

POR QUÉ



Qué nos hace ser curiosos

MARIO LIVIO

Autor del bestseller *La proporción áurea*

Ariel

Índice

Portada

Sinopsis

Portadilla

Dedicatoria

Prefacio

1. Curioso

2. Más curioso

3. Y más curioso

4. Curioso sobre la curiosidad: brecha de información

5. Curioso sobre la curiosidad: amor intrínseco por el conocimiento

6. Curioso sobre la curiosidad: neurociencia

7. Breve informe sobre el aumento de la curiosidad humana

8. Mentes curiosas

9. ¿Por qué la curiosidad?

Epílogo

Bibliografía

Créditos de las figuras

Notas

Créditos

Gracias por adquirir este eBook

Visita Planetadelibros.com y descubre
una
nueva forma de disfrutar de la lectura

**¡Regístrate y accede a contenidos
exclusivos!**

Primeros capítulos
Fragmentos de próximas publicaciones
Clubs de lectura con los autores
Concursos, sorteos y promociones
Participa en presentaciones de libros

PlanetadeLibros

Comparte tu opinión en la ficha del libro
y en nuestras redes sociales:



Explora

Descubre

Comparte

SINOPSIS

Un recorrido accesible para entender nuestro deseo innato de preguntarnos «¿por qué?» y de qué forma la curiosidad ha sido el motor del progreso y la naturaleza humana.

Una de las primeras preguntas que todo niño aprende a formular, muchas veces para desesperación de sus padres, es «¿por qué?». Es una muestra temprana de la curiosidad que nos caracteriza como humanos. Y, quien más quien menos, en nuestro afán de saber ya no dejamos de repetirla a lo largo de nuestras vidas.

La curiosidad es el meollo de las novelas de misterio y suspense. Es también esencial en otras formas de arte, como la pintura, la escultura o la música y constituye el principal impulsor de la investigación científica básica. Aunque todavía no hay un consenso científico definitivo sobre por qué los seres humanos somos tan curiosos, o acerca de los mecanismos cerebrales responsables de la curiosidad, mediante el uso de imágenes de resonancia magnética, los neurocientíficos han descubierto que las regiones cerebrales especializadas en aprendizaje, recompensa y memoria están activas cuando los individuos son curiosos.

Mario Livio recoge ejemplos de varias disciplinas con el fin de analizar la naturaleza de la curiosidad. Examina, además, la trayectoria de dos de los genios más curiosos de la historia: Leonardo da Vinci, arquetipo del humanista polifacético, y Richard Feynman, premio Nobel de Física, y su conocida sentencia: «Todo es interesante si profundizas lo suficiente». Una obra que es un canto apasionado y una llamada a no perder nunca esa curiosidad infantil que nos caracteriza.

Mario Livio

Por qué

Qué nos hace ser curiosos

Traducción de Joan Soler Chic

Ariel

A mi madre

Prefacio

Siempre he sido una persona muy curiosa. Además de mi interés profesional como astrofísico por descifrar el cosmos y sus diversos fenómenos internos, he conservado cierta pasión por las artes visuales. No tengo ningún talento artístico en absoluto, pero he acumulado una amplia colección de libros de arte. También soy asesor científico de la Orquesta Sinfónica de Baltimore (sí, existe algo así), y he participado en algunos de sus conciertos exponiendo los vínculos entre ciencia y música. Desde mi punto de vista, probablemente lo más emocionante haya sido mi participación en la creación de la *Cantata del Hubble*, obra musical clásica contemporánea de la compositora Paola Prestini, acompañada de película y realidad virtual, todo ello inspirado en imágenes tomadas con el Telescopio Espacial Hubble. Además, en un blog publicado en el *Huffington Post*, suelo reflexionar sobre temas de ciencia y arte y las complejas conexiones entre ellos.

Por tanto, no es de extrañar que hace ya mucho tiempo empezara a preguntarme: ¿a qué se debe la curiosidad? y ¿cuáles son los mecanismos subyacentes a la curiosidad y la exploración? Como esta no era mi especialidad, tuve que acudir a una gran cantidad de investigaciones, consultar con numerosos psicólogos y neurocientíficos, discutir el asunto con muchos expertos pertenecientes a una gran variedad de disciplinas y entrevistar a un gran número de personas que, a mi entender, eran sumamente curiosas. Como consecuencia de ello, debo muchísimo a montones de personas sin las cuales no habría podido llevar a cabo este proyecto. Aunque sería poco práctico intentar darles las gracias a todos aquí, me gustaría al menos mencionar a un grupo de personas que me han inspirado profundamente y han estimulado muchísimo mi escritura. Estoy en deuda con Paolo Galluzzi por una esclarecedora conversación sobre Leonardo da Vinci, y con Jonathan Pevsner por sus provechosos consejos sobre Leonardo y por permitirme utilizar su

inmensa colección de libros y artículos. Agata Rutkowska ha sido una fantástica guía para encontrar dibujos concretos de Leonardo en la Royal Collection Trust. La Biblioteca Milton S. Eisenhower, de la Universidad Johns Hopkins, me procuró centenares de libros sobre una amplia variedad de materias pertinentes. Jeremy Nathans, Doron Lurie, Garik Israelian y Ellen-Thérèse Lamm me presentaron a personas que se prestaron a entrevistas cruciales. Estoy asimismo agradecido a Joan Feynman, David y Judith Goodstein y Virginia Trimble por su valiosa información de primera mano sobre Richard Feynman.

Jacqueline Gottlieb, Laura Schulz, Elizabeth Bonawitz, Marieke Jepma, Jordan Litman, Paul Silvia, Celeste Kidd, Adrien Baranes y Elizabeth Spelke me proporcionaron valiosísima información, a veces incluso antes de ser publicada, sobre sus proyectos de investigación en diversas áreas de psicología y neurociencia, todos ellos concebidos para una mejor comprensión de la naturaleza de la curiosidad. Si el libro contiene algún error sobre la interpretación de sus resultados, yo soy el único responsable. Jonna Kuntsi y Michael Milham me clarificaron conceptos y posibles conexiones entre la curiosidad y el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Kathryn Asbury analizó conmigo las consecuencias de varios estudios con gemelos sobre el carácter de la curiosidad. Suzana Herculano-Houzel me explicó con detalle sus pioneros estudios sobre los componentes del cerebro en general y su importancia y sus ramificaciones con respecto a las propiedades únicas del cerebro humano en particular. Noam Saadon-Grosman me ayudó a navegar por la anatomía del cerebro. Quiero mostrar mi gratitud a Freeman Dyson, Story Musgrave, Noam Chomsky, Marilyn vos Savant, Vik Muniz, Martin Rees, Brian May, Fabiola Gianotti y Jack Horner por concederme entrevistas la mar de interesantes y reveladoras sobre su curiosidad personal.

Por último, gracias a mi maravillosa agente, Susan Rabiner, por su aliento y asesoramiento incansables. También estoy agradecido a mi editor, Bob Bender, por su atenta lectura del manuscrito y sus intuitivos y razonados comentarios. La directora general Johanna Li, el diseñador Paul Dippolito, el corrector Phil Metcalf y todo el equipo de Simon y Schuster volvieron a poner de manifiesto su dedicación y profesionalidad en la producción de este libro.

Huelga decir que sin la paciencia y el continuo apoyo de mi esposa, Sofie, el libro jamás habría visto la luz.

Curioso

Con independencia de su longitud, ciertas historias pueden causar un impacto duradero. «La historia de una hora»,¹ un relato muy corto de la escritora del siglo XIX Kate Chopin, comienza con una frase bastante llamativa: «Como la señora Mallard padecía del corazón, se procuró darle la noticia de la muerte de su esposo con la máxima delicadeza». La pérdida de vida y la fragilidad humana reunidas en un enunciado contundente. Después nos enteramos de que quien dio la mala noticia fue un amigo íntimo del fallecido, Richards, tras haber confirmado (mediante telegrama) que el nombre de Brently Mallard figuraba efectivamente en la lista de víctimas de un accidente ferroviario.

En el argumento de Chopin, la reacción inmediata de la señora Mallard es lógica. Al oír el triste mensaje que le transmite su hermana Josephine, se pone a llorar enseguida y luego se retira a su habitación y pide que la dejen sola. No obstante, es ahí donde sucede algo totalmente inesperado. Tras haberse quedado sentada inmóvil, sollozando un rato, con la mirada aparentemente fija en una lejana mancha de cielo azul, la señora Mallard empieza a susurrar para sí una palabra sorprendente: «¡Libre, libre, libre!». A la que sigue otra aún más exuberante: «¡Libre! ¡Cuerpo y alma libres!».

Cuando al fin abre la puerta cediendo a la preocupada petición de Josephine, la señora Mallard aparece con «los ojos febriles de triunfo». Comienza a bajar tranquilamente la escalera, agarrada a la cintura de su hermana, mientras Richards, el amigo de su esposo, las espera abajo. Y es entonces precisamente cuando se oye a alguien abrir la puerta principal con una llave.

Después, la historia de Chopin contiene solo ocho frases más. ¿Podríamos quizá dejar de leer aquí? No hace falta decir que, aunque quisiéramos, seguramente no lo haríamos, no sin saber al menos quién está junto a la puerta. Como escribió el ensayista inglés Charles Lamb,² «en la vida, no muchos sonidos, e incluyo todos los urbanos y los rurales, superan en interés a una llamada a la puerta». Ahí radica la fuerza de un relato que atrae nuestro interés hasta tal punto que ni se nos pasa por la cabeza ignorar esta atracción.

La persona que entra en la casa es en efecto, tal como cabía suponer, Brently Mallard, quien resulta que se hallaba tan lejos de la escena del accidente ferroviario que ni siquiera se había enterado de este. La vívida descripción de la montaña rusa emocional que la temperamental señora Mallard había tenido que soportar en el espacio de solo una hora convierte la lectura del drama de Chopin en una experiencia fascinante.

La última frase de «La historia de una hora» es todavía más perturbadora que la primera: «Cuando llegaron los médicos, dijeron que había muerto a causa de una enfermedad cardíaca... de la alegría que mata». La vida interior de la señora Mallard sigue siendo en buena medida un misterio para nosotros.

A mi entender, el mayor regalo de Chopin es su singular capacidad para generar *curiosidad* en casi cada frase, incluso en pasajes donde se describen situaciones en las que parece no pasar nada. Es el tipo de curiosidad derivada de los escalofríos que nos suben y bajan por la columna, algo parecido a las sensaciones que tenemos al escuchar piezas musicales excepcionales. Se trata de escenas de suspense, sutiles e intelectuales, que constituyen un instrumento necesario en cualquier narración absorbente, en las clases de la escuela, las creaciones artísticas estimulantes, los videojuegos, las campañas publicitarias o incluso en simples conversaciones que deleitan en vez de aburrir. La historia de Chopin inspira lo que se conoce como «curiosidad empática»:³ la postura que adoptamos cuando intentamos comprender los deseos, las experiencias emocionales o los pensamientos del protagonista y cuando sus acciones nos dan continuamente la lata con la acuciante pregunta: ¿por qué?

Otro elemento que Chopin utiliza con acierto es el de la sorpresa. Se trata de una estrategia segura para despertar la curiosidad mediante el aumento de la atención y la excitación. Joseph LeDoux,⁴ neurocientífico de la Universidad

de Nueva York, y sus colegas localizaron las vías cerebrales responsables de la reacción ante la sorpresa y el miedo. Cuando nos encontramos con lo inesperado, el cerebro supone que quizá haya que emprender alguna acción. Esto se traduce en una rápida activación del sistema nervioso simpático, con sus habituales manifestaciones asociadas: aumento del ritmo cardíaco, sudoración y respiración profunda. Al mismo tiempo, la atención se aleja de otros estímulos irrelevantes y se centra en el elemento urgente en cuestión. LeDoux fue capaz de demostrar que en la sorpresa, y concretamente en la respuesta de miedo, se activan simultáneamente vías rápidas y lentas. La reacción rápida va directamente desde el tálamo, responsable de retransmitir señales sensoriales, a la amígdala, un conjunto de núcleos en forma de almendra que asigna significación afectiva y dirige la respuesta emocional. La reacción lenta conlleva un largo rodeo —entre el tálamo y la amígdala— que atraviesa la corteza cerebral, la capa externa de tejido neural que desempeña un papel clave en la memoria y el pensamiento. Esta ruta indirecta posibilita una evaluación más cuidadosa y consciente del estímulo y una respuesta meditada.

Existen varios «tipos» de curiosidad, ese anhelo de saber más. El psicólogo británico-canadiense Daniel Berlyne⁵ representó gráficamente la curiosidad a lo largo de dos dimensiones o ejes principales: uno que se extendía entre la curiosidad perceptual y la epistémica, y otro que cruzaba desde la curiosidad específica a la diversiva. La curiosidad *perceptual* se debe a valores atípicos extremos, a estímulos nuevos, ambiguos o desconcertantes, y motiva la inspección visual. Pensemos, por ejemplo, en la reacción de niños asiáticos de un pueblo remoto que ven por primera vez a un caucásico. Por lo general, la curiosidad perceptual disminuye con la exposición continua. En el esquema de Berlyne, la curiosidad perceptual opuesta es la *epistémica*, que es el verdadero deseo de conocimiento (el «apetito de saber», en palabras del filósofo Immanuel Kant). Esta curiosidad ha sido el principal eje impulsor de todas las investigaciones científicas básicas y las indagaciones filosóficas, y probablemente fue la fuerza que suscitó las primeras búsquedas espirituales. El filósofo del siglo XVII Thomas Hobbes⁶ la denominaba «anhelo de la mente», añadiendo que «por la perseverancia en el deleite que produce la continua e infatigable generación de

conocimiento» supera «la fugaz vehemencia de todo placer carnal» en el sentido de que complacerse en ello solo provoca un deseo mayor. Hobbes vio en este «deseo de saber *por qué*» (énfasis añadido) la característica que distingue a los seres humanos de los demás seres vivos. En efecto, como veremos en el capítulo 7, ha sido la singular capacidad de preguntar «¿por qué?» lo que ha llevado a nuestra especie a donde hoy está. La curiosidad epistémica es la curiosidad a la que aludía Einstein cuando a uno de sus biógrafos dijo lo siguiente: «No tengo ningún talento especial. Solo soy apasionadamente curioso».⁷

Para Berlyne, la curiosidad *específica* refleja el deseo de una información concreta, como pasa en los intentos por resolver un crucigrama o recordar el título de la película que vimos la semana pasada. La curiosidad específica impulsa a los investigadores a examinar problemas distintos para entenderlos mejor e identificar potenciales soluciones. Por último, la curiosidad *diversiva* hace referencia tanto al inquieto deseo de explorar como a la búsqueda de estímulos nuevos para evitar el aburrimiento. Hoy en día, este tipo de curiosidad acaso se manifieste en la constante revisión en busca de mensajes de texto o emails nuevos o en la impaciencia con que aguardamos el modelo más reciente de *smartphone*. A veces, la curiosidad diversiva da lugar a curiosidad específica dado que la conducta buscadora de novedades quizá alimente un interés determinado.

Aunque las distinciones de Berlyne entre diferentes clases de curiosidad han demostrado ser sumamente fructíferas en muchos estudios psicológicos, hemos de considerarlas solo como algo indicativo a la espera de conocer más a fondo los mecanismos esenciales de la curiosidad. Al mismo tiempo, se han propuesto algunos otros tipos de curiosidad, como la empática antes mencionada, que no se encuadran con claridad en las categorías de Berlyne. Por ejemplo, está la curiosidad *morbosa* que da lugar a fisgoneo:⁸ incita invariablemente a los conductores a reducir la velocidad y observar los accidentes en la carretera e induce a la gente a congregarse en masa en torno a escenas de crímenes violentos o edificios en llamas. Es la clase de curiosidad que al parecer generó un elevadísimo número de visitas en Google para ver el horripilante vídeo de la decapitación del ingeniero británico Ken Bigley, en Irak, en 2004.

Además de los tipos potencialmente distintos, existen también niveles diversos de intensidad que cabe asociar a un surtido de géneros de curiosidad. A veces, un pequeño fragmento de información basta para satisfacer la curiosidad, como pasa en algunos casos de curiosidad específica: ¿quién dijo aquello de que «la injusticia en cualquier parte es una amenaza para la justicia en todas partes»? En otras ocasiones, la curiosidad puede impulsar a alguien a un apasionado viaje durante toda la vida, como sucede a veces cuando la curiosidad epistémica guía la investigación científica: ¿cómo surgió y evolucionó la vida en la Tierra? En la curiosidad hay asimismo claras diferencias individuales, en lo relativo a la frecuencia de su aparición, el nivel de intensidad, la cantidad de tiempo que la gente está dispuesta a dedicar a la exploración, y en general la actitud receptiva y la preferencia por experiencias novedosas. Para una persona determinada, una vieja botella arrojada a la playa en la isla de Amrum, en la costa alemana del mar del Norte, quizá sea solo eso: un símbolo de contaminación en proceso de desintegración. Para otra, un hallazgo así acaso suponga una oportunidad para vislumbrar un mundo anterior y fascinante. Un mensaje en una botella encontrada en abril de 2015 resultó ser de un período comprendido entre 1904 y 1906, el más viejo hallado jamás. Esto pasó a formar parte de un experimento para estudiar las corrientes marinas.⁹

Del mismo modo, Ed Shevlin,¹⁰ barrendero de la ciudad de Nueva York que recoge basura cinco mañanas a la semana, sintió tal entusiasmo por el idioma gaélico de Irlanda que se matriculó en un máster de la Universidad de Nueva York sobre estudios irlandeses-americanos.

Hace unas dos décadas, un extraño acontecimiento astronómico ilustró a la perfección el modo en que unos cuantos tipos de curiosidad presuntamente distintos, como el suscitado por la novedad y el que representa el ansia de conocimiento, pueden combinarse y alimentarse mutuamente para constituir una atracción irresistible. En marzo de 1993 se detectó un cometa antes desconocido que describía órbitas alrededor de Júpiter. Los descubridores eran cazadores veteranos de cometas, los astrónomos Carolyn y Eugene Shoemaker, marido y mujer, y David Levy. Como era el noveno cometa periódico identificado por este equipo, el objeto recibió el nombre de Shoemaker-Levy 9.¹¹ Un análisis detallado de la órbita dio a entender que

seguramente había sido capturado por la gravedad de Júpiter unas décadas atrás, y que durante un excesivo y catastrófico acercamiento en 1992, se rompió en pedazos debido a las grandes fuerzas de las mareas (de estiramiento). En la figura 1 aparece una imagen tomada por el Telescopio Espacial Hubble en mayo de 1994, en la que se aprecian las dos docenas o así de fragmentos resultantes mientras proseguían su recorrido por la ruta del cometa, como una sarta de perlas brillantes.

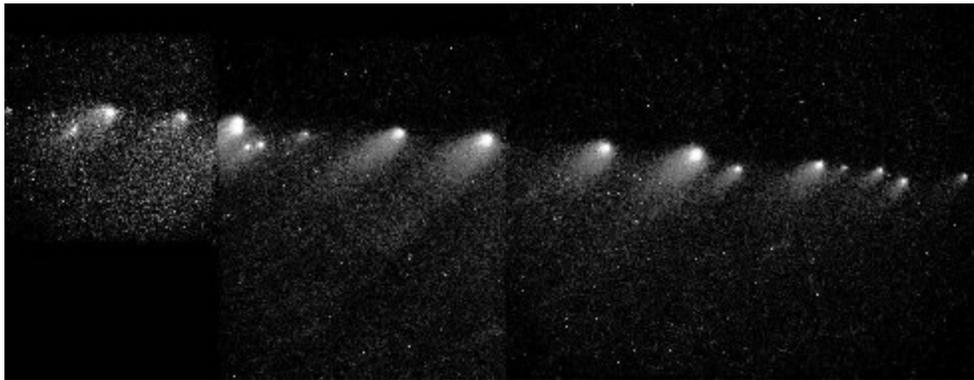


Figura 1

En el mundo astronómico, y fuera de él, empezó a crecer el entusiasmo cuando diversas simulaciones por ordenador señalaron la probabilidad de que los fragmentos chocaran con la atmósfera de Júpiter y se estrellaran contra el planeta. Estas colisiones son relativamente raras (aunque uno de estos impactos en la Tierra hace unos 66 millones de años resultó ser funesto para los dinosaurios), y antes no se había presenciado ninguna directamente. Astrónomos de todo el globo aguardaban impacientes. No obstante, nadie sabía si los efectos del choque serían realmente visibles desde la Tierra o si los fragmentos solo serían engullidos con calma por la atmósfera gaseosa de Júpiter como piedrecitas en un estanque grande e impasible.

Se esperaba que el primer trozo de hielo golpease la noche del 16 de julio de 1994, de modo que casi todos los telescopios en Tierra y en el espacio, incluido el Hubble, apuntaban a Júpiter. Debido al hecho de que rara vez se pueden observar en tiempo real fenómenos astronómicos espectaculares (la luz tarda muchos años en llegar a la Tierra desde numerosos objetos de

interés, pero solo una media hora desde Júpiter), el acontecimiento transmitía una sensación de «oportunidad única en la vida». En consecuencia, no era de extrañar que un grupo de científicos, incluido yo mismo, nos reuniéramos en torno a una pantalla de ordenador mientras los datos estaban a punto de ser transmitidos desde el telescopio (figura 2). La pregunta que nos hacíamos todos era esta: ¿veríamos algo?



Figura 2

Si tuviera que ponerle título a la figura 2, sé exactamente cuál sería: *¡Curiosidad!* Para sentir el contagioso atractivo de la curiosidad, lo único que hay que hacer es examinar la postura y las expresiones faciales de los científicos presentes. En cuanto vi esta fotografía al día siguiente, me acordé de una extraordinaria obra de arte realizada hace casi cuatrocientos años, *La lección de anatomía del doctor Nicolaes Tulp*,¹² de Rembrandt (figura 3). El cuadro y la foto son casi idénticos en cuanto al modo de capturar la emoción de la curiosidad exaltada. Lo que me parece especialmente fascinante es el hecho de que Rembrandt no centra la atención en la anatomía del cadáver desollado que está siendo diseccionado (aunque los músculos y tendones están representados con bastante precisión), ni siquiera en la identidad del muerto (un joven ladrón de abrigos llamado Aris Kindt, colgado en 1632), cuyo rostro

está sombreado en parte; Rembrandt estaba sobre todo interesado en expresar con exactitud las reacciones individuales de cada uno de los profesionales médicos y aprendices que asisten a la lección. Colocó en primer plano la curiosidad.



Figura 3

La fuerza de la curiosidad trasciende sus percibidas contribuciones potenciales a la utilidad o a los beneficios. Ha demostrado ser en sí misma un impulso imparable. Por ejemplo, los esfuerzos invertidos por los seres humanos en explorar e intentar descifrar el mundo circundante siempre han superado en mucho a los necesarios para la simple supervivencia. Por lo visto, conformamos una especie incesantemente curiosa, algunos de nosotros sentimos una curiosidad incluso compulsiva. Según Irving Biederman,¹³ neurocientífico de la Universidad del Sur de California, los seres humanos están diseñados para ser «infóvoros», criaturas que devoran información. ¿De qué otro modo podríamos explicar los riesgos que a veces corre la gente para satisfacer este gusanillo de la curiosidad? El gran orador y filósofo romano Cicerón interpretó el paso de Ulises junto a la isla de las sirenas como un esfuerzo por oponer resistencia a la tentación de la curiosidad epistémica: «No era la dulzura de sus palabras o la peculiaridad y diversidad de sus

cantos, sino el hecho de declarar que sabían muchas cosas y la pasión por aprender de los navegantes lo que arrastraba a estos hacia los escollos de las sirenas». ¹⁴

El filósofo francés Michael Foucault describe a las mil maravillas algunas de las características inherentes a la curiosidad: «La curiosidad evoca el “cuidado”, evoca la solicitud que se tiene con lo que existe y podría existir, un sentido agudizado de lo real pero que nunca se inmoviliza ante ello, una prontitud en encontrar extraño y singular lo que nos rodea, un cierto encarnizamiento en deshacernos de nuestras familiaridades y en mirar de otro modo las mismas cosas, un cierto ardor en captar lo que sucede y luego desaparece, una desenvoltura a la vista de las jerarquías tradicionales entre lo importante y lo esencial». ¹⁵

Como veremos, las investigaciones modernas sugieren que la curiosidad puede ser fundamental para el adecuado desarrollo de las destrezas perceptuales y cognitivas en la infancia temprana. También está bastante claro que la curiosidad sigue siendo una fuerza poderosa para la expresión intelectual y creativa en etapas posteriores de la vida. ¿Significa esto que la curiosidad es un producto directo de la selección natural? En tal caso, ¿por qué a veces ciertas cuestiones aparentemente triviales nos vuelven de lo más curiosos? ¿Por qué de vez en cuando, en un restaurante, nos esforzamos por descifrar los siseos de la conversación de la mesa de al lado? ¿Por qué nos resulta más difícil no escuchar a alguien que habla por teléfono (cuando oímos solo la mitad de la conversación) que escuchar a dos personas que hablan cara a cara? ¿La curiosidad es totalmente innata o aprendemos a ser curiosos? ¿La curiosidad ha evolucionado desde los 3,2 millones de años que separan a Lucy —la criatura casi humana, transicional, cuyos huesos fueron encontrados en Etiopía— del *Homo sapiens*, los seres humanos actuales? ¿Qué procesos psicológicos y qué estructuras del cerebro están implicados en el hecho de ser curioso? ¿Existe un modelo teórico de curiosidad? Ciertos trastornos del neurodesarrollo como el TDAH, ¿representan curiosidad «a tope» o curiosidad sin rumbo fijo?

Antes de adentrarme en las investigaciones científicas sobre la curiosidad, decidí (impulsado por mi propia curiosidad personal) dar un breve rodeo para examinar detenidamente a dos individuos que, a mi entender,

encarnan dos de las mentes más curiosas que hayan existido jamás. Creo que pocos discreparán de esta descripción de Leonardo da Vinci y el físico Richard Feynman. Los inagotables intereses de Leonardo abarcaban esferas tan amplias del arte, la ciencia y la tecnología que a día de hoy sigue siendo la quintaesencia del hombre del Renacimiento. El historiador del arte Kenneth Clark lo llamó apropiadamente «el hombre más incansablemente curioso de la historia».¹⁶ El genio y los logros de Feynman en numerosos ámbitos de la física son legendarios, pero también le encantaban la biología, la pintura, abrir cajas fuertes, tocar el bongó, las mujeres atractivas o el estudio de los jeroglíficos mayas. Llegó a ser conocido públicamente como miembro de la comisión que investigó el desastre del transbordador espacial *Challenger* y gracias a sus libros superventas, repletos de anécdotas personales. Cuando se le pidió que identificara lo que, a su juicio, era el motivador clave del descubrimiento científico, Feynman contestó: «Tiene que ver con la curiosidad. Tiene que ver con querer saber por qué algo hace algo».¹⁷ Estaba haciéndose eco de las opiniones del filósofo francés del siglo XVI Michel de Montaigne, que exhortaba a sus lectores a explorar el misterio de las cosas cotidianas. Como veremos en el capítulo 5, diversos experimentos con niños pequeños han demostrado que lo que a menudo suscita su curiosidad es el deseo de entender la relación causa-efecto en su entorno inmediato.

No espero que una inspección —por minuciosa que sea— de la personalidad de Leonardo y Feynman revele forzosamente alguna percepción profunda sobre el carácter de la curiosidad. Con respecto a eso, numerosos intentos anteriores por desvelar rasgos comunes a muchas figuras históricas geniales han puesto de manifiesto solo una desconcertante diversidad con respecto a la formación y las características psicológicas de estos individuos.¹⁸ Veamos los gigantes científicos Isaac Newton y Charles Darwin. Newton se distinguió por su capacidad matemática sin igual, mientras Darwin, según él mismo admitía, andaba bastante flojo en mates. Incluso en las diversas clases de genios de una disciplina científica dada, parece haber una serie ambigua de cualidades. El físico Enrico Fermi resolvió muchos problemas complicados a los diecisiete años, mientras que Einstein fue, en términos relativos, de floración tardía. Esto no significa que *todos* los esfuerzos por identificar unas cuantas características compartidas estén

condenados al fracaso. En el ámbito de la creatividad prodigiosa, por ejemplo, el psicólogo Mihály Csíkszentmihályi,¹⁹ de la Universidad de Chicago, ha sido capaz de sacar a la luz algunas tendencias que parecen asociadas a la mayoría de las personas excepcionalmente creativas (las descritas brevemente al final del capítulo 2). Por tanto, creí que valdría la pena el ejercicio de analizar al menos si en las fascinantes mentes de Leonardo y Feynman había algo que nos procurase una pista sobre el origen de su insaciable curiosidad. Para mí, la cuestión clave era el hecho de que, con independencia de si Feynman y Leonardo tenían algo en común aparte de su curiosidad, ambos se elevaban tan por encima de sus respectivos entornos en cuanto a su espíritu investigador, que cualquier intento de observar las cosas desde su perspectiva sin duda sería estimulante. Comienzo con Leonardo, que en una ocasión expresó con gran elegancia su pasión por la comprensión al decir: «No se puede amar ni odiar nada si antes no se ha llegado a su conocimiento».

Por cierto, en caso de que alguien tenga curiosidad por saber si realmente vimos algo cuando el primer fragmento del cometa Shoemaker-Levy 9 impactó en la atmósfera de Júpiter... ¡Pues sí! Al principio hubo un punto de luz sobre el borde del planeta.²⁰ Cuando el fragmento penetró en la atmósfera, produjo una explosión que se tradujo en una nube en forma de hongo parecida a la provocada por una bomba atómica. Todos los fragmentos dejaron «heridas» visibles (áreas con compuestos azufrosos) en la superficie de Júpiter (figura 4). Estas manchas duraron meses hasta que se extendieron debido a corrientes y turbulencias en el seno de la atmósfera del planeta, y los restos se difundieron hacia abajo, a altitudes inferiores.



Figura 4

Más curioso

Quizá donde mejor se sintetiza la imagen que en la actualidad tenemos de Leonardo da Vinci es en dos frases cortas de Giorgio Vasari,¹ autor del famoso libro *Vida de los más excelentes pintores, escultores y arquitectos*, que apenas contaba ocho años cuando murió Leonardo. Vasari escribía admirado: «Además de una belleza corporal nunca suficientemente encomiada, hay una infinita gracia en todas sus acciones, y tan grande fue su genio como su crecimiento, que ante cualquier dificultad que se encontraba su mente, él la superaba fácilmente». Solo habría hecho una pequeña revisión de esta descripción, para leer «tan grande fue su genio y *curiosidad*, y tal crecimiento».

Cuando profundizó en aquellos formidables atributos, Vasari hizo hincapié en la gran capacidad de Leonardo para aprender con rapidez nuevas materias en una asombrosa variedad de disciplinas: «En aritmética, durante los escasos meses que la estudió, hizo tantos progresos que, al sugerir continuamente dudas y dificultades a su maestro, a menudo lo apabullaba. Prestó algo de atención a la música, y enseguida decidió aprender a tocar la lira, como alguien que por naturaleza tuviese el espíritu más elevado y lleno de refinamiento: por esta razón cantaba de maravilla acompañado de este instrumento, improvisando». En vista de estos efusivos elogios, acaso sorprenda que ciertos estudios más recientes hayan revelado que las notas de Leonardo sobre matemáticas contienen algunos errores y descuidos penosos, por ejemplo en la extracción de raíces cuadradas. Asimismo, Leonardo no sabía leer griego, e incluso con el latín tenía dificultades, para lo cual contaba con la ayuda de amigos expertos. A primera vista, estos dos rasgos, una

extraordinaria capacidad para adquirir conocimientos nuevos y desconcertantes lagunas en educación básica, parecen entrar en grave conflicto. No obstante, dos hechos brindan al menos un punto de partida para una explicación. Primero, la educación temprana de Leonardo en Vinci fue bastante rudimentaria, y cuando se colocó de aprendiz en el taller del maestro Andrea del Verrocchio en Florencia, se preparó para ser artista, no científico, matemático o ingeniero. En consecuencia, estudió lectura y escritura básicas, complementadas con técnicas de pintura y escultura y algunas reglas prácticas de geometría y mecánica, así como los ejercicios necesarios en metalistería. Nadie habría podido prever que, partiendo de estos inicios tan poco propicios, llegaría Leonardo a ser el símbolo del ideal renacentista del hombre universal. Toda su eventual y al parecer integral erudición fue autodidacta o adquirida tras incesantes experimentos y observaciones en etapas muy posteriores de la vida. De hecho, como consecuencia de su nulo dominio de los clásicos, los sabios humanistas de la época de Leonardo insistían condescendentemente en calificarlo de «hombre sin letras» o «no muy leído». No obstante, el propio Leonardo reaccionaba al punto: «Quienes estudian a los antiguos y no las obras de la naturaleza son hijastros, no hijos, de la naturaleza, la madre de todos los buenos autores».² Y, desafiando a los críticos, proseguía: «Aunque quizá no sea como ellos, capaz de citar a otros autores, me basaré en lo que es mucho más importante y valioso: en la experiencia, la maestra de sus maestros».³ Leonardo fue sin duda el arquetípico «discípulo de la experiencia».

Vasari nos procura también una segunda pista que podría desmitificar los aspectos contradictorios de la formación de Leonardo: «Se ponía a estudiar muchas cosas y luego, una vez comenzadas, las abandonaba».⁴ En otras palabras, Leonardo no persistió en algunos de sus estudios. No obstante, esto introduce un enigma nuevo. ¿Por qué abandonaba Leonardo temas por los que de entrada había mostrado gran interés? Se trata de una pregunta importante sobre la que volveremos, pues acaso brinde algunas percepciones sobre el funcionamiento de una mente como la de Leonardo, accionada por la curiosidad.

Declarar sin más que Leonardo era una persona curiosa sería el eufemismo del milenio. Baste decir que un inventario siquiera parcial de su biblioteca de 1503-1504 contiene no menos de 116 libros que abarcan un asombroso abanico de temas, desde la anatomía, la medicina y la historia natural hasta la filosofía, las lenguas, las obras literarias e incluso los tratados religiosos, pasando por la aritmética, la geometría, la geografía o la astronomía.⁵ Y esta era la biblioteca de un hombre que, a decir de todos, prefería con mucho la experimentación a la lectura; tanto es así que Giorgio de Santillana, historiador, científico y especialista en Leonardo, tituló así una de sus conferencias: «Leonardo y aquellos a quienes no leyó».

Uno de los aspectos más interesantes de la personalidad de Leonardo es el aparente conflicto entre su compasiva sensibilidad estética y su mirada impasible, sobrehumanamente perspicaz, cuando se trataba de analizar los secretos de la naturaleza. En 1527 (solo ocho años después de la muerte de Leonardo),⁶ el médico e historiador Paolo Giovio nos proporcionó una introducción a la singular opinión de Leonardo sobre los que, a su entender, eran los vínculos ineludibles entre el arte y la ciencia: «Leonardo da Vinci [...] añadió gran lustre al arte de pintar, negando que este pudiera ser llevado a cabo debidamente por quienes no habían adquirido las nobles ciencias y artes liberales necesarias para los discípulos de la pintura». Para ilustrar el peculiar enfoque de Leonardo, Giovio describe sucesivamente unas cuantas de las muchas actividades científicas emprendidas por el maestro conjuntamente con su actividad pictórica: «Para él, la ciencia de la óptica era de suma importancia. [...] Diseccionaba los cadáveres de criminales en las facultades de medicina [...] a fin de que las variaciones en las articulaciones de los miembros flexionados por las acciones de los nervios de las vértebras se pintaran con arreglo a las leyes de la naturaleza».

El informe de Giovio transmite correctamente el importante hecho de que, en sus primeras obras, Leonardo ponía la naturaleza al servicio de su arte: estudiaba el mundo natural para que la representación artística fuera lo más exacta posible. En fases posteriores de su vida, sin embargo, el arte llegó a ser el aplicado ayudante de sus investigaciones científicas: se valía de su singular capacidad artística para representar fenómenos naturales e intentar establecer sus causas.

Ya dos décadas antes de Vasari, Giovio también había hecho observaciones sobre la aparente incapacidad de Leonardo para terminar encargos, o sobre su falta de interés en finalizar algunos de sus proyectos: «Pero aunque de este modo estaba dedicando su tiempo a la investigación detallada de ramas secundarias de su arte, llevó a cabo muy pocas obras a su término». La tendencia de Leonardo a dejar tareas inacabadas fue legendaria incluso en vida. Cuando el papa León X se enteró de que Leonardo estaba enfrascado en diversas recetas de barnices en vez de pintar, por lo visto se quejó: «¡Ay! Este hombre no hará nunca nada, pues se pone a pensar en el final antes de empezar su trabajo».⁷

Al parecer, para Leonardo cada cuadro era también un experimento científico, en lo relativo tanto a exponer correctamente el tema representado como a la ejecución de la obra propiamente dicha. Se trataba asimismo de un ejercicio de curiosidad: «Estudia la ciencia del arte;⁸ estudia el arte de la ciencia; aprende a ver», decía. En cuanto a la utilización de técnicas pictóricas, algunos de sus cuadros, por ejemplo *La última cena* (figura 5),⁹ no duraron; seguramente la pintura empezó a desprenderse de la pared ya en vida de Leonardo. Desde otro punto de vista, no obstante, *La última cena* es un éxito rotundo y una obra maestra extraordinaria, que supone un brillante estudio en perspectiva sobre el uso efectivo de la luz y la sombra. En la difusión de la oleada emocional creada por las palabras de Cristo «uno de vosotros me traicionará», podemos llegar a percibir las lecciones aprendidas por Leonardo en sus observaciones sobre la propagación de las olas en el agua.

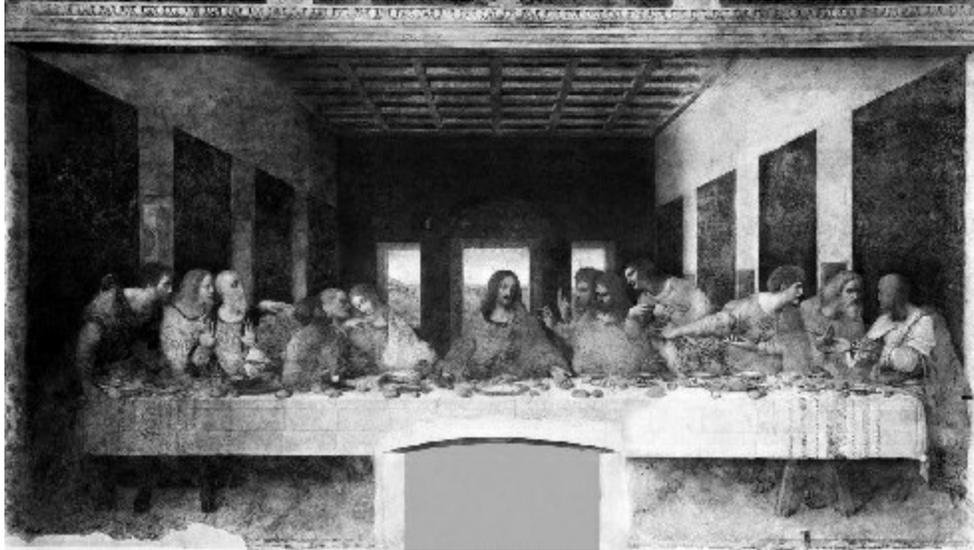


Figura 5

Sin embargo, ahí radica otra contradicción. La misma persona capaz de captar con tanta delicadeza las emociones y los estados de ánimo humanos más sutiles (algo observado también en *La Virgen y el Niño con Santa Ana*¹⁰ y la renombrada *Mona Lisa*) no revelaba casi ningún sentimiento personal en sus largos escritos. Si Leonardo fue tan curioso sobre su mundo interno como sobre el externo, decidió no compartirlo con nadie.

Asombrado y curioso¹¹

Muchos estudios excelentes han intentado utilizar los numerosos cuadernos,¹² comentarios detallados y dibujos complejos de Leonardo para evaluar sus logros reales y en qué medida hizo descubrimientos verdaderamente nuevos en los campos de la ciencia y la tecnología.¹³ Otros se han dedicado a valorar de forma crítica la originalidad de sus aportaciones teniendo en cuenta los conocimientos de la época. Me interesan distintas cuestiones seductoras por igual: ¿qué despertaba la curiosidad de Leonardo y por qué? ¿Qué hacía él para satisfacer su curiosidad? ¿En qué momento, caso de haberlo, perdió de veras interés en un asunto concreto? En vez de preocuparme por los éxitos y los fracasos de Leonardo en sus empeños científicos y sus proyectos artísticos

y de ingeniería, o por el grado en que influyera o no en el progreso científico o en el rumbo de la historia del arte, tengo curiosidad por lo que despertó su imaginación, lo que lo motivó, y cómo reaccionó ante tales estímulos.

Los cuadernos personales de Leonardo constituyen un magnífico punto de partida para abordar estas preguntas debido sobre todo a las razones siguientes. Primero, las existentes 6.500 páginas de notas y dibujos probablemente suponen solo parte de su producción, que algunos investigadores cifran en 15.000 páginas. Como Leonardo empezó a hacer anotaciones en libretas en torno a los 35 años, ¡debió de escribir, en promedio, aproximadamente una página y media cada día durante tres décadas! Da la impresión de que llenar hojas de meticulosos dibujos y sofisticadas notas que describían sus ideas, intereses y reflexiones (casi todo escrito con la mano izquierda, de derecha a izquierda y en escritura especular) era una de sus ocupaciones preferidas. Curiosamente, solo el número de dibujos es unas cuatro veces superior al del dibujante más productivo del siglo XVI.¹⁴ Segundo, aparte de su aparente obsesión por analizar y documentar cada pensamiento racional, el contenido real de los cuadernos¹⁵ abarca temas pertenecientes a la anatomía, la visión y la óptica, la astronomía, la botánica, la geología, la geografía física, el vuelo de las aves, el movimiento y el peso, las propiedades del movimiento del agua, y una confusa variedad de imaginativos inventos tanto para la paz como para la guerra. Por último, si combinamos el inmenso contenido científico y tecnológico de las libretas con el hecho de que Leonardo usó esas mismas páginas para efectuar incesantes comentarios sobre cuestiones artísticas, como el color, el claroscuro, la perspectiva, los preceptos del pintor, la escultura o la arquitectura, la imagen que aparece es tan clara, y a la vez tan enigmática, como algunos elementos de sus propios cuadros.

Leonardo sentía curiosidad por casi *todo* lo que había en el complejo mundo que lo rodeaba, y su compulsiva tendencia a tomar notas y dibujar representaba su peculiar intento de dotar de sentido a todo. De hecho, nunca estuvo especialmente interesado en la historia, la teología, la economía ni la política (seguramente con buen criterio, pues vivió durante la época en que ostentaban el poder los intrigantes y crueles Borgia). Aun así, intentó «leer» y descifrar lo que Galileo Galilei denominaría, más de un siglo después, el

«libro de la naturaleza».¹⁶ En todo caso, el libro de la naturaleza de Leonardo era un ejemplar más grueso que el de Galileo, pues incluía temas complejos como la anatomía y la botánica, por los que Galileo no mostraría particular interés. En su conjunto, la inmensa mayoría de las entradas de los cuadernos de Leonardo no pretendían ser anteproyectos, bocetos ni planes de ingeniería diseñados para culminar en ejecuciones físicas de empresas específicas, sino que más bien encarnaban la curiosidad de su autor. Según sus propias palabras, «la naturaleza está llena de causas infinitas que nunca serán expresadas por la experiencia. [...] El deseo natural de los hombres buenos es el conocimiento». Aquí Leonardo estaba anticipándose a lo que diría el psiquiatra Hermann Nunberg casi cinco siglos después: «Mediante la gratificación de la curiosidad, uno adquiere cierto caudal de conocimiento, que a su vez puede dar lugar a problemas distintos y a la formulación de preguntas nuevas. Por tanto, quizá a la curiosidad habría que denominarla *ansia de conocimiento*».¹⁷

Los cuadernos también ponen gráficamente de manifiesto la fuerte interdependencia de la ciencia, la tecnología y el arte en la mente de Leonardo.¹⁸ Al parecer, la expresión «una imagen vale más que mil palabras» tiene su origen en un artículo periodístico de 1911,¹⁹ pero Leonardo ya había manifestado claramente esta misma convicción cuatro siglos atrás: «Vosotros, que pensáis revelar la figura de un hombre en palabras [...] desechad la idea, pues cuanto más minuciosa sea vuestra descripción, más confundiréis la mente del lector, ya que lo alejaréis de la cosa descrita. Es necesario, por consiguiente, que representéis y dibujéis».²⁰

En cualquier caso, no obstante, los dibujos hacen algo más que ilustrar sin más temas difíciles de describir con palabras. A veces nos permiten literalmente seguir los serpenteantes vagabundeos de la curiosidad de Leonardo. Tenemos un magnífico ejemplo en una obra de la Royal Collection (figura 6). Carlo Pedretti, experto en Leonardo,²¹ señalaba que esta simple hoja acaso ofrezca «una síntesis completa de su curiosidad científica [de Leonardo] y su versatilidad artística».

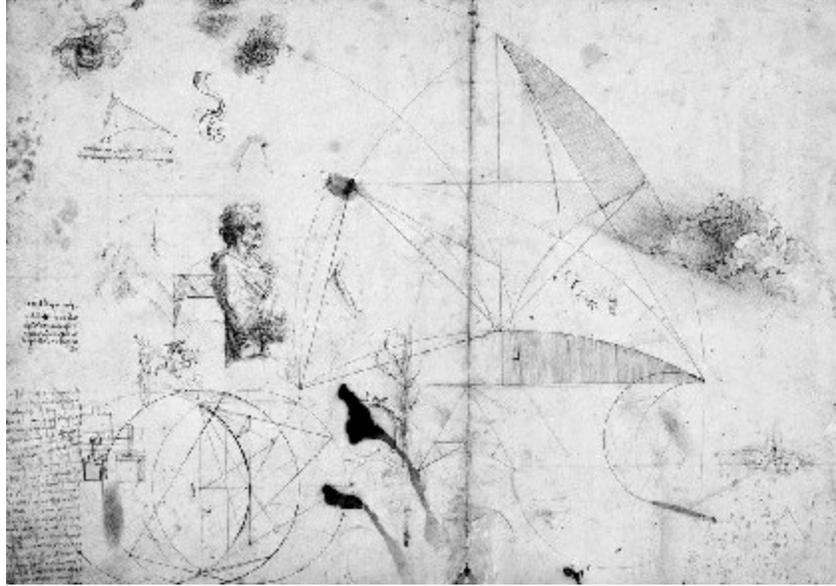


Figura 6

A primera vista, la página parece contener tan solo una serie de garabatos inconexos; varias construcciones geométricas con círculos y curvas, nubes, hierbajos trepando por una azucena, una prensa de tornillo, un viejo vestido, olas en un estanque, ramas de un árbol. Sin embargo, si observamos con atención vemos que casi cada dibujito, desde las nubes hinchadas al pelo rizado del hombre, incluye curvas geométricas, superficies curvas o el fenómeno de la ramificación. Por tanto, podemos conjeturar que tan pronto Leonardo empezaba a contemplar un fenómeno determinado, como la propagación de olas en un estanque, su mente, inspirada por lo visual, convertía de inmediato aquello en un problema de formas geométricas. De forma simultánea, su errante curiosidad lo guiaba hacia una colección completa de otros fenómenos naturales o dispositivos de creación humana en los que aparecen curvas o estructuras geométricas semejantes. Por ejemplo, cuando se amplían, los dibujos muestran las ramas de un árbol transformándose en una red de venas, vistas a través de la capa del anciano.

No fue esta la única vez que Leonardo examinó sistemas de ramificación. También advirtió estas estructuras en una amplia variedad de diferentes disciplinas, desde los afluentes de los ríos hasta los vasos sanguíneos del cuerpo humano pasando por los tallos de las plantas. La culminación del vertiginoso viaje mental que desembocó en la creación de la figura 6 fue la

abstracción de una característica común a partir de un conjunto de observaciones aparentemente dispares. En palabras del propio Leonardo, «la pintura obliga a la mente del pintor a transformarse en la auténtica mente de la naturaleza para llegar a ser el intérprete entre la naturaleza y el arte. Explica las causas de las manifestaciones de la naturaleza como si fueran impuestas por sus leyes».²²

Dado el contexto científico en el que trabajaba Leonardo, esta última afirmación es realmente digna de mención. ¡Viene a decir que la naturaleza está regida por ciertas leyes! Esto ocurre aproximadamente un siglo antes de que Galileo formulara su ley de la inercia y casi dos siglos antes de que Newton enunciara sus leyes del movimiento y la gravitación. ¿Era Leonardo lo bastante curioso para preguntarse cuáles podían ser estas leyes? No cabe la menor duda. Por desgracia, la tradición científica de la época no incluía la declaración de una hipótesis coherente y la verificación de la misma mediante una serie de experimentos y observaciones minuciosamente realizados. En lugar de ello, Leonardo solía enumerar sin más todas las cuestiones que se le ocurrían, seguramente en el orden en que surgían en su cabeza incansablemente curiosa, y luego abordaba solo unas cuantas mediante inspecciones más meticulosas. A veces, sin embargo, lo que descubría era una fusión de sus visiones artística y científica. Por ejemplo, sus dibujos de flujos de agua²³ tienden a parecer trenzas de pelo, y el cabello ondulado de Ginebra de Benci (figura 7)²⁴ se asemeja al agua turbulenta. Con todo, como se comprueba en multitud de estudios diversos, Leonardo sí comprendió dos cosas importantes. Primero, llegó a la conclusión de que las observaciones y los experimentos repetidos y cuantitativos eran absolutamente cruciales para la detección incontrovertible de los patrones asociados a fenómenos naturales. En palabras suyas, «este experimento debe hacerse muchas veces para que no se produzca ningún accidente que dificulte o falsee la prueba, evitando así que, siendo falsa la experiencia, pudiera engañar al investigador». Esto quizá explique en parte el hecho de que las libretas de Leonardo contengan numerosas repeticiones aunque sus medidas cuantitativas son, en el mejor de los casos, aproximadas. Su segunda deducción notable fue que la mente humana podía tener acceso a las leyes rectoras de la naturaleza mediante el lenguaje de las matemáticas.²⁵ En consecuencia, buena parte del trabajo de Leonardo

correspondiente a las dos últimas décadas de su vida estuvo dedicado a la búsqueda de leyes geométricas generales aplicables a diversos fenómenos, que irían desde las corrientes fluviales a los claroscuros pasando por las complejidades de la anatomía humana.



Figura 7

Siguiendo los pasos de Platón y los neoplatónicos, la geometría acabó siendo el faro en la vía de conexión entre el observador humano y las explicaciones e interpretaciones del universo, aunque esta conexión era más una cuestión de fe que algo basado en fundamentos empíricos sólidos. Primero estaba la geometría,²⁶ relacionada con el proceso de la visión, después las leyes o reglas geométricas que el mundo natural debía obedecer, y finalmente el carácter del lenguaje matemático propiamente dicho, que para Leonardo era la geometría euclidiana básica que aprendemos en la escuela. Con respecto a la propagación de la luz,²⁷ por ejemplo, Leonardo dibujó un conjunto de triángulos («pirámides», según su terminología) y llegó a la conclusión

(incorrecta, en términos cuantitativos) de que la intensidad de la luz disminuye en proporción inversa a la distancia de la fuente, es decir, una fuente el doble de alejada brillaría la mitad. En realidad, el brillo disminuye conforme a la ley de la inversa del cuadrado: a una distancia doble, una fuente de luz parece cuatro veces más débil, a una distancia triple nueve veces más débil, y así sucesivamente. Leonardo aplicó leyes similares a lo que definía como los cuatro «poderes» de la naturaleza: «movimiento, fuerza, peso y percusión».²⁸

Para los sistemas ramificados,²⁹ como los árboles, Leonardo introdujo una ley original, según la cual la suma total de las áreas transversales ha de ser la misma en cada nivel. Por ejemplo, dedujo que la suma de las áreas de las secciones transversales de las ramitas más pequeñas de la periferia debía ser igual al área transversal del tronco del árbol. Aunque la idea subyacente a esta declaración era ingeniosa y correcta (Leonardo infirió que lo que entra ha de salir), pasó por alto el hecho de que la velocidad del flujo podía variar a lo largo del proceso, por lo que su ley no era rigurosa. Según nuestra perspectiva, no obstante, lo importante no es si las normas de Leonardo eran acertadas o si él tenía el nivel suficiente de matemáticas para siquiera intentar formular leyes precisas. El elemento clave es el hecho de que llegara a utilizar una representación geométrica de reglas. Además, sostenía que «no hay certeza sobre dónde no puede uno aplicar alguna de las ciencias matemáticas o alguna de las conectadas con las ciencias matemáticas». Esta excepcional percepción es comparable a la famosa máxima de Galileo: «No podemos entenderlo [el universo] si primero no aprendemos el lenguaje y conocemos los caracteres en los que está escrito. Está escrito en el lenguaje de las matemáticas, y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas». En todo caso, Galileo era matemático. Curiosamente, Leonardo, que andaba más bien flojo en matemáticas salvo quizá en lo relativo a ciertos aspectos de la geometría curvilínea³⁰ (y algunos fundamentos que aprendió de su amigo, el matemático Luca Pacioli), ya creía que solo se podía entender el universo con alguna certidumbre por medio de las ciencias exactas. En consecuencia, fue lo bastante atrevido para escribir lo siguiente: «Ningún hombre que no sea matemático debería leer los elementos de mi trabajo»³¹ (frase que recuerda a la legendaria inscripción que al parecer había sobre la puerta de la Academia de Platón: «No entre nadie que no sepa geometría»).

