
<<

[18] «Gaming worth more than video and music combined», *BBC News* (2019): <<https://www.bbc.co.uk/news/technology-46746593>>.

«Video games market is worth more than music and movies combined so why aren't CSPs launching games services?» Vanilla+ (2018):

<<https://www.vanillaplus.com/2018/07/05/40093-video-games-market-worth-music-movies-combined-arent-csps-launching-games-services>>

<<https://www.weforum.org/agenda/2019/03/are-you-not-entertained/>>.

<<

[19] Draaisma, D., *Dr. Alzheimer, supongo*, Editorial Ariel, 2012. <<

[20] Draaisma, D., *Dr. Alzheimer, supongo*, Editorial Ariel, 2012.

Jacobs, J., Lega, B., and Anderson, C., «Explaining How Brain Stimulation Can Evoke Memories», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24:3 (2012), pp. 553–563.

Sacks, O., *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*, Editorial Anagrama, 2002. <<

[21] Kettenmann, H., Hanisch, U.-K., Noda, M., & Verkhratsky, A., «Physiology of microglia», *Physiological Reviews*, 91(2), (2011), 461–553.
<<

[22] Stanley, D. A., & Adolphs, R., «Toward a neural basis for social behavior», *Neuron*, 80(3), (2013), 816–826. <<

[1] «Los 10 videojuegos más caros de la historia», Hobby Consolas (2018): <<https://www.hobbyconsolas.com/listas/10-videojuegos-mascaros-historia-327803>>. <<

[2] SOMA (2015). Frictional Games: <<https://somagame.com>>. <<

[3] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed (2013), pp. 22-23. <<

[4] Hofman, M. A., «Evolution of the human brain: when bigger is better», *Frontiers in Neuroanatomy*, 8 (March, 2014), 15. <<

[5] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed (2013), p. 23. <<

[6] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed (2013), p. 22.

Stiles, J., «Principles of brain development», *WIREs Cogn Sci*, 2016.

Swaab, D., *We Are Our Brains: From the Womb to Alzheimer's*, Penguin Books, 2015. <<

[7] Dick Swaab, *We Are Our Brains: From the Womb to Alzheimer's*, Penguin Books, 2015. <<

[8] Herculano-Houzel, S., & Lent, R., «Isotropic Fractionator: A Simple, Rapid Method for the Quantification of Total Cell and Neuron Numbers in the Brain», *The Journal of Neuroscience* (March 9, 2005), 25(10):2518 – 2521. <<

[9] «Don Pío, la glía y la guerra», El blog de José Ramón Alonso (2014): <<https://jralonso.es/2014/04/12/don-pio-la-glia-y-la-guerra>>. <<

[10] Von Bartheld, C. S., Bahney, J., & Herculano-Houzel, S., «The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting», *Journal of Comparative Neurology*, 524(18) (2016), 3865–3895. <<

[11] Herculano-Houzel, S., *The Human advantage*, MIT Press, 2016. <<

[12] Von Bartheld, C. S., Bahney, J., & Herculano-Houzel, S., «The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting», *Journal of Comparative Neurology*, 524(18), (2016), 3865–3895. <<

[13] Hofman, M. A., «Evolution of the human brain: when bigger is better», *Frontiers in Neuroanatomy*, 8 (March, 2014), 15. <<

[14] Hofman, M. A., «Evolution of the human brain: when bigger is better», *Frontiers in Neuroanatomy*, 8 (March, 2014), 15. <<

[15] Enard, W., «The Molecular Basis of Human Brain Evolution», *Current Biology*, 26(20), (2016), R1109–R1117. <<

[1] «Donald Trump blames the internet and video games for atrocities», Sky News (2019): <<https://www.youtube.com/watch?v=PHboVKpGiaU>>. <<

[2] «Tiroteo en Walmart en El Paso, Texas: cómo fue la balacera cerca de un centro comercial que dejó al menos 22 muertos», BBC (2019): <<https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-49222892>>. <<