Una de las percepciones clave de Leonardo fue que, con independencia de cuáles fueran las leyes, en cierto sentido eran *universales*. Es decir, las mismas leyes se aplicaban a todos los «poderes», al margen de si estos poderes actuaban en el macrocosmos del mundo en su conjunto,³² en el microcosmos representado por el cuerpo humano o en el funcionamiento de las máquinas creadas por el hombre. Al respecto escribió: «La proporción no se observa solo en los números y las mediciones sino también en los sonidos, los pesos, los tiempos, los espacios y cualesquiera poderes que haya». Del mismo modo, en su adecuada anticipación a la tercera ley de Newton del movimiento (que cualquier reacción tiene una fuerza igual pero opuesta a la acción), Leonardo escribió lo siguiente: «Un objeto ofrece tanta resistencia al aire como el aire al objeto».³³ A lo que añadió de inmediato: «Y lo mismo pasa con el agua».

A la larga, como parte de su aspiración de descubrir leyes generales o rasgos distintivos de amplio alcance que aplicaría a situaciones concretas, Leonardo centró su atención en el cuerpo humano. En este escenario, James Playfair McMurrich, profesor de anatomía de la Universidad de Toronto, escribe: «Si [...] el impulso hacia el nuevo movimiento en anatomía procediera de los artistas, Leonardo bien podría ser reconocido como su creador y Vesalius [el anatomista Andreas Vesalius, nacido cinco años antes de morir Leonardo] como su gran protagonista».³⁴

Todo tu corazón yace ante mí³⁵

Tal vez el mejor ejemplo de la curiosidad de Leonardo en acción lo obtenemos de sus infatigables investigaciones sobre el funcionamiento del corazón humano.³⁶ Este misterioso latido constante en el pecho ha fascinado a los seres humanos desde la Antigüedad. No obstante, aunque en el siglo II a. C. ya aparecieron en China ciertas ideas parcialmente acertadas según las cuales el corazón era una bomba que hacía circular la sangre, durante mucho tiempo estos conceptos no llegaron a penetrar en la predominante teoría occidental, que hasta el siglo XVI había derivado de las enseñanzas de Galeno de Pérgamo, médico griego del siglo II d.C. Galeno llegó a la conclusión de que

el corazón³⁷ no era una bomba, sino que más bien actuaba como una chimenea revitalizadora del cuerpo que generaba calor interno. Curiosamente, aunque el propio Galeno era una persona muy curiosa que basaba sus observaciones anatómicas en disecciones reales de monos, cerdos y perros, la mayoría de sus seguidores aceptaron a ciegas sus resoluciones durante más de un milenio. Si las opiniones aristotélicas predominaban en las ciencias físicas y el modelo ptolemaico del sistema solar era indiscutible, en anatomía las teorías de Galeno se consideraban sagradas. Es como si en la Edad Media la curiosidad hubiera quedado anestesiada. Por otro lado, Leonardo se tomó en serio el consejo de Galeno: «Hemos de ser audaces y buscar la verdad; aunque no consigamos encontrarla, al menos estaremos más cerca que ahora».

Según Galeno, cuando el corazón se dilata, atrae aire de los pulmones. Este aire pasa al ventrículo izquierdo, donde al mezclarse con la sangre genera «espíritus vitales» debido al «calor innato». Cuando el corazón se contrae, la sangre y los espíritus vitales salen a través de las arterias y luego llegan a todos los tejidos y los «vivifican».

El interés de Leonardo por el corazón era tan profundo que, en sus cuadernos, le dedicó más espacio que a ningún otro órgano (la figura 8 muestra dos de sus dibujos del corazón, seguramente de un buey). Por desgracia, ni siquiera él pudo librarse totalmente de Galeno, con cuyas ideas se había familiarizado sobre todo gracias a las obras del erudito persa del siglo X Avicena (forma latina de Ibn Sina) y del médico italiano del siglo XIII Mondino de Luzzi.

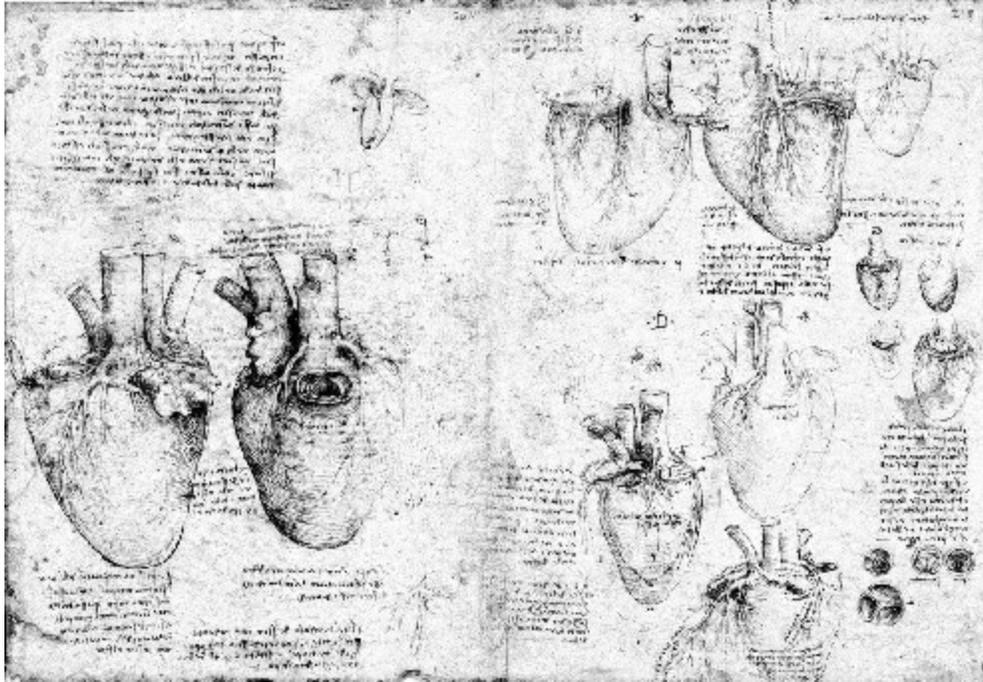


Figura 8

De algún modo es lamentable que Leonardo utilizara *El canon de medicina* de Avicena y *La anatomía del cuerpo humano* de Mondino de Luzzi como punto de partida para sus propias exploraciones, pues en algunos casos esta fidelidad siquiera parcial a los viejos textos lo confundió, o al menos lo llevó a cometer errores innecesarios. En todo caso, mediante sus propios experimentos e investigaciones, sí logró deshacerse de la mayoría de los abstrusos conceptos de Galeno, como el «calor innato» o los misteriosos «espíritus animales y naturales», que sustituyó por fenómenos físicos asociados al movimiento normal de los fluidos. Para Leonardo, «el corazón en sí mismo no es el comienzo de la vida, sino un recipiente hecho de músculo grueso que se mantiene vivo y se nutre mediante arterias y venas, como los otros músculos».

Partiendo de esta sencilla pero fundamental apreciación, pasó a descubrir partes del corazón ni siquiera mencionadas por Galeno, en particular las aurículas: Leonardo las identificó correctamente como cámaras contráctiles que mandan sangre a los ventrículos. A un nivel aún más básico, en lo relativo a los procesos físicos involucrados sugirió que el calor, que para él era un distintivo de vida, es generado por la fricción con las fluctuaciones de la

sangre. A continuación se valió de esta idea para explicar la relación entre la fiebre y unos latidos más rápidos: «Cuanto más rápido se mueve el corazón, más aumenta el calor, tal como nos indica el pulso del febril, movido por los latidos».

Conforme al espíritu del estudio, Leonardo se sirvió de una combinación de ingeniosos experimentos y escrupulosas observaciones para descifrar las funciones de diversas partes del corazón. En algunos de sus ensayos, representó creativamente la aorta mediante un modelo en vidrio³⁸ y el ventrículo por medio de una bolsa flexible. En la parte observacional, utilizó análogos del flujo sanguíneo siguiendo el movimiento de semillas en un fluido, del mismo modo que antes había investigado el flujo del agua en los ríos.

El principal obstáculo que en última instancia impidió a Leonardo descubrir y entender todo el concepto y el mecanismo³⁹ de la circulación sanguínea fue probablemente el hecho de que jamás había presenciado una disección del pecho de un ser humano vivo. Por tanto, había perdido la oportunidad de ver con sus propios ojos lo que seguramente habría considerado una máquina maravillosa —el corazón humano— mientras aún latía. El conocimiento exhaustivo del sistema circulatorio corrió a cargo del médico inglés William Harvey, más de un siglo después. Aun así, lo que Leonardo consiguió gracias a su tenaz examen fue ciertamente notable. Sin ayuda de nadie, eliminó de la descripción de los procesos vitales casi todos los elementos forzados de Galeno y situó la vida propiamente dicha de lleno en el ámbito de las leyes físicas generales. Su juicio claro y profético señaló el inicio del despertar científico que estaba a punto de producirse: «En este libro sobre el mecanismo del movimiento que la naturaleza ha creado en los animales explico por qué la naturaleza no da capacidad de movimiento a animales sin instrumentos mecánicos. Y por este motivo he redactado las reglas de los cuatro poderes de la naturaleza».

En pocas palabras, Leonardo sustituyó la mística bilis negra, las facultades y los espíritus que impregnaban los escritos de Galeno, Avicena, De Luzzi y otros por sus poderes físicos de movimiento, peso, fuerza y percusión, los componentes esenciales de la mecánica. Además, utilizó estos conceptos mecánicos para desmitificar toda una serie de procesos fisiológicos. Por

ejemplo, describió con acierto el pulso así: «La expansión se produce cuando [los vasos] reciben la cantidad excesiva de sangre, y la contracción se debe a la salida del exceso de sangre que han recibido».

No hay duda de que, pese a que muchos de sus métodos eran acientíficos con arreglo a los criterios actuales, en su esfuerzo por explicar fenómenos mediante sus efectos físicos,⁴⁰ no sobrenaturales, Leonardo personificó el florecimiento del pensamiento moderno sobre el verdadero carácter de la investigación científica. Su exploración era empírica, basada en la observación, que a la larga hicieron suya científicos destacados y curiosos como Galileo, Newton, Michael Faraday o Darwin, y filósofos empiristas como John Locke, según el cual el conocimiento se logra mediante la percepción de los sentidos y la contemplación racional, no porque un poder divino lo haya implantado en la cabeza de nadie.

He visto a un niño curioso⁴¹

Así pues, ¿qué distinguía a Leonardo de sus predecesores anatomistas, expertos en hidráulica, botánicos y tecnólogos? ¿Y por qué, si tenía formación artística, llegó a realizar descubrimientos científicos y tecnológicos que, aunque de vez en cuando resultaban fallidos, a veces iban muy por delante incluso de aquellos de los profesionales coetáneos? Al fin y al cabo, las oportunidades que había tenido para implicarse en, pongamos, estudios anatómicos estaban a disposición de cualquier otro científico o artista de la época. En realidad, la respuesta a estas preguntas es tan simple que suena casi banal: Leonardo tenía una curiosidad insaciable que procuraba satisfacer directamente por medio de sus propias observaciones en vez de basarse en declaraciones de figuras de autoridad. Lo que diferenciaba de forma significativa a Leonardo de sus contemporáneos no era el resultado de una investigación concreta ni el método usado en una indagación específica, sino el hecho de que, para él, casi todos los fenómenos naturales eran interesantes y dignos de estudio.

¿Y si sus observaciones no coincidían con las creencias predominantes? Entonces Leonardo daba una respuesta ambigua: en este caso, lo que había que revisar o rechazar de plano era la teoría. En sus propias palabras, «los hombres culpan erróneamente a la experiencia inocente, acusándola de engaños o resultados falsos [...] La experiencia no es culpable, es solo nuestro juicio el que se equivoca al prometer, partiendo de la experiencia, ¡cosas sobre las que no tiene poder!».⁴²

Veamos como ejemplo el ámbito de la anatomía. Mientras a muchos anatomistas medievales la disección les servía solo como demostración de las enseñanzas de Avicena, Leonardo diseccionaba para explorar y demostrarse cosas a sí mismo. Del mismo modo, en mecánica, aunque los primeros escritos de Leonardo sí tenían en cuenta algunas ideas contemporáneas sobre las máquinas del movimiento perpetuo, hacia 1494, tras unos resultados derivados de sus propios experimentos, se había convencido a sí mismo de que al menos algunos diseños no funcionarían: «¡Oh! Especuladores del movimiento perpetuo, ¡cuántas vanas quimeras habéis creado en esta búsqueda! ¡Id y ocupad vuestro sitio junto a los buscadores de oro!».⁴³

Como ya he señalado, hay algunas características de la personalidad de Leonardo que merecen atención especial. Primero, había una visible contradicción entre su existencia casi solitaria y su obsesiva documentación sobre cualquier idea, seguramente en parte para que otros al final lo leyeran. Una de las conjeturas sobre su escritura especular es que intentaba ponérselo difícil a quienes quisieran leer sus notas; pero, como pronto veremos, quizá no fuera este el caso.

En segundo lugar, estaba la discrepancia entre el frío y aparentemente impasible analista del mundo natural, y el tierno y casi romántico pintor de sentimientos humanos deliciosamente matizados. En el conjunto de su obra, solo una vez reveló de veras un aspecto de su lado emocional en forma escrita (pues normalmente esto lo hacía al pintar). En su descripción de un viaje que hizo a las montañas, anotó:

Tras haber caminado cierto trecho entre las rocas suspendidas, llegué al orificio de una gran caverna, y allí me detuve un momento, con estupor, pues no había sospechado su existencia. Con la espalda curvada y la mano izquierda en la rodilla, mientras con la otra sombreaba mis ojos bajos y fruncidos, me incliné continuamente, hacia uno y otro

lado, para ver si podía discernir algo en el interior, a pesar de la intensidad de las tinieblas que allí reinaban. Después de haber permanecido así un tiempo, dos emociones se despertaron de súbito en mí: temor y deseo; temor de la sombría caverna amenazante, y deseo de ver si ella ocultaba alguna maravilla.⁴⁴

Como veremos en el capítulo 4, Leonardo captó aquí sin darse cuenta una de las características sugeridas de la curiosidad: una ambivalente combinación de entusiasmo y aprensión. Hasta cierto punto, la incertidumbre sobre un tema aumenta la curiosidad. Después, sin embargo, esta incertidumbre acaba siendo tan abrumadora que produce malestar, incluso miedo.

La pasión de Leonardo por descubrir cosas nuevas en las partes todavía inexploradas del mundo también nos recuerda a otro individuo genial pero por lo demás socialmente poco hábil, Isaac Newton. Poco antes de morir, Newton dijo: «No sé qué le parezco al mundo; pero a mí me parece que soy solo un niño que juega en la playa y que se distrae de vez en cuando si encuentra un guijarro más liso o una concha más bonita que de costumbre, mientras el gran mar de la verdad permanece ante mí sin descubrir». Einstein, famoso también por su naturaleza curiosa, hablaba de «este enorme mundo, que existe independientemente de los seres humanos y que está frente a nosotros como un gran y eterno enigma, accesible al menos en parte a nuestra observación y nuestro pensamiento».⁴⁵

En tercer lugar está la cuestión de que Leonardo era muy aficionado a asumir proyectos nuevos, relacionados con la investigación o la ejecución, que casi nunca terminaba. ¿Cómo cabe explicar estos rasgos contradictorios de la personalidad de Leonardo? ¿Tienen algo que ver con esa curiosidad voraz?

Llama la atención que es esta extraordinaria capacidad para ir de un extremo a otro, a fin de expresar ambos límites del continuo de un rasgo, lo que Csíkszentmihályi identifica como la principal cualidad que distingue las personalidades creativas de las otras. A esta peculiaridad la denomina «complejidad».⁴⁶ En sus propias palabras, «en vez de ser un “individuo” cada una de ellas [las personas creativas] es una “multitud”». Como ilustración de lo quiere decir con «complejidad», Csíkszentmihályi enumera parejas de características en apariencia opuestas que, paradójicamente, los individuos creativos parecen exhibir. Entre ellas se incluyen, por ejemplo, una gran

actividad física sumada a frecuentes períodos de calma y reposo; responsabilidad e irresponsabilidad; capacidad para alternar entre imaginación y fantasía por un lado, y un arraigado sentido de la realidad por el otro; tendencias enfrentadas en el eje introversión-extroversión; e incluso «androginia psicológica», una serie de gestos normalmente clasificados como «femeninos» combinados con otros considerados «masculinos».

Un análisis de esta lista pone de manifiesto que encaja a la perfección con Leonardo. En lo relativo a la última singularidad, muchos investigadores, entre ellos Sigmund Freud, creían que era homosexual, aunque quizá de forma velada.⁴⁷ Por lo visto, también había experimentado una transición extrema, desde un ardor sexual fuerte de niño a una asexualidad fría de adulto. El grado en que concuerda con la descripción de una personalidad compleja apenas sorprende, pues era a todas luces una persona sumamente creativa. ¿Significa esto que ser curioso y creativo es lo mismo? Aunque se suelen confundir ambas características, no son idénticas. Una persona creativa es alguien cuyas ideas o actividades transforman de manera significativa un ámbito cultural o crean otro nuevo. Ser curioso sin más no es una condición suficiente para la creatividad; sin embargo, la curiosidad sí parece ser una condición *necesaria*. De hecho, Csíkszentmihályi observó que prácticamente todos los individuos creativos que había entrevistado o examinado exhibían una curiosidad muy marcada, superior a la media.

Una divertida anécdota protagonizada por Darwin ejemplifica el poder de la curiosidad en las personas creativas. Tras llegar a Cambridge en 1829, Darwin pronto se convirtió en un ávido coleccionista de escarabajos. En una ocasión, después de haber arrancado la corteza de un árbol muerto, vio dos escarabajos de tierra y cogió uno en cada mano. En ese preciso instante, reparó en un raro escarabajo del crucifijo. Como no quería renunciar a ninguno, se colocó uno en la boca para coger con la mano libre la especie más rara. La aventura no acabó bien. El escarabajo de la boca liberó una sustancia química irritante, y Darwin se vio obligado a escupirlo, con lo que al parecer perdió los tres bichos en el proceso. Pese al decepcionante resultado, la historia demuestra, en efecto, el irresistible atractivo de la curiosidad.

La personalidad de Leonardo presenta otro interesante aspecto. Veamos la siguiente lista de «síntomas» que una persona puede exhibir:⁴⁸

- Distraerse con facilidad, olvidar cosas y pasar a menudo de una actividad a otra
- Tener dificultades para centrarse en una cosa
- Aburrirse con una tarea tras solo unos minutos, a menos que suponga algo divertido
- Tener dificultades para centrar la atención en organizar y completar una tarea o aprender algo nuevo
- Tener problemas para terminar un encargo o entregarlo a tiempo
- Andar de un lado a otro, tocando o «jugueteando» con todo lo que está a la vista
- Estar continuamente en movimiento

Cabría sostener que, en cierta medida, Leonardo mostraba la mayoría de estas señales, si no todas. En cualquier caso, se trata de una lista parcial de los síntomas utilizados para diagnosticar a individuos afectados por el trastorno por déficit de atención e hiperactividad. ¿Es posible que los cambiantes intereses y dificultades de Leonardo para acabar proyectos fueran un indicio de que padecía TDAH? ¿O se trata solo de otro caso de cibercondria, diagnóstico basado en síntomas aparentes provocados por una búsqueda en internet? Partiendo de nuestra perspectiva, lo más importante es si existe alguna conexión conocida o siquiera sospechada entre el TDAH y la curiosidad extrema.

Seguramente no somos capaces de hacer un diagnóstico de una persona que lleva muerta casi cinco siglos, y no pretendo ser psicobiógrafo. Aun así, estaba yo tan intrigado por esta cuestión que consulté con algunos expertos. En concreto me preguntaba si una persona con TDAH podía concentrarse en un tema específico durante períodos de tiempo relativamente prolongados, como obviamente había hecho Leonardo. «Desde luego», me dijo Jonna Kuntsi, investigadora del TDAH⁴⁹ en el King's College de Londres. «Los adultos con TDAH pueden centrar la atención cuando están de veras interesados en algo. De hecho, se ha observado que incluso los niños con TDAH se concentran muy bien cuando participan en juegos de ordenador que les atraen.» Kuntsi señalaba que algunas personas con TDAH eran capaces de darle al trastorno

un buen uso. Un ejemplo es el gimnasta Louis Smith, medallista olímpico británico que convirtió el TDAH y un riguroso régimen de entrenamiento en una combinación ganadora.

Michael Milham,⁵⁰ neurocientífico del Instituto Child Mind de Nueva York, coincidía con Kuntsi. «El TDAH puede conducir a alguien con una inteligencia elevada a pensar “con originalidad”», decía.

¿Existe alguna correlación conocida entre la curiosidad y el TDAH? Kuntsi me remitió a una serie de estudios que han revelado cierta relación entre la hiperactividad-impulsividad y las características temperamentales de la búsqueda de novedad,⁵¹ una de las manifestaciones clave de la curiosidad diversiva. En otras palabras, cabe considerar la distracción como una sobreexpresión aguda de la curiosidad. ¿Cuál podría ser la base teórica-fisiológica de una conexión así? Tanto Kuntsi como Milham explican que, como señalan numerosas investigaciones, el TDAH está muy probablemente relacionado con el nivel del neurotransmisor dopamina,⁵² sustancia química que transmite señales entre las células nerviosas y desempeña un papel importante en el sistema de recompensas del cerebro. Por tanto, si existe realmente este vínculo, sugeriría una relación entre curiosidad y recompensa. ¿Hay estudios que respalden esta conexión? Sin duda, como veremos en los capítulos 5 y 6 cuando analicemos con detalle los procesos cerebrales relacionados tanto con el despertar de la curiosidad como con su satisfacción.

Volviendo a Leonardo y sus intereses, parece que se ceñía a un tema durante todo el tiempo que aquel alimentara su interés, pero no más. En cuanto había saciado su curiosidad acerca de cierto proyecto, consideraba carente de sentido continuar trabajando en él. ¿Padecía TDAH? Seguramente no lo sabremos nunca, pero ni Kuntsi ni Milham se lo toman a broma. Como escribió Bradley Collins en su libro *Leonardo, Psychoanalysis, and Art History*,⁵³ «las afirmaciones psicobiográficas han de soportar la doble carga de ser no solo ciertas sino también pertinentes». A mi entender, la cuestión de si Leonardo sufría alguna forma de trastorno por déficit de atención es pertinente, pero no me atrevería a asegurar con toda certeza que lo padecía. Cabría decir que, en el espectro que va desde la inhibición conductual a la impulsividad, el TDAH se puede entender como una manifestación extrema de la búsqueda de novedad, rasgo que desde luego caracterizaba a Leonardo.

En su autobiografía, el matemático polaco-americano Mark Kac distingue entre dos tipos de genios:⁵⁴

En ciencia, como en otros ámbitos del esfuerzo humano, existen dos clases de genios: los «corrientes» y los «magos». Un genio es alguien a quien tú y yo podríamos parecernos siempre y cuando fuéramos muchísimo mejores. En el modo de funcionamiento de su mente no hay misterio. Una vez entendemos lo que ha hecho, estamos seguros de que también nosotros habríamos podido hacerlo. Con los magos es distinto. Para usar la jerga matemática, están en el complemento ortogonal de donde estamos nosotros, y el funcionamiento de su cabeza es, a todos los efectos, incomprensible. Incluso después de comprender lo que han hecho, el proceso en virtud del cual lo han hecho es totalmente enigmático. Pocas veces, si acaso alguna, tienen alumnos, pues no pueden ser emulados, y para una mente joven y brillante ha de ser de lo más frustrante lidiar con los misteriosos caminos que recorre la mente del mago.

Podemos pensar que Kac tenía a Leonardo presente cuando escribió este interesante fragmento, pero estaba describiendo a Richard Feynman, que a su juicio era «un mago del más alto calibre».

Y más curioso

Cuando Richard Feynman estaba en la escuela de posgrado de Princeton estudiando física, le llamó la atención un artículo sobre psicología. El autor sugería que el «sentido del tiempo» de nuestro cerebro estaba, de algún modo, determinado por una reacción química en la que participaba el hierro. Feynman llegó enseguida a la conclusión de que aquello era una «solemne chorrada»,¹ la cadena de razonamiento era demasiado confusa y contenía demasiados pasos, cada uno de los cuales habría podido ser erróneo. No obstante, acabó tan intrigado por la cuestión propiamente dicha, dónde radica en efecto el control de la percepción temporal, que inició su propia serie de investigaciones pese a que el problema no tenía nada que ver con lo que estaba estudiando en ese momento.

Comenzó demostrándose a sí mismo que era capaz de contar mentalmente a un ritmo normal y más o menos constante. A continuación se preguntó qué afectaba a ese ritmo. Al principio pensó que este acaso tuviera algo que ver con la cadencia de los latidos del corazón, pero tras repetir el experimento mientras subía y bajaba corriendo las escaleras (lo que aumentaba el ritmo cardíaco), acabó convencido de que esa cadencia no influía absolutamente en nada. Después intentó contar mientras confeccionaba una lista de quehaceres y mientras leía el periódico, y vio que ninguna de estas actividades parecía afectar al ritmo. Al final comprendió que sí había algo que sin duda no podía hacer mientras contaba: hablar. La explicación de este impedimento era que, en esencia, en el acto de contar hablaba para sí mismo. Al mismo tiempo, descubrió que uno de sus colegas, con el que había hablado del problema, contaba para sí mismo valiéndose de un método distinto: visualizando en su

cabeza una cinta móvil con números escritos. Este colega no era capaz de leer mientras contaba pero sí de hablar con facilidad. Partiendo de estos experimentos aparentemente triviales, Feynman concluyó que siquiera la simple acción de contar para uno mismo quizá conllevaba procesos diferentes en el cerebro de cada persona: en un caso, contar significaba sobre todo «hablar»; en el otro, «mirar».

Por cierto, por si tienes curiosidad, actualmente se sabe que no existe ningún área cerebral individual dedicada a registrar el paso del tiempo o al reloj interno del cuerpo. Lo que ocurre más bien es que el sistema rector de la percepción del tiempo (y el conocido *jet lag*) está muy repartido por el cerebro: implica a la corteza cerebral, el cerebelo y los ganglios basales. Los genes del hígado, el páncreas y otros sitios mantienen las diversas partes del cuerpo sincronizadas. Por ejemplo, las personas que sufren la enfermedad de Parkinson² tienden a calcular erróneamente el transcurso del tiempo en tareas de estimación temporal. Este tema sigue siendo una activa área de investigación.

El patrón de querer explorar cada fenómeno que le atraía se mantuvo durante toda su vida. Junto a sus monumentales contribuciones a la teoría cuántica del electromagnetismo y la luz, a la teoría de la superfluidez — explicando las peculiares características del helio líquido sin fricción— y al conocimiento de la fuerza nuclear débil, responsable de algunas desintegraciones radiactivas, buscó incansablemente soluciones a enigmas cotidianos aparentemente banales. Por lo visto, su mente curiosa no fijaba prioridades en los problemas que decidía abordar. Un día batallaba por encontrar una teoría cuántica de la gravedad —problema de lo más exigente con el que los mejores físicos siguen forcejeando— y otro jugaba con tiras de papel plegable con las que confeccionaba formas de estilo origami denominadas «flexágonos».³ Al igual que Leonardo, estaba intrigado por la formación de las olas en la superficie del mar debido al viento, así como por la fricción en superficies pulidas. Trabajó en conceptos punteros como la información y la entropía (medida del desorden o la aleatoriedad) en informática⁴ y en las más prosaicas propiedades elásticas de ciertos cristales. Ningún problema era demasiado pequeño o demasiado aburrido siempre y cuando se pudiera abordar de una manera original. Esta es en parte la razón

por la que Feynman ha sido denominado el «Sherlock Holmes de la física»: era capaz de resolver los misterios cósmicos más complicados, grandes o pequeños, mediante pistas que solo él alcanzaba a ver.

Feynman no estaba cautivado solo por la ciencia. Tras una serie de discusiones sobre las diferencias entre el arte y la ciencia con su amigo artista Jirayr *Jerry Zorthian*, decidió que en domingos alternos daría a Zorthian clases de física, y este le enseñaría a él a dibujar. Al explicar cómo se llegó a ese acuerdo, el artista escribió que Feynman se le acercó una mañana a primera hora y dijo: «Jerry, tengo una idea. Tú no tienes ni puñetera idea de física, y yo no tengo ni puñetera idea de arte, pero ambos admiramos a Leonardo da Vinci. Un domingo puedo darte una clase de física, y al domingo siguiente me das tú una a mí de arte, y así los dos llegamos a ser Leonardo. ¿Qué te parece?». ⁵

Más adelante, Feynman aclaró la principal motivación que le impulsaba a aprender a dibujar: «Quería transmitir una emoción que tengo sobre la belleza del mundo [...] Es una sensación de sobrecogimiento —sobrecogimiento científico— que creía poder comunicar, mediante el dibujo, a alguien que también hubiera sentido esa emoción». ⁶

Llegando a ello desde la dirección contraria, desde una sensibilidad artística, esta era básicamente la misma emoción que había expresado Leonardo cuando escribió lo siguiente: «La pintura obliga a la mente del pintor a transformarse en la auténtica mente de la naturaleza para llegar a ser un intérprete entre la naturaleza y el arte». ⁷

¿El arte soy yo, la ciencia es nosotros? ⁸

Tras muchos domingos en los que Feynman estuvo intentando enseñar física a Zorthian mientras aprendía de este a dibujar, quedó claro que, aunque Feynman al menos hacía algunos progresos, Zorthian no avanzaba. Llegados a ese punto, Feynman escribió: «Abandoné la idea de conseguir que un artista valorase la sensación que tenía sobre la naturaleza para que él pudiera representarla. Ahora, si quería ser capaz de hacerlo yo, debería redoblar mis esfuerzos para aprender a dibujar». ⁹ Así pues, el primer dibujo de Feynman que fue vendido

en una pequeña exposición en Caltech llevaba un título bastante científico: *El campo magnético del sol*. Explicaba así cómo lo había realizado: «Entendí cómo el campo magnético del Sol sustentaba las llamas [de una prominencia solar], y para entonces había desarrollado cierta técnica para dibujar líneas de campo magnético (algo parecido al pelo suelto de una chica)». Fascinante, ¿verdad? Leonardo dibujó flujos de aguas turbulentas que semejaban trenzas de pelo, ¡y Feynman dibujó el campo magnético del Sol como si fuera cabello ondeante!

Feynman también compartía con Leonardo la convicción de que conocer la explicación científica y el contexto de los fenómenos naturales no resta absolutamente nada a su impacto emocional. Si acaso, sostenía, incrementa ese impacto. Y seguía volviendo sobre el tema: «Los poetas dicen que la ciencia quita belleza a las estrellas¹⁰ [...] meros globos de átomos gaseosos». Estaba haciendo referencia a comentarios desdeñosos como los de John Keats, el poeta romántico inglés del siglo XIX, que escribió indignado:

La filosofía corta las alas de los ángeles,
Con la regla y la línea conquista los misterios,
Disipa nuestra magia, ahuyenta nuestros trastos,
Desteje el arco iris...¹¹

Ingenuamente, en esencia Keats acusaba a la ciencia de matar la curiosidad. Un coetáneo suyo, el poeta místico William Blake, se mostraba de acuerdo: «El arte es el árbol de la vida», escribió, «la ciencia es el árbol de la muerte».¹² Blake expresaba opiniones similares desde el punto de vista visual. En una acuarela con plumilla titulada *Newton* (figura 9), representó al famoso físico sosteniendo un compás. Para Blake, ese compás (que también utilizó en la imagen de Dios del grabado *El anciano de los días*) simbolizaba un instrumento que limitaba la imaginación. En la estampa, el propio Newton parece estar tan absorto en sus diagramas científicos que es incapaz de ver la roca de belleza rebuscada que tiene a su espalda, de la que Blake seguramente se sirvió para encarnar el mundo artístico, creativo.

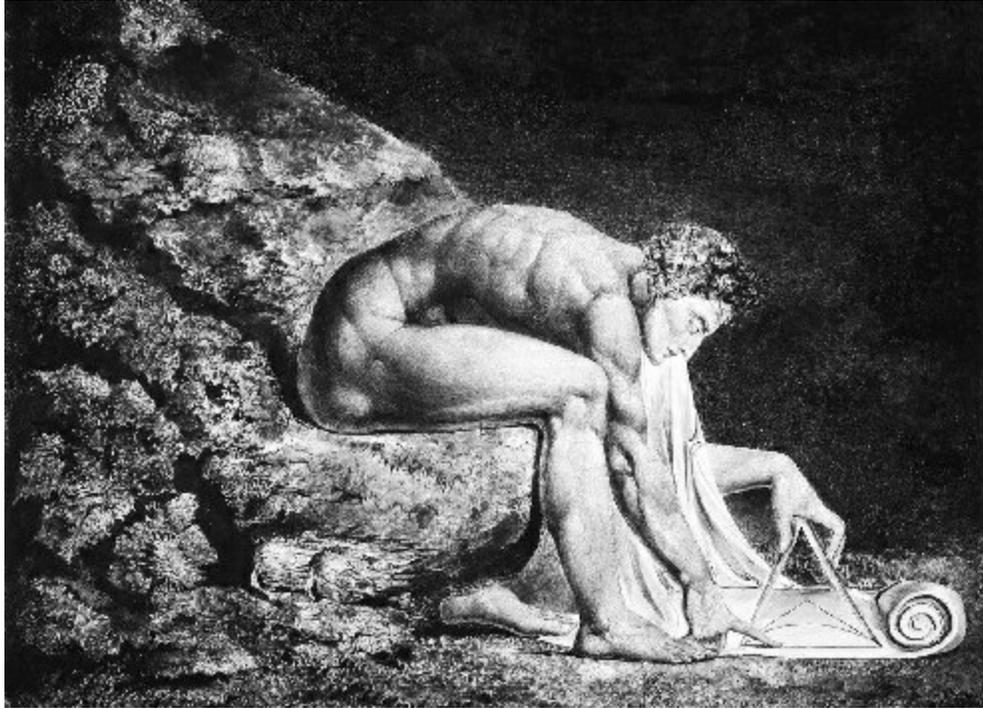


Figura 9

Feynman no podía estar más en desacuerdo: «Yo también puedo ver las estrellas en la noche del desierto, y sentirlas», escribió, «pero ¿veo menos o más? La inmensidad de los cielos agranda mi imaginación [...] Atrapado en este carrusel [la Tierra dando vueltas], mi pequeño ojo es capaz de captar luz de hace un millón de años [luz que nos llega desde una distancia de un millón de años luz]. Un grandioso patrón —del que formo parte— [...] quizá mi sustancia fue eructada por alguna estrella olvidada [...] ¿Cuál es patrón, o el significado, o el *por qué*? Saber un poco sobre ello no hace daño al misterio. ¡Pues la verdad es mucho más maravillosa de lo que imaginara cualquier artista del pasado!». ¹³

Según Feynman, saber algo de la ciencia que subyace a los acontecimientos, fenómenos y objetos cósmicos nos permite apreciar aún más la belleza de la naturaleza, y entonces nuestra curiosidad sobre el funcionamiento de este magnífico universo aumenta mucho, no disminuye: «El conocimiento científico solo incrementa el entusiasmo, el misterio y el sobrecogimiento ante una flor». Como veremos en el capítulo 4, las investigaciones neurocientíficas y psicológicas modernas respaldan la idea de

que, cuando sabemos algo sobre un tema concreto y notamos que en nuestro conocimiento todavía hay lagunas, nos volvemos más curiosos que cuando somos ignorantes al respecto.

No deberíamos quedarnos con la impresión de que Feynman dibujaba solo temas relacionados con la física, como los campos magnéticos. Siguiendo la tradición de la mayoría de los estudiantes de arte, también buscaba mujeres modelo que accedieran a posar para él. Así describía una de estas experiencias en su extravagante libro *¿Está Ud. de broma, Sr. Feynman?*: «La siguiente chica que conocí que quería que posara para mí era una estudiante de Caltech. Le pregunté si posaría desnuda. “Desde luego”, dijo ella, ¡y allá que fuimos!». ¹⁴ Tal como ha dicho Zorthian, «el dibujo le interesaba de veras, pero como compensación adicional estaban las chicas, por supuesto». ¹⁵

Sé quién era esa alumna. Ahora es una conocida astrofísica y buena amiga, Virginia Trimble, actualmente en la Universidad de California, Irvine. «Feynman me pagaba 5,50 dólares por hora por posar y además se ofreció a enseñarme toda la física que yo pudiera engullir», ¹⁶ me contó Trimble. Fueron unas dos docenas de sesiones. Una estaba prevista para el día en que se informó a Feynman de que le habían concedido el premio Nobel de Física. «Vino a decirme que teníamos que cancelar nuestra cita», recordaba Trimble, riendo. En la figura 10 aparece Trimble en su casa, en una fecha muy posterior; en la pared de detrás cuelga uno de los dibujos que le hizo Feynman.

Pregunté a Trimble si durante las sesiones de posado, las lecciones de física o las conversaciones con Feynman diría ella que él mostraba curiosidad por temas relativamente desvinculados de la física fundamental, por la que era más conocido. «Desde luego», contestó. «En un momento dado reveló una gran curiosidad por las causas de la luminosidad de una vela. No le importaban los intentos anteriores dirigidos a entender ese problema [...] tenía que averiguarlo todo por sí mismo. Además» añadió, «no le gustaba el silencio.»

La hermana de Feynman, la astrofísica Joan Feynman, me proporcionó una percepción adicional: «Para él era más fácil pensar en un problema por su cuenta que leer todo lo que antes hubieran escrito otros al respecto, pues esto segundo requería también leer cosas erróneas».



Figura 10

La persona que acaso fuera la modelo preferida de Feynman, Kathleen McAlpine-Myers, expresa opiniones parecidas: «No sé si sabré explicarlo bien, pero él siempre tenía una enorme curiosidad en todas las situaciones. Daba igual de qué se tratara: para él, cualquier circunstancia era de lo más interesante, y simplemente tenía que saber lo que iba a pasar».¹⁷ Esta actitud de querer explorarlo todo por sí mismo recuerda a la expresión de Leonardo: «Aunque no sepa, como ellos, citar a los autores, mucha mayor y más digna cosa citaré: la experiencia». De hecho, si no fuera por las complejas matemáticas, una hoja de Feynman de 1985 con bosquejos (figura 11) parece arrancada de uno de los cuadernos de Leonardo da Vinci.



Figura 11

Pese a los casi cinco siglos de avances científicos que separan a Leonardo de Feynman, los temas que les interesaban a veces se solapaban a las mil maravillas. Por ejemplo, a ambos les intrigaba la física de la luz de una vela. En el manuscrito conocido como *Códice Atlántico* (de alrededor de 1508-1510), Leonardo dedicó un pasaje bastante largo al «movimiento de la llama». El documento resume los detallados experimentos de Leonardo con velas encendidas y sus observaciones de llamas trémulas (figura 12). Lo más importante del fragmento es que pone claramente de manifiesto el modo en que Leonardo fue capaz de transformar sus agudas conclusiones sobre un fenómeno en percepciones relativas a principios universales que, según él, regían todos los procesos naturales. En palabras de Paolo Galluzzi,¹⁸ experto en Leonardo, este «registró la extraordinaria cadena de pensamientos suscitados por la vela encendida en la mesa», y sus audaces analogías le permitieron establecer su visión unificada del cuerpo humano y el mundo físico.

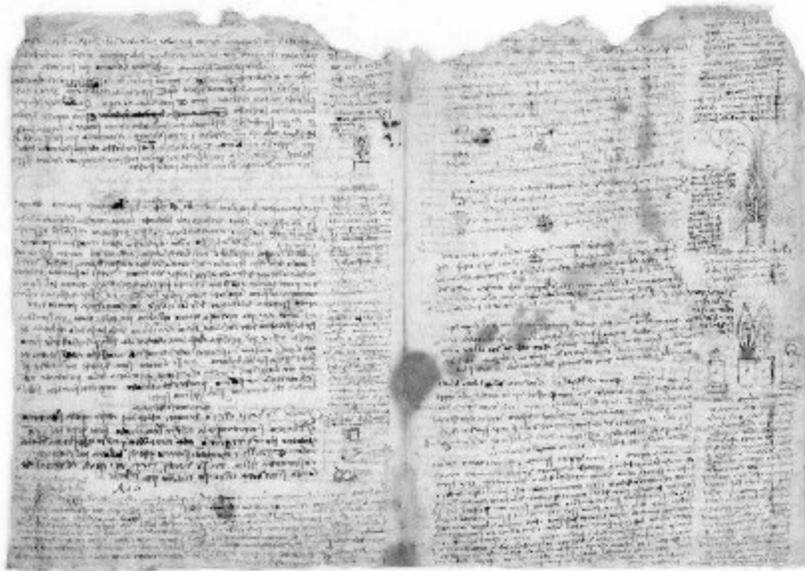


Figura 12

Una «imagen divertida» vale más que mil palabras

El legado más perdurable de Feynman en el mundo de la física son unos diagramas en forma de tiras cómicas, que inventó para representar de una manera gráfica las interacciones entre la luz y las partículas subatómicas. Estas «imágenes graciosas»,¹⁹ como las llamó una vez su autor, se conocen actualmente como «diagramas de Feynman». En la figura 13 se muestran dos de estos diagramas. Veamos primero qué significa realmente un bosquejo así, al menos en términos sencillos. El de la izquierda representa dos electrones acercándose uno a otro e interaccionando mediante el intercambio de un fotón «virtual» (no observado): el portador de la fuerza electromagnética. Es decir, se supone que este diagrama transmite el hecho de que dos electrones, ambos con carga negativa, se repelen mutuamente cuando interactúan en el espacio y el tiempo. En el de la derecha, un neutrón y una partícula muy ligera (y de acción muy débil) denominada «neutrino» interaccionan intercambiando una partícula virtual W^- —uno de los portadores de la fuerza nuclear débil— para producir un protón y un electrón.

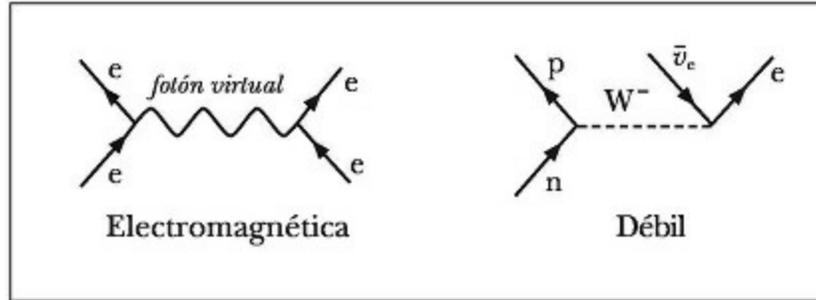


Figura 13

No está de más insistir en la importancia de la representación visual de estos procesos físicos fundamentales. Igual que Leonardo utilizó su excepcional capacidad para representar la realidad captada por los ojos (revelándonos al mismo tiempo algo sobre el funcionamiento de la mente), Feynman se sirvió de su incomparable intuición física para elaborar un sistema gráfico nuevo que representara el mundo subatómico invisible. El factor clave es que los diagramas no son solo viñetas simbólicas, sino que brindan una propuesta precisa sobre cómo plantear y *calcular* las probabilidades de todos los procesos «virtuales» capaces de contribuir a la interacción concreta que se está estudiando, y cómo generar predicciones teóricas susceptibles de ser comparadas directamente con resultados experimentales. Por ejemplo, a la larga este nuevo método de pensamiento dio lugar a un pronóstico de la fuerza del minúsculo imán asociado al electrón. Este constructo teórico coincide con medidas experimentales de la misma cantidad con un margen de error de algunas partes por billón.²⁰

Estos diagramas procuraron a los físicos unos instrumentos nuevos y eficaces. Desde la óptica de Feynman, los diagramas también aportaron algo que faltaba en los cálculos teóricos: una guía clara sobre cómo proceder en cada etapa, característica que solo la visualización puede generar. De hecho, Feynman creía que incluso Einstein había perdido su toque mágico en cuanto recurrió a los cálculos en exclusiva. En una ocasión, dijo al físico Freeman Dyson²¹ (y este estuvo de acuerdo) que la gran obra de Einstein había surgido de la intuición física, y que cuando Einstein dejó de crear fue porque había dejado de pensar en imágenes físicas concretas y se había convertido en un manipulador de ecuaciones.

Richard como factótum

Aunque la mayoría de sus obras más influyentes pertenecen al campo de la física, Feynman reflexionó a menudo sobre la relación de la física con otras ramas de la ciencia.²² Por ejemplo, señaló que la química teórica es, de hecho, la aplicación de las leyes de la mecánica cuántica, y por tanto parte de la física, si bien hacer predicciones precisas en química resulta a veces difícil debido a la complejidad de los sistemas implicados. Al dirigir la atención a la biología, Feynman, que estaba en el departamento de Física de Caltech, estudió a fondo esa materia durante cerca de un año con ayuda de algunos profesores del Instituto. Y aprendió suficiente biología para hacer una contribución original al estudio de las mutaciones en los genes. Le gustaba puntualizar que, en el fondo, todos los procesos vitales, desde la circulación de la sangre y la transmisión de información a través de los nervios hasta el funcionamiento de la vista y el oído, están regidos por los postulados de la física. En esencia, estas eran precisamente las opiniones de Leonardo, aunque él no tenía ni idea de cuáles pudieran ser estos postulados. En una de sus célebres *Lecciones de física*, Feynman intentó explicar con cierto detalle los principios fundamentales del funcionamiento de las enzimas, las proteínas y el ADN.²³ Pese a admitir la complejidad intrínseca de los procesos y los componentes biológicos, se sintió empujado a subrayar que existe una base sólida para intentar entender la vida desde una perspectiva física. En palabras suyas, «todas las cosas están hechas de átomos», y por lo tanto «todo lo que hacen los seres vivos se puede entender en función de los meneos y contoneos de los átomos». Por imprecisa que pueda sonar esta afirmación, para casi todos los científicos supone una verdad subyacente incuestionable.

A Feynman le fascinaba el hecho de que los astrofísicos hubieran descubierto la fuente de energía que alimenta el Sol y las estrellas: las reacciones de fusión nuclear que combinan átomos ligeros para formar otros más pesados, en los calentísimos hornos de los núcleos estelares. En la actualidad, la astronomía y la física van tan estrechamente de la mano que el premio Nobel de Física a veces se da por descubrimientos en astronomía.

Los astrofísicos también proporcionaron a Feynman otra oportunidad para manifestar su opinión de que conocer la ciencia subyacente a los fenómenos naturales aumenta su importancia. Primero, lamentaba el hecho de que al parecer los poetas no admiraban el deslumbrante conocimiento que se había estado acumulando sobre los planetas y las estrellas: «¿Qué clase de hombres son los poetas que pueden hablar de Júpiter como si fuera un hombre pero deben guardar silencio si es una inmensa esfera de metano y amoníaco en rotación?». Segundo, llegó al extremo de expresar sus quejas sobre la obra poética en las páginas de *Los Angeles Times*. En respuesta a su carta, la esposa de Robert Weiner escribió a Feynman que, contrariamente a sus acusaciones, «los poetas modernos escriben prácticamente sobre cualquier cosa, incluidos los espacios interestelares, el desplazamiento hacia el rojo o los cuásares».²⁴ Adjuntaba asimismo una copia del poema de W. H. Auden «Guía de física moderna para niños». Feynman no quedó convencido. En su réplica del 24 de octubre de 1967, señaló que el poema solo confirmaba su creencia en que los poetas modernos «no muestran ninguna valoración emocional de estos aspectos de la naturaleza que han salido a la luz en los últimos cuatrocientos años».

En este contexto, Feynman disfrutaba contando una historia (quizá apócrifa) que actualmente se cree relacionada unas veces con el astrofísico Arthur Eddington y otras con el físico Fritz Houtermans, ambos científicos pioneros gracias a los cuales sabemos que las estrellas están accionadas por «reactores» de fusión nuclear en su centro. Según esta anécdota, Eddington (o Houtermans) y su novia estaban contemplando el cielo nocturno cuando ella dijo: «¡Mira qué bonitas las estrellas, cómo brillan!».²⁵ A lo que Eddington (o Houtermans) contestó: «Sí, y ahora mismo soy el único hombre del mundo que sabe *por qué* brillan». La chica se limitó a sonreírle. Aquí lo importante no es si la historia es auténtica o no. Charlotte Riefenstahl, novia de Houtermans y más adelante su esposa, era también física y seguramente comprendió muy bien la importancia de descifrar la fuente de la energía estelar. La historia es significativa porque Feynman *creía* que era auténtica, y para él suponía solo otra inquietante señal de que la «poesía» no aceptaba ni valoraba la ciencia.

No es de extrañar que Feynman señalara los campos de la meteorología y la geología como áreas en las que los físicos *no* habían estado especialmente acertados a la hora de hacer predicciones detalladas. En el caso de las previsiones meteorológicas, apuntaba al conocimiento relativamente escaso de los flujos turbulentos (tema en el que mostraba mucho interés y que en gran medida todavía no está resuelto), y en las ciencias de la tierra hacía referencia a las lagunas de conocimiento relativas tanto a la explicación del vulcanismo como a las corrientes circulatorias del interior del planeta. En este sentido, una de las características de Feynman era que no dudaba en admitir su ignorancia: «Sabemos menos de la Tierra que de las condiciones de la materia en las estrellas». A lo que, con cierta decepción mezclada con esperanza, no tardó en añadir: «Las matemáticas involucradas parecen demasiado difíciles, hasta ahora, pero quizá no pase mucho tiempo antes de que alguien se dé cuenta de que es un problema importante, y lo resuelva realmente». Dicho de otro modo, esperaba que alguien fuera tan curioso como siempre había sido él y asumiera el reto de intentar solucionar ese difícil asunto.

Tal vez el tema más complejo e interesante que Feynman mencionó durante su gran esfuerzo por conectar la física con las otras ciencias fuera el de la psicología. Aquí, su curiosidad se manifiesta de manera espectacular en esta perspicaz pregunta: «Cuando un animal aprende algo, es capaz de hacer algo diferente de lo que hacía antes, y sus células cerebrales también deben de haber cambiado si se componen de átomos. ¿Dónde está la diferencia?». Haciéndose eco de las opiniones de una época en la que no había técnicas como las imágenes de resonancia magnética funcional ni experimentos de estimulación magnética transcraneal que pudieran proporcionar imágenes del cerebro en funcionamiento, Feynman añadía: «Cuando se memoriza algo, no sabemos dónde mirar ni qué buscar». Incluso aquí, no obstante, medio en broma pero con agudeza vio un modo de avanzar que pasaba por resolver primero un problema más simple: «Si pudiéramos siquiera concebir cómo funciona un perro, ya habríamos llegado muy lejos».

Algo que diferenciaba a Feynman de muchos de sus colegas era su apasionado interés no solo por muchas áreas de la física sino también por cuestiones muy diferentes. Su amigo artista Zorthian escribió que en una ocasión oyó a Murray Gell-Mann, también físico brillante y compañero de

Feynman en Caltech, quejarse de lo que, a su juicio, eran distracciones de Feynman: «Precisamos su contribución [de Feynman] en Caltech, necesitamos que nos hable de física. Pero ¿qué hace? Sale por ahí y se pasa el tiempo con chicas gogó, artistas y gente que toca el bongó».²⁶

Cabría esperar que alguien con los amplísimos conocimientos, la ferviente curiosidad y el interés de Feynman en todas las esferas de la física fundamental fuera un claro defensor de lo que ha acabado conociéndose como «teoría del todo», marco que abarcaría y explicaría todas las partículas subatómicas elementales y unificaría la totalidad de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Sin embargo, Feynman dudaba. «La gente cree que estamos muy cerca de la respuesta, pero a mí no me lo parece»,²⁷ admitía. Incluso se preguntaba por la existencia de una teoría así: «El que la naturaleza tenga o no una forma hermosa, unificada, simple y primordial es una cuestión abierta, y yo no quiero pronunciarme».

Al final, Feynman reconoció que incluso su insaciable curiosidad tenía límites. Si Leonardo había tenido que aceptar que la caverna de la montaña acaso ocultara «en su interior cosas maravillosas» que eran inaccesibles, también Feynman admitió algo: «No tengo por qué saber la respuesta. No me asusta ignorar cosas, estar perdido en un universo misterioso sin propósito alguno... No me asusta».