[3] «22 Dead, 24 Injured in El Paso Shooting: Texas Officials», *NBC Washington* (2019): <<https://www.nbcwashington.com/news/national-international/El-Paso-Cielo-Vista-Mall-Shooting-Photos--516487581.html>>. <<

[4] «Dayton Shooting Lasted Just 32 Seconds and Left 9 Dead. Here's the Latest on the Tragedy», *TIME* (2019): <<https://time.com/5643405/what-to-know-shooting-dayton-ohio>>. <<

[5] Robert J. O'Neill: <<http://www.robertjoneill.com/default.html>>. <<

[6] «Robert O’Neill, el hombre que mató a Osama bin Laden», *El Mundo* (2014): <<https://www.elmundo.es/internacional/2014/11/06/545b768b22601d54218b458f.html>>. <<

[7] Robert O'Neill (Twitter): <<https://twitter.com/mchooyah/status/1157799724226887680>>. <<

[8] «Masacre en Nueva Zelanda. Los muertos como en el *Fortnite*, pero en la vida real», *Clarín* (2019): <https://www.clarin.com/opinion/muertes-fortnite-vida-real_0_LoERD5KbK.html>. <<

[9] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed, 2012, p. 1079, p. 1089. <<

[10] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed, 2012 <<

[11] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed, 2012, pp. 1079-1080, pp. 1084-1086. <<

[12] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed, 2012, p. 1088. <<

[13] Draaisma, D., *Dr. Alzheimer, supongo*. Editorial Ariel, 2012. <<

[14] Kandel, E., Schwartz J., Jessell T., *Principles of neural science*, 5 ed, 2012, pp. 1088-1089. <<

[15] PEGI: <<https://pegi.info/es/node/19>>. <<

[16] Ivory, J. D., & Kalyanaraman, S., «The effects of technological advancement and violent content in video games on players' feelings of presence, involvement, physiological arousal, and aggression», *Journal of Communication*, 57(3), (2007), 532–555. <<

[17] Krcmar, M., Farrar, K., & McGloin, R., «The effects of video game realism on attention, retention and aggressive outcomes», *Computers in Human Behavior*, 27(1), (2011), 432–439. <<

[18] Zendle, D., Kudenko, D., & Cairns, P., «Behavioural realism and the activation of aggressive concepts in violent video games», *Entertainment Computing*, 24 (February, 2017), 21–29. <<

[19] «Mortal Kombat: el violento videojuego que cambió la industria», BBC (2014): <https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/06/140602_tecnologia_videojuegos_mortal_kombat_mes>. <<

[20] Brockmyer, J. F., «Playing Violent Video Games and Desensitization to Violence», *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 24(1), (2015), 65 77. <<

[21] Guerra, N. G., Huesmann, L. R., Spindler, A., «Community violence exposure, social cognition, and aggression among urban elementary school children», *Child Dev*, 75 (2003),1561–76. <<

[22] Orue, I., Bushman, B. J., Calvete, E., *et al.* , «Monkey see, monkey do, monkey hurt: longitudinal effects of exposure to violence on children's aggressive behavior», *Soc Psychol Personal Sci*, 2 (2011), 432–7. <<

[23] Brockmyer, J. F., «Playing Violent Video Games and Desensitization to Violence», *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America* , 24 (1), (2015), 65–77. <<

[24] Kühn, S., Kugler, D., Schmalen, K., Weichenberger, M., Witt, C., & Gallinat, J., «The Myth of Blunted Gamers: No Evidence for Desensitization in Empathy for Pain after a Violent Video Game Intervention in a Longitudinal fMRI Study on Non-Gamers», *NeuroSignals* , 26 (1), (2019), 22–30. <<

[25] Kühn, S., Kugler, D. T., Schmalen, K., Weichenberger, M., Witt, C., & Gallinat, J., «Does playing violent video games cause aggression? A longitudinal intervention study», *Molecular Psychiatry*, (2018), 1–15. <<