Curiosamente, había otra cuestión en la que estaban implicados tanto Feynman como Leonardo, aunque, teniendo en cuenta las enormes diferencias tecnológicas entre las épocas respectivas, su relación con ella se manifestaba de forma muy distinta. Tenía que ver con el simple acto de escribir.

¿Cuántos ángeles pueden bailar en la cabeza de un alfiler?

Es bien sabido que Leonardo utilizó la escritura especular en la mayoría de sus notas: empezaba desde la derecha de la página y escribía hacia la izquierda, lo cual daba lugar a un texto que parecía normal solo cuando se reflejaba en un espejo. No sabemos por qué adquirió esta costumbre, toda vez que sí escribía de izquierda a derecha en notas simples dirigidas a otras personas. Se han propuesto al menos dos teorías, una conspiratoria y otra más

práctica. Según la primera, Leonardo intentaba ocultar sus ideas a los demás, a gente que pudiera robarle sus inventos o a la misma Iglesia, cuyo dogma acaso no habría concordado con sus observaciones. La segunda teoría sostiene que, como Leonardo era zurdo, si hubiera escrito de izquierda a derecha, su mano habría corrido la tinta fresca recién salida de la pluma.

Quiero señalar que, para Galluzzi, la teoría de la conspiración es una cortina de humo.²⁸ Al respecto, señalaba que a los zurdos escribir de izquierda a derecha les sale de manera muy natural. «Además», observaba, «la escritura especular es un método absurdo para ocultar nada, pues el texto se puede leer fácilmente con ayuda de un espejo».

Feynman expresó su interés en el proceso de la escritura en una charla que dio en 1959 y que inició con una pregunta sorprendente: «¿Por qué no podemos escribir los veinticuatro volúmenes de la *Enciclopedia Británica* en la cabeza de un alfiler?».²⁹ A continuación, analizó el problema con su aguda lógica. Los cálculos eran muy sencillos. Como la cabeza de un alfiler mide, de ancho, la dieciseisava parte de una pulgada, su área es aproximadamente 25.000 veces inferior a la de todas las páginas de la *Enciclopedia Británica*. Por tanto, según deducía Feynman, lo único que hacía falta era reducir 25.000 veces el tamaño de todas las letras de la *Enciclopedia*. Al igual que Leonardo, sin embargo, Feynman no era de los que se quedaban satisfechos tras señalar el problema. De inmediato procedió a investigar si esto parecía siquiera factible partiendo de las leyes de la física. Al respecto, mencionó que incluso después de una reducción así, cada punto de una reproducción fina de semitono aún contendría en su área unos mil átomos, por lo que «no hay duda de que en la cabeza de un alfiler hay suficiente espacio». Luego pasó a explicar que, con la tecnología de finales de la década de 1950, un texto así se podría leer.

Si era posible con la *Británica*, pensaba Feynman, ¿por qué no iba a serlo con toda la información importante que los seres humanos han anotado en libros a lo largo de toda su historia cultural? Calculó que la totalidad de conocimiento documentado podría estar incluido en veinticuatro millones de volúmenes. En consecuencia, llegó a la conclusión de que, incluso sin codificación alguna, para reproducir simplemente lo que existía y reducirlo solo harían falta unas 35 páginas de la *Británica*. Admitía que ninguna técnica

disponible de la época podía efectuar la escritura real, pero insistía en que la tarea no era insalvable. Para enfatizar esta cuestión, ofreció mil dólares a cualquiera que pudiera reducir 25.000 veces el tamaño de la página impresa sin dejar por ello de ser legible.

Feynman tenía razón. Al final, el premio se recogió en 1985, cuando Tom Newman, a la sazón estudiante de posgrado en la Universidad de Stanford,³⁰ consiguió realizar la deseada disminución mediante la misma tecnología utilizada para imprimir circuitos electrónicos en chips informáticos. Redujo la primera página de *Historia de dos ciudades* a una superficie de 5,9 x 5,9 micras. El texto resultante se podía leer con un microscopio electrónico, lo cual reafirmó la confianza en la legendaria intuición de Feynman.

La nanotecnología actual —manipulación de la materia en la escala atómica o molecular— genera sistemáticamente fantásticas proezas de miniaturización. Por ejemplo, Joel Yang, de la Universidad de Tecnología y Diseño de Singapur,³¹ logró crear una copia diminuta de *Impresión, sol naciente*, de Monet, cuadro que dio nombre al movimiento impresionista. Tras intercambiar pinturas al óleo por columnas de silicio a nanoescala, Yang generó una copia de la obra maestra que medía aproximadamente solo una centésima de pulgada de ancho. Del mismo modo, la Nanobiblia³² es un chip de silicio chapado en oro, del tamaño de una cabeza de alfiler, en el que está grabada toda la Biblia hebrea, más de 1,2 millones de letras.

La última curiosidad

Quizá el ejemplo más asombroso de la increíble curiosidad de Feynman nos lo brinda el emotivo testimonio de su hermana pequeña, la astrofísica Joan Feynman, sobre los últimos días de Richard. Al describir ese difícil período, escribió: «Así que ese hombre, que había estado en coma un día y medio o así, sin moverse, levanta las manos y hace como un mago, como si dijera “nada por aquí”, y acto seguido se pone las manos detrás de la cabeza. Era para decirnos que cuando estás en coma puedes oír y pensar».³³

Joan añadió que algo después Feynman salió brevemente del coma y con humor comentó: «Morirse así es aburrido. No quiero volver a hacerlo».³⁴ Fueron sus últimas palabras. Para Joan, lo sorprendente era que, hasta su último aliento, Feynman «estaba pensando en dar a los vivos más información sobre la vida y la naturaleza y cómo era morirse. Mientras se iba, seguía observando la naturaleza».

Feynman murió poco antes de la medianoche del 15 de febrero de 1988. Quizá estas últimas palabras tuyas resumen mejor su personalidad: «No sé nada, pero sí sé que todo es interesante si profundizas en ello lo suficiente».

El 10 de octubre de 1517, Leonardo recibió la visita del cardenal Luis de Aragón. Además de describir tres cuadros que Leonardo había enseñado al cardenal, el secretario de este, Antonio de Beatis, escribió sobre Leonardo con admiración: «Este caballero ha compilado un tratado particular de anatomía, con la demostración, en esbozo, no solo de los miembros sino también de los músculos, los nervios, las venas, las articulaciones, los intestinos y cualquier otra cosa sobre la que se pueda discurrir con respecto al cuerpo de los hombres y las mujeres, de una manera que jamás otra persona había hecho antes. Todo lo hemos visto con nuestros ojos. [...] Asimismo, ha escrito acerca de la naturaleza del agua, y sobre diversas máquinas y otras cosas, que ha puesto por escrito en un número infinito de volúmenes».³⁵

Leonardo da Vinci murió en el castillo de Cloux, Francia, el 2 de mayo de 1519. En una ocasión escribió: «Creía que estaba aprendiendo a vivir, pero he estado aprendiendo a morir».³⁶ Pese a que la pintoresca descripción de Vasari en la que Leonardo muere en brazos del rey Francisco I seguramente es solo una leyenda poética, no hay duda de que el rey reconoció la grandeza de Leonardo en toda su dimensión. Según el escultor y orfebre Benvenuto Cellini, Francisco I, quien más tarde lo contrataría, le dijo que «a su juicio, no había nacido un hombre que supiera tanto como Leonardo, no solo por sus aportaciones a la pintura, la escultura y la arquitectura, sino también porque era un gran filósofo».

Leonardo y Feynman representan a todas luces el extremo de gama alta, sumamente raro, en el espectro de la gente curiosa. Ambos tenían la capacidad de convertir incluso los puntos débiles humanos (y de hecho los suyos personales) en otra pieza interesante del rompecabezas planteado por el gran

misterio del cosmos. No obstante, en esencia todos los individuos (aparte de, quizá, los que sufren depresión muy grave o lesión cerebral) experimentan curiosidad, aun cuando su hondura y alcance pueden diferir de una persona a otra. A decir verdad, cada vez que nace un nuevo bebé aparece en el mundo una formidable fuente de deseo de saber.

Partiendo de este examen de Leonardo y Feynman, ¿podemos aprender lecciones específicas e inmediatas sobre la curiosidad en general? Al menos una parece evidente: por lo visto, los mecanismos cerebrales generadores de curiosidad no son los responsables de una capacidad superior en matemáticas (que Leonardo no tenía) ni los encargados de facultades artísticas excepcionales (de las que Feynman carecía), sino que más bien *una condición necesaria de la curiosidad entusiasta parece ser cierta capacidad para procesar información*. Ser prodigiosamente curioso acerca de tantos temas, como eran Leonardo y Feynman («se deleitaba en la curiosidad sobre la naturaleza», me dijo Joan Feynman de su hermano), requiere no solo una capacidad cognitiva superior sino también mecanismos cerebrales que asignen un gran valor al aprendizaje y al conocimiento adquirido. Estos, a su vez, conllevan necesariamente un procesamiento de datos muy efectivo.

Así pues, ¿cuáles son las ideas científicas contemporáneas sobre la verdadera naturaleza, los agentes y los objetivos de la curiosidad? En los capítulos 4 y 5 describo algunos de los experimentos y las ideas que han surgido gracias a avances en la psicología moderna, y en el 6 doy una breve explicación de los fascinantes resultados iniciales aportados por la neurociencia. Por sus propias características, estos tres capítulos son un tanto más técnicos que el resto del libro, al tiempo que incorporan hallazgos recientes realmente interesantes que nos han ayudado significativamente a entender mejor la curiosidad.

Curioso sobre la curiosidad: brecha de información

El psicólogo Paul Silvia, de la Universidad de Carolina del Norte en Greensboro, comenzó uno de sus artículos sobre la curiosidad y la motivación con esta aleccionadora observación: «La curiosidad es un viejo concepto del estudio de la motivación humana, y, como muchos de los venerables problemas de la psicología, el de la curiosidad parece ser lo bastante manejable para ser fascinante pero demasiado complicado para llegar a tener solución».¹ Lo que acaso nos parezca revelador es el hecho de que Silvia hiciera el comentario en 2012. En este sentido, seguramente no debería extrañar que, unas dos décadas antes, los psicólogos Charles Spielberger y Laura Starr, de la Universidad del Sur de Florida, hubieran hecho un comentario parecido: «Aunque muchos investigadores han dedicado sus esfuerzos a investigar sobre la curiosidad y la conducta exploratoria, la literatura sigue caracterizándose por ideas teóricas diversas y hallazgos empíricos contradictorios».² En efecto, el hecho de que la naturaleza motivacional de la curiosidad haya dado lugar a teorías que apuntan en distintas direcciones da a entender que se trata de un área de investigación muy fluida, en la que aún nos queda mucho trecho por recorrer antes de que surja una teoría exhaustiva y convincente. De hecho, la curiosidad se suele vincular a otros elementos psicológicos característicos de la conciencia humana, y la conciencia humana, como dice el filósofo y científico cognitivo Daniel Dennett, «es prácticamente el único misterio que sobrevive».³ Lo que Dennett quiere decir es simplemente que mientras ahora sabemos al menos qué pensar sobre conceptos complejos como el espacio, el tiempo y las leyes de la

naturaleza (aunque todavía no tenemos una teoría definitiva para todo), la conciencia «se caracteriza por ser el único tema que todavía puede dejar mudos y turbados a los más sofisticados pensadores».

El problema de comprender del todo la naturaleza de la curiosidad se agrava un tanto debido a la inexistencia de una definición única del término *curiosidad* que tenga aceptación general. En consecuencia, fenómenos tan diversos como el impulso para llevar a cabo una exploración en las profundidades marinas o la emoción suscitada por el concurso televisivo «Jeopardy» suelen estar agrupados en la misma categoría. Además, como la neurociencia es una disciplina bastante más joven que la psicología, los fundamentos neurales concretos de la curiosidad se conocen menos que los psicológicos.

Pese a estas dificultades, gracias a diversos avances recientes en psicología cognitiva y al desarrollo de técnicas de neuroimagen, los investigadores han dado y siguen dando grandes pasos tanto en sus estudios sobre lo que estimula la curiosidad y los mecanismos de que consta como en la identificación de las regiones cerebrales precisas que se activan en el despertar —*arousal*— y la satisfacción de la curiosidad.

Para no enredarnos con detalles desde el comienzo, adoptaré como definición de curiosidad la formulación bastante amplia propuesta por los científicos cognitivos Celeste Kidd y Benjamin Hayden,⁴ de la Universidad de Rochester: la curiosidad es apetito de información. O aún más sencillo: la curiosidad es el deseo de saber por qué, cómo o quién. Más adelante tendremos que utilizar una definición más afinada y rigurosa, sobre todo en relación con las investigaciones cognitivas y neurocientíficas.

Antes de examinar más a fondo las corrientes del pensamiento humano sobre la esencia de la curiosidad, quiero empezar con (al menos en apariencia) la pregunta más fácil: ¿sobre qué sienten curiosidad las personas normales en su vida cotidiana? Como intento preliminar para responder a esta pregunta, llevé a cabo una pequeña encuesta sin rigor científico entre unos cuantos compañeros de trabajo, a quienes pedí que describieran qué les despertaba más la curiosidad fuera de sus intereses profesionales. Les aclaré que yo no tenía un interés particular en si alguna vez habían sucumbido a la tentación de echar un vistazo a un diario personal abierto; lo que quería más

bien era saber acerca de los temas a los que habían dedicado realmente cierto tiempo y por los que se habían sentido lo bastante cautivados para ahondar en ellos, mediante la lectura y conversaciones o navegando por internet y mirando la televisión.

Los resultados me parecieron muy interesantes por cuanto, de los dieciséis entrevistados, no hubo dos personas que coincidieran. Una tenía curiosidad por la cuestión de lo innato frente a lo adquirido, que determina si es la herencia o el entorno el principal factor que dirige e influye en el desarrollo y la personalidad del individuo. Solo otras dos personas hicieron referencia a algo relacionado con ese tema. Una tenía interés en los procesos cerebrales concretos mediante los cuales los niños aprenden; a otra le interesaba saber si hay diferencias fisiológicas claramente perceptibles entre el cerebro de personas de mentalidad abierta y el de los individuos inflexibles en cuanto a sus opiniones. Como veremos, ambas cuestiones están realmente ligadas a la curiosidad, pues se cree que uno de sus principales «objetivos» es maximizar el aprendizaje, aparte de que la curiosidad es también una de las diversas facetas de la amplitud de miras. En cierto sentido, por tanto, estos colegas se mostraban curiosos sobre la curiosidad.

Dos de los participantes tenían curiosidad por algún aspecto relacionado con los deportes: a uno le habría gustado conocer el verdadero alcance del dopaje en varias modalidades deportivas, y al otro le atraía la ciencia subyacente al deporte. Dos personas mostraban interés por asuntos relacionados con la Tierra: una sobre la historia geológica del planeta, y la otra sobre el mundo en gran medida inexplorado del fondo de los mares. Dos de los temas tenían que ver con la historia: la curiosidad de una persona se centraba en la segunda guerra mundial, y la de otra en cómo hemos llegado donde estamos desde la época de la Revolución Industrial. Los colegas restantes tenían sus propios objetos de curiosidad exclusivos: las antigüedades, los vinos, los datos distintivos de la vida de las personas, los colores y formas en el diseño de interiores, las líneas aéreas, el colapso de las colonias de abejas o la crónica de logros de activistas sociales famosos.

Incluso un experimento tan poco sistemático como este puso de manifiesto algunas cuestiones interesantes. Primero, algunos de los temas eran reflejo de lo que cabría denominar «aficiones personales», es decir, intereses

que se quiere satisfacer sobre todo por razones de placer o esparcimiento. Aquí incluimos el diseño de interiores, los vinos o las antigüedades. Otros asuntos parecen haber suscitado curiosidad por ser sorprendentes o inesperados, por ejemplo, el fenómeno del colapso de las colonias de abejas —la brusca desaparición de las obreras en las colonias de abejas de todo el mundo— o las asombrosas revelaciones sobre el dopaje generalizado en el ciclismo, el béisbol e incluso el tenis. Otro rasgo peculiar que parecía ser fuente de curiosidad era lo que Laura Schulz, científica cognitiva del MIT,⁵ denominaba «evidencia confusa»: en otras palabras, situaciones tan ambiguas que no es posible decidir entre hipótesis o ideas diferentes, en competencia, o cuando la información existente no basta para extraer conclusiones sólidas. Entre los temas encuadrados en esta categoría se incluía el dilema de lo innato frente a lo adquirido y la cuestión de si la amplitud de miras y la intolerancia se manifiestan mediante algo observable en el cerebro humano.

¿Qué despierta más interés en la población de Estados Unidos? Para dar con la respuesta, analicé los artículos más consultados en Wikipedia durante los años 2012, 2013, 2014 y 2015. Encabezaban la lista ciertas empresas tecnológicas y sus medios sociales o productos de información (como Facebook, Google, YouTube, Instagram, Wiki), algunas películas taquilleras y programas de televisión (por ejemplo, *Los juegos del hambre*, *Breaking Bad*, *Los vengadores*, *El caballero oscuro: la leyenda renace*, *La guerra de las galaxias: el despertar de la fuerza*), muertes de famosos (Neil Armstrong, Whitney Houston, Dick Clark, Margaret Thatcher, Nelson Mandela, Robin Williams, Oliver Sacks, Yogi Berra), la vida de celebridades en general (Kate Middleton, Kim Kardashian, Miley Cyrus) y diversos acontecimientos deportivos (como el Mundial de Fútbol de 2014).

Este simple sondeo en internet insinuaba unos cuantos elementos adicionales capaces de provocar curiosidad. Por ejemplo, el interés en productos tecnológicos nuevos reflejaba búsqueda de novedad y ciertas ganas de aprender. La fascinación con la vida (y la muerte) de personajes célebres quizá podría clasificarse en términos generales como «chismorreos», el cual (como veremos en el capítulo 7) tal vez haya desempeñado un papel clave en nuestro éxito evolutivo. No obstante, debo señalar que, casi con seguridad, la lista de Wikipedia está dominada por una población relativamente joven. Por

ejemplo, a partir de diciembre de 2015, el 48,5 por ciento de los «adictos» norteamericanos a internet que usaban Instagram tenían edades comprendidas entre los 18 y los 34 años, y solo el 5,5 por ciento contaba más de 65.⁶

Aunque el carácter sumamente diverso de las listas de temas que despiertan la curiosidad puede parecer abrumador al principio, los psicólogos han ideado ingeniosas maneras de agrupar estos temas en un número menor de categorías. En concreto, recordemos que el psicólogo Daniel Berlyne⁷ representó la curiosidad en una gráfica bidimensional. A lo largo de un eje, iba desde lo *específico* (el deseo o la necesidad de información distinta) a lo *diversivo* (la incesante búsqueda de estímulos para evitar el aburrimiento). El otro eje iba desde la curiosidad *perceptual* (suscitada por estímulos sorprendentes, ambiguos o novedosos) a la curiosidad *epistémica* (el verdadero anhelo de conocimiento nuevo). La perspicaz clasificación de Berlyne, sin ser extraordinaria, es útil en el sentido de que nos permite ubicar cualquier modalidad en el gráfico. Por ejemplo, cabría sostener que la curiosidad provocada por la evidencia confusa, o, lo que es lo mismo, la que normalmente motiva la investigación científica básica, pertenece al cuadrante epistémico-específico del mapa; o sea, buscamos cierta información que nos ayude a decidirnos entre alternativas o nos guíe desenredando un lío. En última instancia, los científicos suelen llevar a cabo sus investigaciones con la finalidad de encontrar respuestas a preguntas determinadas, definidas con claridad. Por otro lado, la curiosidad catalizadora de una navegación continua por Twitter —haciendo un seguimiento de titulares de tabloides— o el deseo de mirar si hay mensajes de texto nuevos tienen más probabilidades de situarse en la región diversiva-perceptual. En otras palabras, las personas buscan distracción, emoción o sorpresa. Como veremos en el capítulo 6, la distinción concreta entre la curiosidad *perceptual* (suscitada por la novedad) y la *epistémica* (el deseo de conocimiento) quizá se manifieste en diferentes regiones cerebrales que resultan activadas por la curiosidad.

A Berlyne se le puede reconocer el mérito de haber puesto el concepto de curiosidad en la agenda psicológica a lo grande. Una sencilla comparación de *Psychological Abstracts* anterior a 1960, año en que apareció el libro *Conflict, Arousal and Curiosity* de Berlyne, con una obra más reciente demuestra su impacto en este campo de estudio. En etapas posteriores de su

vida, Berlyne, que también era un pianista competente y un gran aficionado al arte,⁸ tuvo además curiosidad por la estética, concretamente por la cuestión de qué vuelve atractivas ciertas obras de arte. Pese a ser una persona tímida y más bien reservada, que, como declaraban sus amigos, en los actos sociales de las organizaciones psicológicas solía quedarse discretamente en un rincón con un *gin-tonic* en la mano,⁹ su influencia tanto en el laboratorio como en la comunidad psicológica en su conjunto fue indudable.

Berlyne hizo otra contribución fundamental y perdurable al estudio de la curiosidad al identificar una clase de factores diferentes que, a su entender, determinaban si algo era interesante y digno de ser explorado. Estos factores son la novedad, la complejidad, la incertidumbre y el conflicto. La *novedad* alude a temas o fenómenos cuya clasificación en el apartado de expectativas o experiencias previas no resulta fácil. Por ejemplo, el descubrimiento de una especie biológica nueva o la aparición del *smartphone*. La *complejidad* identifica los objetos o acontecimientos que no siguen patrones regulares sino que más bien contienen una diversidad de componentes vagamente integrados. Este concepto se utiliza, por ejemplo, para describir sucesos en economía, donde muchas personas y empresas intentan comprender el comportamiento de los mercados partiendo de la información con que cuentan, y donde se crean colectivamente resultados ante los que se debe reaccionar con rapidez. La *incertidumbre* (sobre la que volveré a hablar con más detalle en la sección siguiente) describe situaciones en las que es posible cualquier cantidad de resultados alternativos. Los que siguen la información meteorológica están familiarizados con la incertidumbre; a pesar de los sofisticados modelos informáticos y la tecnología moderna, los hombres del tiempo todavía se equivocan de vez en cuando. Por último, el *conflicto* describe circunstancias en las que la información nueva es incompatible con el conocimiento o las tendencias existentes (como pasó con el descubrimiento de que en realidad no había armas de destrucción masiva en Irak), o en las que no está claro si hay que responder actuando o evitando la actividad del todo. Al resumir el trabajo de Berlyne, el psicólogo Vladimir Konečni, en su obituario de 1978, escribió agradecido que Berlyne «quería saber por qué los organismos exhiben

curiosidad y exploran su entorno, por qué buscan conocimiento e información, por qué contemplan cuadros o escuchan música, qué dirige su secuencia de pensamientos». ¹⁰

Me parece interesante que incluso el ejercicio cándido y subjetivo de encuestar a mis colegas de trabajo identificara al menos dos elementos generadores de curiosidad: la sorpresa (que da origen a la curiosidad perceptual) y la evidencia confusa (que da lugar a un anhelo de conocimiento o curiosidad epistémica).

Así pues, ¿cuáles son las principales escuelas psicológicas de pensamiento sobre las causas y los procesos mentales implicados en la curiosidad? (En el capítulo 6 abordaremos la neurociencia.)

Cuidado con la brecha (*mind the gap*)

Como muchas otras tendencias en psicología moderna, algunas de las primeras ideas sobre la curiosidad se inspiraron en la obra del filósofo y psicólogo William James. De forma clarividente, y utilizando términos cognitivos actuales, a finales del siglo XIX James sugirió que lo que él denominaba «asombro metafísico» o «curiosidad científica» era una respuesta del «cerebro filosófico» a una «incoherencia o una brecha en [...] el conocimiento, igual que el cerebro musical reacciona ante una discordancia en lo que oye». ¹¹ Además, señalaba que la curiosidad representa el deseo de aprender más sobre las cosas que no entendemos. Un siglo después, el psicólogo George Loewenstein, ¹² de la Universidad Carnegie Mellon, expuso una versión teórica contemporánea de estos conceptos, un marco muy influyente que ha acabado recibiendo el nombre de «teoría de la brecha de información».

La idea subyacente a este escenario para la explicación de la curiosidad es sencilla (¡ja toro pasado!). Comienza con el razonable supuesto de que los individuos tenemos algunas ideas preconcebidas sobre el mundo circundante o, si vamos al caso, sobre cualquier tema dado, y que buscamos coherencia. Cuando nos topamos con hechos que parecen incompatibles con nuestro conocimiento previo real o imaginado, con nuestro modelo predictivo interno

o con nuestros prejuicios, se genera una «brecha» que experimentamos como un estado aversivo, una sensación desagradable. En consecuencia, sentimos el impulso de investigar y buscar percepciones nuevas que reduzcan la incertidumbre y la sensación de ignorancia.¹³ Según esta idea, la curiosidad y la conducta exploratoria subsiguiente no son objetivos en sí mismos, sino más bien los medios a través de los cuales tratamos de disminuir la incómoda sensación provocada por la confusión y la incertidumbre. En palabras del propio Loewenstein, la curiosidad es «una privación cognitiva inducida que surge de la percepción de una fisura en el conocimiento y la comprensión». En términos más sencillos, de acuerdo con la teoría de la brecha de información, la curiosidad parece rascar un picor mental o intelectual.

De forma natural, la teoría de la brecha de información establece que la *incertidumbre*¹⁴ —una disparidad percibida entre la situación informacional existente y la deseada— es la principal causa de la curiosidad. De hecho, tener dudas ante los posibles resultados en las exigentes encrucijadas de la vida puede provocar desasosiego. Tanto en el trabajo de Loewenstein como en el contexto de ideas similares antes expresadas por Berlyne, el concepto de incertidumbre se tomó prestado de medidas tradicionales de la teoría de la información. En términos sencillos, la teoría de la información expresa que, si no intervienen otros factores, las situaciones con un mayor número de alternativas o de resultados posibles producen una incertidumbre mayor. Por ejemplo, si todos los equipos de fútbol femeninos no difieren espectacularmente entre sí en cuanto a fuerza, pronosticar cuál ganará la Copa del Mundo será más difícil al principio del campeonato que cuando solo queden dos partidos. Del mismo modo, la incertidumbre es mayor para resultados potenciales de probabilidad casi idéntica: cuesta más predecir el ganador si dos equipos tienen habilidades y motivaciones equiparables que si uno es claramente superior al otro. Los que vieron la final de la NBA de 2016 entre los Cleveland Cavaliers y los Golden State Warriors podrán dar testimonio de la veracidad de esta afirmación.

Un conjunto de investigaciones en psicología¹⁵ en las últimas décadas, y en neurociencia en los últimos años, respaldan al menos algunos aspectos de la teoría de la brecha de información. Por ejemplo, en diversos estudios se ha demostrado que cuando a las personas se les muestran situaciones u objetos

inusuales, sorprendentes o complejos, esas circunstancias suscitan un aumento considerable de la atención. Según algunos de estos estudios, el deseo de indagación y búsqueda duraba solo hasta que la gente percibía la resolución de la incertidumbre mediante la adquisición de información nueva. Además, Loewenstein sostiene que la magnitud de la brecha estimada por el individuo depende de la evaluación subjetiva de la profundidad de su conocimiento y de su capacidad para recuperar información. Esto es lo que los científicos cognitivos conocen como «sensación de conocimiento».¹⁶ Loewenstein conjeturaba que alguien con una sensación así más acusada acaso considerara que cierta brecha de conocimiento sería superable mientras otro quizá no. A su vez, se daba por sentado que esta capacidad percibida para remediar una brecha de conocimiento incrementaba la curiosidad, pues los individuos notarían que sin demasiado esfuerzo podrían eliminar la incertidumbre y dejar atrás el desagradable estado de ansiedad. Por ejemplo, si alguien cree saber los nombres de casi todos los actores de determinada película, para recordar un nombre que falta quizá haga un esfuerzo adicional mayor que si no tiene ni idea de quién figura en el reparto.

La tesis de la brecha de información de Loewenstein proporciona una perspectiva muy interesante sobre la naturaleza de al menos algunas formas de curiosidad. En concreto, es fácil ver que la curiosidad *específica*¹⁷ —las ganas de adquirir una información determinada— puede deberse a una brecha de información. En cualquier relato de misterio,¹⁸ sea una novela de Agatha Christie, Dan Brown o Robert Galbraith (el seudónimo de J. K. Rowling) o una película de Alfred Hitchcock, queremos saber *quién* cometió el asesinato y a veces también *por qué* y *cómo*. Del mismo modo, si tu mejor amigo va y te dice «tengo que decirte algo muy importante. Pero bueno..., en fin, déjalo», esto puede ser de veras exasperante. En tales casos, es sencillo identificar la brecha de información que hay que llenar, y surge la curiosidad porque somos plenamente conscientes de la diferencia precisa entre lo que sabemos y lo que nos gustaría saber. Una brecha de información es asimismo la razón de que oír por casualidad media conversación, como cuando alguien a tu lado está hablando por el móvil, provoca más curiosidad y distrae más que oír una conversación entera. En un estudio realizado por psicólogos de Cornell,¹⁹ los investigadores descubrieron que escuchar estos «mediálogos» da como

resultado un peor rendimiento en diversas tareas cognitivas que requieren atención. Cuando nos perdemos la otra mitad de la historia, no somos capaces de predecir el flujo de la conversación, por lo que acaba siendo prácticamente imposible desconectarse. A la principal autora del estudio de Cornell, Lauren Emberson, se le ocurrió la idea de analizar este fenómeno mientras iba en autobús a la universidad cada día durante 45 minutos. «De hecho, me daba la sensación de no poder hacer nada más si había alguien hablando por teléfono», contaba. Esto acaso podría explicar, en parte, por qué vemos a tantas personas con auriculares en los trenes y autobuses.

Los productores de series y culebrones televisivos y los autores de novelas de suspense comprenden la capacidad de las brechas de información para despertar curiosidad. Lo que intentan es convertir el final de cada episodio o capítulo en una situación de tensión máxima que mantiene en vilo al público o al lector.

Según el escenario de la brecha de información, queda claro que la curiosidad pretende satisfacer una necesidad que, al menos a primera vista, no parece diferir mucho de necesidades físicas como las relacionadas con comer, dormir o eliminar los desechos corporales. No obstante, varios investigadores han señalado importantes diferencias entre las necesidades biológicas simples y la curiosidad. Por ejemplo, normalmente ciertos impulsos biológicos como el hambre se deben a señales somáticas claras, como ruidos abdominales o punzadas en el estómago. Por otro lado, la identificación de una brecha de información requiere un mecanismo basado en el conocimiento.²⁰ Para reconocer y evaluar la brecha, los individuos necesitan saber algo tanto sobre su estado inicial de información y su objetivo como sobre el estado deseado. Uno no puede tener demasiada curiosidad sobre el carácter físico de la energía oscura, por ejemplo, sin saber primero algo acerca de esta misteriosa forma de energía, que impregna todo el espacio y contribuye a que la expansión cósmica se acelere.

Si planteamos la brecha de información como una teoría exhaustiva de la curiosidad en todos sus tipos y formas, nos enfrentamos a su primera dificultad inherente (potencial). En algunos casos, habida cuenta de que nunca tenemos un conocimiento completo del contexto más general, no resulta fácil ver cómo ciertos individuos van a ser capaces de evaluar correctamente sus niveles

iniciales y deseados de incertidumbre. En la investigación científica, por ejemplo, es muy habitual que los resultados de un experimento, observación o concepto teórico sugieran preguntas nuevas que no habían sido previstas. A modo de ilustración, la teoría de Darwin sobre la evolución mediante la selección natural colocó en primer plano la cuestión del verdadero *origen* de la vida, tema que Darwin no había abordado. De modo similar, el reciente descubrimiento de la existencia de miles de millones de planetas describiendo órbitas alrededor de otras estrellas aparte del Sol ha convertido los intentos de responder a la pregunta «¿estamos solos en el universo?» en una obsesión para muchos astrónomos. Por tanto, el enigma es este: ¿cómo logra el cerebro ser consciente de las brechas de información y definirlas como es debido? ¿Cómo evaluamos el alcance de nuestro conocimiento y determinamos cuánto no sabemos? Este problema apunta a una distinción clara latente entre ciertos apetitos determinados biológicamente, que en ciertas circunstancias todo el mundo es capaz de sentir, y la curiosidad, que difiere de un individuo a otro, incluso en las mismas condiciones. Además, aunque cabe satisfacer la curiosidad específica si se procura determinada información deseada, en realidad la curiosidad en general (especialmente la epistémica) y la tendencia a explorar nunca se sacian de veras.

Los psicólogos han descubierto también algunos problemas adicionales ligados a la teoría de la brecha de información, de nuevo si se entiende como una teoría global de la curiosidad. Primero, esta considera que la curiosidad ha estado siempre asociada a un estado negativo, aversivo y desagradable. Sin embargo, numerosos experimentos sobre conducta exploratoria²¹ indican que la novedad y la variedad suelen percibirse como experiencias positivas y placenteras que estimulan el entusiasmo y la atención. En un estudio con alumnos de séptimo [12-13 años] y undécimo curso [16-17 años], por ejemplo, estos identificaban «curioso», con referencia a su implicación en las actividades escolares, como algo más satisfactorio y más valioso, no desagradable.²² Incluso la incertidumbre, ingrediente clave impulsor del modelo de la brecha de información, no siempre tiene un efecto negativo, de lo contrario nadie leería novelas de misterio ni participaría en actividades fantasiosas. Aunque sin duda es cierto que la incertidumbre puede ser incómoda —por ejemplo, cuando uno espera los resultados de una prueba

médica que ha de confirmar o eliminar la sospecha de una enfermedad grave —, la relacionada con el origen de un efecto positivo puede dar lugar a un placer prolongado.

Este último hecho se puso de manifiesto en 2005, en un interesante experimento llevado a cabo por los psicólogos Timothy Wilson y Daniel Gilbert y sus colaboradores.²³ Cada participante creía ser uno de seis estudiantes (tres hombres y tres mujeres), de diferentes universidades, que intervenían en un experimento acerca de impresiones debidas a internet. Se les decía que cada uno de los seis evaluaría a los del otro sexo, escogiendo a uno como mejor amigo potencial, y en un párrafo explicaría su elección. A continuación, se informaba a cada participante de que los otros tres del sexo opuesto (que, en realidad, eran ficticios) le habían seleccionado como mejor amigo/amiga. Entonces se los dividía en dos grupos. A los del grupo de la «certeza» se les reveló *cuál* de los tres miembros del sexo opuesto había (supuestamente) escrito *qué* explicación halagadora. A los del grupo de la «incertidumbre» no se les dio esta información. ¿Adivináis qué grupo permaneció feliz durante más tiempo? A todos los participantes les alegró recibir el *feedback* positivo sobre haber sido escogido como mejor amigo. No obstante, los del grupo de la incertidumbre seguían mostrándose bastante más contentos quince minutos después. En otras palabras, si las personas saben que determinado acontecimiento es positivo, la curiosidad sobre él las hace disfrutar. Esta es en parte la razón de que, por ejemplo, algunos futuros padres prefieran no saber el género del feto, de que el primer subidón de una aventura amorosa sea enormemente placentero, o de que algunas personas que graban la final del torneo de Wimbledon no quieran saber el resultado antes de ver el partido. A todas les encanta la incertidumbre. Esta se considera negativa solo si el individuo tiene dudas sobre si el suceso será positivo o negativo: ¿lo admitirán en la escuela elegida? ¿Determinado tratamiento médico será efectivo?

El poeta romántico John Keats introdujo con gran estilo el término «capacidad negativa»²⁴ a fin de sostener que la facultad para tolerar e incluso aceptar la incertidumbre y la disposición a dejar que lo desconocido siga siendo misterioso son cualidades esenciales de los logros poéticos y literarios. Para Keats, «en un gran poeta, el sentido de la Belleza supera a

cualquier otra consideración, o mejor dicho, anula cualquier otra consideración». Su concepto de capacidad negativa ha influido en las ideas de unos cuantos filósofos del siglo xx, entre ellos Roberto Unger, que lo aplicó a contextos sociales,²⁵ o John Dewey, que lo incorporó a su tradición filosófica del pragmatismo.²⁶ Recordemos que incluso Feynman, que no era poeta sino científico y en general defendía que descifrar fenómenos solo incrementa su belleza, también dijo en una ocasión: «No me asusta ignorar cosas, estar perdido en un universo misterioso sin propósito alguno».

Un segundo problema, conexo, planteado por la teoría de la brecha de información es el siguiente: dado que de vez en cuando las personas se vuelven curiosas de manera proactiva, cabría recurrir metafóricamente a una versión de la primera ley de Newton del movimiento, «un objeto en reposo permanece en reposo», para preguntarnos por qué alguien se mostraría curioso si esto equivale a buscar una sensación desagradable. No obstante, suele darse el caso de que la curiosidad sobre algo despierta las ganas de explorar otras cuestiones. Al fin y al cabo, la característica fundamental de la curiosidad es el deseo de formular una pregunta, lo que conlleva el riesgo de más incertidumbre, lo cual, en el contexto del modelo de la brecha de información, se percibe como algo angustioso.

Un tercer problema tiene que ver con la supuesta universalidad de la teoría de la brecha de información. Es decir, aunque la premisa básica de la teoría sea correcta, al menos parece ser una simplificación excesiva, sobre todo cuando se trata de distintos tipos de curiosidad. Da la impresión de que existen demasiados desencadenantes potenciales de la curiosidad para que seamos capaces de reducirlos a una sola variable —la incertidumbre— sin perder información importante en el proceso. Por ejemplo, ¿cabe afirmar de veras que sentir curiosidad sobre el carácter concreto de las ondas gravitatorias, por qué la música suscita emociones intensas, cómo hacen los magos sus trucos, qué está pensando tu compañero de almuerzo, el significado de los sueños o los últimos Instagrams de Kim Kardashian solo pone de manifiesto una brecha de información?

Como veremos pronto, en la actualidad se cree que, aunque el escenario de la brecha de información sugiere un mecanismo excelente para ciertos tipos de curiosidad, en su forma más general la curiosidad engloba un conjunto de

mecanismos. Antes de hablar de otras teorías, no obstante, hay una característica adicional de la curiosidad que requiere cierta explicación, con independencia de cuál pueda ser la teoría integradora correcta (caso de que exista).

Desconocidos conocidos

En el diálogo socrático *Menón*, de Platón,²⁷ un estudiante joven y de buena familia llamado Menón intenta desafiar al gran Sócrates al pretender demostrar que, en realidad, es imposible investigar lo desconocido. «¿De qué modo vas a indagar algo, Sócrates —pregunta Menón—, si no sabes en absoluto lo que es? De entre todo lo que ignoras, ¿qué es aquello que te propones indagar?» Menón pone aquí de relieve el famoso problema de los «desconocidos desconocidos», cosas que no sabemos que no sabemos.

La expresión «desconocidos desconocidos» fue acuñada en febrero de 2002 por el secretario de Defensa de Estados Unidos. Donald Rumsfeld durante una sesión informativa²⁸ acerca de una posible intervención bélica en Irak. Cuando hablaba de la falta de pruebas sobre el hecho de que Irak suministrara armas de destrucción masiva a organizaciones terroristas, Rumsfeld dijo esto a los periodistas: «Las informaciones que dicen que algo no ha pasado siempre me interesan porque, como sabemos, hay hechos conocidos que conocemos, hay cosas que sabemos que sabemos. También sabemos que hay hechos desconocidos conocidos; es decir, sabemos que hay algunas cosas que no sabemos. Pero también hechos desconocidos que desconocemos, aquellos que no sabemos que no sabemos». Pese al hecho de que el comentario era absolutamente lógico, gracias a él recibió Rumsfeld en 2003 el premio Foot in Mouth [«Metedura de pata»]²⁹ por la observación más incomprensible de un personaje público.

Volviendo al aparente acertijo de Menón, Sócrates decidió responder con una declaración aún más desconcertante, que ha acabado conociéndose como «paradoja de Menón»: «Comprendo lo que quieres decir, Menón, pero fíjate en el argumento erístico [discutible] que estás introduciendo. [...] No es

posible al hombre indagar lo que sabe, ni lo que no sabe. No indagará lo que sabe porque ya lo sabe, y por lo mismo no tiene necesidad de indagación; ni indagará lo que no sabe, por la razón de que no sabe lo que ha de indagar».

Cabe parafrasear la última parte de la respuesta de Sócrates en cuanto a su aplicación a la curiosidad: «Ella no tendría curiosidad por lo que sabe, pues ya lo sabe; ni sobre lo que no sabe, pues no sabe qué ha de despertar su curiosidad». ¿Significa esto que no puede picarnos nunca la curiosidad? En absoluto. Y es por eso por lo que, en realidad, la paradoja de Menón no es una paradoja.

Por lo que sé, los psicólogos actuales no hacen referencia (al menos habitualmente) al *Menón* de Platón. Aun así, algunos sí se valen de un razonamiento un tanto similar para sugerir que si examinamos cómo nuestro nivel de curiosidad sobre un tema determinado se ve afectado por el conocimiento existente acerca de dicho tema, obtenemos una función que parece una U invertida³⁰ (figura 14). En pocas palabras, cuesta mucho llegar a tener curiosidad por algo cuando sabes muy poco al respecto. De igual modo, si sabes mucho sobre un asunto concreto, quizá creas que no hay nada más por lo que sentirse curioso. En cualquier caso, nuestra curiosidad se despierta de veras cuando ya contamos con algo de información sobre un tema pero tenemos además la sensación de que aún queda mucho por aprender. En su sugerente respuesta, Sócrates simplemente omitió este importantísimo ámbito intermedio del conocimiento, lo que podríamos denominar los «desconocidos conocidos», cosas que sabes o percibes que no sabes.

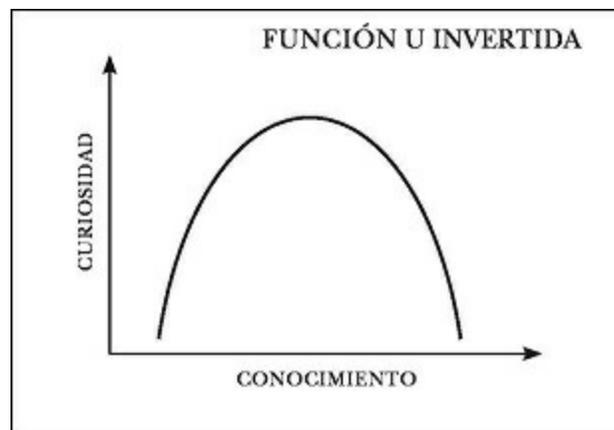


Figura 14

Una versión de la curva de la U invertida (figura 15) se remonta a Wilhelm Wundt,³¹ que a finales del siglo XIX fue uno de los fundadores de la psicología. Según Wundt, a medida que aumenta la intensidad de un estímulo aumenta también la activación (*arousal*) positiva, pero solo hasta cierto punto. Para estímulos más intensos, la experiencia comienza a ser demasiado abrumadora, lo que se traduce en una disminución de la respuesta positiva. A la larga, la activación acaba siendo negativa.

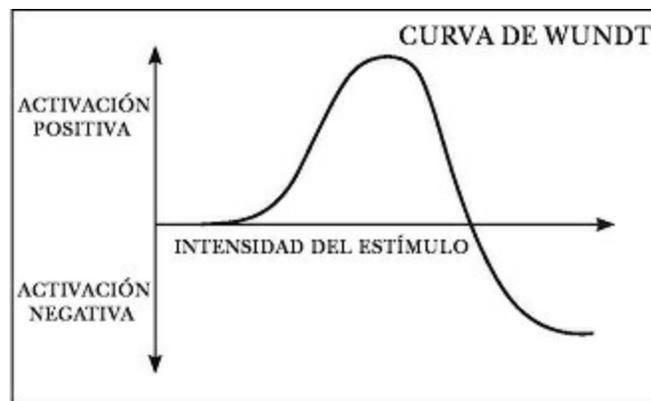


Figura 15

En la década de 1970, Berlyne sugirió que, en realidad, la curva de Wundt representa la interacción de dos funciones cerebrales separadas: una estimula la curiosidad y la conducta exploratoria mediante un mecanismo de recompensas, y la otra previene contra ella creando una sensación desagradable.³² La idea de Berlyne se puede expresar de forma esquemática, como en la figura 16. Según este modelo, el mecanismo de recompensa positiva (representado por la curva superior de la figura) actúa de tal manera que, hasta un cierto nivel, cuanto más sorprendente o confuso sea el fenómeno observado, más curiosos nos volvemos. Llegados a un punto, sin embargo, la curiosidad se satura, y al margen de lo complejo, novedoso o desconcertante que sea el fenómeno, ya no sentimos más curiosidad; los niveles de curiosidad se estabilizan (corresponden a la parte plana de la curva superior).

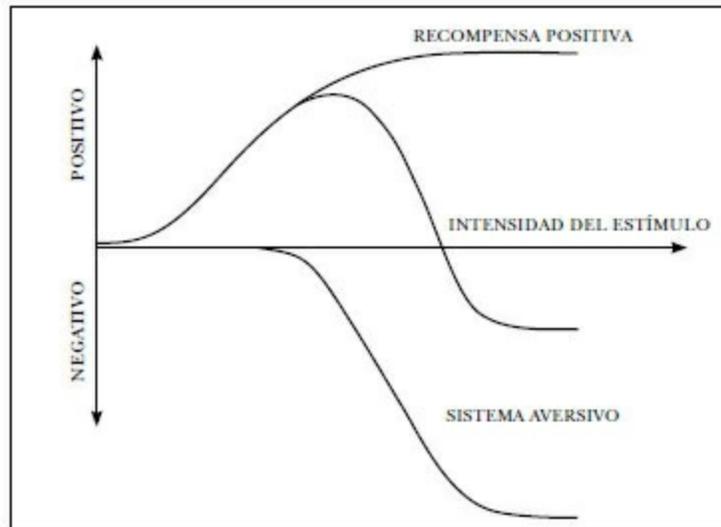


Figura 16

Según la interpretación de Berlyne, el sistema negativo, aversivo (representado por la curva inferior de la figura), interviene solo en un nivel superior de intensidad de la señal, cuando el estímulo parece amenazar o provocar miedo. Para cualquier estímulo más fuerte, las sensaciones negativas aumentan continuamente (corresponden a la parte más baja de la curva negativa de la figura). De acuerdo con Berlyne, la curva de Wundt es solo una consecuencia del hecho de que el cerebro resume cognitivamente las aportaciones positivas y negativas de los dos sistemas. Es decir, mientras la reacción de inquietud no está activada, la curiosidad se incrementa a medida que la motivación va siendo más fuerte. En cuanto el cerebro se pone interiormente a sopesar los efectos potenciales negativos, la curiosidad empieza a disminuir; de ahí la forma en U invertida de la figura 15. Podemos entender el concepto de Berlyne valiéndonos de una simple metáfora. Imagina que estás viajando por el Parque Nacional de Yellowstone y de repente divisas a lo lejos un oso pardo, lo que sin duda suscitaría curiosidad y emoción. A continuación, junto al animal ves a una hembra de oso pardo con su oseño. Este nuevo descubrimiento genera todavía más curiosidad. Poco después se hace visible en la misma zona una manada entera de osos pardos, lo que eleva aún más el grado de curiosidad, sobre todo porque los osos suelen ser animales solitarios. Sin embargo, la aparición de más osos pardos

no provoca solo curiosidad; empieza a surgir el miedo. Tantos osos en un sitio es algo inquietante. La preocupación y el miedo aumentan a medida que van dejándose ver más osos pardos por ahí.

Quizá te hayas dado cuenta de que la versión de Berlyne de la respuesta cognitiva equivale casi exactamente a la mezcla de deseo de exploración y miedo que manifestó Leonardo a la entrada de la caverna que descubrió en las montañas.

La explicación de Berlyne para la curva en U invertida introdujo un elemento nuevo en la teoría de la curiosidad: *un sistema de recompensas positivas*.³³ Curiosamente, aunque las ideas de Berlyne se habían propuesto antes que la teoría de la brecha de información (a la que, de hecho, inspiraron en gran medida), esta teoría todavía relacionaba la curiosidad sobre todo con la necesidad de reducir una emoción negativa, con un papel relativamente pequeño (en esencia, insignificante) para la conciencia positiva. Aunque Loewenstein reconocía que la conducta exploratoria puede también estar motivada por un interés positivo (más que por una sensación de privación), su modelo de brecha de información daba a entender de forma implícita que el deseo positivo de conocimiento por sí solo no constituye curiosidad *per se*. De todos modos, como veremos en el capítulo siguiente, otros investigadores consideran que la curiosidad es un fin en sí misma, no solo un medio para reducir una sensación desagradable.

Pese a invitar a la reflexión, la explicación que da Berlyne de la curva de Wundt también ha resultado un tanto controvertida. En primer lugar, la interpretación requiere la casi coexistencia de emociones antagonistas intensas, placer y miedo. Hay opiniones diversas sobre si una situación así es posible, pero la mayoría de los psicólogos coinciden en que la idea de Berlyne de que un estado afectivo positivo ha de preceder al negativo es poco convincente. Para que su descripción funcionase tal como está concebida, Berlyne tuvo que dar por supuesto que el placer es un paso casi necesario en el camino hacia un estado desagradable (toda vez que la aversión se empieza a notar después del sistema de recompensas positivas, en un nivel de estímulos superior, como se aprecia en la figura 16). Al menos en el caso de la emoción del miedo,³⁴ estudiada ampliamente por Joseph LeDoux, no hay pruebas de que el sistema de recompensas se active antes de la sensación de miedo.

Además, en el nivel cuantitativo, Berlyne no dio ninguna explicación concluyente de la fuerza relativa de las emociones positivas y negativas ni de la supuesta cronología de su activación. No obstante, el mero hecho de que contemplara la posibilidad de que la curiosidad incluyese un componente placentero y otro perturbador era importante para avanzar en el proceso de comprender la curiosidad. Ahí germinó la idea de que la curiosidad quizá consista en un conjunto de mecanismos, que analizaré con detalle en el próximo capítulo.

Como he señalado antes, si la consideramos una teoría exhaustiva de la curiosidad, la teoría de la brecha de información plantea su propia serie de dificultades. Además del problema potencialmente grave de identificar la curiosidad solo con un estado desagradable, la teoría de la brecha de información parece, al menos a primera vista, incapaz de explicar el patrón habitual de la U invertida.³⁵ Si presuponemos que la curiosidad siempre se intensifica con el aumento de la incertidumbre, en el caso de experimentar niveles de incertidumbre cada vez mayores, al final no habrá valores de la misma en los que la curiosidad empiece a menguar, lo que en última instancia dará lugar a aburrimiento e incluso ansiedad. En otras palabras, no hay curva en forma de U invertida. No obstante, este aspecto concreto se ha remediado fácilmente con una modificación relativamente sencilla del concepto inicial: no todas las observaciones subjetivamente incongruentes —no todas las incertidumbres, las dudas, ni todos los valores de la brecha de información— desembocan en la curiosidad. Si la brecha entre lo que se considera conocido y lo que se observa es muy pequeña, la disparidad no parece suficiente (al menos en algunos casos) para que nos tomemos siquiera la molestia, no digamos ya mostrar curiosidad. Si, en cambio, la brecha es enorme —niveles elevados de dudas o conflicto—, quizá aparezcan la confusión y la inquietud, y a lo mejor consideramos que esa brecha, en vez de generar curiosidad, es imposible de cerrar. Según esta interpretación, solo un nivel intermedio de incertidumbre puede crear y mantener cierto grado de curiosidad. Dicho de otra manera, no tenemos un especial interés en temas sobre los que lo sepamos casi todo o no sepamos prácticamente nada. Tendemos a mostrar interés

cuando sabemos bastante pero percibimos que queda mucho por aprender (desconocidos conocidos). Con este simple complemento, el modelo de la brecha de información explica la función de la U invertida.

Como ya describiré detenidamente en el capítulo 6, la expectativa (congruente con el modelo de la brecha de información y la forma en U invertida) de que una cantidad moderada de información incremente la curiosidad pero que demasiada información adicional la reduzca, se ha visto respaldada por un interesante experimento neurocientífico.

Pese a sus indiscutibles éxitos con algunos aspectos de la curiosidad, los restantes problemas del modelo de la brecha de información (incluso cuando se complementa con la característica de la U invertida) han empujado a diversos investigadores a recurrir a ideas distintas. En un intento por encontrar otras explicaciones de la curiosidad, los científicos cognitivos se pusieron a explorar la idea de que la curiosidad en sí misma es gratificante y está impulsada por la búsqueda de efectos placenteros de asombro e interés, y no por los desagradables de la privación y la falta de conocimiento.

Curioso sobre la curiosidad: amor intrínseco por el conocimiento

Si la curiosidad no es un medio para reducir el malestar asociado a la incertidumbre, o al menos no solo eso, ¿qué, o qué más, es? Según diversas investigaciones recientes en el campo de la psicología, la curiosidad acaso proporcione su propia recompensa,¹ es decir, tal vez sea una eficaz fuente de motivación por sí misma, una motivación intrínseca, sin estar controlada por ninguna presión externa o interna, y sin ningún premio aparente a excepción de la actividad propiamente dicha. Con arreglo a esta idea, la mente debe ser capaz de producir recompensas que asignen valor a la recogida de información y a la adquisición de conocimiento.