[26] Pan, W., Gao, X., Shi, S., Liu, F., & Li, C., «Spontaneous brain activity did not show the effect of violent video games on aggression: A restingstate fMRI study», *Frontiers in Psychology* , 8 (JAN), (2018), 1–8. <<

[27] Smith, S., Ferguson, C., & Beaver, K., «A longitudinal analysis of shooter games and their relationship with conduct disorder and self-reported delinquency», *International Journal of Law and Psychiatry* , 58, (2018), 48–53. <<

[28] «APA Reaffirms Position on Violent Video Games and Violent Behavior», APA (2020): <<https://www.apa.org/news/press/releases/2020/03/violent-video-games-behavior>>. <<

[1] Bonini, L., «The Extended Mirror Neuron Network: Anatomy, Origin, and Functions», *Neuroscientist*, 23(1), (2017), 56–67. <<

[2] Cells That Read Minds: <<https://www.nytimes.com/2006/01/10/science/cells-that-read-minds.html>>. <<

[3] Kandel, E., Schwartz, J., & Jessell, T., *Principles of neural science*, 5 ed. (2012), p. 888. <<

[4] Rizzolatti, G., & Fogassi, L., «The mirror mechanism: recent findings and perspectives», *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1644), (2014), 20130420–20130420: <<https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0420>>. <<

[5] Ferrari, P. F., Gerbella, M., Coudé, G., & Rozzi, S., «Two different mirror neuron networks: The sensorimotor (hand) and limbic (face) pathways», *Neuroscience*, 358 (2017), 300–315. <<

[6] «Entrevista a Giacomo Rizzolatti»: <<https://www.youtube.com/watch?v=0K3T7A9qsX0>>. <<

[7] Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, T., *Principles of neural science*, 5 ed. (2012), p. 889. <<

[8] Marshall, J., «Mirror neurons», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(18) (2014), 6531–6531. <<

[9] Gao, X., Weng, L., Zhou, Y., & Yu, H., «The influence of empathy and morality of violent video game characters on gamers' aggression», *Frontiers in Psychology*, 8 (Nov., 2017), 1-7. <<

[10] «Fortnite is free, but kids are getting bullied into spending money», *Polygon* (2019): <<https://www.polygon.com/2019/5/7/18534431/fortnite-rare-default-skins-bullying-harassment>>. <<

[11] Gabbiadini, A., Riva, P., Andrighetto, L., Volpato, C., & Bushman, B. J., «Acting like a tough guy: Violent-sexist video games, identification with game characters, masculine beliefs, & empathy for female violence victims», PLoS ONE, 11(4), (2016), 1–14. <<

[12] Burnay, J., Bushman, B. J., & Larøi, F., «Effects of sexualized video games on online sexual harassment», *Aggressive Behavior*, 45(2), (2019), 214–223. <<

[13] Alhabash, S., & Wise, K., «Peacemaker: Changing students' attitudes toward palestinians and Israelis through video game play», *International Journal of Communication*, 6(1), (2012), 356–380. <<

[14] PeaceMaker: <<http://www.peacemakergame.com>>. <<

[15] Edward Ross, *Filmish: un viaje gráfico por el cine*, Reservoir Books, 2015. <<

[16] Salmivalli, C., Kärnä, A., & Poskiparta, E., «Counteracting bullying in Finland: The KiVa program and its effects on different forms of being bullied», *International Journal of Behavioral Development*, 35(5), (2011), 405–411. <<

[17] Richard Dawkins, *El gen egoísta*, Salvat Ciencia, 1976. <<

[18] Chen, A., Hanna, J. J., Manohar, A., & Tobia, A., «Teaching Empathy: the Implementation of a Video Game into a Psychiatry Clerkship Curriculum», *Academic Psychiatry*, 42(3), (2018), 362–365. <<