Este punto de vista tiene su origen en ciertos trabajos realizados a principios del siglo XX por psicólogos pioneros como J. Clark Murray y John Dewey. El concepto se basa en la simple observación de que buscar estímulos diferentes, personas interesantes e ideas nuevas e inesperadas parece ser una característica del ser humano. ¿Podemos imaginar un mundo sin exploración del universo externo o del yo interno? ¿Del microcosmos y el macrocosmos? Leonardo y Feynman no podían, sin duda. De hecho, el mismo año en que Loewenstein publicó su influyente modelo de la brecha de información, los psicólogos Charles Spielberger y Laura Starr propusieron un escenario de proceso dual/estimulación óptima.² Según su teoría (que, como el marco de Loewenstein, incorporaba algunas de las primeras nociones de Berlyne), se llega al *arousal* [activación] óptimo gracias a dos procesos en competencia. Los fenómenos novedosos, complejos o incongruentes suscitan un estado de curiosidad percibido como agradable y también una ansiedad aversiva.

Spielberger y Starr sugieren que, cuando la intensidad del estímulo externo, desencadenante, es baja, la curiosidad domina (junto con el deseo de explorar). En niveles moderados de intensidad del incentivo, la fusión de curiosidad elevada (agradable) y ansiedad moderada (desagradable) provoca exploración específica, esto es, una búsqueda de datos concretos. Por último, en caso de estímulos muy potentes, cuando vemos algo totalmente inesperado o muy confuso, el nivel de ansiedad llega a ser tan alto que suscita evitación total en vez de exploración.

El modelo de Spielberger y Starr reintrodujo (siguiendo a Berlyne) la idea de que es posible conceptualizar la curiosidad como una sensación positiva de interés y asombro. Quien haya visto alguna vez a un niño con los ojos brillantes mientras un mago aficionado hace demostraciones de sus trucos, seguramente aceptará este punto de vista. Spielberger y Starr, adoptando una postura que en cierto modo era diametralmente opuesta a la de Loewenstein, identificaron el estado desagradable provocado por la incertidumbre como «ansiedad» y no como «curiosidad». Como recordaremos, Loewenstein sugiere que la curiosidad actúa solo para aliviar el malestar ligado a una brecha de información. Su modelo da a entender que la búsqueda de información motivada por el mero interés no debería ser calificada como «curiosidad».

En pocas palabras, mientras para Loewenstein la curiosidad es como rascarse para aliviar el picor y la pasión por aprender es algo más, para Spielberger y Starr la curiosidad es el ansia de conocimiento, mientras la ambivalencia origina ansiedad, no curiosidad. No obstante, aquí lo importante es que ambas hipótesis se pueden someter a pruebas experimentales.

Como cabía suponer, el modelo de *arousal* óptimo de Spielberger y Starr también deja algunas preguntas sin respuesta. El problema surge con lo que se entiende por estado de *arousal* «óptimo», el cual lleva implícita la idea de que es una situación deseable. Sin embargo, en caso de existir un estado así, no queda claro por qué alguien querría resolver sus búsquedas, misterios o enigmas si ello reduce la experiencia positiva de la curiosidad a un nivel de *arousal*, o activación, inferior al óptimo.

Precisamente para evitar esta clase de problemas, y al mismo tiempo integrar varias ideas (a veces contradictorias) en un modelo exhaustivo, el psicólogo Jordan Litman,³ del Instituto de la Cognición Humana y de las Máquinas, sugirió en 2005 que la curiosidad tiene dos aspectos. Uno, que Litman denominaba «curiosidad-I», representa el interés (de ahí la «I») y el esfuerzo por adquirir conocimiento y conlleva experiencias emocionales agradables, mientras el otro, «curiosidad-P», deriva de la sensación de incertidumbre y privación (de ahí la «P») asociada a la falta de acceso a determinada información.

Debo hacer hincapié en que el modelo de Litman no pretende ser una manera de minimizar los riesgos. Litman señala con acierto que muchos sistemas motivacionales incluyen, en distintas circunstancias, emociones tanto agradables como desagradables. Por ejemplo, un anuncio de Doritos o películas como *El festín de Babette*, *Deliciosa Marta* o *Julie y Julia* pueden estimular el hambre, pues son celebraciones de una cocina exquisita. Por otra parte, uno acaso se dé cuenta de que tiene hambre por los retortijones del estómago vacío o por el deseo de darse un gusto cuando se siente ignorado. De modo similar, el deseo de tener relaciones sexuales puede deberse a una emoción agradable y espontánea hacia una pareja querida o a la privación generada por una larga ausencia, como el servicio militar en un país extranjero.

En otras palabras, según la conjetura de Litman, la curiosidad puede ser tanto la reducción de un estado aversivo como la inducción de un estado placentero de motivación intrínseca. El dominio de uno u otro dependerá del tipo de estímulo y tal vez de las diferencias individuales: por ejemplo, los latidos del corazón humano, que desencadenaron en Leonardo un torrente de curiosidad epistémica (el impulso a explorar) por la cual llenó innumerables páginas de notas, en los que apenas reparaban siquiera muchos de sus contemporáneos. Del mismo modo, no recordar los nombres de los alumnos que se sentaban a su lado en la escuela secundaria puede poner a unos de los nervios y a otros dejarlos del todo indiferentes. Igualmente, ver en el zoo un animal raro tal vez suscite cierta curiosidad perceptual en algunos visitantes (mirarán el cartel que identifica el animal) y curiosidad epistémica en otros (leerán a fondo al respecto en casa).

Esta idea general de que la curiosidad no representa un proceso único sino que consta de un conjunto de mecanismos⁴ ha sido analizada posteriormente por un equipo de investigadores dirigido por Jacqueline Gottlieb, de la Universidad de Columbia, Celeste Kidd, de la Universidad de Rochester, y Pierre-Yves Oudeyer, del Instituto Francés para la Investigación en Informática y Automatización. Según ellos, la importancia que damos a los distintos componentes y formas de la curiosidad depende tanto del suceso o tema estimulante como de los individuos propiamente dichos (su base de conocimientos, sus tendencias y sus características cognitivas). Como veremos en el capítulo 6, diversos resultados recientes de la neurociencia respaldan una situación hipotética en la que diferentes tipos de curiosidad implican a diferentes regiones cerebrales.

Como he señalado, las diferencias individuales con respecto a la curiosidad pueden ser enormes. Mientras Leonardo y Feynman, por ejemplo, mostraban curiosidad por casi todo, hay personas con muy pocos intereses fuera de su trabajo. Normalmente, estas diferencias se han estudiado sobre todo en el contexto de un rasgo general denominado «apertura a la experiencia»,⁵ considerada una de las «Cinco Grandes» dimensiones de la personalidad humana. En psicología, estos Cinco Grandes atributos de la personalidad son la apertura a la experiencia, la diligencia, la extroversión, la complacencia y la neurosis⁶ [en inglés forman el acrónimo OCEAN: *openness to experience, conscientiousness, extroversion, agreeableness, neuroticism*]. De estas cinco características, la apertura a la experiencia es la que, por lo visto, abarca la curiosidad intelectual y la preferencia por la novedad y la exploración, aun cuando la definición precisa de *apertura* es un tanto discutible. En términos generales, las personas con una apertura elevada no solo muestran más curiosidad sino que también saben apreciar más determinadas cosas, como las formas complejas del arte. Tienen una mayor capacidad para pensar en términos abstractos.

Aunque aceptemos la muy razonable idea de que la curiosidad (en sus diferentes manifestaciones) supone tanto una privación inducida por la incertidumbre como una anticipación de la recompensa estimulada por un esfuerzo intrínseco por alcanzar conocimiento, muchas cosas siguen siendo desconocidas. ¿Qué hace exactamente el cerebro para poner en valor el

conocimiento y su adquisición? ¿Cuál es la estrategia mental (caso de haber alguna) que subyace a la búsqueda de información y la exploración? Por ejemplo, sabemos que el ruido blanco en la pantalla de un televisor cuando no hay transmisión contiene una cantidad de información inmensa. Sin embargo, no conozco a nadie que se haya sentido fascinado por estos puntos de luz parpadeantes y el siseo que los acompaña. ¿Cuál es el proceso a lo largo del cual la mente humana criba toda la información que nos bombardea y decide qué ha de ser objeto de nuestra curiosidad?

Los científicos cognitivos están intentando averiguar si la conducta inducida por la curiosidad tiene algún plan estratégico u objetivo final.

Explorar todas las opciones

Además de la experiencia cotidiana, numerosos estudios ponen de manifiesto que los individuos exhiben una conducta exploratoria —parte de lo que normalmente entendemos por curiosidad— incluso en ausencia de recompensa económica⁷ o de cualquier otra gratificación externa obvia. Según la opinión común, las actividades en que suele concentrarse la gente siguen un patrón: evitan desafíos que sean o bien demasiado fáciles, y por tanto se perciban como aburridos, o bien demasiado difíciles, y que, por tanto, parezcan intimidatorios y frustrantes. Así pues, ¿cómo canalizan las personas su curiosidad y cómo organizan su exploración si son libres para elegir entre un gran número de caminos y opciones? Como sabemos, muchas actividades pueden conducir a callejones sin salida cognitivos o a situaciones incomprensibles. Por ejemplo, un niño no debe elegir el *Ulises* de James Joyce como primera lectura, y una niña interesada en saber cómo funciona el cerebro no debería empezar con la neurocirugía.

La neurocientífica Jacqueline Gottlieb⁸ y sus colaboradores llevaron a cabo un nuevo y fascinante experimento en que analizaban la cuestión de si el cerebro cuenta con alguna estrategia universal para guiar la curiosidad en una exploración sin desarrollo preestablecido y motivada de forma intrínseca. Los

investigadores pidieron a 52 personas (29 mujeres y 23 hombres) que dijeran qué juego corto de ordenador preferían. Había dos grupos entre los que escoger, y la dificultad de los juegos variaba dentro de cada grupo.

Los resultados fueron sorprendentes. Gottlieb y sus colegas observaron que, pese al hecho de que no había guía externa ni recompensa tangible, los participantes organizaban espontáneamente su exploración con arreglo a un patrón coherente. Primero, eran sensibles a la dificultad de las tareas: empezaban concienzudamente con los juegos más fáciles y avanzaban hacia los más difíciles. Segundo, estaban interesados en explorar todas las opciones disponibles: probaban la totalidad de los juegos, incluidos los que básicamente era imposible llegar a dominar por su complejidad. Tercero, tendían a repetir los de dificultad moderada a alta. Por último, a los participantes les gustaba la novedad, que inyectaban en la experiencia al seleccionar juegos nuevos, pero también preferían juegos de un nivel de dificultad con el que ya estuvieran familiarizados.

Estos hallazgos tienen interesantes consecuencias para la naturaleza de la curiosidad epistémica (el anhelo de conocimiento). En primer lugar, el hecho de que los participantes explorasen incluso las tareas más exigentes y experimentasen con secuencias novedosas da a entender que las personas sí buscan conocer todo el panorama accesible de alternativas: tratan de incrementar y codificar mentalmente sus conocimientos y aumentar su capacidad para hacer predicciones fiables sobre oportunidades nuevas. Esta característica ha sido denominada «motivación intrínseca basada en el conocimiento»,⁹ y su importante cometido consiste en ayudar a reducir los errores de predicción. Un estudiante de secundaria que revisa información sobre varias universidades antes de decidirse por una está impulsado por la motivación intrínseca basada en el conocimiento. Al mismo tiempo, los otros dos hallazgos —que los participantes repetían juegos exigentes y seleccionaban secuencias novedosas solo en juegos en los que hubieran tenido un buen desempeño— sugieren un deseo inherente de destacar mediante la práctica. Es lo que se conoce como «motivación intrínseca basada en la capacidad».

Los resultados de Gottlieb nos brindan unas cuantas percepciones importantes sobre cómo funciona la curiosidad epistémica en circunstancias sin desarrollo preestablecido. Tal vez el hallazgo más sorprendente sea que, incluso sin pistas, sugerencias o directrices, las personas tienden a seguir un camino similar. En lo referente a su plan estratégico, la curiosidad epistémica parece apuntar a dos objetivos: actuar como motivador para que entendamos los límites de las opciones potenciales y, aún más importante, maximizar el conocimiento y la competencia.

Al ser Gottlieb uno de los sorprendentemente pocos investigadores cuyo trabajo se centra sobre todo en la curiosidad, como es lógico tuve ganas de saber por qué le había atraído este tema.

—Comencé intentando comprender los mecanismos de la atención —me explicó—, y después me sentí empujada hacia la curiosidad desde dos direcciones distintas. Primero, partiendo de consideraciones conductuales, estaba interesada en el papel desempeñado por la atención en la dirección de nuestra conducta.

—¿Qué quieres decir exactamente? —pregunté.

—La mayoría de los estudios que siguen los movimientos de los ojos como indicadores de la atención, por ejemplo, piden a los participantes que se fijen en algo como un cuadrado rojo o una pantalla, y a continuación los investigadores analizan el modo en que esta atención dirigida modifica cosas como los tiempos de reacción. Sin embargo, por lo general no estudian cómo se toman las decisiones reales, o sea, por qué algo es digno de atención. —Tras una breve pausa, prosiguió—: Así pues, decidí que debíamos investigar la lógica que orienta este tipo de selección. Por ejemplo, a menudo seleccionamos en relación con una recompensa esperada. Esto se conoce como «conducta dirigida a objetivos». No obstante, todavía hay muchas cosas que despiertan nuestro interés y no prometen recompensas obvias. Aquí es donde aparece la curiosidad. —Entonces añadió—: Yo quería saber qué proceso está implicado en la curiosidad, qué nos induce a *aprender* aun cuando no sepamos cuáles van a ser las consecuencias concretas de este aprendizaje.

—¿Y cuál es la segunda cosa que te condujo hacia la curiosidad?

Gottlieb se echó a reír.

—Ya veo que no te habías olvidado de lo otro. Era algo derivado de la neurociencia. Yo quería saber qué áreas de la corteza cerebral [la capa externa de tejido nervioso del cerebro, fundamental para la conciencia] seleccionan los estímulos a los que se prestará atención. Existen numerosos modelos de respuestas cerebrales, que de nuevo suelen explicar situaciones en las que los individuos tienen en mente un objetivo o una recompensa. Igual que en el caso conductual, yo estaba más interesada en estas selecciones «independientes del objetivo». De modo que acabé en la curiosidad desde el aspecto conductual y desde la neurociencia.

Como yo aún tenía curiosidad sobre la trayectoria seguida por Gottlieb hasta la investigación científica, pregunté:

—¿Había en tus antecedentes algo que, a tu juicio, influyó en tu decisión de ser científica?

—Básicamente, me parece que es la ocupación en la que mejor puedo desarrollar mis aptitudes. En el instituto quería ser pianista, pero luego comprendí que mis dotes de pianista estaban más o menos en un nivel medio, y que me resultaría muy difícil dejar huella. Después, mientras estudiaba en el MIT, descubrí que poseía cierta capacidad natural para llevar a cabo trabajo analítico. Me encantan la creatividad y la libertad que acompañan a la ciencia. Toleró muy mal el aburrimiento, y la ciencia es una disciplina en la que siempre se plantean nuevos retos. —Y tras un breve silencio, añadió—: Lo que más alegría me da es aprender algo nuevo.

Esto es precisamente lo que define a una persona curiosa desde el punto de vista intelectual.

Gottlieb realizaba sus experimentos con adultos. En los círculos científicos, se solía bromear con el hecho de que todos los participantes en experimentos de psicología eran siempre universitarios de primero o segundo año, por lo que los hallazgos y resultados eran aplicables solo a ese sector demográfico. En los últimos años, no obstante, se ha prestado mucha más atención a esas diminutas «máquinas de curiosidad» —niños pequeños, incluso bebés— en un intento por averiguar si la curiosidad manifestada por los bebés y los niños es parecida a la observada en los adultos. ¿Las distintas clases de curiosidad —perceptual, epistémica, diversiva y específica— permanecen estables a lo largo de la vida o cambian con la edad? Aunque

todavía no contamos con estudios longitudinales en los que se compare directamente a los niños con los adultos, las investigaciones de las dos últimas décadas están describiendo una situación más coherente de la curiosidad en los pequeños. A continuación, vemos unos cuantos ejemplos de experimentos convincentes en esa área fascinante.

De la boca de los bebés

Si has visto alguna vez a un bebé de diez meses jugando con una bola de cuentas Shake y Rattle, habrás comprobado que la menea de un lado a otro, se la pone en la boca, la golpea contra el suelo e intenta separar algunos de los coloridos trozos. Esto puede durar unos minutos, hasta que entrevé cerca un libro de cartón. Tras centrar la atención en el objeto nuevo, se lo pone en la boca y luego intenta con torpeza pasar las gruesas páginas una a una. ¿A qué obedece la curiosidad del niño?

Laura Schulz es científica cognitiva del Laboratorio de Cognición en la Primera Infancia del MIT. Ella y sus colaboradores se han pasado la última década o así tratando de «averiguar cómo aprenden los niños tan deprisa a partir de tan poco».¹⁰ De hecho, en el espacio de apenas unos meses, los niños aprenden un diverso surtido de destrezas motoras, reconocen a sus padres y comienzan a interaccionar y comunicarse de muy variadas maneras. Los mecanismos atencionales de los bebés deben seleccionar de algún modo, en su entorno inmediato y bastante complejo, los elementos gracias a los cuales su proceso de aprendizaje es eficiente y manejable. Schulz y otros científicos cognitivos se proponen descubrir cómo se las ingenian los niños para «extraer conclusiones a partir de datos ruidosos y dispersos».

Contamos con numerosas pruebas, gran parte de ellas procedentes de innovadores experimentos llevados a cabo por Elizabeth Spelke,¹¹ psicóloga de Harvard, de que los bebés inician su vida con unos cuantos métodos heurísticos sencillos, o maneras de resolver problemas por su cuenta, que guían su exploración inicial. Spelke estudia a los bebés porque «las mentes adultas están ya demasiado llenas de hechos», me dijo en una conversación telefónica. «Es mejor determinar lo que sabemos al nacer.» Para penetrar en la

mente de los bebés, reconocía que la cantidad de tiempo que estos pasan mirando las cosas es un excelente indicador de lo que suscita su curiosidad. Por ejemplo, el inicio del movimiento atrae su mirada, lo mismo que las áreas caracterizadas por un contraste elevado o los rostros humanos. Todo esto tiene un gran valor informativo. Detectar el movimiento es una necesidad evolutiva evidente para la supervivencia, y el contraste ayuda a distinguir objetos específicos y a reconocer su forma. Además, los bebés saben que si tiran de la pierna de una muñeca, el resto de la muñeca también cede: todas las partes de un objeto concreto se mueven juntas. Saben también que los objetos sólidos no pueden atravesar otros objetos sólidos, y tienen un sentido innato del número¹² y la geometría del espacio circundante.¹³ La inclinación por las caras humanas es parte integrante de las destrezas sociales en desarrollo, de las relaciones personales afectuosas y a la larga de la capacidad lingüística. Spelke y sus colegas,¹⁴ Katherine Kinzler y Kristin Shutts, han observado asimismo que los bebés muestran una clara preferencia social por las personas que hablan una lengua, y con un acento, que ya les resulte familiar. Se advirtió que esto se cumplía tanto en los niños norteamericanos como en los sudafricanos, a pesar de que los segundos viven en un entorno lingüístico más diverso.

Las pruebas de condicionamiento, en las que los bebés han de prever sucesos repetidos y reaccionar ante ellos, ponen de manifiesto que estos también buscan información que les ayude a generar estrategias predictivas. Pero ¿podemos denominar «curiosidad» a estas primeras señales de tendencia atencional? Esto depende de la descripción precisa del término. Según la definición amplia que he adoptado antes de iniciar la discusión («apetito de información»), estos métodos heurísticos de los bebés desde luego se consideran expresiones de curiosidad, al igual que las reacciones ante juegos como el cucú o la canción infantil *Pop! Goes the Weasel* [Aúpa, dice la comadreja]. No obstante, cabría argumentar acertadamente que esta definición abarca todo lo que pasa desde el momento en que abrimos los ojos por primera vez, no solo las situaciones en que nos mostramos de veras curiosos. Por tanto, si para que algo se denomine «curiosidad» insistimos en que ha de incluir un conocimiento claro de los estados de información inicial y de la deseada, estas conductas tempranas, de bajo nivel atencional, no se pueden

considerar curiosidad. En todo caso, puede que sean sus precursoras. Sea como fuere, si estamos interesados en la curiosidad más allá de los métodos heurísticos innatos, ¿cómo seleccionan los niños los temas a los que dirigirán su curiosidad durante el período en el que su percepción mental del mundo está evolucionando?¹⁵

En varios experimentos llevados a cabo en la Universidad de Rochester con bebés de siete y ocho meses, Celeste Kidd y sus colaboradores midieron la atención visual de los niños a secuencias de acontecimientos de complejidad diversa que aparecían en una pantalla.¹⁶ Los investigadores descubrieron que la probabilidad de que los bebés apartaran la vista, revelando falta de interés, era máxima en el caso de las secuencias cuya complejidad era o bien muy baja, o bien muy elevada. En otras palabras, los científicos identificaron un «efecto Ricitos de Oro»: los bebés dirigían su curiosidad a secuencias que no eran demasiado simples ni demasiado complejas (una preferencia tipo U invertida). Recordemos que se observaba el mismo efecto en los experimentos de Gottlieb con estudiantes entretenidos con juegos de ordenador.

Los resultados de Kidd parecen dar a entender que el cerebro de un bebé adopta una estrategia que le permite no desperdiciar valiosos recursos cognitivos en fenómenos complejísimos o de fácil predicción. Esta interpretación sugiere que, incluso en los bebés, la curiosidad depende del estado inicial del conocimiento y de las propias expectativas, y que actúa para intensificar al máximo el aprendizaje y la capacidad codificadora.

Una serie distinta de experimentos en el MIT pone de relieve otro aspecto interesante de la curiosidad infantil, según el cual los niños, como los adultos, organizan sus juegos y exploraciones con el objetivo de reducir la incertidumbre y desvelar las verdaderas causas de los fenómenos. Esto quedó demostrado en un sencillo experimento del tipo «caja sorpresa»,¹⁷ diseñado por las científicas cognitivas Laura Schulz y Elizabeth Bonawitz. Los investigadores mostraban a varios niños de preescolar una caja roja con dos palancas. Cuando un investigador y un niño movían hacia abajo simultáneamente una palanca cada uno, aparecían dos pequeñas marionetas en el centro mismo de la parte superior de la caja. Era imposible saber qué palanca provocaba que surgiera una u otra marioneta, ni siquiera si solo una

palanca hacía salir las dos. Por tanto, la evidencia era *confusa*. Los investigadores repitieron el experimento con un segundo grupo de niños, pero esta vez las condiciones se confundieron adrede: o bien el niño y el científico bajaban la palanca por turnos, o bien el científico explicaba al niño cómo actuaba cada palanca por separado. Así pues, en este caso el niño era capaz de decir con precisión qué palanca accionaba cada muñeco. Tras la demostración a ambos grupos, los investigadores introdujeron una caja nueva, amarilla, y dejaron que los niños jugaran solos. Los resultados fueron realmente asombrosos. Los niños del grupo de la «evidencia confusa» solían continuar explorando la caja roja hasta que averiguaban su funcionamiento. Los niños del grupo «no confuso» mostraban la esperada preferencia por la novedad y de inmediato dirigían la atención a la caja amarilla nueva.

Lo que estos resultados y los de otros experimentos parecen sugerir es que, en los niños, la curiosidad suele estar relacionada con la maximización del aprendizaje¹⁸ y con el descubrimiento de las relaciones causales que rigen en su entorno.¹⁹ Dicho de otro modo, los niños buscan la manera de explicarlo todo paso a paso. No obstante, si esta deducción es acertada también contribuye a una clara e interesante predicción: la curiosidad de los niños debería ser especialmente suscitada por la exploración —y centrarse en ella— de las situaciones en las que ven frustradas sus expectativas. Se puede evaluar esta predicción examinando el modo en que la exploración y el aprendizaje resultan afectados cuando la evidencia observada contradice creencias previas.

Bonawitz, Schulz y sus colegas intentaron hacer precisamente esto mediante una serie de estudios exhaustivos. En un experimento minuciosamente planificado, los investigadores pidieron a varios niños que inspeccionaran nueve bloques *asimétricos* de poliestireno que se pudieran estabilizar en una barra de equilibrio.²⁰ En una tarea inicial de «clasificación según creencia», los investigadores observaron detenidamente si los niños estaban intentando equilibrar los bloques en su centro *geométrico*, en mitad del bloque, o en su *centro de masa* percibido, más cerca del extremo más pesado (figura 17). Los experimentadores agarraban el bloque justo antes de que el niño pudiera colocarlo de forma estable en la base, de modo que no tenía la oportunidad de ver si el bloque estaba realmente equilibrado o no. De

esta manera, los investigadores formaron un grupo de niños (cuya edad promedio era de seis años y diez meses) con una tendencia previa conocida hacia el centro geométrico como punto de equilibrio, y un grupo de niños algo más mayores y experimentados (cuya edad promedio era de siete años y cinco meses) con una creencia previa de que el punto de equilibrio era el centro de masa. También había un grupo de niños más pequeños (con una edad promedio de cinco años y dos meses) que no contaban con «teoría» previa sobre el punto de equilibrio y, por tanto, tendían a equilibrar los bloques simplemente recurriendo al método de ensayo y error.

Condición del centro de masa



Creencia que concuerda con un teórico de la masa



Creencia que le choca a un teórico del centro

Condición del centro geométrico



Creencia que concuerda con un teórico del centro



Creencia que le choca a un teórico de la masa

Figura 17

En la segunda fase, a todos los grupos se les mostraban bloques que parecían estar en perfecto equilibrio sobre la barra. Sin embargo, fue entonces cuando las cosas empezaron a ponerse interesantes. Los niños con teorías del «centro geométrico» y del «centro de masa» a quienes se habían mostrado configuraciones equilibradas, idénticas, exploraban los bloques de manera distinta, en función de sus creencias anteriores. Cuando a los niños se les enseñaba un bloque equilibrado en su centro de masa (algo que les parecía coherente a los «teóricos» del centro de masa pero contravenía las creencias de los «teóricos» del centro geométrico), quienes veían cuestionada su convicción se pasaban más tiempo explorando el bloque, mientras los otros preferían examinar un juguete nuevo. El comportamiento de los dos grupos con teorías previas cambió radicalmente cuando el bloque se equilibró en su centro geométrico. Los niños sin teoría previa preferían siempre el elemento nuevo, no sometido a prueba, con independencia de las evidencias que se les hubieran mostrado.

En varios experimentos afines, los investigadores explicaron a los niños que, en realidad, los bloques equilibrados con precisión estaban fijos en el sitio gracias a un imán. Las reacciones de los diferentes grupos fueron de nuevo interesantes. Tanto el grupo del centro geométrico como el del centro de masa se valieron del elemento nuevo —el imán— para intentar explicar el hecho, pero solo en aquellos casos en que sus creencias previas no habían concordado con las observaciones nuevas. Es decir, los teóricos del centro geométrico que veían el bloque equilibrado en su centro de masa llegaron a la conclusión de que ello se debía solo a que el bloque estaba ahí sujeto por el imán. Pasaba lo mismo con los partidarios del centro de masa a quienes se mostraba un bloque equilibrado en su centro geométrico. Además, en experimentos en los que no se reveló la presencia del imán, los niños se sirvieron del nuevo dato del bloque equilibrado —que contravenía su creencia— como fuerza motivadora para replantearse sus predicciones y revisarlas. No se sentían empujados a cambiar sus creencias si disponían de una explicación auxiliar (en este caso, la existencia del imán).

En general, lo que surge de todos los estudios con niños es una imagen en la que los componentes de la curiosidad dirigidos a lo novedoso o inusual y a la implicación de estímulos estrictamente placenteros (en otras palabras,

curiosidad diversiva y perceptual) a veces van por detrás del deseo de maximizar el aprendizaje, de comprender causa y efecto, de descubrir la estructura del mundo y de disminuir los errores de predicción (esto es, la curiosidad epistémica).

Según diversas investigaciones, antes de los nueve meses, los bebés, aunque son muy hábiles a la hora de manejar objetos y llevárselos a la boca, distinguen entre conocido y desconocido y están muy alerta a imágenes y sonidos, casi nunca muestran interés por los deseos y las intenciones de nadie. Sin embargo, en un espacio muy corto de tiempo, los bebés desarrollan un nuevo tipo de relación mental con el mundo exterior, que acaba teniendo para ellos un interés primordial.

Una serie de experimentos con 1.356 hombres y 1.080 mujeres de edades comprendidas entre 17 y 92 años han revelado que la búsqueda de novedad (y de modo más general, quizá, algunos aspectos de la curiosidad perceptual y diversiva) tiende a disminuir con la edad, mientras que al parecer la curiosidad específica y epistémica permanece estable en la edad adulta, incluso en la vejez.²¹ Dicho de otra forma, ser «infóvoros» y *querer* aprender es una característica constante de los seres humanos, pero tanto la disposición a asumir riesgos en la búsqueda de novedad, emoción o aventura como la capacidad de sorpresa menguan a medida que nos hacemos mayores.

Los científicos cognitivos y los psicólogos intentan descifrar las complejidades del funcionamiento de la mente humana cuando mostramos curiosidad. No obstante, nuestro conocimiento de la curiosidad no será completo sin una comprensión complementaria de los procesos fisiológicos asociados que tienen lugar dentro del cerebro humano.

Curioso sobre la curiosidad: neurociencia

Desde principios de la década de 1990, los neurocientíficos han añadido a su arsenal investigador una eficiente herramienta nueva que les permite literalmente *representar* la curiosidad en acción en el cerebro. Las imágenes de resonancia magnética funcional¹ (IRMf) constituyen un procedimiento que permite a los investigadores examinar qué regiones cerebrales se activan durante determinados procesos mentales. La técnica se basa en el hecho de que cuando un área concreta del cerebro se utiliza de manera intensiva, la energía requerida para la actividad neural se traduce en un incremento del flujo sanguíneo a esa región. Por tanto, el cerebro en funcionamiento se puede cartografiar con todo detalle tomando instantáneas de los cambios en el flujo sanguíneo,² mediante el contraste BOLD (*blood-oxygen-level dependent*, dependiente del nivel de oxígeno de la sangre), basado en el hecho de que la sangre oxigenada tiene unas propiedades magnéticas distintas de las de la sangre desoxigenada y que se pueden obtener imágenes de la diferencia relativa. Si las combinamos con investigación cognitiva suplementaria, las IRMf añaden una nueva dimensión a los estudios sobre la curiosidad. Algunos experimentos neurocientíficos han sido especialmente innovadores y han influido mucho en los avances de nuestro conocimiento acerca de los fundamentos neurofisiológicos de la curiosidad.

«Jeopardy!»* en el cerebro

En una investigación fundamental de 2009,³ los investigadores de Caltech, Min Jeong Kang, Colin Camerer y sus colegas, utilizaron las IRMf con el fin de identificar las vías neurales de la curiosidad. Los científicos llevaron a cabo un ensayo en el que escanearon el cerebro de 19 personas con IRMf mientras les formulaban 40 preguntas aleatorias. Las preguntas, sobre diversos temas, se habían seleccionado especialmente para crear una mezcla diversa de curiosidad específica-epistémica alta y baja, es decir, interés en conocimientos específicos. Dos de las preguntas eran estas: «¿Qué instrumento se inventó para que sonara igual que el canto humano?» y «¿Cuál es el nombre de la galaxia a la que pertenece la Tierra?». Se pedía a los participantes que leyeran una pregunta de manera secuencial, se figurasen la respuesta (si realmente no la sabían), calificaran su curiosidad para averiguar la respuesta correcta e indicaran hasta qué punto confiaban en su conjetura. En la segunda fase, cada participante veía la pregunta de nuevo, seguida inmediatamente de la respuesta correcta. (Por si a alguien le interesa, la primera es el violín, y la segunda, la Vía Láctea.) Se observó que la curiosidad manifestada era una función de la incertidumbre con forma de U invertida.

Las IRMf ponían de relieve que, en respuesta a la elevada curiosidad autodeclarada, entre las regiones cerebrales activadas de manera significativa se incluían el núcleo caudado izquierdo y la corteza prefrontal lateral (CPFL), áreas de las cuales sabemos que se activan en la previsión de estímulos gratificantes⁴ (figura 18). Esta anticipación es la clase de sensación que tenemos antes de que se levante el telón y se represente una obra que hace tiempo que queríamos ver. También se ha observado que el núcleo caudado izquierdo se activa durante una donación caritativa o como reacción al castigo de conductas indebidas, percibidos ambos actos como gratificantes. En consecuencia, los hallazgos de Kang y sus colegas concordaban con la idea de que la curiosidad epistémica —o sea, el ansia de conocimiento— provoca la expectativa de un estado de recompensa, lo cual indica que la adquisición de conocimiento e información tiene valor en nuestra mente. De todos modos, sorprende un tanto que en el experimento de Kang y sus colegas, la estructura cerebral conocida como «núcleo *accumbens*», que por lo visto desempeña un papel fundamental en los circuitos de recompensa y placer (y es una de las regiones más fiablemente activadas en la previsión de recompensas), no se

activaba. Los investigadores observaron asimismo que cuando se revelaba a los participantes la respuesta correcta, las regiones cerebrales activadas de manera significativa eran las tradicionalmente relacionadas con el aprendizaje, la memoria y la comprensión y producción lingüística (como la circunvolución frontal inferior, CFI). Se advirtió en particular que las activaciones eran más fuertes cuando a los participantes se les enseñaban las respuestas a preguntas sobre las que antes habían hecho conjeturas erróneas que cuando esas conjeturas habían sido acertadas. También recordaban mejor las respuestas correctas cuando al principio se habían equivocado. Según un estudio conductual posterior, una curiosidad mayor en la primera sesión guardaba correlación con un mejor recuerdo de respuestas sorprendentes incluso diez días después. Tal vez cabía esperar este resultado, pues la información se considera más valiosa y la capacidad de aprendizaje es mayor cuando se corrige un error (con respecto a los temas sobre los que uno siente realmente curiosidad). Por otro lado, era en cierto modo desconcertante el hecho de que la revelación de la respuesta correcta no activara de manera apreciable otras regiones cerebrales de las que se sabe que reaccionan ante la recepción de una recompensa.

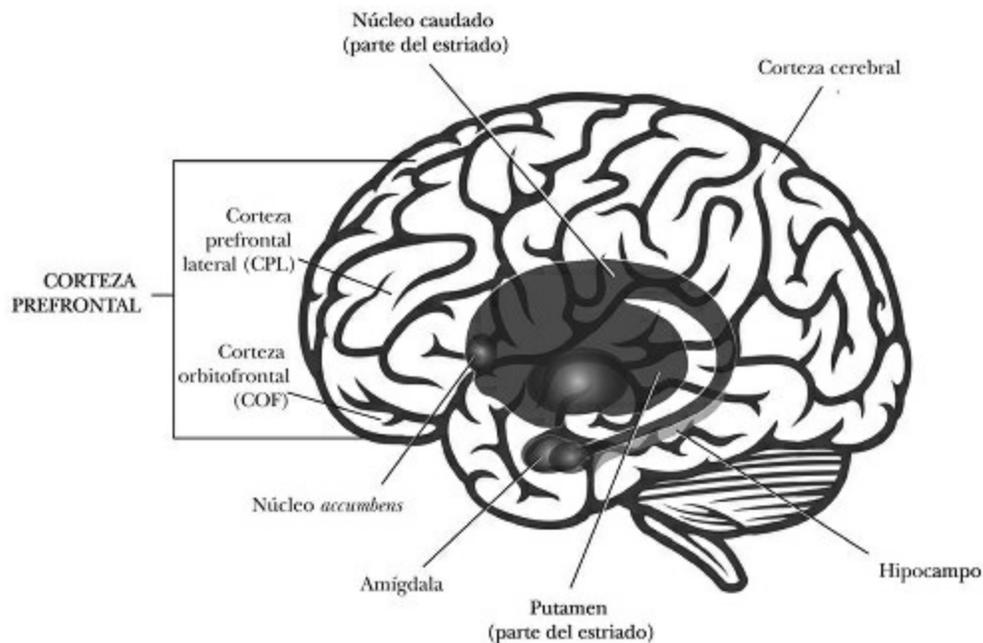


Figura 18

Conviene no olvidar que hay una incertidumbre que casi inevitablemente fastidia a todos los estudios con neuroimágenes. Aunque las IRMf pueden en efecto cartografiar las regiones cerebrales que están activas cuando se induce al menos alguna forma de curiosidad epistémica (y, como acabamos de ver, se observó que estas regiones eran las relacionadas con la expectativa de recompensa), estas mismas regiones (como el núcleo caudado izquierdo y la CPFL) se activan también en el caso de otras funciones cerebrales. Por consiguiente, la deducida conexión entre curiosidad y previsión de la recompensa habría sido bastante endeble si no hubiera sido por las pruebas fehacientes derivadas de la psicología cognitiva.

Para reforzar más sus hallazgos, Kang y sus colaboradores llevaron a cabo otro ensayo cuya finalidad era permitir la distinción entre la verdadera expectativa de la recompensa y la simple función de incrementar la atención (que en experimentos anteriores también se había observado que activaba el núcleo caudado izquierdo). El nuevo experimento tenía dos componentes. En uno de ellos, los investigadores permitían a los participantes, en cualquier momento, utilizar una de 25 fichas para encontrar la respuesta correcta a una de las 50 preguntas (se añadieron 10 a las 40 originales). Como el número de fichas equivalía solo a la mitad de las preguntas, la consecuencia era que al gastar una ficha en una respuesta concreta, los participantes optaban por renunciar a otra. En una segunda versión del experimento, podían decidir si esperaban entre cinco y veinticinco segundos a que apareciera la respuesta, o podían dejar de esperar y saltar a la pregunta siguiente, con lo cual se perdían la respuesta correcta a la pregunta precedente. Ambas acciones (gastar una ficha o esperar una respuesta) tenían un coste determinado, en recursos o en tiempo. Los resultados ponían de manifiesto que gastar fichas o tiempo guardaba una correlación clara con la curiosidad expresada. Esta conclusión fortalecía considerablemente la interpretación de la curiosidad como una previsión de recompensa, pues las personas suelen ser más propensas a invertir (tiempo o dinero) en cosas o acciones de las que esperan sacar algún provecho.

En conjunto, pese a las incertidumbres que quedan, el innovador trabajo de Kang y sus colegas sí dio a entender que la curiosidad específica-epistémica está vinculada a la expectativa de información que se considera

una recompensa. Los hallazgos adicionales, que ponían de manifiesto un fortalecimiento de la memoria como respuesta al hecho de ser al principio curioso pero estar equivocado,⁵ indicaban que la curiosidad aumenta la capacidad para aprender. Como analizaré después con más detalle, este hallazgo quizá procure importantes ideas para mejorar los métodos de enseñanza y comunicar la información con mayor eficacia.

No obstante, por revolucionario que fuera el trabajo de Kang y sus colaboradores, dejaba muchas preguntas sin respuesta. En concreto, este estudio se ocupaba solo de un tipo de curiosidad —específica-epistémica—, la que se prevé que será provocada por ciertos catalizadores basados en el conocimiento, como las preguntas de trivio. ¿El estímulo de la novedad, la sorpresa o el simple deseo de evitar el aburrimiento suscitan una respuesta similar del cerebro? ¿La respuesta depende de la forma del estímulo? Por ejemplo, ¿los procesos cerebrales correspondientes a la curiosidad cuando examinamos una imagen son los mismos que cuando leemos un texto? En un estudio publicado en 2012 se intentó abordar algunas de estas interesantes cuestiones.

Imágenes borrosas

Escanear el cerebro de una persona mientras se muestra curiosa es un experimento apasionante, sin duda. Pero ¿cómo le pedimos exactamente a alguien que tenga curiosidad? Incluso solicitar que los participantes califiquen su curiosidad (pongamos en una escala 1-5) introducirá cierta cantidad de ambigüedad subjetiva, desde luego. La científica cognitiva Marieke Jepma,⁶ de la Universidad de Leiden de los Países Bajos, y su equipo usaron un método diferente del de Kang y sus colegas para despertar la curiosidad de los participantes en su estudio. En concreto, Jepma decidió centrar su atención en la curiosidad *perceptual*: el mecanismo accionado por objetos o fenómenos nuevos, sorprendentes o ambiguos. La idea consistía en avivar los rescoldos de la curiosidad con estímulos equívocos, susceptibles de muchas interpretaciones. A tal fin, los investigadores escanearon (mediante IRMf) el cerebro de 19 participantes a quienes enseñaron imágenes borrosas de varios

objetos comunes, como un autobús o un acordeón, difíciles de identificar debido a la poca nitidez. Para manipular el desencadenante y la satisfacción de la curiosidad perceptual, Jepma y sus colegas se valieron ingeniosamente de cuatro combinaciones diferentes de imágenes claras y borrosas (la figura 19 ilustra el conjunto de combinaciones): una imagen borrosa seguida por su correspondiente imagen clara; una imagen borrosa seguida por una imagen clara sin relación alguna; una imagen clara seguida por su correspondiente imagen borrosa; y una imagen clara seguida por una imagen clara idéntica. En consecuencia, los participantes jamás sabían qué esperar o si su curiosidad sobre la identidad del objeto se vería satisfecha.

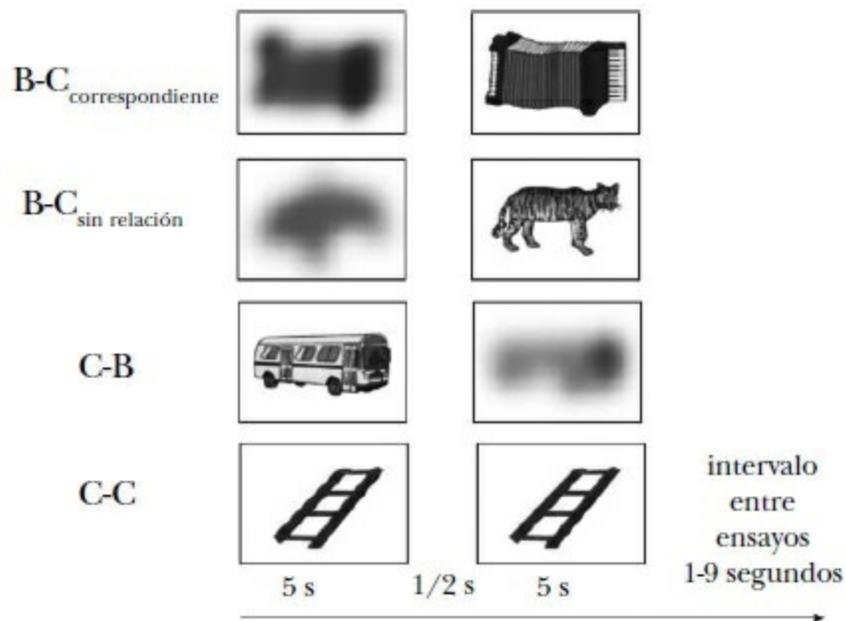


Figura 19

Como el estudio de Jepma era uno de los primeros experimentos que intentaban demostrar los correlatos neurales de la curiosidad perceptual, se creía que los resultados generarían gran interés, y lo cierto es que no decepcionaron. En primer lugar, Jepma y sus colaboradores descubrieron que la curiosidad perceptual activaba regiones cerebrales⁷ de las que se conoce su sensibilidad a circunstancias desagradables (aunque no en exclusiva). Esto

concordaba con expectativas derivadas de la teoría de la brecha de información: al parecer, la curiosidad perceptual producía una sensación negativa de necesidad y privación, algo parecido al ansia.

Segundo, los investigadores observaron que la satisfacción de la curiosidad perceptual activaba circuitos de recompensa conocidos.⁸ Estos hallazgos encajaban de nuevo con la idea de que la mente percibe como gratificante el final del estado angustiado que caracteriza la curiosidad perceptual —gracias a contar con la información deseada—, o al menos la disminución de su intensidad. Dicho de manera simplista, ser curioso desde el punto de vista perceptual es parecido a estar privado de algo, sentirse en conflicto o tener ansia. Satisfacer la curiosidad es comparable a tener buena comida, buen vino y buen sexo.

Jepma y sus colaboradores desvelaron un tercer hecho interesante: la inducción y la reducción de la curiosidad perceptual servían para incrementar la memoria incidental (recuerdos formados sin intento real), e iban acompañadas de la activación del hipocampo (figura 18), estructura cerebral de la que conocemos su relación con el aprendizaje. Este descubrimiento brindó un respaldo adicional a la conjetura de que despertar la curiosidad es una estrategia eficiente no solo para motivar la exploración, sino también para reforzar el aprendizaje.

Las diferencias, más que las semejanzas, entre los resultados de Jepma y los de Kang y sus colegas daban mucho que pensar. En general, los descubrimientos de Jepma eran compatibles con la idea de que en esencia la curiosidad es un estado desagradable, si bien no la demostraban, mientras que los hallazgos de Kang, aunque tampoco la demostraban, eran acordes con la idea de que la curiosidad es ante todo una circunstancia agradable. ¿Cómo podemos conciliar estas conclusiones al parecer discrepantes? Primero, como ya he señalado, el estudio de Jepma estaba explícitamente concebido para investigar la curiosidad perceptual, esto es, la curiosidad provocada por estímulos ambiguos, extraños o desconcertantes. Dicho con más precisión, el mecanismo de la curiosidad suscitado por imágenes borrosas se puede describir como *específico-perceptual*, pues los participantes tenían curiosidad por saber qué representaban determinadas figuras confusas. Por otro lado, al analizar la curiosidad provocada por preguntas de trivio, el estudio de Kang y

sus colaboradores exploraba sobre todo los sustratos de la curiosidad *específico-epistémica*, o sea, el deseo intelectual de conocimiento concreto. A primera vista, sin embargo, los dos estudios parecen dar a entender que diferentes aspectos o mecanismos de la curiosidad acaso impliquen (al menos parcialmente) a regiones cerebrales distintas y se pongan de manifiesto como estados psicológicos diferentes.

Si se confirma, esta interpretación podría respaldar el marco binario o dual de Litman. Recordemos que Litman proponía la existencia de lo que él denominada «curiosidad-I», la emoción agradable implicada en el interés, y la «curiosidad-P», la sensación aversiva de privación derivada de no tener acceso a cierta información. La combinación de los resultados neurocientíficos y la idea de Litman transmiten la impresión de que la curiosidad perceptual quizá debería clasificarse sobre todo como de tipo P, mientras la epistémica sería básicamente del tipo I. Este cuadro emergente también concuerda con la hipótesis de los científicos cognitivos Gottlieb, Kidd y Oudeyer de que, «en vez de utilizar un solo proceso de optimización, la curiosidad se compone de un *conjunto de mecanismos* que incluyen métodos heurísticos simples relacionados con la novedad/sorpresa, amén de medidas de progreso del aprendizaje a lo largo de escalas temporales más prolongadas».⁹ Esto no significa forzosamente que diferentes clases de curiosidad se sirvan de secciones cerebrales totalmente distintas. Cabe la posibilidad de que diferentes tipos de curiosidad involucren a cierto núcleo cerebral común (como las regiones responsables de la sensación de expectativa), pero también que activen circuitos y sustancias químicas un poco distintos, aun cuando todas las operaciones cerebrales presentan cierto grado de conectividad funcional.

No obstante, Jepma y sus colegas señalaron con cautela que unas cuantas incertidumbres presentes tanto en sus estudios como en los de Kang y su equipo no permiten extraer conclusiones definitivas. Por ejemplo, debido al hecho de que en el experimento de Kang las preguntas de trivio iban seguidas siempre de las respuestas correctas, no estaba del todo claro si la activación de componentes cerebrales concretos reflejaba una anticipación general de *feedback* de alguna clase, cierta curiosidad sobre la respuesta correcta específica, o una combinación de ambas. Precisamente por eso, el grupo de

Jepma a veces decidía no aliviar la incertidumbre provocada por las imágenes borrosas y a veces mostraba una imagen clara sin ninguna relación en absoluto. Esta diferenciación deliberada permitió a los investigadores separar la activación producida por la curiosidad sobre la naturaleza del objeto, solo en la imagen, de la creada potencialmente por la expectativa de cierta forma de *feedback* que tal vez eliminaría la confusión de las imágenes borrosas.

Al mismo tiempo, sin embargo, el equipo de Jepma reconocía que el hecho de que, en su propio experimento, la imagen clara se revelase solo en la mitad de los ensayos, introducía una ambigüedad adicional en la interpretación de los resultados. En concreto, era imposible determinar en qué medida los participantes experimentaban incertidumbre (y por tanto curiosidad) acerca de la identidad real de la imagen, en contraposición a la incertidumbre acerca de si a la larga se revelaría o no una imagen clara (o una mezcla de las dos).

Estas limitaciones propias de los experimentos de Kang y Jepma sirven para ilustrar lo difícil que es investigar en el campo de la psicología cognitiva y la neurociencia. El cerebro es un dispositivo de *hardware* tan complejo y la mente es un elemento de *software* tan maravillosamente complicado e impenetrable que incluso los experimentos planificados de manera más minuciosa tienen siempre cierto margen de imprevisibilidad.

Aun así, el experimento de Jepma me impresionó tanto que tuve mucha curiosidad por saber qué la había conducido hasta ahí y, si lo hubo, qué seguimiento tuvo.

—¿Por qué decidiste estudiar la curiosidad? —le pregunté en una conversación por Skype.

—Estaba estudiando el dilema entre explotar y explorar —explicó—. Explotas, te aprovechas de cosas que ya conoces, y exploras cuando sabes muy poco. Estaba interesada en el modo en que la explotación y la exploración guían y dirigen nuestro proceso de decisión.

Aunque esto me parecía totalmente lógico, no era una respuesta completa a mi pregunta, por lo que insistí.

—¿Y después?

—Bueno, me di cuenta de que una motivación fundamental para explorar es la curiosidad, y ahí me metí. Con gran sorpresa mía, descubrí que, en el área neurocientífica, se habían llevado a cabo muy pocas investigaciones

sobre la curiosidad pese a su enorme importancia.

—¿Has realizado algún otro trabajo que no se haya publicado todavía?

Jepma sonrió.

—¿Cómo lo has adivinado? He hecho un estudio preliminar en el que analizo si las personas están preparadas para soportar incluso dolor físico con el fin de satisfacer su curiosidad.

—¿Y lo están?

—No todas estaban dispuestas a padecer dolor —contestó—, pero unas cuantas sí. Había un efecto significativo.

Lo único que se me ocurrió decir fue «¡vaya!».

Otro resultado interesante procedía de ciertos estudios de neuroimágenes. Los hallazgos sugieren no solo algunas prometedoras conexiones entre curiosidad, memoria y aprendizaje, sino también un solapamiento entre los circuitos cerebrales de la curiosidad y la recompensa. Como quizá recuerdes, las investigaciones cognitivas también daban a entender que la mente genera recompensas que asignan valor a la recogida de información. Además, los experimentos con IRMf han dado pie a todo un conjunto de preguntas nuevas y más profundas: ¿cómo influye exactamente la curiosidad en la memoria? ¿La capacidad de la memoria de trabajo influye en la curiosidad? El valor de la acumulación de información para el sistema de recompensas ¿es igual que el de los otros bienes apreciados (una tableta de chocolate, un vaso de agua, una droga)? La curiosidad impulsora de la exploración activa, volitiva, ¿es igual que la que se induce artificialmente y se reduce mediante exposición pasiva en los experimentos neurocientíficos?

Curiosidad, recompensa y memoria

En cierto modo, realmente no necesitábamos los estudios de neuroimágenes para saber que las personas aprenden un tema de forma más efectiva cuando tienen curiosidad por el mismo que cuando las aburre sobremanera. A todos nos invade una combinación de fastidio y fatiga si hemos de escuchar una charla tediosa o estar sentados a la mesa entre dos individuos sosos. A la gente le resulta mucho más fácil aprender sobre cuestiones en las que tiene

interés. Pero ¿afecta también la curiosidad a lo que recordamos? Y en tal caso, ¿por medio de qué mecanismo? Se trataba de preguntas que los neurocientíficos Matthias Gruber, Bernard Gelman y Charan Ranganath, de la Universidad de California, en Davis, se propusieron responder.¹⁰

Los investigadores emprendieron un camino similar al de Kang y su equipo, al pedir a una serie de estudiantes que fueran contestando diversas preguntas de trivio. Después, se les dijo que calificaran la confianza en sus respuestas e indicaran su nivel de curiosidad por conocer cada respuesta acertada. Y aquí era donde el estudio de Gruber introducía un elemento nuevo. El proceso inicial permitía a los investigadores crear una lista *ad hoc* de preguntas para cada estudiante, que excluía aquellas de las cuales ya conocía la respuesta. Cada lista se componía de preguntas sobre las que el alumno había mostrado una amplia variedad de intensidades respecto a la curiosidad, desde «morirse de ganas» por conocer la respuesta a no importarle en lo más mínimo.