[1] «Expertos comparan la adicción al juego *Fortnite* con la heroína», Antena3 (2019): <https://www.antena3.com/noticias/sociedad/expertos-comparan-adiccion-juego-fortnite-heroína_201903275c9b5afa0cf2c94420de26e6.html>. <<

[2] «Sergio Oliveros, psiquiatra, explica el enorme poder adictivo de *Fortnite*», *La Razón* (2019): <<https://www.larazon.es/familia/los-expertos-avisan-el-fortnite-es-mas-adictivo-que-la-heroina-JC22575509>>. <<

[3] «La OMS reconoce la adicción por los videojuegos como problema mental», *El Español* (2017): <<https://vandal.lespanol.com/noticia/1350701572/la-oms-reconoce-la-adiccion-por-los-videojuegos-comoproblema-mental>>. <<

[4] «Una clínica ofrece en España un tratamiento para la adicción a los videojuegos», *El Español* (2019): <<https://vandal.lespanol.com/noticia/1350720710/clinicas-triora-ofrece-en-espana-un-tratamiento-para-la-adiccion-a-los-videojuegos>>. <<

[5] «Crisis de opioides en Estados Unidos: la ciudad de 3.000 habitantes que fue inundada con más de 20 millones de pastillas para el dolor», BBC (2019): <<https://www.bbc.com/mundo/noticias-47682894>>. <<

[6] «Crisis de opioides: por qué más de 500 ciudades demandaron a la multimillonaria familia Sackler en Estados Unidos», BBC (2019): <<https://www.bbc.com/mundo/noticias-47672786>>. <<

[7] «El auge de las casas de apuestas», Newtral (2019): <<https://www.newtral.es/el-auge-de-las-casas-de-apuestas/20190202>>. <<

[8] «Menores y casas de apuestas en la ciudad de Madrid», Telemadrid:
<<http://www.telemadrid.es/programas/cronicas-subterranas/mapa-apuestas-institutos-madrid>>. <<

[9] «Casas de apuestas: barrio pobre, juego asegurado», *El País* (2019):
<https://elpais.com/ccaa/2019/10/29/madrid/1572343772_032014.html>.
<<

[10] «La Policía interpone 220 denuncias contra salas de apuestas de toda España», *El País* (2019): <https://elpais.com/sociedad/2019/10/07/actualidad/1570441414_244756.html#1572346707045>. <<

[11] Tetik, B. K., Kayhan, D., Sertkaya, S., & Sandikci, K. B., «Evaluation of the effects of digital play addiction on eating attitudes», *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 34(2), (2018), 482–486. <<

[12] Kök Eren, H., & Örsal, Ö., «Computer game addiction and loneliness in children», *Iranian Journal of Public Health*, 47(10), (2018), 1504–1510. <<

[13] «Pastafarismo y religión Pastafari», <<https://www.pastafarismo.es/historia/piratas>>. <<

[14] Spurious Correlations: <<http://www.tylervigen.com/spurious-correlations>>. <<

[15] «Nick Cage Movies Vs. Drownings, and More Strange (but Spurious) Correlations», National Geographic (2015): <<https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2015/09/11/nick-cage-moviesvs-drownings-and-more-strange-but-spurious-correlations>>. <<

[16] Nuyens, F., Deleuze, J., Maurage, P., Griffiths, M. D., Kuss, D. J., & Billieux, J., «Impulsivity in multiplayer online battle arena gamers: Preliminary results on experimental and self-report measures», *Journal of Behavioral Addictions*, 5(2), (2016), 351–356. <<

[17] «League of Legends draws 8 million concurrent players, making it the most popular game on PC», *PCGamer* (2019): <<https://www.pcgamer.com/8-million-people-play-league-of-legends-every-day-making-it-the-mostpopular-game-on-pc>>. <<

[18] «Más de 200 millones de espectadores vieron la final del Mundial de LoL», *eSports.As* (2018): <https://esports.as.com/worlds-2018/audiencia-espectadores-final-Mundial-LoL_0_1188181179.html>. <<

[19] Lee, H. J., Tran, D. D., & Morrell, H. E. R., «Smoking, ADHD, and Problematic Video Game Use: A Structural Modeling Approach», *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 21(5), (2018), 281–286.
<<

[20] González-Bueso, V., Santamaría, J. J., Fernández, D., Merino, L., Montero, E., & Ribas, J., «Association between internet gaming disorder or pathological video-game use and comorbid psychopathology: A comprehensive review», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), (2018), 1–20. <<

[21] «VIDEOJUEGOS Y ANSIEDAD, un viaje personal», Borja Pavón, *Eurogamer España* (2019): <<https://www.youtube.com/watch?v=1c8gOQ0SIJA>>. <<

[22] Fauth-Bühler, M., & Mann, K., «Neurobiological correlates of internet gaming disorder: Similarities to pathological gambling», *Addictive Behaviors*, 64, (2017), 349–356. <<

[23] Weinstein, A., & Lejoyeux, M., «New developments on the neurobiological and pharmaco-genetic mechanisms underlying internet and videogame addiction», *American Journal on Addictions*, 24(2), (2015), 117-125. <<

[24] Weinstein, A., Livny, A., & Weizman, A., «New developments in brain research of internet and gaming disorder», *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 75 (2017), 314–330. <<

[25] Mietzel, G., *Claves de la psicología*, Herder Editorial, 2003. <<

[26] Johnston, M. K., Kelley, C. C., Harris, F. R., Wolf, M. M, «An application of reinforcement principles to development of motor skills of a young child», *Child Development*, 37 (1996), 379-387. <<

[27] «Blizzard celebrates 100 million Hearthstone players with free card packs for everyone», *PC Gamer* (2018): <<https://www.pcgamer.com/blizzard-celebrates-100-million-hearthstone-players-with-free-card-packs-for-everyone>>. <<

[28] «Bélgica prohíbe las cajas de loot en los videojuegos», *Hipertextual* (2018): <<https://hipertextual.com/2018/04/cajas-loot-micropagos-prohibicos-belgica-videojuegos>>. <<

[29] «Un senador en EE.UU. quiere prohibir las cajas de botín en juegos infantiles», *El Español* (2019): <<https://vandal.lespanol.com/noticia/1350721974/un-senador-en-eeuu-quiere-prohibir-las-cajas-de-botin-enjuegos-infantiles>>. <<

[30] «El Gobierno regulará las cajas botín o “loot boxes”» de los videojuegos para prevenir la ludopatía en menores», *El Diario* (2020): <https://www.eldiario.es/economia/Gobierno-regulara-videojuegos-prevenir-ludopatia_0_1000201057.html>. <<

[31] «Qué son las loot boxes de los juegos modernos y por qué las acusan de fomentar la ludopatía en los chavales», Magnet Xataka (2019): <<https://magnet.xataka.com/preguntas-no-tan-frecuentes/que-son-lasloot-boxes-de-los-juegos-modernos-y-por-que-las-acusan-de-fomentar-la-ludopatia-en-los-chavales>>. <<

[32] «Un jugador gastó 150.000 dólares en micropagos de un juego de Transformers», *El Español* (2019): <<https://vandal.lespanol.com/noticia/1350728054/un-jugador-gasta-150000-dolares-en-un-juego-detransformers>>. <<

[33] «The DeanBeat: This player spent \$2 million in a mobile game. Then he led a boycott», *VentureBeat* (2016): <<https://venturebeat.com/2016/10/14/the-deanbeat-this-player-spent-2-million-in-a-mobilegame-then-he-led-a-boycott>>. <<

[34] «Por qué incluso el consumo moderado de alcohol aumenta el riesgo de padecer cáncer», *El País* (2018): <https://elpais.com/elpais/2018/07/16/ciencia/1531733714_514629.html>. <<