Entonces, los investigadores utilizaron IRMf para escanear el cerebro de cada estudiante mientras en una pantalla aparecía su lista personalizada de preguntas por orden. Tras cada pregunta había un intervalo inactivo de expectativa de 14 segundos, durante los cuales destellaba en la pantalla una cara aleatoria por espacio de dos segundos. A continuación aparecía la respuesta a la pregunta, y se repetía el proceso. Tras la sesión del escáner cerebral, se pedía a los participantes que hicieran una prueba sorpresa de memoria sobre las caras mostradas durante el rato de espera, así como una prueba de memoria sobre las respuestas a las preguntas de trivio.

En lo relativo a las regiones cerebrales activadas mientras se estaba a la expectativa de información interesante, por lo general los resultados de Gruber y sus colaboradores concordaban con los de Kang y sus colegas. No obstante, el estudio de Gruber sí procuraba interesantes pistas nuevas que relacionaban la recompensa y la memoria. En primer lugar, al comparar la actividad cerebral entre los ensayos en los que los participantes tenían mucha curiosidad por saber la respuesta y aquellos en los que no se mostraban curiosos, los investigadores descubrieron que la activación seguía precisamente las vías que en el cerebro transmiten las señales dopaminérgicas. La dopamina es un neurotransmisor —sustancia química

liberada en el cerebro por células nerviosas con la finalidad de enviar señales a otras células nerviosas— que desempeña un importante papel en el sistema de recompensas cerebral. En consecuencia, los resultados de Gruber y sus colegas confirmaron que la curiosidad epistémica saca provecho del circuito de recompensas. En otras palabras, el deseo de aprender genera sus propias recompensas internas. Segundo, como cabía esperar, el estudio revelaba que cuando se suscitaba la curiosidad de los individuos, estos aprendían con más facilidad; también retenían mejor la información 24 horas después. En todo caso, algo más sorprendente era que, según revelaba el estudio, los participantes demostraban ser más competentes a la hora de reconocer rostros aleatorios que destellaron en la pantalla mientras aguardaban las respuestas sobre las que tenían curiosidad. La conclusión es que incluso el aprendizaje de información secundaria mejoraba en condiciones de curiosidad elevada. Gruber conjeturaba lo siguiente: «Quizá la curiosidad coloque al cerebro en un estado que le permite aprender y devolver cualquier tipo de información, como un torbellino que aspira lo que uno está motivado para aprender, y además todo lo de alrededor».¹¹

Un tercer hallazgo desvelado por Gruber y su equipo fue igualmente interesante. Se dieron cuenta no solo de que el proceso de aprendizaje estaba asociado a una mayor actividad en la región que desempeña un papel crucial en la formación de recuerdos nuevos —el hipocampo—, sino también de que la fuerza de la interacción del hipocampo y el circuito de recompensas también había aumentado. Era como si la curiosidad consiguiera que el sistema de recompensas ayudara activamente al hipocampo a absorber y retener información.

Diversos experimentos realizados por los psicólogos Brian Anderson y Steven Yantis,¹² de la Universidad Johns Hopkins, añadieron otra dimensión al cuadro. Demostraron que la relación entre la curiosidad y el sistema de recompensas actuaba también en la dirección contraria; es decir, los estímulos antes asociados a la recompensa generaban curiosidad y captaban la atención más de un año y medio después, incluso cuando la información original se había mostrado en forma de elemento irrelevante para distraer. Por tanto, al parecer, los estímulos inicialmente seguidos de la entrega de recompensas generan tendencias atencionales persistentes e inducen curiosidad, aun sin

refuerzo continuado. En otras palabras, la interacción de la curiosidad y el sistema de recompensas es una calle de doble sentido en la que cada lado ayuda al otro.

Por último, los resultados de Gruber parecen sugerir que, aunque la curiosidad refleja una motivación intrínseca, quizá todavía esté influida por mecanismos y circuitos cerebrales semejantes a los encargados de hacer que las personas suspiren por, digamos, un helado, nicotina o ganar en una partida de póker. De todos modos, ¿significa esto que la curiosidad y la información buscada por esta solo modulan de alguna manera el valor asignado por el cerebro a recompensas primarias, primordiales, como el agua o la comida? ¿O será que la información y su adquisición tienen su propio valor independiente en algún lugar del cerebro?

Para investigar esta cuestión, los neurocientíficos Tommy Blanchard, Ben Hayden y Ethan Bromberg-Martin¹³ utilizaron hace poco el hecho de que, en la toma de decisiones, la información anticipada sobre acontecimientos futuros ayuda a analizar hipótesis en competencia sobre dónde evalúa el cerebro realmente las recompensas potenciales. Se centraron en un área de los lóbulos frontales del mono de la que conocemos su implicación en el proceso cognitivo de la toma de decisiones. En concreto, registraron la actividad neuronal en una región conocida como «área 13» de la corteza orbitofrontal (COF; figura 18). La COF desempeña un papel esencial en la señalización de información sobre recompensas.

Los investigadores intentaban aclarar lo siguiente. Si no hay duda de que los valores asignados por el cerebro a la información y a la recompensa primaria (como la comida o las drogas) a la larga se integran en una cantidad única, lo cual a su vez se usa para orientar una conducta concreta, no se sabe qué pasa exactamente *antes* de que los dos valores se combinen para crear un agregado. Por tanto, el objetivo de los científicos era diferenciar entre dos alternativas potenciales relativas al papel de la COF en esta clase de toma de decisiones. La primera posibilidad era que la COF representara una etapa en la que componentes como los datos de información y de recompensa primaria se mantuvieran totalmente separados, que se combinaran solo más adelante, en cierta área inferior. Por otra parte, la COF podría ser precisamente el lugar

donde los factores de información y de recompensa primaria estuvieran ya fusionados para generar el valor individual que en última instancia guía las decisiones.

En su estudio, Blanchard y sus colegas tomaron registros de la actividad de neuronas de la COF en el cerebro de monos capaces de escoger entre apuestas que diferían en dos aspectos: (1) la cantidad de agua asociada a ganar la apuesta (una recompensa primaria), y (2) el carácter informativo, es decir, si alguna pista revelaba el resultado de la apuesta antes de ser comunicado.

Había dos resultados especialmente importantes. Primero los monos solían sacrificar el agua a cambio de información anticipada. Esto recuerda al provisional hallazgo de Jepma de que las personas, para satisfacer su curiosidad, estaban dispuestas incluso a soportar dolor. Segundo, se observó que la COF codificaba el valor de información y el valor de recompensa primaria de forma independiente en vez de integrarlos en una variable única. Al parecer, el filósofo Thomas Hobbes había intuido algo cuando se refería a la curiosidad como el «anhelo de la mente». De hecho, Blanchard, Hayden y Bromberg-Martin conjeturaron que «si la COF regula la búsqueda de recompensas apetitivas en respuesta a estados internos como el hambre o la sed, puede también regular la búsqueda de información en respuesta a estados internos como la incertidumbre y la curiosidad». En pocas palabras, la COF parece funcionar como puerta de entrada para el resto del sistema de recompensas además de generar *inputs* que más adelante se utilizarán en el proceso de evaluación consolidado, pero no actúa como evaluador final. Concretamente, por lo visto la curiosidad se cuantifica aparte de los otros elementos evaluados por la COF.

Todos estos experimentos demuestran que, aunque el rompecabezas de la curiosidad dista de ser completo, los neurocientíficos están comenzando a desvelar las conexiones íntimas entre los mecanismos de la curiosidad, la recompensa y el aprendizaje, así como a identificar los papeles específicos de diversos componentes cerebrales en el enmarañado sistema de circuitos de estos mecanismos.

Fuerza de voluntad

Los procedimientos seguidos en los estudios de Kang, Jepma, Gruber y Blanchard no permitían a los investigadores examinar la cuestión de si la satisfacción de la curiosidad mediante exposición pasiva a información reductora de incertidumbre (como las respuestas a preguntas de trivio o las imágenes claras que vuelven inteligibles las borrosas) difiere de la satisfacción de la curiosidad lograda mediante exploración activa. En uno de los intentos por llenar esta laguna de conocimiento sobre cómo funciona la curiosidad, el neurocientífico cognitivo Joel Voss y sus colaboradores de la Universidad de Illinois investigaron lo que pasa en el cerebro durante una conducta exploratoria activa impulsada por la fuerza de voluntad.¹⁴

Voss y su equipo observaron correctamente que, mientras la mayoría de las teorías del aprendizaje subrayan la importancia del control del individuo sobre lo que se está aprendiendo y sobre cómo y cuándo se está aprendiendo, casi todos los experimentos anteriores sobre la curiosidad y el aprendizaje se valían de paradigmas en los que los participantes reaccionaban pasivamente ante la información que se les presentaba. Para evitar este inconveniente, Voss y sus colegas usaron una tarea que les permitiría estudiar los efectos del control volitivo (por decisión propia) de la exploración visual en la eficacia del proceso de aprendizaje. En concreto, se pedía a los participantes que analizaran series de objetos comunes, viendo uno cada vez a través de una ventana móvil. Hasta aquí todo suena bastante convencional, pero luego está el nuevo enfoque. Cada participante experimentaba dos condiciones de observación: una en la que podía controlar activamente la posición de la ventana, y otra en la que era un destinatario pasivo de la sucesión de imágenes. Voss y su equipo se sirvieron de una ingeniosa técnica, en la cual los movimientos volitivos, autocontrolados, de un participante se registraban y luego se mostraban durante la condición pasiva del siguiente individuo. En general, los participantes veían exactamente las mismas secuencias, presentadas estrictamente con los mismos intervalos temporales, en las condiciones tanto volitiva como pasiva, si bien en el primer caso los

participantes elegían la secuencia que visualizaban. Este método permitía a los investigadores identificar las diferencias que cabía atribuir directamente a los efectos del control volitivo.

Los resultados revelaron que el control volitivo incrementaba considerablemente el recuerdo posterior con respecto a la configuración pasiva, pese a que el contenido informativo era idéntico. Esto seguramente no sorprenderá a nadie que haya intentado alguna vez deducir cierta información de una página web mientras otro tiene el control del ratón. Hay algo quizá más importante: la activación del hipocampo, con un papel fundamental en la consolidación de la información que va desde la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, era más fuerte durante la exploración activa, volitiva. En consecuencia, los investigadores señalaron que los efectos del control volitivo sobre la memoria podían atribuirse a una mayor coordinación entre el hipocampo y otras áreas corticales del cerebro. Recordemos que Jepma y sus colegas también observaron que la satisfacción de la curiosidad perceptual estaba vinculada a una mayor activación hipocámpal y a una mayor memoria incidental. El estudio de Voss ampliaba esta imagen indicando que el control volitivo refuerza el aprendizaje. Voss y sus colaboradores formularon la teoría de que el efecto adicional resultaba de un significativo aumento de la comunicación entre el hipocampo y los sistemas neurales responsables de funciones como la planificación y la atención. A su vez, esta comunicación mejorada genera un proceso de actualización más eficiente, lo cual permite al cerebro mostrar curiosidad sobre los rasgos más destacados de la información disponible y absorberlos. En cierto modo, esta es la versión cerebral de nuestro centro de gestión de emergencias, que coordina la comunicación entre los agentes que han de reaccionar ante desastres.

Antes de resumir brevemente lo aprendido sobre la naturaleza de la curiosidad gracias a los experimentos cognitivos y neurocientíficos, quiero mencionar dos advertencias de las que hemos de ser conscientes. Primero, en experimentos de IRMf basados en tareas, los investigadores analizan el alcance espacial (es decir, las ubicaciones) de la actividad cerebral en momentos establecidos. Esto equivale a suponer que la actividad adopta la forma de una *onda estática* (u *onda estacionaria*, como la generada por la cuerda de un violín al vibrar mientras se mantiene fija en ambos extremos),

donde la fuerza de la señal permanece constante a lo largo del tiempo en cada punto de la onda. No obstante, en un estudio publicado en junio de 2015, el neurocientífico David Alexander, de la Universidad de Lovaina, Bélgica, y sus colegas sostenían que el ajeteo cerebral se parece más a las *ondas viajeras*,¹⁵ en las que las activaciones y las desactivaciones se desplazan con rapidez por el cerebro. Esto significa que enfocar las dimensiones espacial y temporal como si fueran diferentes acaso se traduzca en la pérdida de gran parte de la información pertinente. Alexander y sus colaboradores llegaron a esta conclusión: «Ponemos en entredicho la idea misma de que las entidades neurológicas sean acontecimientos que tienen lugar en determinados momentos y ubicaciones, en vez de componerse de trayectorias que se extienden sobre ubicaciones y momentos». En otras palabras, según el equipo, igual que una simple fotografía de una pequeña parte del mar no transmite la imagen completa de un océano turbulento, al examinar lo que sucede solo en regiones cerebrales concretas en un período establecido, pasamos por alto el hecho de que la actividad se propaga por todo el cerebro de una manera compleja. Si Alexander y su equipo están en lo cierto, quizá debamos revisar algunas de las conclusiones derivadas de las neuroimágenes cuando dispongamos de técnicas más perfeccionadas para analizar imágenes y datos.

Una segunda salvedad tiene que ver con la confianza que tenemos en los resultados de las investigaciones psicológicas en general. En un importante estudio colectivo titulado «Proyecto de Replicación: Psicología»,¹⁶ publicado en agosto de 2015, 270 investigadores de cinco continentes informaban de que eran capaces de replicar solo aproximadamente el 40 por ciento de los resultados de 100 estudios de psicología cognitiva y social publicados en 2008 en revistas científicas de prestigio. Este proyecto es parte de la aplicación del método científico, según el cual hay que analizar, volver a comprobar y cuestionar continuamente la validez de las hipótesis. La ciencia puede ser autocorrectora solo si adopta estos procedimientos de examen rigurosos. Aunque en cierto modo al Proyecto de Replicación le ha salido el tiro por la culata —en un estudio reciente se planteaban muchos interrogantes sobre los resultados del propio Proyecto—,¹⁷ sigue siendo verdad que siempre hemos de proceder con cautela y recalcar la incertidumbre cuando evaluamos resultados experimentales en general, sobre todo los que

supuestamente aportan pruebas empíricas de ciertas teorías defendidas por los experimentadores. Tengamos también en cuenta que, debido a dificultades técnicas y relacionadas con la financiación, diversos estudios neurocientíficos suelen incluir a un número relativamente pequeño de individuos. Por ejemplo, en los experimentos de Kang y Jepma se escaneó el cerebro de solo 19 estudiantes en cada caso. Por consiguiente, la importancia estadística de los resultados es limitada.

Teniendo presentes estas valiosas advertencias, ¿cuál es la imagen de la curiosidad que emerge tímidamente de todos estos estudios psicológicos y neurocientíficos recientes? He aquí un breve resumen.

Centro de atención

Solo recientemente la curiosidad ha empezado a recibir la atención que merece. Aunque todavía desconocemos muchos de los detalles de sus mecanismos subyacentes, al menos está comenzando a aflorar un conocimiento somero. ¿Qué hemos aprendido hasta ahora?

Primero, a medida que los niños se implican en actividades cada vez más complejas, exploran sus nuevos entornos y adquieren conocimientos nuevos. Mientras crecen, la trayectoria que siguen es notablemente parecida en todos ellos, lo cual da a entender ciertos mecanismos subyacentes comunes. Al parecer, la curiosidad conduce a los pequeños por un camino que incrementa el conocimiento y conlleva un proceso de decisión muy adecuado que maximiza el aprendizaje y facilita el descubrimiento de conexiones causales. Por lo visto, los niños comprenden relativamente pronto que todo efecto está relacionado con una causa en una cadena ininterrumpida de acontecimientos. Su curiosidad parece asignar valor a tareas en competencia basándose en la capacidad de estas para posibilitar descubrimientos.

El comportamiento exploratorio de los adultos también parece seguir patrones bastante coherentes, incluso en circunstancias sin desarrollo preestablecido y pese a las diferencias individuales. Frederic Kaplan y Pierre-Yves Oudeyer,¹⁸ investigadores en inteligencia artificial, sugerían que cabía captar todos estos elementos en el contexto de un paradigma en el que el

objetivo de la curiosidad y la conducta exploratoria es reducir al máximo el error de predicción. En otras palabras, según esta idea, para satisfacer la curiosidad los seres humanos (niños y adultos) evitan rutas exploratorias muy previsibles o imprevisibles a fin de centrarse en los rumbos capaces de maximizar el ritmo en el que disminuyen los errores de predicción. Gottlieb, Kidd y Oudeyer clarificaron y ampliaron lo que para ellos era el principal «objetivo» de la curiosidad, esto es, desarrollar el aprendizaje al máximo (y no reducir simplemente la incertidumbre).

¿Qué es realmente la curiosidad? En mi humilde opinión, los estudios cognitivos y de neuroimágenes parecen respaldar un supuesto en el cual lo que entendemos por curiosidad puede, de hecho, abarcar un conjunto de estados o mecanismos entrelazados accionados por distintos circuitos cerebrales. En concreto, la curiosidad desencadenada por la novedad, la sorpresa o los estímulos desconcertantes —curiosidad perceptual— parecen estar relacionados sobre todo con una condición desagradable, aversiva. En este caso, la curiosidad es un medio para reducir la sensación negativa de privación. La teoría de la brecha de información explica aceptablemente este tipo de curiosidad, cuya intensidad como función del nivel de incertidumbre normalmente adopta la forma de U invertida.

Por otro lado, la curiosidad que expresa nuestro afán de conocimiento y el impulso para adquirirlo —curiosidad epistémica— se experimenta como estado placentero. En este caso, la curiosidad procura una motivación intrínseca por sí misma. De acuerdo con este cuadro de diferentes tipos de curiosidad, se observó que la perceptual accionaba regiones cerebrales sensibles al conflicto, mientras que la epistémica activaba áreas cerebrales ligadas a la expectativa de recompensa.

La satisfacción de la curiosidad (de cualquier clase) está estrechamente relacionada con el circuito neural de recompensas, y además refuerza la memoria y el aprendizaje, sobre todo cuando la información contraviene las expectativas previas y cuando la exploración es activa y volitiva. En la otra dirección, ciertas recompensas pasadas pueden suscitar un nivel superior de curiosidad, incluso sin recordatorios ni estímulos.

Según un interesante estudio reciente, mediante IRMf se pueden estimar con cierta seguridad incluso diferencias individuales. Los neurocientíficos Ido Tavor y Saad Jbabdi,¹⁹ de la Universidad de Oxford, y sus colaboradores pusieron de manifiesto que las IRMf del cerebro de una persona mientras descansa sin hacer absolutamente nada, pueden predecir qué partes del cerebro se activarán durante un repertorio de tareas activas, entre las que se incluían leer (que implica la interpretación lingüística) y apostar (relacionada con la toma de decisiones).

Como he señalado antes, estas nuevas percepciones no significan que ahora ya entendamos la curiosidad.²⁰ La curiosidad es un tema en el que las ideas se empujan unas a otras y todo puede cambiar y probablemente cambiará. He aquí algunas preguntas básicas a las que los neurocientíficos y psicólogos les gustaría poder dar respuestas más completas: ¿desempeña la curiosidad algún papel en el mantenimiento de las capacidades cognitivas durante la edad adulta? ¿Cuáles son las semejanzas y las diferencias concretas entre la curiosidad y otros impulsos básicos, como el hambre, la sed o el deseo sexual? ¿Cuáles son los principales elementos y mecanismos neurales que rigen y dirigen la curiosidad? ¿Cómo combina exactamente el cerebro estos componentes para construir un rumbo claro de toma de decisiones? ¿Qué se oculta exactamente tras las diferencias individuales en cuanto a la curiosidad y los impulsos exploratorios?

No son preguntas fáciles, y harán falta bastantes más investigaciones para procurar respuestas inequívocas a todas ellas. Con respecto a la última, por ejemplo, Gottlieb, Kidd, Oudeyer y sus colaboradores están emprendiendo un amplio estudio cuya finalidad es examinar la interesante hipótesis de que un importante componente de las variaciones de la curiosidad entre los individuos está relacionado con diferencias en la capacidad de la memoria de trabajo y el control ejecutivo. Según conjeturan los investigadores, como la memoria de trabajo afecta directamente a la codificación y retención de información, acaso influya en el valor que damos al aprendizaje y la novedad. Para evaluar la viabilidad de esta suposición, los científicos buscarán correlaciones entre la curiosidad y medidas de la memoria de trabajo en un grupo de niños. Primero determinarán una clasificación de la curiosidad entre los niños basándose en diversas tareas de exploración, y luego calificarán la

capacidad de la memoria de trabajo de los niños mediante pruebas estándar de memoria. Estos experimentos (con más de 100 niños) permitirán a los investigadores analizar desde el punto de vista estadístico si la curiosidad y la memoria de trabajo guardan en efecto alguna correlación. En este sentido, es interesante señalar que, ya en la década de 1960, el psicólogo Sarnoff Mednick sugería que la creatividad (de la que la curiosidad es un ingrediente necesario) es solo la expresión de una memoria asociativa, la capacidad para recordar la relación entre elementos inconexos, que funciona extraordinariamente bien.²¹

Hay otro aspecto de la curiosidad que merece una atención especial. Los seres humanos nos diferenciamos de los demás animales en cuanto a la capacidad cognitiva para formular e integrar información abstracta, el talento para inventar y analizar escenarios hipotéticos e incluso ficticios, y la aptitud para convertir casi todo lo que percibimos en preguntas significativas del tipo *por qué* y *cómo*. En última instancia, es esta curiosidad y el deseo de explorar para llegar al fondo de las causas y los efectos lo que ha dado lugar al nacimiento de las religiones, a disciplinas como la lógica (y, por tanto, las matemáticas y la filosofía) y al empeño por entender cómo funciona la naturaleza (lo que hasta hoy hemos conocido como ciencia y luego como tecnología e ingeniería, pues a la larga la mayor parte de las investigaciones dan origen a aplicaciones). Al mismo tiempo, la aparición y la evolución del tan complicado lenguaje humano, así como la intrínseca capacidad mental para describir lo que existe no solamente en el mundo real sino también en un mundo solo imaginable, han engendrado la literatura, las artes visuales y la música.

¿Cuándo y por qué surgió esta acusada diferencia entre la curiosidad manifestada por los seres humanos y por los otros animales? En el próximo capítulo investigo cómo nuestra capacidad para preguntar «¿por qué?» es una condición indispensable de las formas sofisticadas de curiosidad, y además exclusivamente humana.

Breve informe sobre el aumento de la curiosidad humana

Según diversas investigaciones recientes en los campos de la psicología y la neurociencia, la curiosidad (al menos la epistémica) es un proceso mental de decisión que pretende maximizar el aprendizaje. Para alcanzar este objetivo, asigna valores a alternativas en competencia basándose en su capacidad percibida para responder a preguntas que el individuo considera interesantes. En esencia, por tanto, la curiosidad es realmente un motor de descubrimiento.

Los estudios de IRMf han permitido a los investigadores localizar la curiosidad en el cerebro. Se ha demostrado que las principales regiones cerebrales que participan activamente en los procesos cognitivos de la activación y la satisfacción de la curiosidad pertenecen o bien a la corteza cerebral —la capa externa de tejido neural que constituye la sede central de la memoria, el pensamiento y la conciencia (así como de funciones sensoriales y motrices)—, o bien al estriado —parte subcortical del prosencéfalo que es crucial para el sistema de recompensas— (figura 18). En consecuencia, investigar por qué los seres humanos son la única especie capaz de preguntar sin cesar «¿por qué?» equivale, en cierto modo, a querer saber a qué se debe que la corteza cerebral y el estriado sean exclusivamente humanos en el conjunto de las especies animales. Al mismo tiempo, nos gustaría comprender (partiendo de una óptica evolutiva) cómo estas estructuras cerebrales humanas llegaron a ser como son. Antes de empezar a contestar a estas preguntas, no obstante, quizá sea útil revisar algunos hechos sencillos concernientes al cerebro humano.¹

Las neuronas son los componentes esenciales, los elementos computacionales básicos creadores de actividad cerebral. Estas células eléctricamente excitables son las unidades que procesan y transmiten información mediante diversas señales electroquímicas. Como en una inmensa red de ordenadores, cada neurona está conectada con miles de vecinas. Las conexiones se producen en dos tipos de ramificaciones: los *axones*, que transportan señales procedentes del núcleo de la célula, y las *dendritas*, que reciben señales de fuera. Hay un pequeño espacio, una sinapsis, donde un axón se encuentra con una dendrita. Cuando se activa una neurona, el axón secreta en la sinapsis unas sustancias químicas conocidas como «neurotransmisores». Esto permite a la señal eléctrica cruzar ese espacio y hacer que se active otra neurona. Como en un incendio forestal de evolución rápida, de este modo muchas neuronas son capaces de accionarse casi simultáneamente mediante una reacción en cadena.

El cerebro humano tiene dos hemisferios cubiertos por un tejido gris muy arrugado, la corteza cerebral (figura 18). Cada área abultada de la superficie es una circunvolución, y cada pliegue es un surco. Para el fin que nos ocupa, lo importante es que parte de las neuronas de la corteza cerebral son responsables de todo lo que relacionamos con el concepto de inteligencia.

Cuestiones sesudas

Por extraño que parezca, hasta más o menos 2007, aunque se habían utilizado ampliamente los métodos de muestreo basados en cortes bidimensionales del cerebro (estereología), no se conocía con precisión el número total (promedio) de neuronas del cerebro humano ni, si vamos al caso, del de ninguna otra especie. Aunque solía citarse la cifra de 100.000 millones para el cerebro humano, no era especialmente fiable. Del mismo modo, el número de neuronas de cualquiera de las subestructuras cerebrales era igualmente incierto. Todo esto cambió gracias al admirable trabajo de la investigadora brasileña Suzana Herculano-Houzel² y su equipo. Herculano-Houzel ideó un ingenioso método para contar neuronas que consistía simplemente en disolver el cerebro en una «sopa» (una suspensión de núcleos celulares libres). Como

era posible agitar y mezclar concienzudamente la sopa para transformarla en una solución homogénea, contar el número de neuronas de una muestra del líquido y multiplicar el número obtenido por la proporción adecuada de volúmenes permitió a la científica calcular con bastante precisión el número de neuronas del cerebro entero, y asimismo de cualquiera de sus componentes.

Conocí a Herculano-Houzel en 2013 y más adelante, mientras estaba escribiendo este capítulo, hablé con ella en profundidad sobre su trabajo. De un solo golpe, ella y sus colegas pusieron punto final a años de ambigüedad y especulaciones, que sustituyeron por datos sólidos. Bien, quizá estemos preguntándonos con impaciencia cuántas neuronas hay en el cerebro humano. Pues la respuesta de Herculano-Houzel era inequívoca: en promedio, en los hombres brasileños de edades comprendidas entre 50 y 70 años, unos 86.000 millones. En comparación, una rata tiene solo unos 189 millones (lo cual explica por qué una rata no está escribiendo este libro), y un orangután unos 30.000 millones. Cabe pensar que 86.000 millones se acerca bastante a la estimación inicial de 100.000 millones y que, en consecuencia, la precisión añadida no es muy importante. La respuesta de Herculano-Houzel a estos comentarios consistió en señalar que la diferencia de 14.000 millones de neuronas ¡constituye el cerebro completo del babuino! Ella y su equipo de investigación calcularon también números promedio de neuronas de las partes principales del cerebro humano: 69.000 millones en el cerebelo (parte vital para el control motor), 16.000 millones en la corteza cerebral, y algo menos de 1.000 millones en el resto.

En todo caso, el trabajo de Herculano-Houzel aportó mucha más información que el simple cómputo de neuronas. Entre otras cosas, abrió la puerta a una gran variedad de percepciones nuevas. En concreto, Jon Kaas, neurocientífico de la Universidad de Vanderbilt, Herculano-Houzel y sus colaboradores fueron capaces de demostrar por primera vez que no todos los cerebros humanos están contruidos conforme a las mismas reglas de escala.³ En el de los roedores, por ejemplo, un número diez veces mayor de neuronas en la corteza cerebral exige que esta tenga una masa que no es diez veces mayor sino cincuenta.⁴ En cambio, los primates consiguen embutir más neuronas en un cerebro relativamente más pequeño y también en una corteza cerebral de menores dimensiones. De hecho, la masa cerebral de los primates

guarda una proporción aproximadamente lineal con el número de neuronas; es decir, si se duplica la masa cerebral, se duplica el número de neuronas. Por ejemplo, el cerebro del macaco rhesus pesa unos 87 gramos, once veces más que el de un tití, y tiene un número de neuronas unas diez veces mayor.

Como primates, los seres humanos sacaron partido de este empaquetado más eficiente de un número mayor de neuronas en una masa más pequeña en la corteza cerebral y la corteza prefrontal. *Este apretujamiento de neuronas nos ha dado a los seres humanos la primera ventaja adaptativa clara, al menos con respecto a las especies de no primates.* De hecho, en un estudio de los neurobiólogos alemanes Gerhard Roth y Ursula Dicke⁵ se puso de manifiesto que, en el conjunto de las especies, la inteligencia guarda una gran correlación con el número de neuronas de la corteza cerebral. Sin embargo, la historia no acaba ahí. Aún podemos preguntarnos por qué otros primates no son capaces de formular (y a menudo responder) preguntas del tipo *por qué*. Y si ahondamos un poco más, ¿por qué no están ellos investigando nuestro cerebro?

¿Cómo sabemos que los chimpancés no preguntan «por qué»? Según una considerable cantidad de datos experimentales, los chimpancés no buscan explicaciones para fuerzas o causas no directamente observables como sí hacemos los seres humanos. En un interesante experimento realizado por Daniel Povinelli y Sarah Dunphy-Lelii,⁶ de la Universidad de Louisiana, en Lafayette, los investigadores diseñaron bloques de madera falsos que no era posible sostener de forma estable debido a pequeños pesos de plomo colocados dentro. Los bloques falsos y otros bloques funcionales y visualmente idénticos fueron mostrados a niños de tres a cinco años y a chimpancés. Se obtuvieron resultados asombrosos. El 61 por ciento de los niños realizaron al menos una forma de inspección de la parte inferior del bloque falso. Además, el 50 por ciento de los niños llevaron a cabo inspecciones tanto visuales como táctiles. Ni uno solo de los siete chimpancés emprendió inspección alguna. Los siete se limitaron a intentar que el bloque se mantuviera en pie. ¿Eran simplemente incapaces de preguntarse *por qué*?

Un fascinante experimento de 2015 quizá haya identificado el área cerebral específica que procura a los seres humanos su excepcional capacidad para procesar información abstracta.⁷ Un equipo de investigadores dirigido por los neurocientíficos cognitivos Stanislas Dehaene y L. Wang examinó las

diferencias de activación en el cerebro de los seres humanos y los macacos rhesus mientras unos y otros escuchaban unas cuantas secuencias de tonos. Las secuencias diferían en dos aspectos: el número total de tonos (que estudiaba la capacidad para contar) y su disposición (que indicaba cierta capacidad para reconocer patrones abstractos). El equipo se valió de IRMf para supervisar los cerebros mientras cambiaba la serie de tonos. Los cambios podían consistir, por ejemplo, en que el tipo AAAB fuera reemplazado por AAAAB (donde permanece constante el patrón pero cambia el número), o que AAAB fuera sustituido por AAAA (donde el número es constante pero cambia el patrón). Dehaene y sus colegas también analizaron secuencias en las que variaban simultáneamente el patrón y el número, por ejemplo, cuando AAAB pasaba a ser AAAAA. El área cerebral asociada normalmente a los números se activaba tanto en los seres humanos como en los macacos cuando cambiaba el número de tonos. Ambas especies registraban asimismo cambios en patrones repetitivos de las correspondientes áreas cerebrales. No obstante, solo los seres humanos experimentaban una respuesta intensa adicional en la circunvolución frontal inferior (región vinculada al aprendizaje y la comprensión lingüística) cuando variaban tanto el número como el patrón secuencial. La consecuencia es que, aunque los monos reconocen números y patrones, no consideran que la combinación abstracta de unos y otros sea lo bastante interesante para seguir investigando. Estos hallazgos acaso sean de aplicación a otras características exclusivamente humanas, como la apreciación musical.

Pero ¿cómo es que hay esta diferencia entre los seres humanos y los monos? El funcionamiento del cerebro humano consume aproximadamente entre el 20 y el 25 por ciento del presupuesto energético de todo el cuerpo, pese al hecho de que la masa cerebral equivale solo al 2 por ciento de la masa corporal total. En comparación, hacer funcionar el cerebro de otras especies es mucho «más barato»; por lo general, el coste promedio no supera el 10 por ciento. ¿Por qué es tan elevada la factura energética del cerebro humano? Herculano-Houzel y su equipo también fueron capaces de dar una respuesta clara a esta pregunta: el cerebro humano consume (en relación con el cuerpo) más energía simplemente porque contiene un número de neuronas mucho mayor que el de cualquier otro primate. Resulta que, en realidad, el consumo

de energía por neurona varía relativamente poco, incluso de una especie a otra. El elevado coste metabólico del cerebro humano es solo una consecuencia directa del hecho de tener tal cantidad de neuronas.

Nuestro cerebro, como el de otros animales, es un producto natural de la evolución darwiniana. Alimentar el cerebro humano es caro porque, teniendo en cuenta su volumen, contiene más neuronas que el de los no primates. Aun así, esto todavía deja pendiente una pregunta interesante: ¿por qué tenemos tantas neuronas y los gorilas no, pese a ser primates y tener un tamaño corporal muy superior?

¿Grande o inteligente?

En estado salvaje, los animales no disfrutan del lujo de poder ir al supermercado más próximo y comprar toda la comida que les permita su tarjeta de crédito. (De hecho, es una triste realidad que muchas personas tampoco.) Si quieren comer, la comida han de buscarla. En todo caso, las horas diarias⁸ que pueden dedicar a forrajear, cazar, masticar y comer antes de que su salud comience a deteriorarse tienen un límite, pues también necesitan dormir, cuidar de las crías y evitar a los depredadores. Por lo general, este límite no es superior a ocho o nueve horas, lo cual significa que, en promedio, cabe esperar que un animal dado, primates incluidos, obtendrá a diario de los alimentos solo una determinada cantidad de energía. Partiendo de amplias observaciones de varias especies en la naturaleza, los investigadores han llegado a la conclusión de que, en el caso de los primates, la ingesta diaria depende de la masa del animal, de tal manera que una especie diez veces más pesada que otra puede acumular y comer (para el mismo período diario dedicado a la búsqueda de comida) una cantidad de calorías aproximadamente 3,4 superior a la de las especies más pequeñas.

Al tiempo que consiguen energía, no obstante, las diversas especies la consumen también en hacer funcionar tanto el cuerpo como las neuronas cerebrales. Y aquí es donde aparece el límite. En primer lugar, resulta que el índice de consumo energético físico (corporal) está mucho más claramente en función del peso corporal que el índice de acumulación de energía mediante el

forrajeo. Desde el punto de vista cuantitativo, el coste metabólico del cuerpo de una especie que pesa diez veces más es aproximadamente 5,6 veces superior (en comparación con el *input* energético solo 3,4 veces mayor para el mismo tiempo dedicado a buscar comida). Esto limita de por sí el tamaño corporal que puede tener un primate cuando se pasa buscando comida todo el tiempo posible. Herculano-Houzel y sus colegas calcularon que el peso máximo gira en torno a los 120 kilos; casi el peso de un gorila de montaña que no sea macho alfa (el jefe de la manada).

La situación se vuelve aún más interesante cuando echamos a la mezcla el coste calórico adicional de grandes cantidades de neuronas cerebrales. De hecho, enseguida queda claro que, aunque los primates se pasen forrajeando el máximo tiempo que les posibilita su fisiología (unas ocho o nueve horas), no pueden permitirse un cuerpo grande ni un gran número de neuronas. Tal como dice Herculano-Houzel, «es fuerza mental o fuerza física»: ⁹ una va en detrimento de la otra. Para ser más concretos, los investigadores calculan que, aunque los primates en estado salvaje dedicaran cada día ocho horas enteras a alimentarse, el número máximo de neuronas que serían capaces de albergar sería unos 53.000 millones (aún muy por detrás de los 86.000 millones de los seres humanos). No obstante, incluso esta cifra tiene la contrapartida de que la masa corporal no sobrepasaría ¡los 25 kilos! Si intercambiara capacidad cerebral por peso corporal (en el caso de que la evolución hubiera permitido este tipo de opciones), un primate que pesara unos 75 kilos presumiría solo de unos 30.000 millones de neuronas, más o menos una tercera parte de las del cerebro humano (en la figura 20 se aprecian la masa cerebral y el número total de neuronas en unas cuantas especies de mamíferos). Este parece haber sido aproximadamente el número de neuronas de las que alardeó hace unos seis millones de años el último antepasado común de los seres humanos y los chimpancés actuales. Después se ha observado que, desde hace unos 4,5 millones de años, el número de fósiles de homínidos ha aumentado de manera espectacular. Uno de estos descubrimientos llegó a ser especialmente famoso: el esqueleto fósil de una hembra casi humana de 3,2 millones de años (en la figura 21 se aprecia una escayola expuesta en el Museo Nacional de Historia

Natural de París) ponía de manifiesto la clara divergencia entre los antepasados humanos y el linaje que ha desembocado en los chimpancés y los bonobos actuales.

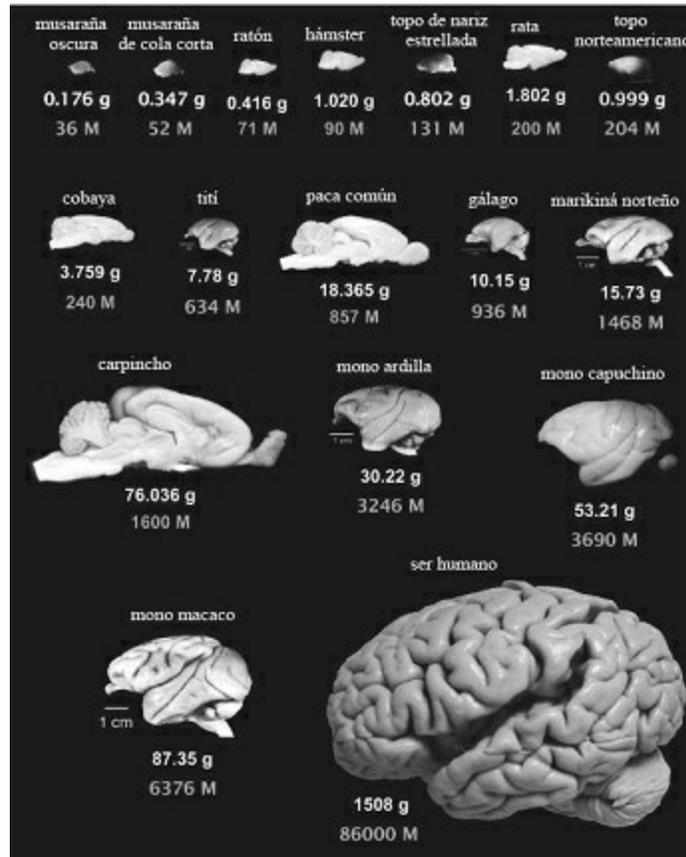


Figura 20



Figura 21

El paleoantropólogo Donald Johanson descubrió este esqueleto, conocido como «Lucy», en Hadar, norte de Etiopía, el 24 de noviembre de 1974.¹⁰ A propósito, el nombre, fue sugerido por una integrante de la expedición llamada Pamela Alderman, que a su vez se inspiró en la canción de los Beatles *Lucy in the Sky with Diamonds*. Se cree que el esqueleto de Lucy, así como una serie de restos dispersos de al menos otros 13 individuos descubiertos en Hadar en 1975 y un hueso encontrado en 2011, corresponden a miembros de una especie de homínidos, *Australopithecus afarensis*. Partiendo de la estructura del pie, la rodilla y la espina dorsal, los paleoantropólogos han llegado a la conclusión de que Lucy medía poco más de un metro y caminaba generalmente erguida. En cuanto a la dieta, era una vegetariana que, como los chimpancés actuales, comía sobre todo fruta.

Si la clara separación del género *Australopithecus* (que significa «simio del sur») de Lucy con respecto a los antepasados de algunos grandes simios actuales no era lo bastante sorprendente, lo que vino después resultó

totalmente asombroso: el cerebro de la especie de los homínidos, que han acabado siendo los seres humanos modernos, ¡casi ha triplicado su tamaño en los últimos 1,5 millones de años!

Al principio, el ritmo de crecimiento era relativamente moderado. En cuanto Lucy y la gente como ella llegaron a ser bípedos erguidos habituales, fueron capaces de recorrer distancias más largas y probar una más amplia variedad de entornos, pues el consumo calórico requerido para andar sobre dos pies es cuatro veces menor que el necesario para avanzar sobre pies y nudillos. Esta disminución en el coste energético, sumada al acceso a un más variado surtido de alimentos gracias a la recolección, probablemente permitió un aumento moderado del número de neuronas en una especie posterior conocida como *Homo habilis* (el «hombre hábil», o «competente») hace unos dos millones de años. El cerebro del *Homo habilis* ya era más grande que el de los gorilas de hoy día.

El incremento del número de neuronas y de la capacidad cerebral comenzó a cobrar realmente velocidad hace menos de dos millones de años. Es tentador conjeturar que el formidable aumento de la capacidad cerebral estaba íntimamente entrelazado con un incremento concomitante de la curiosidad humana. La curiosidad es lo que seguramente impulsó al *Homo habilis* a inventar las primeras herramientas (piedras afiladas formadas tras golpear dos rocas entre sí). En cuanto se fabricaron esas herramientas, la curiosidad volvió a ayudar al *Homo habilis* a reconocerlas como solución a dos problemas que Lucy y sus compañeros no eran capaces de resolver con facilidad: separar la carne de los huesos y cortarla luego en trozos más digeribles, y extraer médula ósea de los huesos de los esqueletos. Como indican sus dientes y los restos esqueléticos de lo que constituían sus comidas, los miembros de la especie *Homo habilis* enriquecieron significativamente su ingesta calórica al abandonar el vegetarianismo estricto e incorporar la carne a su dieta regular.

El siguiente paso importante en el camino hasta los seres humanos actuales se remonta a 1,8 millones de años, con la especie conocida como *Homo erectus*.¹¹ Los integrantes de esta especie de pulgares cortos y piernas

largas seguramente eran buenos corredores de fondo, característica que los ayudaría a cazar animales vivos (aunque al principio pequeños) y no limitarse a los cadáveres.

Todos estos rasgos nuevos y mejorados contribuyeron, sin duda, al aumento del número de neuronas en el cerebro de la especie *Homo*. Muy probablemente, la presión de la selección natural también desempeñó un papel, pues la organización y la puesta en práctica de las expediciones de caza debieron de requerir mayores capacidades cognitivas que las necesarias para arrancar raíces sin más. En todo caso, permanece la pregunta clave: ¿qué hizo que el tamaño del cerebro de los homínidos como mínimo se duplicara entre el *Homo erectus* y el *Homo sapiens*? Este cambio extraordinario se produjo en un período inferior a un millón de años.¹² Como veremos, quizá se debió a algo que actualmente damos por sentado.

¿Alimentos para el pensamiento? Temas de reflexión

Las limitaciones energéticas impuestas sobre el número de neuronas asequibles eran muy reales. Para eludir de algún modo esto, los miembros de la especie *Homo erectus* y aún más los de la arcaica *Homo heidelbergensis* tuvieron que encontrar la manera de ampliar considerablemente la eficacia de su ingesta calórica. Por suerte para nuestros antepasados y nosotros, una de las mejores formas de hacerlo es cocinando. Además de mejorar el sabor (a menos que el cocinero sea un desastre), cocinar permite una digestión mucho más eficiente porque descompone la comida en fracciones mucho menores, tanto en el nivel macroscópico (al trocear y triturar) como en el nivel molecular (al calentar), lo que la expone a las enzimas del sistema digestivo. La cocción gelatiniza la matriz de colágeno en la carne animal y desnaturaliza moléculas complejas de las plantas. Además, la llegada de la actividad culinaria añadía al menú humano toda una serie de alimentos (por ejemplo, cereales y arroz) que antes habían sido indigeribles.

En su libro de 2009, *Catching Fire*,¹³ el primatólogo de Harvard Richard Wrangham conjeturaba que la introducción de la carne cocinada en la dieta de *Homo* influyó directamente en la evolución del cerebro humano. Al

analizar las rígidas limitaciones energéticas en el número de neuronas, no solo el tamaño cerebral, Herculano-Houzel convirtió esta intuición —según la cual el elevado número de neuronas en el cerebro se debe a que comenzamos a cocinar— en una hipótesis más convincente.¹⁴

Lo que me parece especialmente fascinante es que, si la sugerencia de Wrangham y Herculano-Houzel es correcta, *la curiosidad habrá sido decisiva en el rápido aumento del número de neuronas* mediante un mecanismo de amplificación de *feedback* positivo.

Veamos cómo puede haber funcionado este supuesto escenario. La curiosidad estaba seguramente tras el hecho de que ciertos miembros de la especie *Homo* (probablemente *Homo erectus*) descubrieron que el fuego podía ser útil y a partir de determinado momento empezaron a utilizarlo como un elemento de su estilo de vida. El fuego fue esencial para algo más que cocinar: procuraba calor y luz y permitió a los seres humanos migrar a zonas de latitudes superiores. Las primeras pruebas de lo que parece ser el uso controlado del fuego —halladas en dos lugares de Kenia, Koobi Fora y Chesowanja—¹⁵ se remontan a 1,6 millones de años. También se descubrieron plantas y huesos quemados de aproximadamente un millón de años de antigüedad en la cueva de Wonderwerk, cerca del límite del desierto de Kalahari, en Sudáfrica. En una especie de hogar en Israel,¹⁶ se encontraron asimismo trozos de pedernal y madera quemados que datan de unos 790.000 años. El inicio del uso constante, habitual, del fuego seguramente se produjo después; contamos con señales inequívocas en la cueva Tabun, en Israel, que se remontan a 350.000 años, así como hallazgos parecidos en Schöningen, Alemania. En el verano de 2016, unos arqueólogos encontraron indicios de consumo de carne cocinada en la cueva Qesem, en Israel, emplazamiento de unos 400.000 años de antigüedad. La curiosidad seguramente también tuvo algo que ver con el descubrimiento de que la cocción suele ablandar los alimentos crudos, facilitar su digestión y mejorar su sabor. Diversas pruebas de la forma del cráneo en ese período ponen de manifiesto que los músculos faciales utilizados para masticar, así como los dientes, habían disminuido de tamaño. Esto no sorprende teniendo en cuenta que la cocción debió de reducir el tiempo dedicado a masticar desde unas cinco horas diarias a una sola. La

evolución también dio lugar a unos órganos gastrointestinales más pequeños gracias a una dieta mejorada, lo que a su vez permitió ahorrar energía digestiva cara; en esencia, intercambiando intestino por cerebro.

Todos estos cambios permitieron al linaje *Homo* superar las restricciones energéticas sobre el número de neuronas, lo que a la larga produjo un cerebro del doble de tamaño. Al mismo tiempo, seguramente fue el enorme incremento en el número de neuronas de la corteza cerebral (y el menos espectacular pero todavía impresionante aumento de las neuronas en el estriado) lo que llevó la curiosidad al punto en que los seres humanos lograron una ventaja cualitativa con respecto a los otros primates. Quizá los individuos *Homo* aún no tenían la *capacidad* para ponerse a formular preguntas del tipo *cómo* y *por qué*, pero esa *facultad* estaba empezando a evolucionar. Una vez planteadas estas preguntas cruciales y fundamentales (quizá siguiendo al inicio del lenguaje humano, como explico brevemente en la próxima sección), la capacidad de los seres humanos para descubrir y crear más recursos alimentarios, establecer comunidades y en última instancia hacer realidad el concepto de cultura ya no tuvo impedimento alguno. Todo se hinchó de manera exponencial. El cerebro abundante en neuronas, con su curiosidad recién encumbrada, se transformó en un órgano aún más grande y, desde el punto de vista intelectual, más flexible y sofisticado.

Debo señalar que no todos los investigadores aceptan la hipótesis de que la cocción de los alimentos desempeñó un papel preponderante en el desarrollo del cerebro del *Homo erectus* o especies posteriores.¹⁷ El neurobiólogo John Allman, de Caltech, y C. Loring Brace, de la Universidad de Michigan, por ejemplo, creen que cocinar fue importante solo en el último medio millón de años o menos (teoría respaldada por las pruebas arqueológicas sobre el uso habitual del fuego). Según el paleoantropólogo Leslie Aiello, de la Fundación Wenner-Gren de Nueva York, no hay duda de que varios factores convergentes se reforzaron mutuamente mediante un bucle de *feedback*. Entre ellos cabría incluir una dieta rica en carne, un intestino más corto, la cocción de los alimentos y el hecho de andar erguido. Todavía se está discutiendo el orden preciso en que se produjeron estas adaptaciones para

ahorrar energía. No obstante, como ya he dicho, sí creo que un cambio *cuantitativo* en la naturaleza de la curiosidad aportó al guiso un ingrediente adicional clave.

Unas cuantas «revoluciones de la curiosidad»

Robin Dunbar, psicólogo evolutivo de la Universidad de Oxford, empieza así su libro *Human Evolution*: «La historia de la evolución humana nos ha fascinado más que ninguna otra; al parecer, tenemos una curiosidad insaciable por saber quiénes somos y de dónde venimos». ¹⁸ De hecho, los orígenes siempre han estimulado la curiosidad; nos esforzamos por comprender los orígenes de nuestra especie, de la Tierra y del universo.

El espectacular incremento en el número de neuronas dotó al *Homo sapiens* de capacidades cognitivas nuevas. En concreto, habilitó mecanismos novedosos para el procesamiento de información, para el aprendizaje y para la comunicación. A la larga, nuestro recién adquirido aparato originó la aparición de lo que identificamos como el lenguaje humano único, ¹⁹ probablemente en algún momento situado entre 500.000 y 300.000 años atrás. Hay diversas opiniones sobre si el lenguaje apareció en escena a través de un proceso largo, evolutivo, de tipo darwiniano, ²⁰ o si fue más bien una mutación repentina que infundió la facultad lingüística en el cerebro humano en una especie de transición de fase (como cuando el agua se convierte en hielo). ²¹ Este debate, aunque realmente fascinante por derecho propio, excede en gran medida el alcance de lo que aquí nos ocupa. A modo de aparte divertido, quiero señalar que la Sociedad Lingüística de París prohibió en 1866 las investigaciones sobre los orígenes del lenguaje precisamente porque consideraba que el problema era insoluble mediante métodos científicos rigurosos. Esta prohibición reflejaba la dura realidad de que, a diferencia, pongamos, del uso del fuego, es prácticamente imposible seguir la pista del desarrollo del lenguaje a partir de vestigios arqueológicos. Esta prohibición me parece graciosa porque los investigadores aún no se han puesto de acuerdo sobre la teoría del origen del lenguaje humano, lo que al parecer confirma los proféticos temores de la Sociedad Lingüística.

Desde la perspectiva del presente libro, lo importante es que, muy probablemente, la aparición de la curiosidad humana única y la del lenguaje humano perceptible guardan una clara correlación. Según Dunbar, la primera finalidad de un lenguaje vocal complejo (en contraposición a simples sonidos) ¡era solo el chismorreo!²² Es decir, en vez de transmitir sin más información muy rudimentaria, como en «se acerca una manada de lobos», el lenguaje se utilizaba en grupos sociales mayores para el relato descriptivo, donde se abordaban temas que iban más allá de lo inminentemente existencial, pero aun así eran importantes para la supervivencia. Tal como dijo la psicóloga Elizabeth Spelke, «podemos usarlo [el lenguaje] para combinar cualquier cosa con cualquier cosa».²³ Aunque no hay consenso sobre la validez de la teoría de Dunbar, esta hace alusión a una potencial conexión íntima entre la curiosidad —origen clave del cotilleo— y el lenguaje. Según otras teorías, puede que el lenguaje haya evolucionado para el intercambio de distintos tipos de conocimiento social (como los contratos sociales simbólicos cuya finalidad era garantizar la paternidad de los hijos propios). Estas teorías contienen asimismo un importante componente ligado a la curiosidad. El influyente lingüista Noam Chomsky no considera que el lenguaje sea ante todo una herramienta de comunicación, sino que «ha evolucionado y está diseñado principalmente como instrumento de pensamiento». En este sentido, es interesante señalar que, en 2016, varios investigadores de la Universidad de California, en Berkeley, se las ingeniaron para crear un «atlas del cerebro»²⁴ que muestra cómo están distribuidos por diversas regiones del órgano los significados de diferentes palabras.

El antropólogo norteamericano Roy Rappaport,²⁵ la antropóloga británica Camilla Power²⁶ y otros entienden que el lenguaje es solo un aspecto de algo mucho más amplio: la cultura simbólica humana. Señalan que el lenguaje funciona solo si ya se ha establecido una estructura de hechos culturales. Según esta teoría, la aparición del lenguaje acompañó a algunas prácticas rituales. ¿Cuándo comenzaron estas? Las primeras pruebas potenciales de costumbres simbólicas derivan del uso de pigmentos de color ocre rojo en sitios como la cueva de Blombos, en Sudáfrica.²⁷ El «taller» de procesamiento del ocre tiene unos 100.000 años de antigüedad. La coincidencia temporal entre los fósiles de los seres humanos actuales y los

artefectos simbólicos ha convencido a algunos arqueólogos (aunque no a todos) de que la anatomía y la conducta modernas quizá hayan evolucionado conjuntamente.

Desde nuestra posición ventajosa, el factor crucial vuelve a ser el hecho de que el simbolismo, los rituales y los mitos socialmente compartidos fueron muy probablemente las primeras respuestas sofisticadas a las persistentes preguntas *por qué y cómo* y eran, por tanto, fruto de la curiosidad. Lo mismo cabe decir de la alusión a metáforas, y en esencia del proceso del pensamiento abstracto en su conjunto (o el «instrumento de pensamiento» de Chomsky), que ha apuntalado la aparición de toda cultura. La reacción en cadena que derivó del *feedback* positivo entre curiosidad y lenguaje convirtió al *Homo sapiens* en un intelectual sólido, con conciencia de sí mismo y una vida interior. La capacidad para el pensamiento creativo, accionado en buena medida por la curiosidad, junto con la aptitud para compartir conocimiento acumulado y poner en común inteligencia con otros, andando el tiempo, dio lugar a unos cuantos avances espectaculares en la historia de la humanidad. Uno recibió el nombre de Primera Revolución Agrícola,²⁸ la transición desde la caza y la recolección a una dieta de alimentos cultivados producidos por una agricultura sedentaria. Esta transición demográfica neolítica, que empezó hace unos 12.500 años, conllevó la domesticación de varios tipos de plantas y de animales como perros, vacas u ovejas. Otra revolución, unos 12.000 años después, consistió en la aparición de una perspectiva radicalmente nueva sobre la naturaleza de la ciencia: la famosa revolución científica²⁹ que comenzó en Europa a finales del Renacimiento y perduró hasta finales del siglo XVIII.

Lo que encarnó la revolución científica fue la transición desde la cultura de la aserción dogmática, que había dominado el pensamiento durante la Edad Media, hasta la cultura de la curiosidad, que dio prioridad a la exploración y la observación empírica. Empiristas como John Locke y David Hume encumbraron las pruebas y las impresiones captadas con los propios ojos, y enciclopedistas como Denis Diderot trataron de reunir todo el conocimiento en textos coherentes. Los monumentales avances observacionales y experimentales y la avalancha de conceptos teóricos elaborados por individuos como Copérnico, Galileo, Descartes, Bacon, Newton, Vesalius,

Harvey y otros surgieron de la aceptación de que los seres humanos no lo sabían todo, que aún había que explorar a fondo tanto el microcosmos como el macrocosmos. De hecho, todos los progresos científicos que presenciamos actualmente son una prolongación directa de aquellas ideas revolucionarias. No es casualidad que la NASA pusiera el nombre de *Curiosidad* al astromóvil enviado a Marte para estudiar su superficie.

La mera acción de enumerar los nombres de algunos pioneros de la revolución científica me ha conducido al paso siguiente de mi humilde intento por comprender la curiosidad. Como no podía entrevistar a aquellos grandes pensadores del pasado, decidí hablar brevemente con unas cuantas personas actuales conocidas por ser extraordinariamente curiosas. Las cuestiones que más me intrigaban en concreto eran estas: ¿cómo explican y describen su curiosidad los individuos excepcionalmente curiosos? ¿Cómo deciden qué despierta su curiosidad?

Mentes curiosas

Einstein dijo una vez esto: «Lo más importante es no dejar de cuestionar. La curiosidad tiene su propia razón de ser. Uno no puede sino sentirse impresionado al contemplar los misterios de la eternidad, de la vida, de la maravillosa estructura de la realidad. Basta con tratar simplemente de comprender cada día un poco de este misterio».¹ Por lo visto, algunos han seguido este consejo al pie de la letra: han sido incesantemente curiosos. Unos cuantos han llegado a ser destacados científicos, escritores, ingenieros, educadores o artistas. En cualquier caso, la mayoría de los seres humanos son curiosos, y a menudo no sobre grandes cuestiones sino sobre las nimiedades de su vida. En nuestra época de gran especialización, el erudito —una persona con conocimientos e intereses de gran alcance— ha acabado siendo una especie en peligro de extinción. Con todo, sí existen personas con una ardiente pasión por investigar y explorar. Alguien que destaca por su curiosidad, incluso entre científicos distinguidos, es el físico Freeman Dyson.²

A Dyson se le atribuye el mérito de haber unificado de manera satisfactoria diferentes versiones de la teoría cuántica del electromagnetismo y la luz, lo que conocemos como «electrodinámica cuántica» o QED [por sus siglas en inglés, *quantum electrodynamics*] (por cierto, una de estas versiones se debe a Richard Feynman). Tras su notable logro, la Universidad de Cornell lo nombró profesor titular sin dar importancia al hecho de que no tuviese siquiera un doctorado en investigación. No obstante, por importante que sea la QED, no abarca ni de lejos todos los logros de Dyson. Durante su larga carrera, ha trabajado en una increíble serie de ámbitos, entre los que contamos las matemáticas, los reactores nucleares productores de isótopos médicos para

los hospitales, las propiedades magnéticas de la materia, la física del estado sólido, las naves espaciales propulsadas por energía nuclear, la astrofísica, la biología o la teología natural. También ha enviado regularmente artículos a la *New York Review of Books*. A los nueve años ya había escrito un relato de ciencia ficción.

A lo largo de los años he visto a Dyson varias veces y siempre he disfrutado de estimulantes conversaciones con él. En el verano de 2014, por fin le pregunté por su excepcional curiosidad. A los 90 años, se mostraba más agudo que nunca.³

Comencé con la pregunta de rigor.

—¿Siempre fuiste curioso?

—De niño siempre estaba haciendo preguntas —contestó Dyson—, pero no me parecía que esto tuviera nada de extraordinario.

A todas luces se quedaba corto. En el instituto ya había empezado a pensar en diversos problemas, lo que más adelante desembocaría en interesantes contribuciones a la rama matemática de la teoría de los números.

—Y durante tu vida adulta, ¿tenías más interés en unas cosas que en otras?

Pensó uno momento antes de contestar.

—Más que nada me interesaban temas en los que trabajaban algunos amigos. Hablaba mucho con otras personas y me intrigaba lo que estaban haciendo. Por ejemplo, hablé con Leslie Orgel [famoso químico británico] sobre el origen de la vida, y me dediqué a ello con afán.

—Pero ¿tu curiosidad seguía algún patrón?

Dyson reflexionó de nuevo y explicó:

—Sin duda estaba más interesado en los detalles que en el panorama general, en los animales más que en el zoo. En tu campo, por ejemplo [se refería a la astronomía y la astrofísica], yo trabajé más en la astronomía [el estudio de objetos astrofísicos determinados] que en la cosmología [el estudio del universo en su conjunto].

—¿Y cómo decidías el momento de pasar a un nuevo tema e iniciar otra exploración?

Dyson se echó a reír.

—Tengo muy poca capacidad de atención. Tiendo a abandonar al cabo de dos o tres semanas. O resuelvo el problema o lo dejo del todo.

«¡Vaya! —pensé—. *Como Leonardo.*»

Como si me leyera el pensamiento, Dyson dijo:

—Siempre he pensado que ser científico te da «permiso» para dedicarte a *cualquier* problema científico. Has de estar dispuesto a renunciar a intereses «normales» para estudiar otra cosa.

Al hilo de mi reflexión anterior, me dije para mis adentros «lo mismo que Feynman». Por último, pregunté a Dyson si había advertido alguna correlación clara entre la curiosidad y otros rasgos de la personalidad. Contestó que no. Sospecho que algunos de sus colegas científicos discreparían de esta última afirmación, al menos en lo concerniente al propio Dyson. El neurólogo y escritor Oliver Sacks (que desgraciadamente falleció mientras yo estaba escribiendo este libro) describía a Dyson como «subversivo» en su creatividad científica: «Considera que es bastante importante no solo ser no ortodoxo sino además ser subversivo, lo que ha hecho toda su vida». De hecho, en su antología de artículos de 2006 *El científico rebelde*, el propio Dyson escribió esto: «Hoy día deberíamos iniciar a nuestros niños en la ciencia como rebelión contra la pobreza, la fealdad, el militarismo y las injusticias económicas».⁴

La segunda persona extraordinariamente curiosa con la que hablé fue el astronauta y erudito Story Musgrave,⁵ a quien conocí en 1993, cuando un equipo de astronautas estaba preparándose para la primera misión de mantenimiento del Telescopio Espacial Hubble. A la sazón yo trabajaba en el proyecto Hubble como astrofísico.

Como seguramente recordaréis, poco después del lanzamiento del telescopio, la NASA descubrió con gran consternación que el principal espejo del Hubble había sido pulido a la perfección, pero con arreglo a especificaciones equivocadas: un déficit conocido como «aberración esférica». El borde exterior del espejo era demasiado plano; en realidad, no mucho —aproximadamente una quinta parte del grosor de un cabello humano—, pero lo suficiente para que las imágenes fueran más bien borrosas. La

comunidad astronómica se hallaba en estado de *shock*, y los medios de comunicación estaban más que dispuestos a recalcar el hecho de que *Hubble* rimaba con *trouble* [problemas]. Numerosos científicos e ingenieros trabajaron día y noche en la elaboración de un plan que permitiera al Hubble recuperar el funcionamiento inicialmente previsto. Al final, los investigadores idearon una ambiciosa estrategia para corregir la visión borrosa del telescopio.

El cometido de un grupo de siete astronautas del transbordador espacial era ir al encuentro del telescopio y, a lo largo de siete increíbles paseos espaciales, instalarle al Hubble sus «gafas» (la óptica correctiva y una nueva cámara corregida internamente). Story Musgrave llevó a cabo tres de esos paseos espaciales alucinantes. En el ámbito de la exploración personal, esto habría sido suficiente para la mayoría de las personas, pero no para Musgrave, que también se ha sacado una licenciatura de Ciencias en la especialidad de Matemáticas y Estadística, un título MBA en Análisis de Operaciones y Programación Informática, una licenciatura en Química, un título de doctor en Medicina (trabajó a tiempo parcial como médico traumatólogo y de urgencias) y una maestría en Fisiología/Biofísica; además, por si faltaba algo, hizo un máster en Literatura. Ah, y también es piloto de avión a reacción, es aficionado a la fotografía y el diseño industrial, y tiene siete hijos.

Volví a hablar con Musgrave⁶ en agosto de 2014 y le formulé la previsible pregunta:

—¿Por qué estudiaste todo esto?

Musgrave no vaciló.

—Mi curiosidad tiene que ver con cierta inquietud por el hecho de no estar del todo satisfecho con el actual estado de las cosas. Así pues, siempre he sentido la necesidad de hacer algo. Siempre he tenido este ímpetu para explorar más.

—Muy bien, pero ¿por qué escogiste estas cuestiones concretas?

—Una cosa llevó a otra de forma natural. Cuando estaba ocupándome de los sistemas complejos, comencé con herramientas de las matemáticas y la estadística a fin de ser capaz de predecir para qué valores de las variables obtendría un resultado deseado.

Hizo una breve pausa.

—Era la primera época de los ordenadores, así que partiendo de las matemáticas enseguida gravité hacia la programación y los análisis de operaciones. Tras ver cómo funcionaban los ordenadores, tuve curiosidad por saber cómo actuaba el cerebro. Esto me llevó al estudio de la química y la biofísica y a la facultad de Medicina. Tan pronto hube adquirido algunos conocimientos acerca del cuerpo humano y sus limitaciones, ya estuvieron sentadas las bases para el programa espacial.

Hube de admitir que, expuesto así, todo tenía sentido. Sin embargo, la mayoría de nosotros no intentamos satisfacer nuestros intereses con tanto vigor y perseverancia.

Musgrave prosiguió:

—Todas las materias que estudié estaban conectadas o relacionadas. —A continuación, tras parar un momento, añadió—: Todos los niños de dos a tres años tienen curiosidad. En realidad, la cuestión es qué pasa cuando abandonas la infancia. Da la sensación de que, en muchos casos, la adolescencia destruye la curiosidad.

He oído a mucha gente hacer este mismo comentario. No obstante, la impresión que saco yo de las investigaciones psicológicas propiamente dichas es que son solo los aspectos perceptuales (y quizá diversivos) de la curiosidad (en particular, la búsqueda de novedades) los que decaen en la transición a la edad adulta. Al parecer, la curiosidad específica y la epistémica —el ansia de conocimiento— permanecen bastante constantes a lo largo de gran parte de la vida adulta.

Antes de mi conversación con Musgrave tuve un breve intercambio de correos electrónicos con otro célebre erudito, Noam Chomsky,⁷ un lingüista, científico cognitivo, filósofo, comentarista político y activista que ha escrito más de 100 libros. Es uno de los sabios más citados del siglo XX y su obra ha sido muy influyente en campos que van desde la lingüística, la psicología y la inteligencia artificial hasta la lógica, la ciencia política o la teoría de la música.⁸

«Un tema interesante», me dijo Chomsky cuando le expliqué que estaba escribiendo sobre la curiosidad. Al preguntarle qué clase de cuestiones se la suscitaban a él, replicó con agudeza: «Bueno, supongo que a título ilustrativo podría decir que tengo curiosidad con respecto a por qué tienes tú interés en la curiosidad».

No me rendí y mandé otro email: «¿Qué te atrajo de los temas concretos en los que estás interesado?».

Chomsky me envió de inmediato una respuesta⁹ que me pareció fascinante: «El reconocimiento de que el lenguaje es la capacidad humana más característica, y el núcleo de nuestra naturaleza mental, y de que todos sus aspectos plantean grandes misterios». No pude menos que estar de acuerdo. Incluso la brevísima descripción de la evolución/revolución del lenguaje que incluyo yo en el capítulo 7 pone de relieve el indispensable papel del lenguaje en la aparición de los seres humanos actuales como especie dotada de facultades únicas.

Mientras estaba leyendo la nota de Chomsky se me ocurrió algo. Si sustituyera la palabra *lenguaje* de su respuesta por la expresión *capacidad para preguntar* «¿por qué?», tendría una descripción perfecta del motivo por el que yo estaba interesado en la curiosidad.

Recordemos que en los experimentos con neuroimágenes, cuando a los individuos se les daban las respuestas correctas a preguntas de trivio, se les iluminaba la circunvolución frontal inferior (CFI). Bien, entre otros componentes, la CFI de los seres humanos contiene el área de Broca, importante región para el procesamiento y la comprensión del lenguaje. Asimismo, Stanislas Dehaene y sus colegas¹⁰ han identificado provisionalmente la CFI como el área cerebral que permite a los seres humanos analizar información abstracta. El lenguaje, la curiosidad epistémica y el procesamiento de conceptos abstractos son sin duda la esencia de lo que Chomsky denomina «el núcleo de nuestra naturaleza mental».

La siguiente persona curiosa con la que hablé tenía una carrera fuera de lo común. Aunque en la escuela secundaria Fabiola Gianotti se había concentrado sobre todo en la literatura y la música¹¹ y el primer título

universitario que consiguió fue de Música (como pianista), acabó dirigiendo un grupo de unos 3.000 físicos que en 2012 descubrió lo que se ha denominado «partícula de Dios»: ¹² el bosón de Higgs. El 1 de enero de 2016 fue nombrada directora general de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en inglés), encargada de manejar el acelerador de partículas más grande del mundo, el Gran Colisionador de Hadrones, cerca de Ginebra, Suiza.

—¿Por qué decidiste pasar de estudiar humanidades a estudiar física? — pregunté a Gianotti.

—Siempre fui una niña curiosa —contestó—, continuamente me hacía muchas preguntas. En un momento dado llegué a la conclusión de que la física quizá me permitiría realmente *responder* a algunas.

—¿Fue duro no tener la formación necesaria?

—En efecto —admitió—. Al principio, en la universidad tuve que adaptarme y pasar de una educación en humanidades a la capacidad para asimilar y abordar los problemas planteados por la física.

—Pero ¿conservaste tu afición a la música?

—Desde luego. Para mí la música es fundamental; escucho música todo el tiempo. Ahora tengo menos tiempo para tocar, pero a veces aún lo hago.

—¿Tienes otras pasiones aparte de la física y la música?

Se echó a reír.

—¡Cocinar! Veo muchas semejanzas entre la física y la música, y entre la física y la cocina. En primer lugar, la elegancia es un elemento común a las teorías físicas, la música y, de hecho, el ballet, con el que había fantaseado de pequeña.

—No puedo estar más de acuerdo —dije.

—Además, en la cocina y la física —prosiguió Gianotti— necesitas reglas o leyes, pero también creatividad.

Por desgracia, no pude hacer ningún comentario al respecto, pues apenas he cocinado en mi vida. No obstante, me recordé a mí mismo que empezar a cocinar debió de ser muy importante para garantizar que los seres humanos tuvieran un número elevado de neuronas en su corteza cerebral.

Tenía la sensación de que debía hacer otra pregunta, pues estaba relacionada con la verdadera naturaleza de la curiosidad como impulsora de la investigación básica. El descubrimiento del bosón de Higgs supuso un éxito sensacional para Gianotti y su equipo; la búsqueda de esta esquiva partícula había durado unas cuatro décadas. Sin embargo, hay serias posibilidades de que el Gran Colisionador de Hadrones (figura 22) no descubra ninguna otra partícula nueva. El coste milmillonario de las instalaciones podría plantear un considerable problema de relaciones públicas al nuevo director general.

—¿Y si no encontráis nada más? —pregunté.

—En investigación fundamental se producen sorpresas —contestó—. A veces porque se encuentra algo, y a veces porque no se encuentra. Es parte del juego. —Y luego añadió—: Los resultados negativos también son importantes, pues ayudan a eliminar ciertas teorías y a limitar otras.



Figura 22

—Aun así, sería un tanto decepcionante —señalé con cautela.

Ella asintió.

—Todavía hemos de combinar todos los enfoques posibles, partiendo de aceleradores, de búsquedas experimentales de las partículas que constituyen la materia oscura [materia que no emite luz, y cuya existencia se deduce de

observaciones astronómicas que detectan su influencia gravitatoria], y de la astrofísica.

Curiosamente, unos tres meses después de mi conversación con Gianotti, dos experimentos con el Gran Colisionador de Hadrones revelaron pistas sobre la potencial existencia de una partícula nueva cuyo peso sería unas 800 veces superior al del protón. Por desgracia, tras la acumulación de más datos, en el verano de 2016 se demostró que estas señales habían sido solo una fugaz casualidad estadística.

No sabía yo si traer a colación otro tema controvertido: el *multiverso*. El valor relativamente bajo descubierto para la masa del bosón de Higgs junto a la posibilidad de que el Gran Colisionador de Hadrones no descubra ninguna partícula nueva han reforzado un punto de vista especulativo según el cual nuestro universo es solo uno de entre un enorme conjunto de universos. De acuerdo con este supuesto, no debería sorprendernos ningún valor de la masa del bosón de Higgs, pues, en el multiverso, valores antes considerados improbables acaso estén representados en algunos integrantes del conjunto. Tras algunas dudas, pregunté:

—¿Qué opinas sobre la idea del multiverso?

—Desde una óptica psicológica, creo que basarse en el multiverso como explicación equivale en cierto modo a darse por vencido —contestó Gianotti—. En mi condición de física experimental, me gustaría seguir explorando todas las posibilidades.

Estaba yo pensando que los experimentos psicológicos de Jacqueline Gottlieb (descritos en el capítulo 5) han demostrado que esta era la actitud de las personas más curiosas: explorar todas las opciones. Por tanto, me sentí empujado a preguntar:

—¿Sientes hoy tanta curiosidad como cuando eras niña?

Gianotti no vaciló:

—Si acaso, más. Me siento impulsada por la curiosidad y el placer del aprendizaje. Nada me satisface más que entender algo que antes no entendía. —Eran casi las mismas palabras utilizadas por Gottlieb, que decía: «Lo que más alegría me da es aprender algo nuevo».

—¿Ves alguna otra característica común a las personas muy curiosas?

—Sí —dijo— la capacidad de pensar más allá de lo conocido, de lo aceptado, de lo considerado como probado.

—¿Crees que esto es aplicable también a los artistas curiosos?

—Desde luego. Los artistas curiosos exploran nuevos caminos. Ven la realidad con ojos diferentes. También van más allá de lo que nosotros vemos de manera superficial.

—¿Qué artistas te gustan más?

—En la música, mi favorito es Schubert, porque me parece el más romántico de los compositores del período clásico y el más clásico entre los compositores de la época romántica. En las artes visuales, me gustan en especial los artistas del Renacimiento italiano.

Me había enterado de que Claudio, hermano de Gianotti, había dicho una vez que Fabiola «nunca dejaba nada a medias». En consecuencia, no pude aguantarme las ganas de hacer una última observación, un poco en broma:

—Pese a ser extraordinariamente curiosa, como Leonardo, la verdad es que te gusta terminar tus proyectos.

Se echó a reír.

—Ni se me ocurriría compararme con Leonardo. Pero el caso es que no me gusta nada dejar las cosas inacabadas. Aunque un libro no me parezca muy interesante, lo termino igualmente.

La siguiente persona con la que hablé era alguien a quien había conocido y admirado a lo largo de toda mi carrera profesional, desde mi época de estudiante. Martin Rees¹³ es un cosmólogo y astrofísico de renombre mundial que ha recibido, entre otros, el Premio Crafoord de Astronomía. Es el astrónomo real del Reino Unido desde 1995, fue rector del Trinity College de Cambridge desde 2004 a 2014 y presidente de la Royal Society desde 2005 a 2010, y en 2005 llegó a ser barón de Ludlow. Es uno de los poquísimos astrofísicos que saben prácticamente todo lo que hay que saber sobre astrofísica y cosmología.

Además de sus muchos logros en astrofísica, Rees ha escrito y hablado ampliamente acerca de los riesgos y desafíos que afrontará la humanidad¹⁴ en el siglo XXI y sobre los aspectos sociales, éticos y políticos de la ciencia.

Como parte de su actividad, cofundó el Centro para el Estudio del Riesgo Existencial, un instituto de investigación de la Universidad de Cambridge que estudia potenciales amenazas (planteadas sobre todo por la tecnología) para la existencia humana.

Inicié nuestra conversación con la pregunta estándar:

—¿Eras muy curioso de niño?

Rees pensó durante unos segundos.

—No estoy seguro —empezó diciendo—. Sí recuerdo sentirme desconcertado por varios fenómenos. Por ejemplo, solíamos ir de vacaciones al norte de Gales, y a mí me interesaban las mareas. Quería entender por qué se producían en momentos diferentes en lugares distintos.

Tras una breve pausa, recordó otro hecho que le había dejado perplejo:

—Por qué las hojas de té se amontonaban en el centro y el fondo de la taza cuando se removía el líquido. —Este fenómeno se conoce a veces como la «paradoja de las hojas de té».

Como esta entrevista era al mismo tiempo una conversación informal entre dos colegas científicos, no pudimos resistir la tentación de añadir a ese comentario un conciso diálogo sobre hidrodinámica, las capas de Ekman y algunos otros conceptos físicos. Al final Rees regresó a la cuestión inicial.

—Siempre me han atraído los números.

Pasé a mi siguiente pregunta:

—¿Cuándo y por qué decidiste dedicarte a la astrofísica?

—No fue una decisión precoz —recordó Rees—. En los dos últimos años de secundaria me especialicé en matemáticas y física. —Riendo, añadió—: Sobre todo porque los idiomas no se me daban muy bien —prosiguió—: Estudié matemáticas en Cambridge, pero decidí que no había nacido para ser matemático. Pensé en la opción de la economía, por lo que estudié algo de estadística, pero en cuarto curso di algunas asignaturas de física teórica, y entonces resolví pasarme a la física. Lo que fue de ayuda es que como tutor me asignaron al profesor Dennis Sciama, quien por cierto había sido mentor de Stephen Hawking y a mí me enseñó mucho; generó un entusiasmo que me arrastró. Como consecuencia de ello, al cabo de un año yo estaba seguro de que quería dedicarme a la astrofísica.

Coincidí sin reservas con la valoración que Rees hacía de Sciama, a quien tuve el honor de conocer personalmente. Sciama tenía una pasión contagiosa por la investigación, unos conocimientos amplísimos y un excelente olfato para aquello por lo que valía la pena mostrar curiosidad en cosmología y astrofísica. También comprendí la elección de Rees, pues me había encontrado con muchos casos de alumnos brillantes que escogían su especialidad basándose más en la calidad de los profesores que en las características intrínsecas de la propia disciplina.

Formulé otra pregunta:

—De un tiempo a esta parte has mostrado cada vez más interés en el cambio climático y otras amenazas existenciales. ¿A qué obedecen estos nuevos intereses?

Rees esperaba la pregunta y contestó al instante.

—La política me ha interesado desde hace tiempo, y he llegado a admirar a muchos individuos con conciencia social. Por consiguiente, tuve curiosidad por ciertos asuntos sociales. En mi libro *Nuestra hora final: ¿Será el siglo XXI el último de la humanidad?*, hacía varios comentarios sobre lo que considero riesgos, que ahora, en general, creo que han sido aceptados. Además, cuando cumplí los sesenta años estaba intentando determinar qué debía hacer en la década siguiente para no acabar de brazos cruzados. Al final —añadió riendo— he sido elegido para varios puestos importantes [haciendo alusión a la presidencia de la Royal Society y su nueva condición de lord], lo que me dio la oportunidad de estar más implicado de lo que había previsto en un principio.

Decidí incluir otra dirección en los intereses de Rees.

—A diferencia de algunos de tus colegas científicos, muestras más curiosidad y tolerancia hacia la teología y la religión. ¿Puedes explicar sucintamente tus ideas sobre estos asuntos?

—Siempre me ha interesado la filosofía, y también la tolerancia hacia la religión. No soy creyente, pero sí valoro las costumbres culturales, históricas y religiosas, como ir a misa el domingo en el cristianismo o encender velas de *sabbat* en el judaísmo, y me gustaría que se conservaran. También creo que la religión tradicional puede ayudar a combatir el fundamentalismo radical.

Volví a diversas cuestiones específicas de la curiosidad.

—Partiendo de tu experiencia, ¿piensas que unas personas son más curiosas que otras, o se trata tan solo de individuos diferentes interesados en cosas distintas?

Rees pensó durante unos instantes.

—Hay diversos niveles de curiosidad, sin duda, pero también es rotundamente cierto que diferentes personas muestran interés en diferentes cosas —contestó al fin—. Por ejemplo, como los niños pequeños suelen tener interés por los dinosaurios y el espacio exterior, sería cuestión de empezar con estos temas en vez de obligarles a que se interesaran en otras cosas.

Me pareció un consejo estupendo: tratar de seguir y estimular la curiosidad que ya está ahí (al menos al principio) más que imponer temas poco atractivos.

Me enteré de que Rees pertenece a un grupo de futuristas para quienes la inteligencia artificial puede llegar a ser la especie dominante en un futuro no muy lejano, por lo que quise preguntarle al respecto.

—¿Crees que las máquinas «inteligentes» serán curiosas? Al fin y al cabo, quizá no experimenten los mismos tipos de presiones de la selección natural a través de las cuales tuvo que evolucionar la vida biológica.

Rees volvió a pensar un poco en la pregunta y al final respondió:

—La cuestión clave es si tendrán conciencia y serán conscientes de sí mismas como nosotros, o si serán más como «zombis» [término utilizado para describir máquinas que son indistinguibles de los seres humanos pero carecen de experiencia consciente]. Si la conciencia es una propiedad emergente de los sistemas complejos, entonces estos quizá la tengan en un nivel más profundo que nosotros.

—En efecto —dije asintiendo— pero ¿serán curiosas?

—Supongo que depende del alcance de nuestra definición de curiosidad —dijo Rees tras un momento de reflexión—. Si un matemático con relativamente poco interés en los ámbitos ajenos a las matemáticas puede ser considerado curioso, entonces las máquinas también, claro.

Esto tenía para mí todo el sentido. Terminé con mi pregunta de rutina:

—¿Has notado alguna otra característica común a las personas que parecen muy curiosas?

—No estoy seguro —contestó, pero acto seguido añadió—: Por lo general, son más activas que las otras desde el punto de vista intelectual. Muchas conservan el carácter juguetón de los niños... siguen igual de entusiastas.

Fue una interesante manera de expresarlo. Tal vez las personas muy curiosas son capaces de preservar durante más tiempo su curiosidad perceptual —la capacidad para sorprenderse constantemente—, mientras que en los demás esta característica suele disminuir con la edad.

Si creíamos que Gianotti tenía una carrera singular, veamos la siguiente persona con la que hablé: Brian May,¹⁵ el famoso guitarrista solista de pelo cardado de la banda Queen que compuso éxitos como *We Will Rock You*, *I Want It All*, *Who Wants to Live Forever* o *The Show Must Go On*. Pues por extraño que parezca, también tiene un doctorado en Astrofísica del Imperial College de Londres; fue rector de la Universidad John Moores de Liverpool desde 2008 a 2013; es colaborador del equipo científico de la misión Nuevos Horizontes de la NASA a Plutón; es experto y coleccionista de estereofotografía victoriana, técnica en la que dos imágenes planas se fusionan mediante un visor especial para producir una escena en 3D, y es un apasionado activista defensor del bienestar animal. No es de extrañar, por tanto, que yo quisiera hablar con él: en la actualidad, muy pocas personas exhiben una variedad de intereses tan amplia.

Yo sabía que, a los 16 años, May había diseñado y construido su famosa guitarra, *Red Special*, con ayuda de su padre. A tal fin utilizaron la madera de una repisa de chimenea centenaria para hacer el mástil. En consecuencia, mi primera pregunta fue esta:

—¿Por qué decidiste fabricar la guitarra en vez de comprar una?

May se echó a reír.

—La respuesta es sencilla: no teníamos dinero. Eran los comienzos del *rock and roll*, y las guitarras americanas famosas, e incluso sus equivalentes británicas, estaban fuera del alcance de mi bolsillo. Además, fabricar una

guitarra suponía un gran reto. Mi padre tenía cierta experiencia en electrónica, carpintería y metalistería, así que nos hacía mucha ilusión, pues creíamos que podíamos hacer algo mejor de lo que existía.

Continué con una cuestión sobre la que yo tenía una enorme curiosidad.

—¿Por qué te hiciste músico tras haberte sacado un título en Física?

May no tuvo dudas:

—Fue algo vocacional. La física y la astronomía me encantaban, y que estudiase estas materias complacía a mis padres, pero la atracción de la música fue tan fuerte que no lo pude resistir. También tenía miedo de que, si no respondía a esa llamada, no volviera a producirse jamás.

—Entonces, ¿por qué decidiste volver a tus estudios de doctorado en Astrofísica tras décadas en el mundo de la música? —¿May volvió a matricularse tras un paréntesis de treinta años!

—Fue un golpe de suerte —dijo May—. Aunque conservaba mi interés en la astronomía, en realidad fue sir Patrick Moore [famoso astrónomo aficionado y divulgador científico inglés], «padre» de muchos astrónomos de mi generación, quien me sugirió que regresara. Yo no lo creía posible, pero tras mencionarlo en una entrevista, recibí de pronto una llamada de Michael Rowan-Robinson, jefe del grupo de astrofísica del Imperial College: me dijo que si hablaba en serio, él sería mi supervisor. —May volvió a reírse—. Ser famoso abre muchas puertas. —Y luego prosiguió—: No resultó fácil. Has de reactivar esas partes de tu cerebro que llevas tiempo sin usar. Rowan-Robinson fue muy duro conmigo, lo cual acabó siendo importante, pues todo el asunto era muy evidente.

Pensé para mis adentros que dinamizar partes del cerebro que no utilizas habitualmente tiene que ver en parte con la curiosidad, lo que de forma natural llevó a mi siguiente pregunta:

—¿Ves alguna conexión entre tus intereses en la música y en la astrofísica? ¿O unos y otros pertenecen a mundos separados?

May no vaciló.

—Creo que mis capacidades en cada ámbito se vieron sin duda incrementadas por mi actitud receptiva hacia el otro ámbito. No creo que la ciencia y el arte deban estar separados; de hecho, están conectados de alguna manera misteriosa. Por ejemplo, ahora sé de muchos científicos, como Matt

Taylor, «jefe» de la misión Rosetta [sonda espacial lanzada por la Agencia Espacial Europea para estudiar el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko], que están muy interesados en la música.

—¿Por qué accediste a ser rector de la Universidad John Moores de Liverpool?

May se echó a reír.

—Porque me picó la curiosidad. No tenía ni idea de lo que supondría, y decidí ver qué tal. También me preguntaba si el cargo de rector te puede cambiar. Por cierto, ¡la respuesta es no! No te cambia. —Y volvió a reírse.

—¿Y cómo te aficionaste a la estereografía victoriana?

—Esto es una pasión que cultivé de pequeño y que nunca he abandonado. Es como la magia.

—¿Y qué hay de tu interés concreto en las «Diablerías»? [una serie de fotografías estereoscópicas que supuestamente representan la vida cotidiana en el infierno].

—Son obras de arte increíblemente laboriosas —contestó May—. En cada trabajo hay mucho misterio e imaginación. Incluso con la tecnología actual es difícilísimo reproducir cualquiera de ellas. Con Claudia Manzoni acabo de crear un retrato estereoscópico del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko a partir de imágenes captadas por la misión Rosetta, y también una representación en tres dimensiones de Plutón a partir de imágenes tomadas por Nuevos Horizontes.

—¿Hay otras cosas que te apasionen o despierten la curiosidad?— pregunté.

La respuesta de May fue rápida.

—Dos cosas. En primer lugar, los animales; la crueldad que hemos infligido a los animales es tremenda. Quiero luchar por su derecho a tener una vida decente y una muerte decente. —Hizo una breve pausa y continuó—: Lo segundo que también me provoca una curiosidad infinita son las relaciones humanas, y en concreto, el amor. El amor es una de las cosas más potentes de nuestra vida. Nos motiva, y en la historia antigua al parecer se crearon y destruyeron imperios enteros por su causa. Sin embargo, la ciencia tiene muy poco que decir sobre el amor. Quienes lo han descrito mejor son los grandes escritores de ficción.

Me mostré totalmente de acuerdo con la última afirmación, pero también pensé que se podían decir cosas un tanto similares sobre la curiosidad. Mi última pregunta tenía que ver con una divertida anécdota que me habían contado.

—Una vez, el astrofísico Martin Rees te dijo que no conocía a ningún científico que se pareciera a Isaac Newton [sobre todo por el pelo, y quizá la nariz] tanto como tú. ¿Se te había pasado esto alguna vez por la cabeza?

May se rio.

—No. De hecho, cuando lo dijo, mi primera reacción fue en cierto modo de fastidio, porque, pensaba yo, «¿quiere hablar conmigo solo de esto?». Sin embargo, más adelante mantuvimos una fabulosa conversación sobre astrofísica.

Al final, pregunté a May si quería preguntarme a mí algo.

—¿Estamos solos? —dijo.

Repasé para él las inminentes búsquedas de vida extrasolar.¹⁶ También dije que existe la esperanza de que, en las dos o tres décadas próximas, o bien hayamos encontrado biomarcadores —anomalías de composición debidas a alguna forma de vida— en la atmósfera de los planetas que giran alrededor de otras estrellas, o bien al menos hayamos sido capaces de plantear algunas limitaciones de probabilidad significativas en la existencia (o rareza) de vida extrasolar. Para mí, la cuestión importante era que May aún se mostraba sinceramente curioso sobre la investigación astronómica de vanguardia.

Autodidactas

A pesar de sus amplios y diversos intereses, cada una de las personas a las que había entrevistado hasta el momento —Freeman Dyson, Noam Chomsky, Story Musgrave, Fabiola Gianotti, Martin Rees y Brian May— es conocida sobre todo por sus aportaciones a un área concreta, aquella que han estudiado y en la que se basa su formación. Dyson es famoso principalmente por sus logros en física fundamental, Chomsky por sus influyentes ideas en el campo de la lingüística, Musgrave por su condición de astronauta, Gianotti por haber

descubierto la partícula de Higgs, Rees por sus numerosas contribuciones en astrofísica y cosmología, y May por ser un músico virtuoso. Mi siguiente entrevistada es célebre sobre todo por su cerebro.

Inteligencia es una palabra compleja; cuesta definirla y aún más cuantificarla.¹⁷ No obstante, desde 1986 a 1989, Marilyn vos Savant¹⁸ salió en el *Libro Guinness de los Récords* por tener el «CI más alto del mundo»: ¡un pasmoso 228! Aunque los valores numéricos precisos de las puntuaciones en las pruebas de inteligencia Stanford-Binet y Mega tienen fama de poco fiables, y los datos concretos de Vos Savant han sido puestos en entredicho, nadie ha dudado jamás de su increíble inteligencia. Curiosamente, tras estudiar Filosofía solo dos años en la Universidad Washington de St. Louis, Vos Savant no llegó a sacarse ningún título universitario. Sin embargo, cuando *Parade Magazine* publicó una semblanza suya, junto con una selección de sus respuestas a preguntas de los lectores, la reacción fue tan apabullante que la revista le ofreció un empleo permanente. En su columna semanal «Pregunta a Marilyn», Vos Savant contesta a una gran variedad de preguntas académicas y de vocabulario y explica y resuelve diversos puzles de lógica. Dado su singular historial, pensé que sería interesante comparar la percepción de Vos Savant de su propia curiosidad con la de otros entrevistados. Por tanto, decidí concentrarme en tres preguntas principales, empezando por la que suscitaba en mí más curiosidad:

—A lo largo de los años, ¿qué temas te han provocado más curiosidad? ¿Y por qué crees que fueron estos temas concretos?

Siendo yo consciente de los temas que solían aparecer en su columna, me esperaba una respuesta relacionada con la teoría de la probabilidad o con la lógica matemática, pero Vos Savant me sorprendió:

—Hace mucho tiempo que tengo curiosidad por la mente humana, la naturaleza de la conciencia, la amplitud y la profundidad de la cognición, y el enigma del infinito. Mi gata no sabe que no entiende el álgebra. ¿Qué no sabemos que no somos capaces de entender y sin embargo podría entenderlo sin dificultad una mente intelectualmente superior?

La respuesta me pareció muy interesante sobre todo por dos razones. Primero, de forma inesperada, Vos Savant estaba aludiendo a una variante algo distinta del famoso problema de «los desconocidos desconocidos»: esas cosas

que no sabemos que no entendemos. Segundo, la referencia a una «mente intelectualmente superior» abordaba por encima otro tema que me despierta una ferviente curiosidad: si en nuestra galaxia de la Vía Láctea existen otras civilizaciones inteligentes y, caso de ser así, de qué índole serían. Por un lado, como la edad del sistema solar (4.500 millones de años) es menos de la mitad de la de la galaxia, otra civilización, si existiese, podría ser más avanzada que la nuestra en más de mil millones de años. Por otro, como todavía no tenemos una explicación convincente de la «paradoja de Fermi» —la sorprendente falta de pruebas de la existencia de una civilización así—, podría ser que hubiera algún cuello de botella evolutivo que dificultara notablemente el tránsito a la inteligencia.

Mi segunda pregunta a Vos Savant abordaba la evolución de su curiosidad personal:

—¿Siempre has sido curiosa? ¿Has notado algún cambio en tu curiosidad a lo largo de los años (durante tu vida adulta)?

Su respuesta fue de lo más candorosa:

Cuando era pequeña, también tenía curiosidad por los objetos que había cerca y lejos, desde las ranas hasta el planeta enano Plutón. Este tipo de curiosidad prácticamente ha desaparecido, quizá porque para satisfacer estos intereses hace falta una mentalidad que puede utilizar microscopios o telescopios, que según tengo entendido significa trabajar en organizaciones científicas grandes (es decir, financiadas). Yo puedo hacer lo primero, ¡pero mi personalidad no es apta para lo segundo!

En cualquier caso, actualmente me interesa mucho más la humanidad, sobre todo el modo en que muchos aspectos de nuestra vida están mejorando mientras, al mismo tiempo, grandes civilizaciones parecen hallarse en diversos estados de degeneración. ¡Fascinante! ¿Qué nos deparará el futuro?

Esta respuesta fue cautivadora, y acaso representativa de una tendencia común asociada a la acumulación de experiencias vitales. Por lo visto, con los años, muchas personas evolucionan pasando de estar interesadas en una variedad de «objetos» a tener curiosidad por cuestiones más filosóficas, de carácter universal. De nuevo, esto tal vez refleje una transición desde una curiosidad fundamentalmente perceptual y diversiva a un estado dominado en buena medida por la curiosidad epistémica. Como dijo en una ocasión con

humor la crítica musical y novelista Marcia Davenport, «todos los grandes poetas murieron jóvenes. La ficción es el arte de la edad madura. Y los ensayos son el arte de la vejez».

Mi tercera pregunta a Vos Savant era la misma que había formulado a otros entrevistados:

—¿Has observado alguna característica común a los individuos excepcionalmente curiosos?

Su respuesta fue una interesante variación sobre el tema esbozado por Gianotti:

—He notado cierta capacidad para ignorar lo obvio, quizá porque no es tan interesante, y prestar atención a aspectos aparentemente insignificantes. A veces, estas facetas menos evidentes son callejones sin salida, pero en ciertas ocasiones adquieren una importancia súbita cuando las remueve la persona adecuada.

Tras reflexionar sobre la combinación de esta reveladora respuesta con la de Gianotti, me di cuenta de que se apreciaba el sello inconfundible de Feynman. ¿De qué otro modo describiríamos su fascinación por los fenómenos que a primera vista parecían rutinarios? En los comentarios de Vos Savant, también alcanzaba yo a oír ecos del declarado interés de Dyson «por los detalles» más que «por el panorama general». De todos modos, lo más importante es que aquí Vos Savant captó un aspecto de la esencia de la curiosidad: no estar interesado en lo *obvio* y preferir lo oscuro o lo misterioso. Como señaló el filósofo Martin Heidegger, «hacerse inteligible es un suicidio para la filosofía». ¹⁹

La siguiente persona con la que hablé, John *Jack* Horner,²⁰ tampoco se sacó nunca un título universitario. Pero este hecho no le impidió llegar a ser uno de los paleontólogos más famosos, miembro de la Fundación MacArthur, asesor científico de todas las películas *Parque jurásico* y descubridor del entrañable hecho de que al menos algunas especies de dinosaurios cuidaban de sus crías. También demostró que ciertos dinosaurios que antes se habían considerado pertenecientes a especies distintas eran simplemente los mismos animales en edades diferentes.

Hablé con Horner en septiembre de 2015. Mi primera pregunta fue aproximativa:

—¿Te consideras una persona curiosa?

—Sí, esto es lo que soy *en esencia* —contestó al punto.

Horner descubrió su primer hueso de dinosaurio cuando contaba ocho años y desenterró el primer esqueleto a los trece. Estos extraordinarios descubrimientos me llevaron de forma natural a la segunda pregunta:

—¿Cómo fue eso?

—Mi padre era un entendido en arena y grava; tenía buenos conocimientos de geología. Así que me llevó a un sitio donde, a su entender, era probable encontrar huesos de dinosaurio.²¹ —Tras una breve pausa añadió—: Al final resultó el primer yacimiento donde hice algunos de mis hallazgos.

Aún había algo que no me quedaba claro.

—A muchos niños les alucinan los dinosaurios, pero casi nadie se hace paleontólogo. ¿Cómo fue que te lanzaste a la aventura de la paleontología profesional?

Horner se echó a reír.

—Yo era muy disléxico. Incluso hoy solo leo como un alumno de segundo de primaria. Así pues, mientras los otros niños aprendían a leer, yo me entretenía buscando fósiles. Cuando encontraba algo, iba a la biblioteca, miraba imágenes de dinosaurios e intentaba identificar el dinosaurio al que habían pertenecido aquellos huesos en otro tiempo.

Le interrumpí un momento.

—Supongo que en aquella época nadie sabía realmente qué era la dislexia.

—En efecto —contestó—. Algunos creían que era retrasado. Durante muchísimo tiempo, mi padre pensó que yo era perezoso sin más. De hecho —y entonces esbozó una sonrisa— siguió creyéndolo hasta que apareció mi fotografía en la portada de su revista favorita.

Dije a Horner que esta divertida historia sobre él y su padre me recordaba una entrevista que vi una vez en la televisión con el padre de Barry, Robin y Maurice Gibb, hermanos que formaban los Bee Gees, un grupo de

música pop. La entrevista tuvo lugar en la época en que los Bee Gees, que componían todos sus temas, gozaban de más éxito. Sin embargo, el padre insistía una y otra vez: «Estos chicos no han trabajado un solo día de su vida».

Como sabía que Horner sí asistió a algunas clases de geología y zoología en la Universidad de Montana, le pedí que me describiera esa experiencia.

—Fui varios años a la universidad y aprendí mucho, pero nunca aprobé los exámenes, pues en lo esencial estos requerían leer bastante —recordó.

—Entonces, ¿qué aprendiste realmente? —Tan pronto hube formulado la pregunta, comprendí que habría podido prever la respuesta.

—La universidad contaba con una buena colección de fósiles, que despertaron en mí gran curiosidad.

—Aun así —comenté un tanto asombrado—, en la investigación actual, si no lees, es difícil hacer progresos, ¿verdad?

Horner se rio con ganas.

—Siempre se lo digo a mis alumnos: «Si eres el primero en hacerlo, no tienes por qué leer nada».

Además de ser graciosa, la respuesta me dejó cortado. Sin saberlo, Horner estaba citando casi literalmente a Leonardo. Recordemos la reacción de Leonardo ante la acusación de que no era una persona muy leída. «Quienes estudian a los antiguos y no las obras de la naturaleza son hijastros, no hijos, de la naturaleza, la madre de todos los buenos autores.» Igual que Horner cinco siglos después, Leonardo exclamó: «Aunque no sepa, como ellos, citar a los autores, mucha mayor y más digna cosa citaré: la experiencia».

Horner siguió reiterando las mismas opiniones.

—En mis investigaciones, lo que descubrí fue que muchos otros científicos tenían ideas preconcebidas basadas en lo que habían leído. Yo no. Cuando descubría algo, escribía sobre ello y las conclusiones a las que llegaba a partir del hallazgo en cuestión.

Horner estaba aquí abordando indirectamente otra realidad un tanto desafortunada a la que también aludía Vos Savant. En la actualidad, pocos científicos pueden permitirse asumir riesgos y satisfacer su curiosidad por su cuenta, pues la competencia por la financiación y el reconocimiento es feroz. Cuanto más cara es la ciencia, más puede desalentar la curiosidad individual y la exploración creativa e innovadora en favor del progreso gradual.

Volviendo a la pregunta que había formulado yo a otras «mentes curiosas», dije:

—¿Se te ocurre alguna otra característica que vaya de la mano con la curiosidad?

—Excelente pregunta —replicó—. Quizá puedas identificar lo que es si te digo que ahora mismo estoy preparando una charla que daré en el contexto de un curso titulado Introducción a la Biotecnología. Entre nosotros —susurró con teatralidad—, me parece que muchas de las otras charlas del curso son un tanto áridas. Mi tema es [aquí volvió a alzar la voz] «cómo crear un unicornio rosa que brille en la oscuridad».

Para asegurarme de haber entendido el tema, pregunté con cierta incredulidad:

—¿Estás hablando en serio de crear una nueva especie... un unicornio rosa que brille en la oscuridad?

—En efecto. Algunas personas se ven impulsadas hacia el éxito... acaso deseen curar el cáncer. Este problema teórico suscita mi curiosidad: ¿podemos de veras hacer uno? ¿Cuántas cosas hemos de saber para crear uno?

Esto no era sino un ejercicio alucinante, que también encajaba a la perfección en el concepto de Gianotti de «la capacidad para pensar más allá de lo conocido» y en la idea de Vos Savant de «la capacidad para ignorar lo obvio».

—¿Y esto resume tu filosofía sobre el mundo de la curiosidad y la ciencia? —pregunté.

Horner volvía a mostrarse seguro de sí mismo.

—Creo que la mejor ciencia surge cuando te dejas llevar por tu curiosidad personal y no por la de otro. Tu único objetivo tiene que ser la satisfacción de tu curiosidad.

Como me enteré de que Horner estaba implicado en otro proyecto importante, pensé que también debía preguntarle al respecto:

—¿Cómo va el proyecto «Reconstruyendo un dinosaurio»?

Horner esperaba la pregunta.

—A diferencia de otros intentos, no estamos utilizando ADN antiguo. —Hacía referencia al fascinante trabajo de George Church, genetista e ingeniero molecular de Harvard, cuya finalidad era la «desextinción» del mamut lanudo

mediante el uso de segmentos genéticos procedentes de ejemplares congelados —. Lo que hacemos —prosiguió Horner— es usar ADN de aves e intentar retrofabricar el animal. Y resulta que hacer una cola encierra la máxima dificultad, pues en esencia conlleva fabricar vértebras.

Asombrado por la ambición de su empeño, no pude menos que señalar:

—Sería realmente increíble que tuvieras éxito aunque solo fuera en parte.

Dada la audacia intelectual de los proyectos de Horner, no me contuve y le hice una última pregunta:

—¿Escoges a tus alumnos de posgrado y a tus compañeros posdoctorales entre quienes comparten tu nivel de curiosidad?

—¡Desde luego!

Mi último entrevistado quizá no habría llegado a ser un artista de fama mundial si no hubiera recibido un disparo en una pierna. Así es como Vik Muniz,²² escultor, fotógrafo y artista brasileño de técnica mixta, describe los sucesos de aquella fatídica noche en São Paulo:

Una noche, tras abandonar un acto social, presencié una pelea entre dos hombres, uno de los cuales estaba golpeando violentamente al otro con puños americanos. Me apeé del coche y ayudé a separar a la víctima de su agresor, que se marchó corriendo. Al regresar al coche, oí una tremenda explosión y de pronto me vi en el suelo, gateando para ponerme a salvo. La víctima, incapaz de razonar con claridad, abrió la puerta de su coche, cogió un arma y vació el cargador entero en la dirección de la primera persona con ropa oscura que vio. Esa persona era yo. Por suerte, el disparo no fue mortal. Aún más afortunado fue el hecho de que el hombre fuera rico. Tras suplicarme que no lo denunciara, me ofreció una considerable suma de dinero, que en 1983 utilicé para comprar un billete de avión a Chicago.

En la actualidad, Muniz vive en Nueva York, aunque pasa temporadas en Río de Janeiro.²³ Es un artista con una imaginación pirotécnica, famoso sobre todo porque recrea de forma meticulosa y sagaz obras de arte icónicas con materiales cotidianos, como jarabe de chocolate, azúcar, diamantes o mantequilla de cacahuete, que luego fotografía para generar imágenes de estilo fotoperiodístico.

En 2010, la película *Waste Land* documentó un ambicioso proyecto emprendido por Muniz en el mayor vertedero del mundo, Jardim Gramacho, en las afueras de Río.²⁴ En este empeño, colaboró con traperos (también conocidos como «catadores») para transformar literalmente basura en arte. *Waste Land* fue nominada para los Premios de la Academia y ganó más de 50 galardones internacionales.

Cuando hablé con Muniz en febrero de 2016 le pregunté por algo que aparecía en su libro *Reflex*.

—Sé que te gusta el poema narrativo *Las metamorfosis*, de Ovidio. ¿Podemos considerarlo un lema de toda tu obra?

Muniz estalló en risas.

—Quizá no exactamente un lema, sino una inspiración. La primera frase de *Las metamorfosis*, «mi mente está empeñada en contar historias de cuerpos convertidos en formas nuevas», es una interesante declaración sobre percepción e interpretación. —Tras una breve pausa, prosiguió—: Tanto los artistas como los científicos intentan observarlo todo con asombro. Durante años he tratado de hallar una definición de arte, y a final he llegado a «un desarrollo o evolución de la interfaz entre mente y materia». —Volvió a reírse y dijo—: Entonces reparé en que era aplicable la misma definición también a la ciencia.

—¿Ves más conexiones entre las artes y la ciencia? —pregunté.

—Sin duda —respondió Muniz al instante—. Los científicos y los artistas tienen «hambre»; dedican su vida a las herramientas creativas que nos ayudarán a descubrir qué hay ahí fuera. Cuando hablo con científicos, me impresiona el hecho de que, por ejemplo, en el mundo subatómico, piensan en cosas que están más allá del ámbito de los sentidos. ¿Cómo percibes o entiendes dimensiones que trascienden el espacio tridimensional? Para la gente acostumbrada a pensar en términos visuales, es difícil.

La observación de Muniz se parecía mucho a la descripción de Gianotti de los individuos curiosos como personas «con la capacidad para pensar más allá de lo conocido» y al comentario de May de que la ciencia y el arte están conectados «de alguna manera misteriosa». Esto me llevó de forma natural a la siguiente pregunta:

—¿Te consideras una persona curiosa?