[35] «PEGI on Loot Boxes: We Can't Define What's Gambling, Only A Gambling Commission Can», *Wccftech* (2017): <<https://wccftech.com/pegi-loot-boxes-cant-define-gambling>>. <<

[36] «PEGI is leaving the verdict on loot boxes up to gambling commissions», *Gamasutra* (2017): <https://www.gamasutra.com/view/news/307601/PEGI_is_leaving_the_verdict_on_loot_boxes_up_to_gambling_commissions.php>. <<

[37] «UK Parliament's DCMS Committee Recommends Loot Boxes to be Classified as Gambling by PEGI», *Wccftech* (2019): <<https://wccftech.com/uk-parliaments-dcms-committee-recommends-loot-boxes-to-be-classified-as-gambling-by-peg/>>. <<

[1] «Estos son los juegos más vendidos de Nintendo en Switch y sus últimas consolas», *El Español* (2019): <<https://vandal.elespanol.com/noticia/1350711061/estos-son-los-juegos-mas-vendidos-de-nintendoen-sus-ultimas-consolas>>. <<

[2] Schacter, D., *Los siete pecados de la memoria: cómo olvida y recuerda la mente*, Editorial Ariel, 2001. <<

[3] Sacks, O., *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*, Editorial Anagrama, 2002. <<

[4] Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. *et al.* , «Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers», *Proc Natl Acad Sci*, 97 (2000), 4398–4403. <<

[5] Toril, P., Mayas, J. M., & Ballesteros, S., «Video game training enhances visuospatial working memory and episodic memory in older adults», *Frontiers in Human Neuroscience*, 10 (May, 2016), 1–14. <<

[6] Moisala, M., Salmela, V., Hietajärvi, L., Carlson, S., Vuontela, V., Lonka, K., & Alho, K., «Gaming is related to enhanced working memory performance and task-related cortical activity», *Brain Research*, 1655 (2017), 204–215. <<

[7] Waris, O., Jaeggi, S. M., Seitz, A. R., Lehtonen, M., Soveri, A., Lukasik, K. M., & Laine, M., «Video gaming and working memory: A large-scale cross-sectional correlative study», *Computers in Human Behavior*, 97 (2019), 94–103. <<

[8] West, G. L., Konishi, K., Diarra, M., Benady-Chorney, J., Drisdelle, B. L., Dahmani, L., & Bohbot, V. D., «Impact of video games on plasticity of the hippocampus», *Molecular Psychiatry*, 23(7), (2018), 1566–1574. <<

[9] Lee, S. H., & Dan, Y., «Neuromodulation of Brain States», *Neuron*, 76(1), (2012), 109–222. <<

[10] Fuller, C., Lehman, E., Hicks, S., & Novick, M. B., «Bedtime Use of Technology and Associated Sleep Problems in Children», *Global Pediatric Health*, 4 (2017), 2333794X1773697. <<

[11] Peracchia, S., & Curcio, G., «Exposure to video games: Effects on sleep and on post-sleep cognitive abilities. A systematic review of experimental evidences», *Sleep Science*, 11(4), (2018), 302–314. <<

[12] Pozaa, J. J., Pujol, M., Ortega-Albás. J. J. y Romero, O., «Melatonina en los trastornos de sueño», *Neurología* (2018). <<

[13] Von Bartheld, C. S., Bahney, J., & Herculano-Houzel, S., «The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting», *Journal of Comparative Neurology*, 524(18), (2016), 3865–3895. <<

[14] Glassman, D., Yiasemidou, M., Ishii, H., Somani, B. K., Ahmed, K., & Biyani, C. S., «Effect of Playing Video Games on Laparoscopic Skills Performance: A Systematic Review», *Journal of Endourology*, 30(2), (2016), 146–152. <<

[15] Kulkarni, S., Kulkarni, Y., Bates-Powell, J., Kulkarni, M. S., & Sule, M., «Evaluation of the Console in Acquiring Laparoscopic Skills through Video Gaming», *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, (2019). <<