Muniz rio con fuerza.

—Cabría decir que mi curiosidad es tan profunda que raya en la enfermedad. Siendo niño, alguien me regaló un destornillador, y casi desmantelé la casa. Tuvieron que quitármelo, porque al meterlo en un enchufe incluso llegó a darme una descarga. No me considero un erudito, pero sí intento saber al menos algo de casi todo. Me da la impresión de que la semilla de la creatividad es la curiosidad, y que la capacidad para imaginar deriva de hacerse preguntas.

Se quedó callado durante unos segundos y luego añadió:

—A veces casi envidio a la gente de la época medieval, cuando se sabía tan poco y había todo un mundo por el que sentir curiosidad.

—Quiero preguntarte por dos cosas que sé que te fascinan, la luz y el cómico Buster Keaton.

—En mi trabajo —explicó Muniz— intento desvelar cómo traducimos la información obtenida mediante los sentidos en una imagen mental. En la escuela de arte no te enseñan muchas cosas, por ejemplo, la física de la luz, la fisiología de la visión, la neurociencia o la psicología de la visión. Si no sabes todo esto, no puedes trabajar. Por consiguiente, la mitad de mi biblioteca de Nueva York se compone de libros de ciencia.

Esta era precisamente la actitud de Leonardo.

—¿Y qué hay de Buster Keaton? —proseguí.

—Su trabajo tiene sobre todo dos características: la mecánica y la relación causa-efecto. Es la mecánica del humor y la mecánica del cuerpo, que en el cine mudo eran mucho más importantes. Creo que Keaton es realmente brillante.

Yo sabía que una de sus obras de la serie *Pictures of Ink* [Imágenes en tinta] es un retrato de Richard Feynman (figura 23). En esta serie, Muniz creó representaciones a mano de imágenes muy conocidas.

—¿Por qué Feynman? —inquirí.

—He leído todos sus libros de divulgación —dijo Muniz—. Feynman influyó muchísimo en todos los científicos que conozco.

«En efecto», pensé.

—Incluso vino a Brasil a aprender percusión —continuó Muniz—. Tenía un modo de observación muy receptivo. Tanto los científicos como los artistas han de tenerlo: ser capaces de inventar nuevas maneras de mirar las cosas.

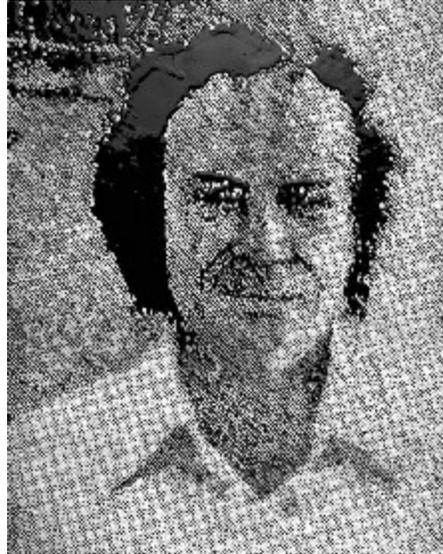


Figura 23

No pude menos que volver a pensar lo mismo: *en efecto*. Por último, pregunté a Muniz qué le impulsó a realizar el proyecto del vertedero de Jardim Gramacho. Su respuesta me pareció sincera y muy emotiva.

—Para mí fue un momento especial. Estaba trabajando en una retrospectiva de mi carrera, y me dije: «Sé lo que el arte ha hecho por mí», pero me preguntaba qué había hecho por otras personas. Así que me puse a trabajar con gente sin una verdadera conexión previa con el arte. En el fondo, todo se debió en gran medida a la curiosidad.

El dinero recaudado en las subastas de las obras artísticas resultantes se entregó a los *catadores* brasileños.

Una mente vigorosa

En 1751, Samuel Johnson escribió lo siguiente: «La curiosidad es una de las características más permanentes y seguras de una inteligencia vigorosa».²⁵ Si analizamos las respuestas de los individuos extraordinariamente curiosos que

he entrevistado, ¿podemos obtener alguna percepción de su historia personal y de su mente sin duda vigorosa? Me parece que sí.

Aunque los recuerdos infantiles siempre hay que abordarlos con cautela, toda vez que pueden estar sometidos a correcciones y embellecimientos posteriores, los relatos que he reunido dejan bastante claro que, aunque no hayan sido nunca conscientes de ello, las personas que son excepcionalmente curiosas en la edad adulta también fueron niños llenos de curiosidad. No todos los niños tratan de resolver el misterio de las mareas (como hiciera Martin Rees), y aunque muchos juegan con dinosaurios de juguete, muy pocos desentierran realmente huesos de dinosaurio (como en el caso de Jack Horner). Ojalá sean cada vez menos los que sufran descargas eléctricas mientras se muestran curiosos, como le pasó a Vik Muniz. La curiosidad se manifiesta en forma de gran interés y entusiasmo por explorar fenómenos, acontecimientos o artefactos. No obstante, también está bastante claro que tener una curiosidad insaciable no significa forzosamente que el niño deba ser calificado como «superdotado» (recordemos la historia de Horner).

El psicólogo Mihály Csíkszentmihályi conjeturaba que a los niños les interesaba llevar a cabo las actividades que les dan cierta ventaja en su empeño por lograr la atención y la admiración de los adultos que son importantes en su vida. Por tanto, sostenía que una niña con una habilidad reconocida para saltar y dar volteretas tiene muchas probabilidades de aficionarse a la gimnasia. Aunque desde luego este escenario es aplicable a algunos casos, como el de Picasso, que mostró un increíble talento para dibujar a muy corta edad, el panorama puede ser mucho más complejo (como en el caso de Fabiola Gianotti o Marilyn vos Savant, por ejemplo). El camino de Brian May zigzagueó: participó en la fabricación de una guitarra con su padre, luego estudió matemáticas y ciencias, lo dejó todo por la música (pese a las objeciones de los padres) y al final regresó a la ciencia. Aquí apreciamos otra lección importante: los individuos pueden mantener viva su curiosidad durante años, e incluso volver a los temas que les interesaron a una edad temprana. El propio Csíkszentmihályi admitía que, la mayoría de las veces, la ventaja competitiva por sí misma no resulta de la herencia, sino que la curiosidad en las primeras etapas puede deberse a circunstancias muy concretas del entorno inmediato del niño.

La explicación que dan Gianotti y Rees de sus años universitarios pone de manifiesto que no todos los científicos curiosos o incluso muy dotados se comprometían con una carrera científica desde el principio, sino que, como indican los experimentos de Jacqueline Gottlieb, algunos exploraron un panorama intelectual más amplio antes de asentarse y concentrarse en una pasión particular. La asombrosa trayectoria de Story Musgrave nos procura un caso extremo de intereses cambiantes y curiosidad dispersa. Su recorrido, en el que una curiosidad inspiraba otra, fue notablemente similar al del químico y premio Nobel Ilya Prigogine.²⁶ Pese al hecho de que al principio su mayor interés estaba en las humanidades, la presión familiar lo llevó a estudiar Derecho. Esto despertó su atracción por la mente criminal, a lo que siguió su inmersión en la neuroquímica en un intento de descifrar los procesos cerebrales subyacentes. Al darse cuenta de que a la neurociencia todavía le quedaba mucho para ser capaz de explicar del todo la conducta, decidió empezar por abajo y meterse de lleno en la química básica de los sistemas autoorganizados.

Recordemos que Musgrave también empezó con las matemáticas y luego pasó a la informática y la química, a la facultad de Medicina, hasta llegar a ser un astronauta famoso. Esto significa que, por un lado, la curiosidad proporciona la luz orientadora, pero por el otro también puede iluminar un camino sinuoso. Los individuos muy curiosos quizá no sean capaces de predecir adónde les conducirá la curiosidad (como en los casos de Dyson, Vos Savant, Muniz o May), pero en todo momento permanecen atentos al mundo circundante y preparados para intentar resolver algunos de sus misterios. Una característica que parece mantener fresca la curiosidad (a cualquier edad) es cierta amplitud de miras para reconocer problemas desconocidos en ámbitos nuevos. El interés de Rees en las amenazas existenciales, el apasionado activismo de May en favor de los animales o las investigaciones de Horner para crear un unicornio rosa son ejemplos excelentes. Hay algo incluso más impactante: en una entrevista en *Quanta Magazine* ²⁷ unos días antes de cumplir noventa años, Freeman Dyson reveló que había asumido un nuevo reto: formular un modelo matemático para ensayos clínicos efectivos con una pérdida de vidas mínima. He aquí una fantástica manera de mantener y utilizar la energía intelectual.

¿Por qué la curiosidad?

La curiosidad humana ha evolucionado claramente, al menos en parte, para contribuir a la supervivencia. Un conocimiento del mundo circundante, sus conexiones causales y los orígenes de los cambios han ayudado a los seres humanos a reducir los errores de predicción, lidiar con el entorno y adaptarse. La curiosidad sobre otros seres humanos ha desempeñado sin duda un papel en el apareamiento y en la creación de estructuras sociales. Se suele citar al aventurero del siglo XVIII Giacomo Casanova: «El amor es tres cuartas partes de curiosidad». De hecho, lo que dice en sus *Memorias* es: «La mujer que al mostrar poco consigue que un hombre quiera ver más ha llevado a término tres cuartas partes de la tarea de conseguir que él se enamore de ella; pues ¿es el amor otra cosa que una suerte de curiosidad?». ¹ Al mismo tiempo, el anhelo de conocimiento por sí mismo y la curiosidad por un tesoro completo de conceptos abstractos han dado lugar a una cultura humana profunda y sofisticada. ²

Los seres humanos no reaccionan pasivamente sin más ante lo que ven, oyen o sienten. Manifiestan interés por fenómenos cercanos y lejanos, y de vez en cuando se implican de manera activa en la exploración. Un número relativamente pequeño de personas experimentan ante ciertos temas un deseo epistémico tan fuerte que dedican la vida entera a buscar respuestas. Sea como fuere, no todas las personas son curiosas por igual. Sin duda alguna, el nivel de curiosidad expresado por un individuo está, hasta cierto punto, si no en su mayor parte, dictado por la genética. De hecho, existen bastantes pruebas experimentales según las cuales, en esencia, todos los rasgos psicológicos son hereditarios. Aun así, es interesante intentar averiguar en qué medida otros

factores influyen en lo curiosa que es la gente. ¿A qué se deben, en última instancia, las «diferencias individuales» no innatas e incluso ciertas tendencias colectivas? Entre los factores ajenos a la genética podríamos incluir, por ejemplo, las influencias de la familia inmediata, de los amigos íntimos, de los profesores, de las instituciones religiosas y del entorno y la herencia cultural general. Como es lógico, no siempre es fácil separar los efectos genéticos y los ambientales, sobre todo teniendo en cuenta que a veces los dos interaccionan de manera intrincada. Por ejemplo, aunque desde luego es verdad que una sucesión de episodios trágicos en la vida puede hundir a una persona en una profunda depresión, también está muy arraigada la idea de que la dotación genética hace que unos individuos sean más propensos a la depresión que otros, incluso en circunstancias muy parecidas.

Heredabilidad y curiosidad

Para obtener una estimación más clara de la heredabilidad de diversas características psicológicas, entre ellas la curiosidad, varios investigadores, como Thomas Bouchard, de la Universidad de Minnesota, y Robert Plomin y Kathryn Asbury, del King's College de Londres, se han basado principalmente en estudios con gemelos. Por lo general, una tercera parte de todos los gemelos son idénticos (y, por tanto, equivalentes desde el punto de vista genético), y el resto se dividen por igual entre los del mismo sexo y los de sexos distintos. Bouchard y sus colegas han destacado ante todo por un influyente proyecto de investigación conocido como Estudio de Minnesota Sobre Gemelos Criados por Separado³ (MISTRA, por sus siglas en inglés), que juntó a gemelos de todo el mundo que habían sido separados en la infancia y habían permanecido así hasta ese momento. Plomin dirige el Estudio de Desarrollo Temprano en Gemelos, una iniciativa que afecta a unas 12.000 familias en el que también había trabajado Asbury.

Los gemelos de MISTRA fueron sometidos a unas 50 horas de exámenes médicos y psicológicos, con especial énfasis en la capacidad mental, donde se incluían pruebas como la Escala de Inteligencia Wechsler para Adultos o las Matrices Progresivas de Raven. Los resultados fueron concluyentes: los

gemelos idénticos que habían pasado separados gran parte de su vida eran básicamente, en cuanto a inteligencia, tan parecidos como los que habían crecido juntos.

En 2004, Bouchard revisó los resultados de varios proyectos realizados con amplias muestras procedentes de sociedades occidentales relativamente ricas.⁴ Los hallazgos pusieron de manifiesto que la importancia de la influencia genética oscilaba entre el 40 y el 50 por ciento en los Cinco Grandes atributos de la personalidad —apertura a la experiencia, diligencia, extroversión, complacencia y neurosis—, entre los cuales la apertura a la experiencia (la característica más relacionada con la curiosidad) puntuaba hasta un 57 por ciento en heredabilidad. En otras palabras, la genética podía explicar aproximadamente la mitad de las diferencias observadas en los rasgos de personalidad. En cuanto a la heredabilidad, no se apreciaban diferencias significativas entre los dos sexos.

Bouchard analizó asimismo datos reunidos a lo largo de muchos años en otro importante estudio centrado expresamente en intereses psicológicos (también denominados «intereses ocupacionales»). En este proyecto concreto de investigación participaban gemelos, hermanos no gemelos y padres con sus hijos. Se trataba de indagar acerca de intereses expresados en los ámbitos artístico, investigador, social y emprendedor. De entre ellos, un interés investigador es claramente indicativo de curiosidad, si bien los demás intereses seguramente también incluyen un importante componente de curiosidad. De nuevo, todas estas inclinaciones *ponían de manifiesto una considerable influencia genética, en un nivel promedio del 36 por ciento*, además de una moderada influencia ambiental común de más o menos el 10 por ciento para cada uno de los rasgos.⁵

¿Es sorprendente la fuerte influencia genética en la curiosidad? En principio no. Como hemos visto en los capítulos 4-6, la curiosidad requiere ciertas capacidades cognitivas y acaso dependa de la memoria de trabajo y del control ejecutivo, regidos en un grado considerable por la herencia genética. También aquí, sin embargo, sin la adecuada exposición a las oportunidades y a la disponibilidad psíquica no comprometida plenamente con la supervivencia y las necesidades de la vida, las características genéticas pueden permanecer latentes. En este sentido, el propio Bouchard señalaba que «como en los

estudios seguramente se obtienen pocos valores de personas que viven en el segmento más desfavorecido de las sociedades occidentales, no podemos considerar que los hallazgos sean generalizables a estas poblaciones». Y hay algo aún más importante: sabemos que la genética no puede explicarlo todo. Un mundo que siguiera solo las instrucciones codificadas por la evolución en nuestros genes sería muy distinto del actual: quizá no habrían existido Shakespeare, Mozart o Einstein. Muchos acontecimientos espectaculares, como la aparición del lenguaje humano, las circunstancias históricas que desembocaron en el Renacimiento o la revolución científica, todos debidos al menos en parte a la curiosidad humana, permitieron a la gente tomar un camino más rápido que el pavimentado solo por el ADN. Lo que conocemos como nuestra «cultura» nació gracias al provecho sacado de esta autopista de la curiosidad no condicionada biológicamente. En vez de evolucionar solo a través de mutaciones en los genes humanos (proceso lento hasta la exasperación), las civilizaciones humanas han evolucionado mediante la adquisición y propagación del conocimiento. Había aún un importante proceso de selección de información útil que la mente humana debía llevar a cabo, y es ahí cuando aparecen en escena algunas estrategias de la curiosidad y la exploración analizadas en el capítulo 5. El entorno bombardea los sentidos con datos, de entre los cuales el cerebro ha de elegir continuamente los necesarios para la supervivencia y la satisfacción de nuestros deseos específicos, diversivos, perceptuales y epistémicos.

Habida cuenta del importante papel de la curiosidad en áreas tan diversas como la educación, la investigación básica, la aspiración artística o la narración de historias en sus diferentes formas (comunicación interpersonal, libros, películas, publicidad, etcétera), aunque aceptemos la idea de que una parte significativa de las diferencias individuales en cuanto a la curiosidad tiene origen genético, sigue planteándose la misma pregunta: ¿se puede realmente cultivar la curiosidad? No obstante, antes de analizar las maneras potenciales de incrementarla, hemos de reconocer la realidad de que diversas circunstancias pueden actuar para suprimirla en buena medida.

La curiosidad mató al gato

Las personas que han de luchar por sobrevivir no disfrutan del lujo, la motivación o el tiempo para plantearse el sentido de la vida. No cabe esperar que los hijos pequeños de los refugiados, obligados a cruzar fronteras y a veces continentes enteros a pie mientras sufren continuamente hambre y falta de cobijo adecuado, se impliquen en exploraciones o actividades que procuren recompensas por sí mismas.

Además, en la historia humana ha habido períodos enteros durante los cuales los mitos,⁶ las tradiciones y a veces cierta desinformación deliberada que consideraba la curiosidad como algo peligroso funcionaban como efectivos elementos disuasorios. Los gobernantes opresores, los defensores de la ortodoxia religiosa estricta, los controladores de la información y en general los guardianes acérrimos del *statu quo* a veces consideran que sus súbditos han de tener menos conocimientos, por lo que no cabe estimular la curiosidad. Al parecer, para algunos de esos individuos con poder era más cómodo convencer a las masas de que *ojos que no ven, corazón que no siente* —y de que las cosas son como son porque así han de ser— que ayudarlas a adquirir realmente un conocimiento superior gracias al aprendizaje.

Probablemente no ha existido jamás una civilización que no haya puesto obstáculos a algún tipo de conocimiento. La tradición de que la curiosidad puede ser peligrosa y, por tanto, no se le debe dar rienda suelta es tan vieja como la propia cultura humana. En la Biblia, Adán y Eva son expulsados del Jardín del Edén por ceder ante la curiosidad (incitados por la astuta serpiente), querer saber más de lo debido y comer la fruta prohibida. El dramaturgo escocés conocido con el seudónimo de James Bridie⁷ describió en broma (¿o en serio?) la acción de Eva como «el primer gran paso de la ciencia experimental».

También en el Libro del Génesis, cuando decidió destruir las ciudades pecadoras de Sodoma y Gomorra, Dios dispuso asimismo que salvaran la vida el virtuoso Lot, su esposa y sus dos hijas. A tal fin, fueron enviados dos ángeles para exhortar a Lot a abandonar de inmediato la ciudad de Sodoma y no mirar atrás bajo ninguna circunstancia. La esposa de Lot sucumbió a la curiosidad y volvió la vista atrás, debido a lo cual quedó convertida al

instante en una columna de sal. (A propósito, si ha de corresponder a las dimensiones de la formación rocosa de Israel conocida como «la esposa de Lot»,⁸ tuvo que ser una persona muy corpulenta.)

La idea de que cierto conocimiento es ilegítimo y ha de estar prohibido a todos los seres humanos salpicó también otros textos de las Escrituras y una gran variedad de manuscritos teológicos. En el canónico Libro de Sabiduría del Eclesiastés, por ejemplo, observamos el disuasorio aviso «porque en la mucha sabiduría hay mucha angustia, y quien aumenta el conocimiento, aumenta el dolor», así como la advertencia: «No seas curioso ante asuntos innecesarios, pues a los hombres se les muestran más cosas de las que pueden entender».⁹ Oímos un eco posterior de esta disuasión en la proclamación de san Agustín en el siglo v: «Dios creó el infierno para los muy curiosos». San Agustín también denominaba a la curiosidad «la codicia de los ojos» (en latín, *concupiscentia oculorum*), y prevenía contra los intentos de contar las estrellas o los granos de arena, pues esa curiosidad vana, afirmaba, suponía un obstáculo en el camino hacia la devoción humilde. Estas opiniones se reflejan claramente en el abad francés san Bernardo de Claraval,¹⁰ del siglo XII, que elevó la curiosidad a la categoría de pecado mortal, en algún punto entre la pereza y la soberbia. «Aprender para saber es curiosidad escandalosa», declaró.

La curiosidad tampoco recibió siempre la aprobación de los antiguos griegos. En la mitología griega hay muchas historias de castigos divinos infligidos a los demasiado curiosos. En una leyenda sorprendentemente parecida al relato de la bíblica Eva, Pandora no fue capaz de oponer resistencia a su curiosidad y abrió un tarro (normalmente mal traducido como «caja»), con lo que se liberaron todos los males de la humanidad. Cayó asimismo un duro castigo sobre las hermanas princesas Herse y Aglauro, que, llenas de curiosidad, desobedecieron las órdenes específicas de Atenea y miraron dentro del misterioso cesto que contenía al bebé Erictonio. La visión de este mítico gobernante futuro de Atenas (que, según algunas versiones, era mitad humano y mitad serpiente) volvió locas a las hermanas, que se arrojaron al vacío desde la Acrópolis. El mito de Semele, que fue lo bastante curiosa

para insistir en ver a Zeus en toda su gloria divina pese a las súplicas de este de que no le hiciera esa petición, también acabó en desastre: Semele resultó consumida en una hoguera encendida por un rayo.

No obstante, queda claro que, en la mayoría de estos casos, cabría alegar que, en realidad, la acción castigada era más la desobediencia que la curiosidad. También hemos de recordar que hasta aproximadamente el siglo XVII, el significado de la curiosidad difería un tanto del actual. Muchos supuestos moralistas consideraban que ser curioso no suponía explorar sino entrometerse en asuntos ajenos. En consecuencia, el erudito inglés del siglo XII Alexander Neckam se burlaba incluso de los inventos y los logros en arquitectura calificándolos de actos que se inmiscuían en las creaciones de Dios: «¡Oh, vana curiosidad! ¡Oh, vanidad curiosa! El hombre aquejado de la enfermedad de la veleidad “destruye, crea y convierte lo cuadrado en redondo”». Incluso Erasmo de Róterdam, el gran humanista del Renacimiento holandés, quien generalmente insistía en que «las palabras [de las Escrituras] no condenan el aprendizaje», sostenía que la curiosidad suponía una avidez por saber cosas innecesarias y, por tanto, debía ser competencia de la élite.

La actitud general ante la curiosidad comenzó a cambiar en el siglo XVI, sobre todo gracias al mayor número de naturalistas y viajeros por el mundo.¹¹ De hecho, cuestiones como quién debe saber qué, o cómo tenían que adquirirse estos conocimientos, se convirtieron en temas de conversación en círculos en los que figuraban sociedades tanto científicas como religiosas. Neil Kenny, historiador de Oxford, descubrió que incluso un indicador tan simple como el número de veces que palabras como *curiosidad* y otras afines derivadas del latín *curiositas* se usaban en diversos ámbitos de la literatura se multiplicó más o menos por diez entre 1600 y 1700. Esto reflejaba el mayor interés en la exploración suscitado por la revolución científica (y, de hecho, también filosófica). La primera persona que identificó la curiosidad como una emoción ineludible para los seres humanos fue el incansablemente curioso René Descartes, matemático y filósofo francés.¹² Aunque su tendencia a considerar la curiosidad como algo parecido a la enfermedad ponía de manifiesto que incluso él era ambivalente con respecto a esta pasión, declaró: «Tan ciega es la curiosidad por la que los hombres están poseídos que a menudo conducen sus mentes a lo largo de rutas inexploradas, sin tener

ninguna razón para esperar el éxito, estando simplemente dispuestos a arriesgarse en el experimento de averiguar si la verdad que buscan está ahí». Cuando elaboró su inventario de seis «pasiones primitivas», Descartes puso en primer lugar el *asombro* (estrechamente relacionado con la curiosidad): explicaba que la función del asombro era «aprender y retener en la memoria cosas que antes ignorábamos».

Tenemos más personajes célebres por su curiosidad. El peculiar médico y escritor inglés Thomas Browne,¹³ por ejemplo, publicó libros sobre temas tan diversos y esotéricos como los misterios de la naturaleza, los seres humanos y su relación con Dios, creencias y supersticiones, antigüedades, historia de la horticultura y la muerte.

A principios del siglo XIX, el naturalista y explorador prusiano Alexander von Humboldt¹⁴ viajó mucho por Sudamérica, Rusia y Siberia, y publicó exhaustivos trabajos sobre botánica, antropología, geografía, arqueología y lingüística. Uno de sus biógrafos escribió que Humboldt «usó el mundo como un laboratorio en el que explorar».¹⁵ Su hermano, Wilhelm, lingüista y filósofo, señalaba que Alexander sentía «horror ante el hecho simple», con lo que prefería explorar todos los aspectos de un fenómeno. Seguramente no sería exagerado decir que Humboldt encarnaba la curiosidad propiamente dicha. En la introducción a su obra *Cosmos*, de varios volúmenes,¹⁶ en la que intentaba esbozar todo el conocimiento disponible sobre las ciencias físicas, Humboldt subrayó el carácter igualitario de la curiosidad al escribir que el conocimiento científico era «la propiedad común a todas las clases de sociedad». Utilizando casi literalmente las palabras que Leonardo anotara 300 años antes y Feynman 150 años después, Humboldt expresaba lo que prácticamente podía considerarse un manifiesto de la persona curiosa: «No hay nada que no interese a un naturalista mientras hace un estudio detallado. La naturaleza es una fuente inagotable de investigación y, a la medida que la ciencia avanza, ofrece a quien sepa interrogarla siempre un nuevo aspecto que hasta ahora no ha sido contemplado». En una fase posterior de su vida, Humboldt hacía referencia a su curiosidad insaciable: «Me gusta pensar que, aunque fuera un error abordar tal diversidad de intereses científicos partiendo de la curiosidad intelectual, en mi recorrido he dejado alguna huella de mi paso». El historiador social de Oxford Theodore Zeldin resume a la perfección las

aportaciones de Humboldt: «Se atrevió a establecer un vínculo entre conocimiento y sentimiento, entre lo que las personas creen y hacen en público y lo que las obsesiona en privado».¹⁷

Pese a la mejor opinión que se tuvo de la curiosidad a partir del siglo XVII, muchas personas seguían recelando de ella. Un excelente ejemplo de esta desconfianza es la obra del siglo XIX *Fausto*, de Goethe, en la que un erudito alemán vende su alma al diablo tras verse frustrado en su empeño por adquirir conocimiento. En el mismo período también hubo una fase en la que la palabra *curiosidad* acabó caracterizando no solo al apetito humano de información sino también a los objetos raros o exóticos por los que las personas mostraban interés. Esto dio lugar a la aparición de «gabinetes de curiosidad» (o «habitaciones de maravillas»): en realidad, pequeñas colecciones museísticas de elementos del mundo natural o de las artes.

Igualmente revelador es el hecho de que, en su serie de cuentos de hadas publicados en 1812, los hermanos Grimm¹⁸ incluyeran muchas historias con un mensaje ambiguo sobre la curiosidad y el impulso a la conducta exploratoria. En su variante de *La bella durmiente* (que se basaba en un cuento publicado originalmente en 1697), la princesa de 15 años investiga con avidez todos los rincones de su castillo hasta llegar por fin a una pequeña torre. Tras subir la sinuosa escalera y abrir una puertecita con una llave oxidada, se ve frente a una anciana que teje lino. La asombrada princesa apenas toca la rueca y se pincha el dedo con el huso, lo que la sume en un profundo sopor durante 100 años. ¡No es precisamente un estímulo para llevar a cabo exploraciones!

En el cuento de *Hansel y Gretel*, los pequeños hermanos se ven en un apuro igualmente dramático cuando su arriesgado viaje los conduce a una casa hecha de bizcocho y golosinas. Como no saben que la casa pertenece a una bruja caníbal, los dos niños arriesgan su vida al ponerse a mordisquear el tejado de la casa. Por cierto, la bruja nos recuerda al narigudo ser sobrenatural Baba Yaga del folclore eslavo, que también se come a los niños figones.

Aunque tanto *La bella durmiente* como *Hansel y Gretel* tienen un final feliz (al final la princesa consigue a su príncipe, y Hansel y Gretel salvan la vida al ser más listos que la bruja), estos cuentos de hadas y muchos otros

parecen dar a entender que la curiosidad es peligrosa. Este es también el mensaje encerrado en el refrán «la curiosidad mató al gato». Curiosamente, la versión original, que apareció impresa por primera vez a finales del siglo XVI, era «la preocupación [pena, inquietud] mató al gato».¹⁹ No está claro (al menos para este autor) cómo *preocupación* acabó sustituida por *curiosidad* a finales del siglo XIX,²⁰ pero la expresión admonitoria sirve para advertir contra el espíritu indagador y señalar que conviene no entrometerse en asuntos ajenos.

Como la curiosidad no solo es inevitable, sino también un importante impulsor del deseo de adquirir conocimiento, quizá nos consuele el hecho de que una versión del modismo «la curiosidad mató al gato» tiene una réplica más positiva: «Pero la satisfacción lo hizo revivir».

La curiosidad es el mejor remedio para el miedo

Por desgracia, los obstáculos a la curiosidad no son exclusivos de las épocas bíblica o medieval o de la antigua Grecia. Hoy día, las ideologías y los regímenes autoritarios y las sociedades de mentalidad cerrada todavía intentan poner coto a la curiosidad por la fuerza.

Las acciones dirigidas a asfixiar la curiosidad, las ideas novedosas y la exploración no se limitan a desincentivar las ciencias. Las artes, y el conocimiento en general, tampoco se salvan. En 1937, por ejemplo, el régimen nazi organizó en Múnich la exposición «Arte degenerado»,²¹ con la única finalidad de convencer a los visitantes de que el arte moderno representaba nada menos que una conspiración maligna de los comunistas judíos contra el pueblo alemán. La exposición incluía obras de algunos de los principales artistas del siglo XX: surrealistas como Max Ernst y Paul Klee; expresionistas como Ernst Ludwig Kirchner, Emil Nolde, Oskar Kokoschka y Max Beckmann; cubistas-simbolistas como Marc Chagall; pintores abstractos como Wassily Kandinsky y Ernst Wilhelm Nay, y muchos más. Los cuadros fueron colocados adrede en las paredes sin ningún orden lógico para transmitir la impresión de inutilidad y falta de valor. En el catálogo de la exposición, las pinturas abstractas eran presentadas mediante descripciones despectivas como «no hay

modo de saber qué hay en el cerebro enfermo de quienes empuñaban el pincel o el lápiz». Para intensificar las reacciones negativas del público, los organizadores contrataron a agitadores que se mezclaban con los visitantes y se mofaban de las obras en voz alta. Algunas incluso fueron quemadas después.



Figura 24

Esta no fue ni mucho menos la última vez que un régimen reaccionario, intolerante o totalitario destruía arte o tomaba medidas para reprimir la curiosidad. El 14 de marzo de 2001, el gobierno talibán teocrático de Afganistán anunció la destrucción con dinamita de los dos grandes Budas de Bamiyán. Estas monumentales estatuas (de unos 52 y 37 metros de alto; en la figura 24 se aprecia el Buda más pequeño en 1977) habían sido levantadas hacia el siglo VI. En la época de la destrucción, los talibanes también hicieron añicos estatuas del Museo de Kabul y otros museos de las provincias afganas, de modo que aniquilaron los vínculos históricos con el pasado de Afganistán.

No obstante, el ataque talibán más espantoso contra la curiosidad tuvo como objetivo a una persona curiosa: Malala Yousafzai.²² Nacida en 1997 en Mingora, Pakistán, llegó a ser una conocida activista durante su niñez. En

2008, tras unos ataques de los talibanes a escuelas de niñas, dio una charla titulada «¿Cómo se atreven los talibanes a quitarme mi derecho básico a la educación?». Esta valiente acción tuvo continuación en sus blogs para la BBC. Los talibanes dictaron pena de muerte contra Malala cuando tenía 14 años, y el 9 de octubre de 2012 un pistolero le disparó en la cabeza mientras iba en el autobús que la llevaba desde su casa a la escuela. Por suerte sobrevivió, en 2014 recibió el premio Nobel de la Paz, y actualmente sigue defendiendo la educación de las niñas. En julio de 2015, esta activista joven, audaz y curiosa puso en marcha en Líbano una escuela para niñas refugiadas sirias.

Una forma clásica de censura extrema y de supresión de la curiosidad es la quema de libros. Hay descripciones de actos biblioclastas que se remontan al siglo VII a.C., pero la quema de libros continuó hasta bien entrado el siglo XX. Los nazis se dedicaban de vez en cuando a incinerar obras escritas por judíos. En 1973, el dictador fascista chileno Augusto Pinochet ordenó la quema de centenares de libros. En 1981, como parte del pogromo de tres días contra la población minoritaria tamil, la policía cingalesa y grupos paramilitares respaldados por el gobierno incendiaron la Biblioteca Pública de Jaffna, que contenía decenas de miles de libros y manuscritos tameses.

De estas historias de opresión, intimidación y ataques a la libertad personal, ¿extraemos alguna lección? Creo sinceramente que sí, y es muy palpable: *la curiosidad es el mejor remedio para el miedo*. Una de las manifestaciones más claras de la libertad es precisamente la capacidad para llegar a tener interés en cualquier cosa que apetezca. Freeman Dyson señaló este hecho en el sentido más estricto de su aplicación a la ciencia cuando dijo: «Ser científico te da “permiso” para dedicarte a cualquier problema científico». En todo caso, *libertad* significa realmente que puedes seguir tu curiosidad hasta donde te lleve, siempre y cuando no vulneres la libertad de otras personas y estés guiado por cierta ética (analizo este tema más a fondo en el epílogo). O, como dice sagazmente el erudito de Oxford Theodore Zeldin, «estar interesado en el trabajo propio, en unas cuantas aficiones, en unas cuantas personas, deja demasiados agujeros negros en el universo». ²³



Figura 25

Yo acuñé la frase «la curiosidad es el mejor remedio para el miedo» mientras preparaba una conferencia en 2012. Sin embargo, poco después descubrí que no había sido el primero en pensar en esa propiedad «terapéutica» de la curiosidad. El eslogan de la exposición de 2008 «U-Turn Quadrennial for Contemporary Art» de Copenhague era una frase muy parecida: «Sustituye el miedo a lo desconocido por la curiosidad» (figura 25). Básicamente, esta expresión significa que, de la misma manera que los científicos han seguido descubriendo desde la revolución científica que todo avance trae consigo una nueva serie de dudas e incertidumbres, hemos de darnos cuenta de que el mundo circundante nos ofrece una infinidad de oportunidades para ser curiosos y gran cantidad de temas por los que sentir curiosidad. No debemos permitir que amordacen nuestra curiosidad. En palabras de Vladimir Nabokov, «hablar de estas cuestiones supone curiosidad, y la curiosidad, a su vez, es insubordinación en su forma más pura».²⁴

Durante el proceso de escritura de este libro, me tropecé de improviso con el hecho de que, para describir la fuerza de la curiosidad, el novelista irlandés James Stephens utilizó una frase aún más convincente que «el mejor remedio para el miedo». En una novela filosófica titulada *La olla de oro*,

habla de un chico que crece en un denso bosque donde nunca penetra la luz del sol. No lejos de su casa, sin embargo, el muchacho descubre un claro donde el sol brilla implacable durante unas horas en verano. «La primera visión del extraordinario resplandor lo dejó pasmado», escribe Stephens, y después, como si se hiciera eco de Leonardo a la entrada de la cueva, prosigue: «Nunca antes había visto nada igual, y el brillo constante, firme, le provocó miedo y curiosidad a partes iguales». Stephens concluye con este contundente párrafo: «La curiosidad vencerá al miedo más que la valentía; de hecho, ha conducido a muchas personas a peligros ante los cuales el simple valor físico no habría bastado, pues el hambre, el amor y la curiosidad son las grandes fuerzas impulsoras de la vida».²⁵

Resulta que la intrincada relación entre la curiosidad y el miedo es algo más que el tema de una declaración motivacional: tiene una base fisiológica. Se ha implicado al neurotransmisor dopamina tanto en la recompensa (y por tanto la curiosidad) como en el miedo en regiones cerebrales adyacentes. En 2011, los psicólogos de la Universidad de Michigan Jocelyn Richard y Kent Berridge demostraron que, cuando se permitía a la dopamina actuar con normalidad, una inyección de la sustancia química en la parte frontal del núcleo *accumbens* de las ratas hacía que estas comieran casi tres veces más que de costumbre. En cambio, si se inyectaba en la parte posterior del núcleo *accumbens*, los animales reaccionaban con miedo, como si estuvieran siendo perseguidos por depredadores.²⁶ Estos experimentos demuestran que, no solo en sentido figurado, sino también literalmente, en cierto modo, la curiosidad puede cruzar la fina línea entre el miedo y la recompensa.

Tras haber examinado ejemplos históricos deprimentes de la supresión colectiva de la curiosidad, podemos volver ahora a una cuestión más fascinante e inspiradora: ¿cómo podemos estimular y cultivar la curiosidad individual, elevarla y mantenerla activa? Quiero subrayar que esta sección no pretende ser un texto exhaustivo de «autoayuda» o de «información práctica», sino más bien una síntesis de algunas lecciones de los capítulos anteriores para extraer ideas capaces de ayudar a nuestro sentido innato de la curiosidad.

Avivando el ferviente deseo de saber

En su entretenido libro *¿Qué te importa lo que piensen los demás?: nuevas aventuras de un curioso personaje tal como fueron referidas a Ralph Leighton*, Richard Feynman nos cuenta una encantadora historia sobre cómo su padre hizo todo lo posible para procurarle las herramientas mentales que, a la larga, lo ayudarían a llegar a ser un científico con una mente extraordinariamente curiosa. A primera vista, la historia parece ser muy sencilla. Un día, el padre hizo notar el hecho de que cierta ave andaba por ahí picoteándose las plumas todo el rato (seguramente en vez de «picotear» quería decir «arreglarse con el pico»), y le preguntó al niño por qué creía que las aves hacían eso. Y Feynman respondió: «Bueno, quizá cuando vuelan se les revuelven las plumas, y entonces las picotean para ponerlas bien».²⁷ Entonces el padre propuso una manera simple de verificar la hipótesis; y señaló que si la conjetura de Feynman era acertada, cabría esperar que las aves que acababan de aterrizar picotearían (arreglarían con el pico) las plumas mucho más que las que llevaban ya un rato caminando por el suelo. Padre e hijo observaron algunas aves y llegaron a la conclusión de que no había diferencias perceptibles entre las que habían estado volando y las que no. Feynman reconoció que su hipótesis probablemente era desacertada y pidió a su padre la respuesta correcta. Según este, a las aves les molestaban unos piojos que se comen una proteína que se desprende de las plumas. Hay unos ácaros que se comen cierta sustancia cerosa de las patas de los piojos, y a su vez algunas bacterias crecen en una especie de azúcar excretado por los ácaros. Y llegó a la siguiente conclusión: «Ya ves, dondequiera que haya una fuente de alimento, existe *cierta* forma de vida que la encuentra».

Esta historia aparentemente inocente de un recuerdo infantil es digna de mención por varias razones. En primer lugar, el padre enseñaba a su hijo el placer de la observación y el deseo de saber. Tal como dice el propio Feynman, «siempre estoy mirando, como un niño, buscando las maravillas que sé que voy a descubrir; quizá no siempre, pero sí de vez en cuando». Segundo, el padre generaba una curiosidad específica-perceptual al mostrar un fenómeno interesante —aves que se arreglan las plumas con el pico— y formular una pregunta al respecto. Creaba en la mente de Feynman un vacío de información que parecía superable; una manera segura de despertar la curiosidad. Del mismo modo, un niño capaz de nombrar 42 de los estados de

Estados Unidos es más probable que esté interesado en aprender los que le faltan que otro que apenas sabe cinco. Tercero, el padre no daba la respuesta al instante, sino que más bien alentaba la curiosidad epistémica proponiendo una verificación de la explicación sugerida por Feynman. Además, recordemos que los experimentos demuestran que, cuando tus teorías resultan erróneas, tienes más probabilidades de recordar la interpretación correcta (e incluso se refuerza tu memoria incidental). Por último, el padre daba una respuesta que Feynman sabía incluso entonces que seguramente era incorrecta en sus detalles —las aves se arreglan las plumas con el pico para eliminar polvo y parásitos, alinear las plumas en una posición óptima y distribuir el aceite secretado por una glándula—, aunque esto en principio estaba bien. El padre utilizó también este ejemplo corriente de las aves que se acicalan para transmitir un atisbo del cuadro mucho mayor de la vida, sus procesos y su dependencia de los recursos alimentarios en la naturaleza, favoreciendo de nuevo el desarrollo de la curiosidad epistémica.

Así pues, el relato de Feynman contiene varias pistas generales importantes con respecto a lo que puede hacer uno para alimentar la curiosidad, tanto internamente como en los otros. Primero, conviene esforzarse por preservar la capacidad de sorprenderse y de sorprender a los demás. Igual que el ejercicio físico favorece la salud de los músculos y articulaciones, mantener una capacidad de sorpresa infantil equivale a ejercitar la curiosidad perceptual. ¿Cómo se logra esto? Un método es interesarse sinceramente, unas cuantas veces a la semana, en al menos uno de los muchos acontecimientos, hechos, personas o fenómenos que nos encontramos a diario: por ejemplo, leer sobre lo que determina el recorrido del rayo ramificado en una tormenta, investigar sobre la afición de un compañero de trabajo, analizar una nueva aplicación para el *smartphone*, conseguir más información relativa a un tuit concreto, o intentar entender el comportamiento del mercado bursátil. (¡Buena suerte con esto último!) En realidad, da igual cuál sea el objeto estimulante siempre y cuando permanezcamos activados. De modo similar, uno debería ser capaz de sorprender a otros,²⁸ y de hecho a sí mismo, haciendo algo imprevisible o supuestamente impropio de su carácter. Esto podría manifestarse en la manera de vestir, en una mayor implicación en las redes sociales o en un cambio de hábitos. La generación proactiva de curiosidad

perceptual en otros parece fortalecer la propia. A las personas curiosas les gusta exponerse a sensaciones nuevas y experimentar nuevos estados mentales. Según diversos estudios, la curiosidad se suma a la motivación derivada del valor percibido de la información.²⁹ En un estudio publicado en 2004 se sugería, además, que los individuos curiosos se sienten atraídos por otros individuos asimismo curiosos, por encima incluso de los efectos de otras características compartidas.³⁰

Si se trata de fomentar la curiosidad, no es de extrañar que podamos aprender de Leonardo una estrategia: crear un registro de las cosas que o bien atraen nuestra atención, o bien nos gustaría explorar. Esto no significa que debemos tomar notas de forma compulsiva como hizo Leonardo casi toda su vida, sino que al menos tendríamos que documentar los fenómenos o episodios de veras destacados. Un posterior examen de esas notas acumuladas acaso revele un patrón o tema subyacente digno de curiosidad epistémica y estimule un estudio más riguroso capaz de producir el placer del aprendizaje.

Los experimentos neurocientíficos y psicológicos descritos en los capítulos 4-6 (y la historia de Feynman de las aves que se arreglaban las plumas) sugieren otro modo de cultivar la curiosidad, sobre todo en los niños y estudiantes. Los educadores han de formular preguntas a menudo, pero no deben dar las respuestas enseguida, sino alentar a los chicos a darlas ellos mismos y después buscar métodos para verificar su acierto. En otras palabras, el objetivo es entrenar una y otra vez los músculos de la curiosidad epistémica y potenciar la destreza intelectual.

Tengamos también en cuenta que las librerías y bibliotecas ofrecen buenas oportunidades para ejercitar la curiosidad diversiva positiva. Junto al libro concreto en el que acaso estés interesado, hay siempre otros libros que tal vez sean igual de sugestivos. Curiosear en internet sobre temas que aparecen en una búsqueda determinada ofrece una variante de esta experiencia. No deberías perder la oportunidad de obtener más información (al menos a veces) sobre estas conexiones, pues pueden ser de lo más gratificante.

En mi entrevista con Martin Rees, surgió un aspecto muy importante relativo al perfeccionamiento de la curiosidad entre los estudiantes: una buena estrategia consiste en satisfacer la curiosidad que los propios alumnos tienen

ya y aprovechar el entusiasmo generado para que nos ayude en el proceso docente. Es decir, si los estudiantes tienen ganas de aprender sobre dinosaurios, empecemos con los dinosaurios. Como han mostrado los experimentos del capítulo 6, la curiosidad pone el cerebro en un estado en el que absorbe todo lo que hay en las inmediaciones del objeto investigado. El poeta francés Anatole France escribió con agudeza: «Todo el arte de la enseñanza es solo el arte de despertar la curiosidad natural de las mentes jóvenes con el fin de satisfacerla después».

Algo que me pasó a mí directamente quizá ayude a ilustrar el concepto. Cuando mi hija pequeña iba a la escuela secundaria, se pidió a los alumnos que escogieran un proyecto científico y lo llevaran a cabo. El proceso le sonará a todo aquel que haya tenido un hijo en secundaria. Se supone que estas tareas han de estimular la curiosidad epistémica, pero muy a menudo acaban siendo cometidos pesados para los padres. Cuando mi hija me preguntó qué pensaba yo sobre cómo sería un buen proyecto científico, se me ocurrió la idea de medir la aceleración en caída libre mediante métodos distintos (un péndulo, un plano inclinado, dejar caer algo desde el tejado, etcétera). Mi hija declaró de inmediato que todos esos experimentos eran aburridísimos y que ya elegiría ella un tema por su cuenta.

Al cabo de unos días me dijo que le gustaría analizar qué lápiz de labios aguantaría el mayor número de besos. Esta propuesta me cogió totalmente por sorpresa, pues hasta ese momento mi hija no había utilizado lápiz de labios ni había mostrado el menor interés en los lápices de labios. Al ver mi cara de asombro, se apresuró a explicar que lo que realmente quería evaluar era la verdad en los anuncios. Por lo visto, en aquel entonces, una empresa aseguraba que su pintalabios era el que menos se deterioraba por los besos, y mi hija quería verificar la validez de esa afirmación. Yo todavía no tenía muy claro cómo llevar a cabo el experimento, pero la niña ya tenía una idea. Propuso aplicarse lápiz de labios y besar una fina hoja de papel en diez sitios distintos; luego pesaríamos el papel antes y después de los besos para determinar el peso del pintalabios que se quedaba pegado a la hoja. Y repetiríamos el proceso con diez marcas diferentes.

Esto empezaba a perfilarse como un experimento científico de verdad, pero aún debíamos encontrar una balanza analítica lo bastante precisa para pesar las hojas de papel con la exactitud requerida. Y entonces mi esposa, que es microbióloga, acudió al rescate: en su laboratorio tenía la balanza adecuada. De hecho, sugirió un segundo test, independiente. También contaba con un instrumento que medía la opacidad, o profundidad óptica (en biología lo llaman «densidad óptica») de láminas de plástico transparente. Es decir, el aparato determina cuánto se ve atenuada la intensidad de un haz luminoso al atravesar una lámina. La idea era que mi hija colocaría los labios con los distintos tipos de carmín en la hoja transparente y utilizaría la medida de la densidad óptica como determinación independiente de qué lápiz labial mermaba menos. No creo necesaria una prueba mejor del hecho de que, con un poco de ayuda, si damos seguimiento a cuestiones sobre las que los niños son realmente curiosos, podemos acabar realizando exploraciones importantes. Por si tienes curiosidad, resulta que la afirmación de esa empresa concreta de pintalabios era cierta. Mi hija también ganó el primer premio en la competición científica.

Epílogo

En 1870, Mark Twain publicó un relato breve que más adelante se tituló *Un romance medieval*.¹ La complicada trama se sitúa en el año 1222 y viene a ser algo así: el conspirador lord de Klugenstein está resuelto a suceder a su hermano, el duque de Brandeburgo. En el lecho de muerte, el padre había especificado que la sucesión sería para un heredero varón o, caso de no haber ninguno, para la hija de Brandeburgo si se evidenciaba una reputación intachable. Para conseguir su alevoso objetivo, Klugenstein educa a su propia hija como si fuera un chico llamado Conrad. Además, para asegurarse de que la hija de Brandeburgo, lady Constance, no sería la heredera, encarga a un apuesto y astuto noble llamado conde Detzin que la seduzca y deje empañado su honor.

Cuando la salud de Brandeburgo empieza a deteriorarse, «el» joven Conrad es emplazado a asumir sus deberes como eventual heredero. Klugenstein advierte a Conrad de que, según una estricta ley, si una mujer se sienta, aunque sea por un instante, en el gran trono ducal antes de ser coronada, es condenada a muerte.

El argumento se complica cuando, al cabo de unos meses de haber interpretado Conrad el papel de heredero, lady Constance se enamora de «él». Como Conrad no le corresponde, con gran consternación de Constance, el amor de esta se convierte en odio implacable. Para empeorar las cosas, lady Constance, que de hecho había sido seducida a escondidas por el enviado conspirador de Klugenstein, el conde Detzin, da a luz un niño. Hacía tiempo que Detzin había huido del ducado.

Empieza un juicio contra Constance, y Conrad, con grandes dudas, debe sentarse en el trono ducal como duque y juez en funciones aunque todavía no ha sido coronado. Desde esta silla principal, se dirige solemnemente a lady Constance: «Por la antigua ley de la tierra, excepto que deis a conocer el

nombre de quien comparte vuestra culpa y lo entreguéis al verdugo, debéis morir. Aprovechad esta oportunidad, salvaos mientras podáis. ¡Nombrad al padre de vuestro hijo!».

Es entonces cuando se produce el devastador impacto. Constance, con los ojos brillantes de ira, levanta un dedo acusador hacia Conrad y grita: «¡Vos sois el hombre!».

El joven juez parece estar atrapado inexorablemente. Revelar su sexo para refutar la acusación de lady Constance significaría la muerte por haberse sentado en el trono prohibido. No revelarlo conllevaría también pena de muerte por haber seducido a su prima. ¿Cómo se puede resolver este dilema tan liado?

Plenamente consciente de que ha generado un aumento gradual de curiosidad en sus lectores, el ingenioso Twain se luce. ¡Interviene en el texto a fin de admitir su incapacidad para desenredar la situación! Decide simplemente dejar a los lectores sumidos en una incertidumbre perpetua, un hueco de información que no se llena nunca. «La verdad es que he colocado a mi héroe (o heroína) en una situación tan comprometida que no sé cómo arreglármelas para sacarlo (o sacarla) de ella, y por eso prefiero desentenderme de todo este asunto y dejar a esa persona que se las componga como pueda... o se quede como está.»

¿Hay realmente alguna forma de salvar a Conrad del patíbulo? Aunque a Twain no se le ocurría ninguna debido a lo cual los lectores debían aguantarse la frustración, creo que aún hay esperanza para el desdichado duque. Revelaré mi final antes de terminar este epílogo.

La historia de Twain, entretenida de por sí, pone de manifiesto el poder de la curiosidad de una manera muy simple y efectiva.² La desconcertante falta de resolución nos genera ansiedad. El periodista y escritor Tom Wolfe llevó a cabo un juego de manos análogo en su novela superventas *Todo un hombre*,³ en la que escribe sobre una pareja que se registra en un motel. Nada más entrar en la habitación, «ella sacó una taza del bolso, y lo hicieron con la taza,⁴ algo que él no había oído nunca en su vida». Desde entonces muchos lectores han especulado sin éxito sobre qué práctica sexual era esa. Algunos incluso enviaron osadamente sus sugerencias al propio Wolfe. Cuando se le preguntó

al respecto, el escritor admitió haber inventado la frase para dar al lector una imagen de cierta perversión innombrable, pero la verdad es que no tenía nada concreto en la cabeza.

Otros escritores utilizan argucias complejas para estimular algo más parecido a la curiosidad epistémica, un deseo de seguir analizando con el fin de alcanzar un conocimiento más profundo. Tenemos un maravilloso ejemplo en *Esperando a Godot*, la enigmática pieza teatral de Samuel Beckett. En esta obra del absurdo en dos actos, dos ancianos esperan que aparezca alguien llamado Godot, pero en vano. El drama ha generado una plétora de interpretaciones,⁵ que van desde las espirituales (la necesidad humana de salvación) a las marxistas (una adopción de valores socialistas en vez de la alienación capitalista). Para otros, esta obra dramática refleja las propias experiencias de Beckett durante la segunda guerra mundial en la Resistencia francesa. No obstante, da la impresión de que el propio autor ha querido dejar al público fastidiosamente desorientado y lleno de curiosidad. «El gran éxito de *Esperando a Godot* —decía— surge de un malentendido: la crítica y el público por igual estaban ocupados interpretando en términos alegóricos o simbólicos una obra que procuraba a toda costa evitar la definición.» De forma equivalente, en la Inglaterra de finales del siglo XIX, cuando se hablaba del hecho de que una conferencia pronunciada en la Royal Institution por el novelista Walter Besant titulada «El arte de la ficción» despertó un interés considerable, el escritor Henry James señaló lo siguiente: «Es una prueba de vida y de curiosidad; curiosidad por la parte del gremio de novelistas tanto como por la de sus lectores». Y añadió: «El arte vive de la discusión, de la experimentación, de la curiosidad, de la variedad de intentos, del intercambio de criterios y de la comparación de puntos de vista».⁶

La curiosidad ha experimentado una reevaluación llamativa, desde sufrir la condena rotunda en la época medieval a ser elogiada como virtud en los tiempos actuales.⁷ En todo caso, ¿es la curiosidad inequívocamente buena y deseable desde el punto de vista moral? Por ejemplo, existe un tipo de curiosidad que es más bien extraño y aparentemente inexplicable: la curiosidad *morbosa*.⁸ ¿Por qué las escenas de destrucción, violencia,

mutilación y muerte se experimentan como una atracción tan seductora? No hay menos de tres grupos de posibles explicaciones (lo cual da a entender que no se conoce bien la verdadera razón).