[1] Franceschini, S., Trevisan, P., Ronconi, L., Bertoni, S., Colmar, S., Double, K., & Gori, S., «Action video games improve reading abilities and visual-to-auditory attentional shifting in English-speaking children with dyslexia», *Scientific Reports*, 7(1), (2017), 1–12. <<

[2] Łuniewska, M., Chyl, K., Debska, A., Kacprzak, A., Plewko, J., Szczerbin
ski, M., & Jednoróg, K., «Neither action nor phonological video games make
dyslexic children read better», *Scientific Reports*, 8(1), (2018), 1–11. <<

[3] Suzana Herculano-Houzel, *The Human advantage , how our brains became remarkable*, MIT Press, 2016. <<

[4] Scheltens, P., Blennow, K., Breteler, M. M. B., Strooper, B. De, Frisoni, G. B., Salloway, S., & Flier, W. M. Van Der, *Seminar Alzheimer's disease*, 6736(15), (2016), 1–13. <<

[5] Toril, P., Reales, J. M., Mayas, J., & Ballesteros, S., «Video game training enhances visuospatial working memory and episodic memory in older adults», *Frontiers in Human Neuroscience*, 10 (May, 2016), 1–14. <<

[6] Lumosity: <<https://www.lumosity.com/es/science>>. <<

[7] Cardoso-Leite, P., & Bavelier, D., «Video game play, attention, and learning: How to shape the development of attention and influence learning?», *Current Opinion in Neurology*, 27(2), (2014), 185–191. <<

[8] Canal de Shirley Curry: <<https://www.youtube.com/channel/UCzkY7wa8Ksxx4M5NyUYgTmA/featured>>. <<

[9] «Shirley Curry, la encantadora YouTuber de 82 años, será inmortalizada como un NPC de The Elder Scrolls VI», *Vida Extra* (2019): <<https://www.vidaextra.com/rpg/shirley-curry-encantadora-youtuber-82-anos-sera-inmortalizada-como-npc-the-elder-scrolls-iv>>. <<

[10] Mansor, N. S., Chow, C. M., & Halaki, M., «Cognitive effects of video games in older adults and their moderators: a systematic review with meta-analysis and meta-regression», *Aging & Mental Health*, 0(0), (2019), 1–16. En: <<https://doi.org/10.1080/13607863.2019.1574710>>. <<

[11] Silver Snipers: <<https://lenovo-silversnipers.com>>. <<

[12] Pallavicini, F., Ferrari, A., & Mantovani, F., «Video games for well-being: A systematic review on the application of computer games for cognitive and emotional training in the adult population», *Frontiers in Psychology*, 9 (Nov., 2018), 1–16. <<

[13] Unibaso-Markaida, I., Iraurgi, I., Ortiz-Marqués, N., Amayra, I., & Martínez-Rodríguez, S., «Effect of the Wii Sports Resort on the improvement in attention, processing speed and working memory in moderate stroke», *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1), (2019), 1–8. <<

[14] Unibaso-Markaida, I., Iraurgi, I., Ortiz-Marqués, N., Amayra, I., & Martínez-Rodríguez, S., «Effect of the Wii Sports Resort on the improvement in attention, processing speed and working memory in moderate stroke», *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1), (2019), 1–8. <<

[15] Collado-Mateo, D., Domínguez-Muñoz, F. J., Adsuar, J. C., Merellano-Navarro, E., & Gusi, N. (2017). «Exergames for women with fibromyalgia: A randomised controlled trial to evaluate the effects on mobility skills, balance and fear of falling», *PeerJ*, 2017(4). <<

[16] Synofzik, M., & Ilg, W., «Motor training in degenerative spinocerebellar disease: Ataxia-specific improvements by intensive physiotherapy and exergames», *BioMed Research International*, 2014. <<

[17] Lohse, K., Shirzad, N., Verster, A., Hodges, N., & Van Der Loos, H. F. M., «Video games and rehabilitation: Using design principles to enhance engagement in physical therapy», *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 37(4), (2013), 166–175. <<

[18] Sacks, O., *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*, Anagrama, 1985. <<

[19] Proske, U., & Gandevia, S. C., «The proprioceptive senses: Their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force», *Physiological Reviews*, 92(4), (2012), 1651–1697. En: <<https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>>. <<

[20] Vedamurthy, I., Knill, D. C., Huang, S. J., Yung, A., Ding, J., Kwon, O. S., & Levi, D. M., «Recovering stereo vision by squashing virtual bugs in a virtual reality environment», *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1697), (2016). <<

[21] Gambacorta, C., Nahum, M., Vedamurthy, I., Bayliss, J., Jordan, J., Bavelier, D., & Levi, D. M., «An action video game for the treatment of amblyopia in children: A feasibility study», *Vision Research*, 148 (February, 2018), 1–14. <<

[22] Foldit: <<https://fold.it/portal>>. <<

[23] Genigma: <<https://genigma.app/el-proyecto>>. <<

[24] «El primer vuelo de los hermanos Wright», *XL Semanal*:
<<https://www.xlsemanal.com/conocer/historia/20170323/vuelo-tripulado-de-lahistoria-hermanos-wright.html>>. <<

[1] Juegaterapia: <<https://www.juegaterapia.org/nuestro-trabajo>>. <<

[2] «Microsoft lanza el mando inclusivo Xbox Adaptive Controller, adaptado para jugadores con movilidad reducida», *Europapress* (2018): <<https://www.europapress.es/portaltic/videojuegos/noticia-microsoft-lanza-mando-inclusivo-xbox-adaptive-controller-adaptado-jugadores-movilidad-reducida-20180905173351.html>>. <<

[3] The Good Gamer: <<https://thegoodgamer.es/pause>>. <<

[4] Swaab, D., *We Are Our Brains: From the Womb to Alzheimer's*, Penguin Books, 2015. <<

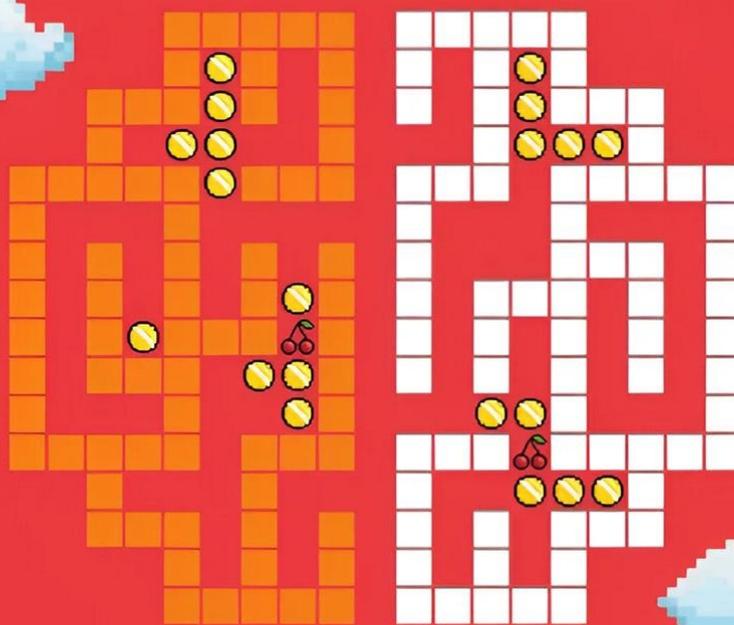
[5] Draaisma, D., *Dr. Alzheimer, supongo*, Editorial Ariel, 2012. <<

[6] The Insight Project: <<https://theinsightproject.com/#about>>. <<

NEURO GAMER

DR. PABLO
BARRECHEGUREN

AUTOR DEL CANAL «NEUROCOSAS»



CÓMO LOS VIDEOJUEGOS
NOS AYUDAN A COMPRENDER
NUESTRO CEREBRO



Lectulandia