Una corriente de pensamiento, promovida por el psiquiatra suizo Carl Jung,⁹ sugiere que todas las personas tienen un lado oscuro, aunque esté enterrado hondo en su mente bajo capas de moralidad. Según esta idea, nuestros impulsos macabros corresponden a un intento de aliviar la tensión generada por la continua supresión de deseos prohibidos. Según una segunda teoría, la activación, o *arousal*, del horror agudo que sentimos al observar el sufrimiento de los otros es sumamente catártico, con lo cual, cuando la experiencia termina, estamos más relajados.¹⁰ Esta idea se remonta a Aristóteles, quien creía que las lágrimas alivian. El gran filósofo Immanuel Kant era de la misma opinión. Una tercera idea, un tanto afín, sostiene que la curiosidad morbosa crea cierta empatía con el sufrimiento de los demás, lo que a su vez estimula la interacción social positiva. En otras palabras, se supone que la curiosidad morbosa representa una parte de la evolución del denominado cerebro social, que dio lugar a formas de sociabilidad más complejas. Sea como fuere, la mera existencia de la curiosidad morbosa demuestra que hemos de tener cierta cautela antes de abrazar la curiosidad en todas sus manifestaciones. Esta advertencia es aplicable también al hecho de que, al parecer, en televisión las noticias negativas atraen sistemáticamente al público más que las positivas.¹¹

¿Qué actividades relacionadas con la curiosidad nos inquietan hoy día? La vigilancia gubernamental de los ciudadanos, como la llevada a cabo por la Agencia de Seguridad Nacional y filtrada por Edward Snowden, es desde luego una tarea que plantea serios interrogantes, aunque no es la única.¹² La tecnología ha creado otras muchas versiones modernas de la acción histórica de «escuchar a escondidas». (A propósito, el término inglés *eavesdropping* se refirió inicialmente a personas que se mantenían ocultas, bajos los aleros [*eaves*], para escuchar conversaciones privadas dentro de las casas. Es curioso que, en el Reino Unido, la obsoleta ley contra las escuchas secretas no fue abolida hasta la aprobación de la Ley Penal de 1967.) En la actualidad, en la escucha a escondidas se incluyen la intervención de la línea telefónica o el *hacking* del correo electrónico, la mensajería instantánea y otros métodos

privados de comunicación. Todas estas invasiones del espacio personal son ilegales a menos que exista una orden judicial. La acumulación semiclandestina de información por parte de empresas gigantes como Google, Facebook o Amazon sobre los hábitos de consumo, las necesidades médicas, las aficiones, los libros que leemos y otros datos que consideramos privados, incluso íntimos, constituye una forma de curiosidad ante la que muchas personas fruncen el ceño, si bien las empresas tecnológicas al menos se han negado a dar a la NSA acceso a sus servidores. Igualmente, el acoso de los *paparazzi* a famosos ha sido objeto de numerosos litigios y titulares. Incluso ciertas investigaciones científicas, en especial aquellas en las que participan sujetos humanos o implican intervenciones genéticas serias, se consideran poco éticas.

La curiosidad está ligada a dos connotaciones: bueno y malo, legítimo e ilegítimo, encomiable y controvertido. La versión que he descrito, analizado y recalcado en este libro es la curiosidad buena, virtuosa, que ha precipitado e impulsado la evolución intelectual humana. Es la curiosidad que promueve la educación, la exploración y todo lo que es estimulante e inspirador en nuestra vida. Al mismo tiempo, hemos de ser plenamente conscientes de los aspectos negativos de la curiosidad, sobre todo cuando nos hallamos en el extremo receptor.

Este es otro asunto que merece alguna reflexión. Con la llegada de los buscadores rápidos, la existencia de Wikipedia y el acceso a la información literalmente en las puntas de los dedos, ¿existe el peligro de que se pierda el misterio y de que la curiosidad (la buena) disminuya o se apague del todo? ¿Reducen YouTube, Twitter o Wikipedia nuestra capacidad de asombro? Esta era al menos en parte la opinión expresada en un artículo titulado «Enseña bien a tus hijos: desengánchalos de la tecnología», que apareció el 1 de enero de 2016 en el *Wall Street Journal*. Estas preocupaciones inspiran el programa educativo Waldorf, basado en ideas originalmente manifestadas por el filósofo austríaco Rudolf Steiner. Esta pedagogía hace hincapié en el papel de la imaginación y los experimentos prácticos en el proceso de aprendizaje. En consecuencia, las escuelas Waldorf no enseñan tecnología informática antes de

los diez años. No obstante, quiero remarcar que me interesan solo los efectos de la tecnología de la información y las comunicaciones en la curiosidad, no en la experiencia educativa en general.

Como en esta cuestión más específica veía argumentos de signo opuesto, decidí averiguar qué pensaba al respecto la científica cognitiva Jacqueline Gottlieb. «Todo puede tener ventajas y desventajas —me explicó en una conversación por Skype—. Por ejemplo, como soy una persona muy curiosa que busca información, utilizo internet como herramienta, y me resulta de lo más útil.»

Aunque yo opinaba exactamente lo mismo, pensé que debía cambiar de bando. «Sí, pero tú creciste sin estas herramientas, así que quizá ya tuviste la oportunidad de ser curiosa», sugerí.

«Quizá —contestó Gottlieb—. En todo caso, la curiosidad deriva en gran medida del interior del cerebro..., de lo motivado que estás para aprender y de cómo aprendes. Si tienes un grado elevado de curiosidad procedente de dentro, internet no va a cambiar esto. Quizá internet influya mucho en aquellos que no son especialmente curiosos en su interior. —Tras una breve pausa, añadió—: Si las escuelas motivan a los estudiantes para aprender, no creo que internet afecte negativamente a su curiosidad.»

Imagino que este tema seguirá ocupando a educadores y psicólogos al menos durante los próximos años (o acaso décadas). Además, si la inteligencia artificial es cada vez más importante (véase, por ejemplo, mi entrevista con Martin Rees en el capítulo 8), esta conversación quizá en el futuro siga un rumbo completamente distinto. En cualquier caso, con independencia de cuáles sean los efectos de internet en la curiosidad en general, la red no puede detener la curiosidad epistémica que impulsa el progreso científico. La ciencia es propiciada por la curiosidad sobre preguntas para las que no tenemos respuesta, precisamente las preguntas para las que no es posible encontrar la respuesta en internet.

No se me ha olvidado el romance medieval de Twain. Recordemos que la protagonista se ha metido en un lío, pues para salvarse de la acusación de haber engendrado el hijo de lady Constance ha de revelar que, de hecho, es una mujer, con lo que será condenada a muerte por haberse sentado en el prohibido trono ducal. ¿Cómo propongo salvarla? He aquí una salida. El señor

de Klugenstein no podía dar por hecho que lady Constance se quedaría embarazada cuando envió al conde Detzin a seducirla. Tampoco podía confiar en que el conde Detzin declararía haberla seducido, pues en tal caso habría dictado su propia sentencia. Para que su taimado plan de manchar la reputación de lady Constance tuviera éxito, el señor de Klugenstein debía asegurarse de que alguien del palacio ducal (tal vez una criada o un guardia) presenciara en secreto la subrepticia seducción y estuviera dispuesto a testificar al respecto. Este testigo habría podido salvar a Conrad sin que este tuviera que desvelar su condición de mujer.

Creo que todo el mundo estará de acuerdo en que, si Twain hubiera terminado así su *Romance medieval*, la historia habría sido mucho menos cautivadora (pese al final feliz). Al inocularnos una curiosidad permanente, Twain consiguió un efecto inolvidable.

Pierre de Fermat,¹³ abogado y matemático del siglo XVII, logró una proeza mucho más espectacular cuando en el margen de su copia del libro *Arithmetica* escribió de forma concisa: «He descubierto una prueba de veras extraordinaria que este margen no puede contener por ser demasiado pequeño». Al parecer, la prueba, que Fermat seguramente no tenía, correspondía a lo que se acabó conociendo como «último teorema de Fermat», el más famoso de la teoría de los números. La misteriosa nota empujó a muchas generaciones de matemáticos curiosos a esforzarse infructuosamente para encontrar una prueba general. Al final, el teorema fue demostrado por el matemático británico Andrew Wiles, y los dos artículos que exponían la prueba (uno de los cuales tuvo como coautor al matemático Richard Taylor) se publicaron en 1995. La curiosidad provocada por la nota al margen de Fermat alimentó una búsqueda matemática que duraría 358 años.

Espero haber dejado claro el hecho de que una persona curiosa es alguien a quien no se le escapa casi nada. Al abandonar la pretensión dogmática de conocimiento que caracterizó a la humanidad durante la Edad Media y sustituirla por la curiosidad, hemos conseguido generar e inspirar una nueva forma de vivir. Se dice que la curiosidad es contagiosa. En tal caso, mi consejo sería este: *Convirtámosla en una epidemia*. Como dijo Leonardo hace cinco siglos, «la ciega ignorancia nos engaña. ¡Oh, desdichados mortales, abrid los ojos!».

Bibliografía

- Ackerman, J. 1969. «Concluding Remarks: Science and Art in the Work of Leonardo», en *Leonardo's Legacy: An International Symposium*, ed. C.O. O'Malley (Berkeley, University of California Press).
- Aczel, A.D. 1997. *Fermat's Last Theorem: Unlocking the Secret of an Ancient Mathematical Problem* (Nueva York, Viking).
- Aiello, L.C. y Wheeler, P. 1995. «The Expensive Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human Evolution», *Current Anthropology*, 26, 199.
- Ainley, M. 2007. «Being and Feeling Interested. Transient State, Mood, and Disposition», en *Emotion in Education*, ed. P.A. Schutz y R. Pekrun (Burlington, MA, Academic Press).
- Aldersey-Williams, H. 2015. *In Search of Sir Thomas Browne: The Life and After-life of the Seventeenth Century's Most Inquiring Mind* (Nueva York, Norton) (hay trad. cast., *Las aventuras de Sir Thomas Browne en el siglo XXI*, Siruela, Madrid, 2017).
- Alexander, D.M., Trengove, C. y Van Leeuwen, C. 2015. «Donders Is Dead: Cortical Traveling Waves and the Limits of Mental Chronometry in Cognitive Neuroscience», *Cog. Process.*, 16(4), 365.
- Anderson, B.A. y Yantis, S. 2013. «Persistence of Value-Driven Attentional Capture», *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 39(1), 6.
- Anderson, C.J. et al. 2016. «Response to Comment on “Estimating the Reproducibility of Psychological Science”», *Science*, 351, 1037b.
- Angier, N. 2012. «Insights from the Youngest Minds», 1 de mayo, *New York Times*, www.nytimes.com/2012/05/01/science/insights/in-human-knowledge-from-the-minds-of-babes.html?_r=0
- Asbury, K. y Plomin, R. 2013. *G Is for Genes: The Impact of Genetics on Education and Achievement* (Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell).

- Atkinson, B. 1956. «Beckett's "Waiting for Godot"», *New York Times*, 20 de abril, <https://www.nytimes.com/books/97/08/03/reviews/beckett-godot.html>
- Bailey, D. y Geary, D. 2009. «Human Brain Evolution», *Human Nature*, 20, 67.
- Baldanza, F. 1961. *Mark Twain: An Introduction and Interpretation* (Nueva York, Barnes & Noble).
- Ball, P. 2013. *Curiosity: How Science Became Interested in Everything* (Chicago, University of Chicago Press).
- Bambach, C.C. 2003. *Leonardo da Vinci: Master Draftsman* (Nueva York, Museo Metropolitano de Arte).
- Baraff Bonawitz, E., Van Schijndel, T.J.P., Friel, D. y Schulz, L. 2012. «Children Balance Theories and Evidence in Exploration, Explanation, and Learning», *Cognitive Psychology*, 64, 215.
- Baranes, A.F., Oudeyer, P.-Y. y Gottlieb, J. 2014. «The Effects of Task Difficulty, Novelty and the Size of the Search Space on Intrinsically Motivated Exploration», *Front. Neurosci.*, 8, 317.
- Barclon, P.B. y Marani, P.C. 2001. *Leonardo: The Last Supper*, trad. Harlow Tighe (Chicago, University of Chicago Press).
- Bateson, G. 1973. *Steps to an Ecology of Mind* (Londres, Paladin).
- Bellomo, R.V. 1994. «Methods of Determining Early Hominid Behavioral Activities Associated with the Controlled Use of Fire at FxJj20 Main, Koobi Fora, Kenia», *Journal of Human Evolution*, 27, 173.
- Benedict, B.M. 2001. *Curiosity: A Cultural History of Early Modern Inquiry* (Chicago, University of Chicago Press).
- Berlyne, D.E. 1949. «Interest as a Psychological Concept», *British Journal of Psychology*, 39, 184.
- Berlyne, D.E. 1950. «Novelty and Curiosity as Determinants of Exploratory Behavior», *British Journal of Psychology*, 41, 68.
- Berlyne, D.E. 1954a. «A Theory of Human Curiosity», *British Journal of Psychology*, 45, 180.
- Berlyne, D.E. 1954b. «An Experimental Study of Human Curiosity», *British Journal of Psychology*, 45, 256.

- Berlyne, D.E. 1957. «Determinants of Human Perceptual Curiosity», *Journal of Experimental Psychology*, 53, 399.
- Berlyne, D.E. 1958. «The Influence of Complexity and Novelty in Visual Figures on Orienting Responses», *Journal of Experimental Psychology*, 55, 289.
- Berlyne, D.E. 1960. *Conflict, Arousal and Curiosity* (Nueva York, McGraw-Hill).
- Berlyne, D.E. 1966. «Curiosity and Exploration», *Science*, 153, 25.
- Berlyne, D.E. 1970. «Novelty, Complexity and Hedonic Value», *Perception and Psychophysics*, 8, 279.
- Berlyne, D.E. 1971. *Aesthetics and Psychobiology* (Nueva York, Appleton-Century-Crofts).
- Berlyne, D.E. 1978. «Curiosity and Learning», *Motivation and Emotion*, 2, 97.
- Berna, F. et al. 2012. «Microstratigraphic Evidence of in Sita Fire in the Acheulean Strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape Province, South Africa», *Proc. of the Natl. Acad. of Sci. EE.UU.*, 109, E1215.
- Beswick, D.G. 1971. «Cognitive Process Theory of Individual Differences in Curiosity», en *Intrinsic Motivation: A New Direction in Education*, ed. H.I. Day, D.E. Berlyne y D.E. Hunt (Toronto; Holt, Rinehart y Winston).
- Biederman, I. y Vessel, E.A. 2006. «Perceptual Pleasure and the Brain», *American Scientist*, 94, 249.
- Blanchard, T.C., Hayden, B.Y. y Bromberg-Martin, E.S. 2015. «Orbitofrontal Cortex Uses Distinct Codes for Different Choice Attributes in Decisions Motivated by Curiosity», *Neuron* 85(3), 602.
- Blumenberg, H. 1987. *The Genesis of the Copernican World*, trad. R.M. Wallace (Cambridge, MA, MIT Press).
- Bonawitz, E. et al. 2011. «The Double-Edged Sword of Pedagogia: Instruction Limits Spontaneous Exploration and Discovery», *Cognition*, 120, 322.
- Bouchard, T.J. 1998. «Genetic and Environmental Influences on Adult Intelligence and Special Mental Abilities», *Human Biology*, 70, 257.
- Bouchard, T.J. et al. 1990. «Sources of Human Psychological Differences: The Minnesota Study of Twins Reared Apart», *Science*, 250, 223.

- Bouchard, Jr., T.J. 2004. «Genetic Influence on Human Psychological Traits», *Current Directions in Psychological Science*, 13(4), 148.
- Bromberg-Martin, E.S. y Hikosaka, O. 2009. «Midbrain Dopamine Neuron Signal Preference for Advance Information about Upcoming Rewards», *Neuron*, 63, 119.
- Capra, F. 2013. *Learning from Leonardo: Decoding the Notebooks of a Genius* (San Francisco, Berelt-Koehler).
- Carroll, S. 2012. *The Particle at the End of the Universe: How the Hunt for the Higgs Boson Leads Us to the Edge of a New World* (Nueva York, Dutton) (hay trad. cast., *La partícula al final del universo*, Debate, Madrid, 2013).
- Carstairs-McCarthy, A. 2001. «Origins of Language», en *The Handbook of Linguistics*, ed. M. Aromoff y J. Rees-Miller (Oxford, Blackwell).
- Carter, R. 2014. *The Human Brain Book*, 2.^a edición (Nueva York, DK Publishing).
- Casanova, G. 1922. *The Memoirs of Giacomo Casanova Di Seingalt*, Trad. A. Machen (Londres, The Casanova Society) (hay trad. cast., *Memorias*, Ed. Aguilar, Madrid, 1982).
- Chomsky, N. 1988. *Language and Problems of Knowledge: The Managua Lectures* (Cambridge, MA, MIT Press) (hay trad. cast., *El lenguaje y los problemas del conocimiento*, Visor, Madrid, 1989).
- Chomsky, N. 1991. «Linguistics and Cognitive Science: Problems and Mysteries», en *The Chomskyan Turn*, ed. A. Kasher (Oxford, Blackwell).
- Chomsky, N. 2011. «Language and Other Cognitive Systems: What Is Special about Language?», *Language Learning and Development*, 7(4), 263.
- Chopin, K. 1894. «The Story of an Hour», Kate Chopin International Society, www.katechopin.org/story-hour/
- Cicerón, 1994. *Cicero: De Finibus Bonorum et Malorum*, trad. H. Rackham (Cambridge, RU, Cambridge University Press) (trad. cast., *De los fines, de los bienes y de los males*, Instituto de investigaciones filológicas, México, 2002).
- Clark, K. 1960. «Leonardo da Vinci: The Virgin with St. Anne», en *Looking at Pictures* (Nueva York; Holt, Rinehart y Winston).
- Clark, K. 1969. *Civilisation: A Personal View* (Nueva York, Harper & Row).

- Clark, K. 1975. *Leonardo da Vinci: An Account of His Development As An Artist* (Londres, Penguin Books).
- Clark, K. y Pedretti, C. (eds.). 1968. *The Drawings of Leonardo da Vinci in the Collection of Her Majesty the Queen*, 3 vols. (Londres, Phaidon).
- Clayton, M. 2012. «Leonardo's Anatomy Years», *Nature*, 484, 314.
- Cohen, I.B.. 1985. *Revolution in Science* (Cambridge, MA, Belknap Press of Harvard University Press).
- Cohen, J.D. y Blum, K.I. 2002. «Overview: Award and Decision.» Introducción a un tema especial, *Neuron*, 36(2), 193.
- Collins, B. 1997. *Leonardo, Psychoanalysis, and Art History: A Critical Study of Psychobiographical Approaches to Leonardo da Vinci* (Evanston, IL, Northwestern University Press).
- Cook, C., Goodman, N.D. y Schulz, L.E. 2011. «Where Science Starts: Spontaneous Experiments in Preschoolers' Exploratory Play», *Cognition*, 120, 341.
- Coqueugniot, H., Hublen, J.-J., Veillon, F., Honët, F. y Jacob, T. 2004. «Early Brain Growth in Homo Erectus and Implications for Cognitive Ability», *Nature*, 431, 299.
- Costa, Jr., P.T. y McCrae, R.R. 1992. *Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI): Professional Manual* (Odesa, FL, Psychological Assessment Resources) (hay trad. cast., *Inventario de personalidad de cinco factores*, Tórculo, Santiago, 1988).
- Csikszentmihályi, M. 1996. *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention* (Nueva York, HarperCollins).
- D'Agostino, F. 1986. *Chomsky's System of Ideas* (Oxford, Oxford University Press).
- Daston, L. 2005. «All Curles and Pearls», *London Review of Books*, 27(12), 37.
- Daston, L.J. y Park, K. 1998. *Wonders and the Order of Nature 1150-1750* (Nueva York, Zone Books).
- Day, H.I. 1971. «The Measurement of Specific Curiosity», en *Intrinsic Motivation: A New Direction in Education*, ed. H.I. Day, D.E. Berlyne y D.E. Hunt (Nueva York; Holt, Rinehart y Winston).

- Day, H.I. 1977. «Daniel Ellis Berlyne (1924-1976)», *Motivation and Emotion*, 1(4), 377.
- Deacon, T.W. 1995. *The Symbolic Species: The Coevolution of Language and the Human Brain* (Harmondsworth, RU, Allen Lane).
- Deci, E.L. y Ryan, R.M. 2000. «The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior», *Psychological Inquiry*, 11(4), 227.
- Dennett, D.C. 1991. *Consciousness Explained* (Boston; Little, Brown) (hay trad. cast., *La conciencia explicada: una teoría interdisciplinar*, Paidós, Barcelona, 1995).
- De Terra, H. 1955. *Humboldt* (Nueva York, Knopf).
- Dewey, J. 2005. *Art as Experience* (Nueva York, Perigee). Publicado originalmente en 1934 (hay trad. cast., *El arte como experiencia*, Paidós, Barcelona, 2008).
- Dunbar, R. 1996. *Grooming, Gossip and the Evolution of Language* (Londres, Faber and Faber).
- Dunbar, R. 2014. *Human Evolution* (Londres, Pelican).
- Dyson, F. 2006. *The Scientist as Rebel* (Nueva York, New York Review of Books) (hay trad. cast., *El científico rebelde*, Debate, Madrid, 2008).
- Dyson, G. 2012. *Turing's Cathedral: The Origins of the Digital Universe* (Londres, Allen Lane) (hay trad. cast., *La catedral de Turing*, Debate, Madrid, 2015).
- Eagleman, D. 2015. *The Brain: The Story of You* (Nueva York, Pantheon).
- Edwards, D.C. 1999. *Motivation and Emotion: Evolutionary, Physiological, Cognitive, and Social Influences* (Thousand Oaks, CA, Sage).
- Egan, V. et al. 2005. «Sensational Interests, Mating Effort, and Personality: Evidence for Cross-Cultural Validity», *Journal of Individual Differences*, 26(1), 11.
- Emberson, L.L., Lupyan, G., Goldstein, M.H. y Spivy, M.J. 2010. «Overheard Cell-Phone Conversations: When Less Speech Is More Distracting», *Psychological Science*, 21(10), 1383.
- Enard, W. et al. 2002. «Molecular Evolution of FOXP2, A Gene Involved in Speech and Language», *Nature*, 418, 869.

- Enciclopedia Británica*. 2008. *The Britannica Guide to the Brain: A Guided Tour of the Brain-Mind, Memory and Intelligence* (Londres, Robinson).
- Etz, A. y Vanderkerckhove, J. 2016. «A Bayesian Perspective on the Reproducibility Project: Psychology», *PLoS ONE*, 11(2): e 0149794.
- Eysenck, M.W. 1979. «The Feeling of Knowing a Word's Meaning», *British Journal of Psychology*, 70, 243.
- Farrell, B. 1966. «On Freud's Study of Leonardo's», en *Leonardo da Vinci: Aspects of the Renaissance Genius*, ed. M. Philipson (Nueva York, George Braziller).
- Feynman, M. 1995a. *The Art of Richard P. Feynman: Images by a Curious Character* (Nueva York, Routledge).
- Feynman, M. (compilador). 1995b. *The Art of Richard P. Feynman: Images by a Curious Character* (Basilea, G & B Science).
- Feynman, R.P. 1985. «Surely You're Joking Mr. Feynman!», en *Adventures of a Curious Character*, ed. Edward Hutchings (Nueva York, Norton).
- Feynman, R.P. 1985a. «Quantum Mechanical Computers», *Optics News*, 11, 11.
- Feynman, R.P. 1985b. *QED: The Strange Theory of Light and Matter* (Princeton, NJ, Princeton University Press).
- Feynman, R.P. 1988. *What Do You Care What Other People Think? Further Adventures of a Curious Character*, ed. Ralph Leighton (Nueva York, Norton) (hay trad. cast., *¿Qué te importa lo que piensen los demás?: nuevas aventuras de un curioso personaje*, Alianza, Madrid, 2015).
- Feynman, R.P. 2001. *What Do You Care What Other People Think? Further Adventures of a Curious Character*, as told to Ralph Leighton (Nueva York, Norton) (hay trad. cast., *¿Qué te importa lo que piensen los demás?: nuevas aventuras de un curioso personaje tal como le fueron referidas a Ralph Leighton*, Alianza, Madrid, 2015).
- Feynman, R.P. 2005. *Perfectly Reasonable Deviations (From the Beaten Track)*, ed. M. Feynman, prólogo de Timothy Ferris (Nueva York, Basic Books).
- Feynman, R.P., Leighton, R.B. y Sands, M. 1964. *Feynman Lectures on Physics* (Nueva York, Addison Wesley).

- Fidler, A.E. et al. 2007. «Drd4 Gene Polymorphisms Are Associated with Personality Variation in a Passerine Bird», *Proc. of the Royal Society London B.*, 2 de mayo.
- Flynn, J.R. 1984. «The Mean IQ of Americans: Massive Gains 1932 to 1978», *Psychological Bulletin*, 95(1), 29.
- Flynn, J.R. 1987. «Massive IQ Gains in 14 Nations: What IQ Tests Really Measure», *Psychological Bulletin*, 101(2), 171.
- Fonseca-Azevedo, K. y Herculano-Houzel, S. 2012. «Metabolic Constraint Imposes Tradeoff between Body Size and Number of Brain Neurons in Human Evolution», *PNAS*, 109(45), 18571.
- Foucault, M. 1997. *Ethics: Subjectivity and Truth* (curso Subjetividad y Verdad), ed. Paul Rabinow (Nueva York, New Press).
- Freud, S. 1916. *Leonardo da Vinci: A Psychosexual Study of an Infantile Reminiscence*, trad. A.A. Brill (Nueva York; Moffat, Yard) (hay trad. cast., *Un recuerdo infantil de Leonardo da Vinci*, Buenos Aires-Madrid, Amorrortu, 2016).
- Galileo, 1960. *The Assayer [Il Saggiatore]*, en *The Controversy on the Comets of 1618*, trad. S. Drake y C.D. O'Malley (Filadelfia, University of Pennsylvania Press).
- Galluzzi, P. (eds.). 2006. *The Mind of Leonardo: The Universal Genius at Work*, trad. C. Frost y J.M. Reifsnnyder (Floencia, Giventi).
- Geddes, L. 2015. «The Big Baby Experiment», *Nature*, 527, 22.
- Gerges, F.A. 2016. *ISIS: A History* (Princeton, NJ, Princeton University Press).
- Giambra, L.M., Camp, C.J. y Grodsky, A. 1992. «Curiosity and Stimulation Seeking across the Adult Life Span: Cross-Sectional and 6- to 8-Year Longitudinal Findings», *Psychological and Aging*, 7(1), 150.
- Gibbons, A. 2007. «Food for Thought: Did the First Cooked Meals Help Fuel the Dramatic Evolutionary Expansion of the Human Brain?», *Science*, 316, 1558.
- Gilbert, D.T., King, G., Pettigrew, S. y Wilson, T.D. 2016. «Comment on “Estimating the Reproducibility of Psychological Science”», *Science*, 351, 1037.

- Gillispie, C.C. (ed.). 2008. *Dictionary of Scientific Biography* (Nueva York, Charles Scribner's Sons).
- Giovio, P. 1970. *Leonardo Vincii Vita*, reproducido en J.P. Richter e I.A. Richter, *The Literary Works of Leonardo da Vinci*, 3.^a edición, vol. 1 (Londres, Phaidon).
- Gleick, J. 1992. *Genius: The Life and Science of Richard Feynman* (Nueva York, Pantheon).
- Gombrich, E.H. 1969. «The Form of Movement in Water and in Air», en *Leonardo's Legacy: An International Symposium*, ed. C.D. O'Malley (Berkeley, University of California Press).
- Goodman, N. 1984. *Of Mind and Other Matters* (Cambridge, MA, Harvard University Press).
- Gopnik, A. 2000. «Explanation as Orgasm and the Drive for Causal Understanding: The Evolution, Function and Phenomenology of the Theory-Formation System», en F. Keil y R. Wilson (eds.), *Cognition and Explanation* (Cambridge, MA, MIT Press).
- Goren-Inbar, N., Alperson, N., Kislev, M.E., Simchroni, O., Melamed, Y., Ben-Nun, A. y Werker, E. 2004. «Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel», *Science*, 304 (5671), 725.
- Gottlieb, J., Oedeyer, P.-Y, Lopes, M. y Baranes, A. 2013. «Information-Seeking, Curiosity, and Attention: Computational and Neural Mechanisms», *Trends in Cognitive Sciences*, 17(11), 585.
- Gowlett, J.A.J. et al. 1981. «Early Archaeological Sites, Hominid Remains and Traces of Fire from Chesowanja, Kenya», *Nature*, 294, 125.
- Grayling, A.C. 2005. *Descartes: The Life and Times of a Genius* (Nueva York, Walker) (hay trad. cast., *Descartes: la vida de René Descartes y su lugar en su época*, Pre-textos, Valencia, 2007).
- Grazer, B. y Fishman, C. 2015. *A Curious Mind: The Secret to a Bigger Life* (Nueva York, Simon & Schuster).
- Gregory, R.L. (ed.). 1987. *The Oxford Companion to the Mind* (Oxford, Oxford University Press).
- Gruber, M.J., Gelman, B.D. y Ranganath, C. 2014. «States of Curiosity Modulate Hippocampus-Dependent Learning via the Dopaminergic Circuit», *Neuron*, 84(2), 486.

- Gweon, H. y Schulz, L.E. 2011. «16-Month-Olds Rationally Infer Causes of Failed Actions», *Science*, 332, 1524.
- Hannam, J. 2011. *The Genesis of Science: How the Christian Middle Ages Launched the Scientific Revolution* (Washington, DC, Regnery).
- Hanneke, D., Fogwell, S. y Gabrielse, G. 2008. «New Measurement of the Electron Magnetic Moment and the Fine Structure Constant», *Physical Review Letters*, 100, 120801.
- Harari, Y.N. 2015. *Sapiens: A Brief History of Humankind* (Nueva York, HarperCollins) (hay trad. cast., *Sapiens: de animales a dioses; una breve historia de la humanidad*, Debate, Madrid, 2015).
- Harman, G. (ed.). 1974. *On Noam Chomsky: Critical Essays* (Nueva York, Anchor Press) (hay trad. cast., *Sobre Noam Chomsky: ensayos críticos*, Alianza, Madrid, 1981).
- Hart, I.B. 1961. *The World of Leonardo da Vinci: Man of Science, Engineer and Dreamer of Flight* (Nueva York, Viking).
- Hart, J.T. 1965. «Memory and the Feeling-of-Knowing Experience», *Journal of Educational Psychology*, 56, 208.
- Heidegger, M. 2000. *Contributions to Philosophy*, trad. P. Emad y K. Maly (Bloomington, Indiana University Press) (hay trad. cast., *Aportes a la filosofía; acerca del evento*, Biblos, Buenos Aires, 2003).
- Helferich, G. 2004. *Humboldt's Cosmos: Alexander von Humboldt and the Latin American Journey That Changed the Way We See the World* (Nueva York, Gotham Books).
- Henshelwood, C.S. et al. 2011. «A 100,000-Year-Old Ochre-Processing Work-shop at Blombos Cave, South Africa», *Science*, 334, 219.
- Herculano-Houzel, S. 2009. «The Human Brain in Numbers: A Linearly Scaled-Up Primate Brain», *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 31.
- Herculano-Houzel, S. 2010. «Coordinated Scaling of Cortical Cerebellar Number of Neurons», *Frontiers in Neuroanatomy*, 4, 12.
- Herculano-Houzel, S. 2011. «Not All Brains Are Made the Same: New Views on Brain Scaling in Evolution», *Brain Behav. Evol.*, 78, 22.
- Herculano-Houzel, S. 2012a. «Neuronal Scaling Rules for Primate Brains: The Primate Advantage», *Prog. Brain Res.*, 195, 325.

- Herculano-Houzel, S. 2012b. «The Remarkable, yet Not Extraordinary, Human Brain as a Scaled-up Primate Brain and Its Associated Cost», *PNAS*, 109 (supl. 1), 10661.
- Herculano-Houzel, S. 2016. *The Human Advantage: A New Understanding of How Our Brain Became Remarkable* (Cambridge, MA, MIT Press).
- Herculano-Houzel, S., Collins, L.E., Wong, P. y Kaas, J.H. 2007. «Cellular Scaling Rules for Primate Brains», *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 3562.
- Herculano-Houzel, S. y Lent, R. 2005. «Isotropic Fractionator: A Simple Rapid Method for the Quantification of Total Cell and Neuron Numbers in the Brain», *J. Neurosci.*, 25, 2518.
- Herculano-Houzel, S., Manger, P.R. y Kaas, J.H. 2014. «Brain Scaling in Mammalian Brain Evolution as a Consequence of Concerted and Mosaic Changes in Number of Neurons and Average Neuronal Cell Size», *Front. Neuroanat.*, 8. 77.
- Hobbes, T. 1651. *Leviathan*, Online Library of Liberty, oll.libertyfund.org/titles/869 (hay trad. cast., *Leviatán*, Alianza Ed. Madrid, 1996).
- Huron, D. 2006. *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation* (Cambridge, MA, MIT Press).
- Inan, I. 2012. *The Philosophy of Curiosity* (Nueva York, Routledge).
- Instances, J.T., Haavik, J. y Halmøy, A. 2013. «Personality Traits and Comorbidity in Adults with ADHD», *Journal of Attention Disorder*, 22 de noviembre.
- Isler, K. y Van Schaik, C.P. 2009. «The Expensive Brain: A Framework for Explaining Evolutionary Changes in Brain Size», *J. Hum. Evol.*, 57, 392.
- James, H. 1884. «The Art of Fiction», *Longman's Magazine*, 4 (septiembre), público. wsuedu/~campbelld/amlit/artfiction.html
- James, W. 1890. *The Principles of Psychology, American Science Series, Advanced Course*, 2 vol. (Nueva York, Holt), <https://ebooks.adelaide.edu.au/j/james/william/principles/index.html> (hay trad. cast., *Principios de psicología*, Fondo de Cultura Económica, México, 1989).

- Jepma, M. et al. 2012. «Neural Mechanisms Underlying the Induction and Relief of Perceptual Curiosity», *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 6, 5.
- Johanson, D.C. y Edy, M.A. 1981. *Lucy: The Beginning of Humankind* (Nueva York, Simon & Schuster).
- Johanson, D.C. y Wong, K. 2009. *Lucy's Legacy: The Quest for Human Origins* (Nueva York, Crown).
- Jones, S. 1979. «Curiosity and Knowledge», *Psychological Reports*, 45, 639.
- Jung, C. 1959. *Aion: Researchers into the Phenomenology of the Self*, en *The Collected Works of C.G. Jung*, trad. R.F.C. Hull, vol. 9, parte 2 (Princeton, NJ, Princeton University Press) (hay trad. cast., *Aión: contribución a los simbolismos del sí mismo*, Paidós, Barcelona, 2007).
- Jung, R.E. 2014. «Evolution, Creativity, Intelligence, and Madness: “Here Be Dragons”», *Frontiers in Psychology*, 5, artículo 784, 1.
- Jungers, W.L. et al. 2003. «Hypoglossal Canal Size in Living Hominoids and the Evolution of Human Speech», *Human Biology*, 75, 473.
- Kac, M. 1985. *Enigmas of Chance: An Autobiography* (Nueva York, HarperCollins).
- Kahneman, D. 2011. *Thinking, Fast and Slow* (Nueva York, Farrar, Straus y Giroux) (hay trad. cast., *Pensar rápido, pensar despacio*, Club Círculo de Lectores, Barcelona, 2013).
- Kaiser, D. 2005. «Physics and Feynman's Diagrams», *American Scientist*, 93, 156.
- Kandel, E.R. 2012. *The Age of Insight: The Quest to Understand the Unconscious in Art, Mind, and Brain* (Nueva York, Random House) (hay trad. cast., *La era del inconsciente: la exploración del inconsciente en el arte, la mente y el cerebro*, Paidós, Barcelona, 2013).
- Kang, M.J. et al. 2009. «The Wick in the Candle of Learning: Epistemic Curiosity Activates Reward Circuitry and Enhances Memory», *Psychol. Sci.*, 20(8), 963.
- Kant, I. 2006. *Anthropology from a Pragmatic Point of View*, trad. R.B. Loudon (Cambridge, RU, Cambridge University Press) (hay trad. cast., *Antropología en sentido pragmático*, Alianza, Madrid, 1991).

- Kaplan, F. y Oudeyer, P.-Y. 2007. «In Search of the Neural Circuits of Intrinsic Motivation», *Front. Neurosci.*, 1(1), 225.
- Kashdan, T.B. 2004. «Curiosity», en *Character Strengths and Virtues*, ed. C. Peterson y M.E.P. Seligman (Nueva York, Oxford University Press).
- Kashdan, T.B. y Roberts, J.E. 2004. «Trait and State Curiosity in the Genesis of Intimacy: Differentiation from related Constructs», *Journal of Social and Clinical Psychology*, 23(6), 792.
- Kashdan, T.B. y Silvia, P.J. 2009. «Curiosity and Interest: The Benefits of Thriving on Novelty and Challenge», en *The Oxford Handbook of Positive Psychology*, ed. S.J. Lopez y L.R. Snyder (Oxford, Oxford University Press).
- Keats, J. 2015, *Selected Letters*, ed. John Barnard (Londres, Penguin Classics).
- Keele, K.D. 1952. *Leonardo da Vinci on Movement of the Heart* (Londres, Harvey and Blythe).
- Keele, K.D. 1983. *Leonardo da Vinci's Element of the Science of Man* (Nueva York, Academic Press).
- Kemp, M. 2006. *Seen/Unseen: Art, Science and Intuition from Leonardo to the Hubble Telescope* (Oxford, Oxford University Press).
- Kenny, N. 2004. *The Uses of Curiosity in Early Modern France and Germany* (Oxford, Oxford University Press).
- Kidd, C. y Hayden, B.Y. 2015. «The Psychology and Neuroscience of Curiosity», *Neuron*, 88(3), 499.
- Kidd, C. Piantadosi, S.T. y Aslin, R.N. 2012. «The Goldilocks Effect: Human Infants Allocate Attention to Visual Sequences That Are Neither Too Simple nor Too Complex», *PLoS ONE* 7(5): e 36399.
- King, R. 2012. *Leonardo and the Last Supper* (Nueva York, Walker).
- Kinzler, K.D., Shutts, K. y Spelke, E.S. 2012. «Language-Based Social Preferences among Children in South Africa», *Language Learning and Development*, 8, 215.
- Koehler, K.D., Ovadia-Caro, S., Van der Meer, E., Villringer, A., Heinz, A., Romanczuk-Seifereth, N. y Margulies, D.S. 2013. «Increased Functional Connectivity between Prefrontal Cortex and Reward System», *PLoS ONE*, 8(12), e 84565.

- Konečni, V.J. 1978. «Daniel E. Berlyne 1924-1976», *American Journal of Psychology*, 91(1), 133.
- Kuhn, T.S. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago, University of Chicago Press) (hay trad. cast., *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 2005).
- La Force, T. 2016. «Master of Illusions», *Apollo*, 183(639), 46.
- Lange, K.W., Tucha, O., Steup, A., Gsell, W. y Naumann, M. 1995. «Subjective Time Estimation in Parkinson's Disease», *J. Neural Transm. Suppl.*, 46, 433.
- Lawrence, P.R. y Nohria, N. 2002. *Driven: How Human Nature Shapes Our Choices* (San Francisco, Jossey-Bass).
- LeDoux, J. 1998. *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life* (Nueva York, Simon & Schuster) (hay trad. cast., *El cerebro emocional*, Planeta, Barcelona, 2000).
- LeDoux, J. 2015. *Anxious: Using the Brain to Understand and Treat Fear and Anxiety* (Nueva York, Viking).
- Lee, S.A., Winkler-Rhoades, N. y Spelke, E.S. 2012. «Spontaneous Reorientation Is Guided by Perceived Surface Distance», *PLoS ONE*, 7, e 51373.
- Lehmann, J., Korstjens, A.H. y Dunbar, R.I.M. 2008. «Time and Distribution: A Model of Ape Biogeography», *Ecology, Evolution and Ethology*, 20, 337.
- Leonardo da Vinci. 1996. *Codex Leicester: A Masterpiece of Science*, ed. Claire Farago, con ensayos introductorios de Martin Kemp, Owen Gingerich y Carlo Pedretti (Nueva York, American Museum of Natural History).
- Leslie, I. 2014. *Curious: The Desire to Know and Why Your Future Depends on It* (Nueva York, Basic Books).
- Levy, D.H. 2014. «Comet Shoemaker-Levy 9:20 years later», *Sky & Telescope*, 16 de julio, www.skyandtelescope.com/astronomy-news/comet-shoemaker-levy-9-20-years-later-07162014/
- Lin, T. 2014. «A "Rebel" without a Ph.D.», *Quanta Magazine*, 26 de marzo de 2014, <https://www.quantamagazine.org/20140326a-rebel-without-a-ph-d/>

- Lipman, J.C. 1999. «Finding the Real Feynman», *The Tech*, 119(10), tech.mit.edu/V119/N10/col110lipman.10c.html.
- Litman, J.A. 2005. «Curiosity and the Pleasure of Learning: Wanting and Liking New Information», *Cognition and Emotion*, 19(6), 793.
- Litman, J.A. y Jimerson, T.L. 2004. «The Measurement of Curiosity as a Feeling of Deprivation», *Journal of Personality Assessment*, 82(2), 157.
- Litman, J.A., Hutchins, T.L. y Russon, R.K. 2005. «Epistemic Curiosity, Feeling-of-Knowing, and Exploratory Behavior», *Condition and Emotion*, 19(4), 559.
- Litman, J. y Silvia, P. 2006. «The Latent Structure of Trait Curiosity: Evidence for Interest and Deprivation Curiosity Dimensions», *Journal of Personality Assessment*, 86 (3), 318.
- Litman, J.A. y Mussel, P. 2013. «Validity of the Interest- and Deprivation-Type Epistemic Curiosity Model in Germany», *Journal of Individual Differences*, 34(2), 59.
- Livio, M. y Silk, J. 2016. «If There Are Aliens Out There, Where Are They?», *Scientific American*, 6 de enero, www.scientificamerican.com/article/if-there-are-aliens-out-there-where-are-they/
- Locke, J.L. 2010. *Eavesdropping: An Intimate History* (Oxford, Oxford University Press).
- Loewenstein, G. 1994. «The Psychology of Curiosity: A Review and Reinterpretation», *Psychological Bulletin*, 116(1), 75.
- Loewenstein, G., Adler, D., Behrens, D. y Gilles, J. 1992. «Why Pandora Opened the Box: Curiosity Is a Desire for Missing Information», documento de trabajo, Dep. de Ciencias Sociales y de la Decisión (Pittsburgh, PA, Universidad Carnegie Mellon).
- Lynn, D.E. et al. 2005. «Temperament and Character Profiles and the Dopamine D₄ Receptor Gene in ADHD», *American Journal of Psychiatry*, 162, 906.
- MacCurdy, E. 1958. *The Notebooks of Leonardo da Vinci* (Nueva York, George Braziller).
- Manguel, A. 2015. *Curiosity* (New Haven, CT, Yale University Press).
- McCrae, R.R. y John, O.P. 1992. «An Introduction to the Five-Factor Model and Its Applications», *Journal of Personality*, 60(2), 175.

- McCrink, K. y Spelke, E.S. 2016. «Non-Symbolic Division in Childhood», *Journal of Experimental Child Psychology*, 142, 66.
- McCrorry, D. 2010. *Nature's Interpreter: The Life and Times of Alexander von Humboldt* (Cambridge, RU, Lutterworth Press).
- McEvoy, P. y Plant, R. 2014. «Dementia Care: Using Empathic Curiosity to Establish the Common Ground That Is Necessary for Meaningful Communication», *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 21, 477.
- McGilvray, J. (ed.). 2005. *The Cambridge Companion to Chomsky* (Cambridge, RU, Cambridge University Press).
- McMurrich, J.P. 1930. *Leonardo da Vinci, the Anatomist (1452-1519)* (Baltimore, Williams & Wilkins).
- Mikulincer, M. 1997. «Adult Attachment Style and Information Processing: Individual Differences in Curiosity and Cognitive Closure», *Journal of Personality and Social Psychology*, 72(5), 1217.
- Mirolli, M. y Baldassarre, G. 2013. «Functions and Mechanisms of Intrinsic Motivations: The Knowledge versus Competence Distinction», en *Intrinsically Motivated Learning in Natural and Artificial Systems*, ed. G. Baldassarre y M. Morelli (Heidelberg, Springer).
- Mlodinow, L. 2015. *The Upright Thinkers: The Human Journey from Living in Trees to Understanding the Cosmos* (Nueva York, Pantheon).
- Moro, A. 2008. *The Boundaries of Babel: The Brain and the Enigma of Impossible Languages*, trad. I. Caponigro y D.B. Kane (Cambridge, MA. MIT Press).
- Muentener, P., Bonawitz, E., Horowitz, A. y Schulz, L. 2012. «Mind the Gap; Investigating Toddlers' Sensitivity to Contact Relations in Predictive Events», *PLoS ONE*, 7(4), e 34061.
- Muniz, V. 2005. *Reflex: A Vik Muniz Primer* (Nueva York, Aperture).
- Murayama, K. y Kuhbandner, C. 2011. «Money Enhances Memory Consolidation-But Only for Boring Material», *Cognition*, 119, 120.
- Nabokov, V. 1990. *Bend Sinister* (Nueva York, Vintage International) (hay trad. cast., *Barra siniestra*, Plaza y Janés, Barcelona, 1984).

- Neisser, V. (ed.). 1998. *The Rising Curve: Long-Term Gains in IQ and Related Measures* (Washington, DC, Asociación Norteamericana de Psicología).
- Nuland, S.B. 2000. *Leonardo da Vinci: A Life* (Nueva York, Viking) (hay trad. cast., *Leonardo da Vinci*, Literatura Random House, Barcelona, 2002).
- Nunberg, H. 1961. *Curiosity* (Nueva York, International Universities Press).
- O'Connor, D.K. 2014. «Aristotle: Aesthetics», en *Routledge Companion to Ancient Philosophy*, eds. J. Warren y F. Sheffield (Nueva York, Routledge), p. 387.
- Ollman, A. 2016. *Vik Muniz* (Múnich, DelMonico Books).
- Open Science Collaboration. 2015. «Estimating the Reproducibility of Psychological Science», *Science*, 349, aac4716.
- O'Shea, M. 2005. *The Brain: A Very Short Introduction* (Oxford, Oxford University Press).
- Otero, C. (ed.). 1994. *Noam Chomsky: Critical Assessment*, vols. 1-4 (Londres, Routledge).
- Oudeyer, P.-Y. y Kaplan, F. 2007. «What Is Intrinsic Motivation? A Typology of Computational Approaches», *Front. Neurobot.*, 1, 6.
- Paloyelis, Y., Asherson, P., Mehta, M.A., Faraone, S.V. y Kuntsi, J. 2010. «DATI and COMT Effects on Delay Discounting and Trait Impulsivity in Male Adolescents with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder and Healthy Controls», *Neuropsychopharmacology*, 1.
- Paloyelis, Y., Mehta, M.A., Faraone, S.V., Asherson, P. y Kuntsi, J. 2012. «Striatal Sensitivity during reward Processing in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder», *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 51(7), 722.
- Pedretti, C. 1957. *Leonardo da Vinci: Fragments at Winsor Castle from the Codex Atlanticus* (Londres, Phaidon).
- Pedretti, C. 1964. *Leonardo da Vinci on Painting: A Lost Book (Libro A)* (Berkeley, University of California Press).
- Pedretti, C. (ed.). 2014. *Leonardo da Vinci* (Charlotte, NC, Taj Books International).
- Peters, O. (ed.). 2014. *Degenerate Art: The Attack on Modern Art in Nazi Germany 1937* (Múnich, Prestel).

- Petrosky, T. 2003. «Obituaries: Ilya Prigogine», *SIAM News*, 36(7), <https://www.siam.org/pdf/news/352.pdf>
- Pevsner, J. 2014. «Leonardo da Vinci, Neurocientist», *Scientific American: Mind*, 23(1), 48.
- Pinker, S. 1994. *The Language Instinct: How the Mind Creates the Gift of Language* (Nueva York, William Morrow) (hay trad. cast., *El instinto del lenguaje: cómo la mente construye el lenguaje*, Alianza, Madrid, 2012).
- Pinker, S. 1997. *How the Mind Works* (Nueva York, Norton) (hay trad. cast., *Cómo funciona la mente*, Destino, Barcelona, 2008).
- Piotrowski, J.T., Litman, J.A. y Valkinburg, P. 2014. «Measuring Epistemic Curiosity in Young Children», *Infant and Child Development*, 23, 542.
- Plomin, R. 1999. «Genetics and General Cognitive Ability», *Nature*, 402 (6761 supl.), C25.
- Plomin, R. et al. 2012. *Behavioral Genetics*, 6.^a edición (Londres, Worth) (hay trad. cast., *Genética de la conducta*, Ariel, Barcelona, 2002).
- Povinelli, D.J. y Dunphy-Lelii, S. 2001. «Do Chimpanzees Seek Explanations? Preliminary Comparative Investigations», *Can J. Exp. Psychol.*, 55(2), 185.
- Power, C. 2000. «Secret Language Use at Female Initiation: Bounding Gossiping Communities», en *The Evolutionary Emergence of Language; Social Function and the Origins of Linguistic Form*, ed. C. Knight, M. Studdert-Kennedy y J.R. Hurford (Cambridge, RU, Cambridge University Press).
- Randall, L. 2013. *Higgs Discovery: The Power of Empty Space* (Nueva York, HarperCollins).
- Randall, L. 2015. *Dark Matter and the Dinosaurs; The Astounding Interconnectedness of the Universe* (Nueva York, Ecco).
- Rappaport, R. 1999. *Ritual and Religion in the Making of Humanity* (Cambridge, RU, Cambridge University Press) (hay trad. cast., *Ritual y religión en la formación de la humanidad*, Ariel, Barcelona, 2016).
- Redgrave, P., et al. 2008. «What Is Reinforced by Phasic Dopamine Signals?», *Brain Res. Rev.*, 58, 322.
- Rees, M. 2003. *Our Final Hour* (Nueva York, Basic Books).

- Reti, L. 1972. *The Library of Leonardo da Vinci* (Pasadena, CA, Castle Press).
- Richard, J.M. y Berridge, K.C. 2011. «Nucleus Accumbens Dopamine/Glutamate Interaction Switches Modes to Generate Desire versus Dread: D₁ Alone for Appetitive Eating but D₁ and D₂ Together for Fear», *Journal of Neuroscience*, 31(36), 12866.
- Richter, I.A. (ed.). 1952. *The Notebooks of Leonardo da Vinci* (Nueva York, Oxford University Press).
- Richter, J.P., 1883. *The Literary Works of Leonardo da Vinci* (Londres; Simpson Low, Marston Searle & Rivington).
- Richter, J.P. (ed.). 1970. *The Notebooks of Leonardo da Vinci* (Mineola, NY, Dover) (hay trad. cast., *Cuadernos de notas de Leonardo da Vinci*, Felmar, Madrid, 1975).
- Riesen, J.M. y Schnider, A. 2001. «Time Estimation in Parkinson's Disease: Normal Long Duration Estimation Despite Impaired Short Duration Discrimination», *J. Neurol.*, 248(1), 27.
- Rigol, R.M. 1994. «Fairy Tales and Curiosity: Exploratory Behavior in Literature for Children or the Futile Attempt to Keep Girls from the Spindle», en *Curiosity and Exploration*, ed. H. Keller, K. Schneider y B. Henderson (Berlín, Springer Verlag).
- Risko, E.F., Anderson, N.C., Lanthier, S. y Kingstone, A. 2012. «Curious Eyes: Individual Differences in Personality Predict Eye Movement Behavior in Scene-Viewing», *Cognition*, 122, 86.
- Rossing, B.E. y Long, H.B. 1981. «Contributions of Curiosity and Relevance to Adult Learning Motivation», *Adult Education*, 32(1), 25.
- Roth, G. y Dicke, U. 2005. «Evolution of the Brain and Intelligence», *Trends in Cognitive Science*, 9(5), 250.
- Ruggeri, A. y Lombrozo, T. 2015. «Children Adapt Their Questions to Achieve efficient Search», *Cognition*, 143, 203.
- Ryan, R. y Deci, E. 2000. «Intrinsic and Extrinsic Motivation: Classical Definitions and New Directions», *Contemp. Educ. Psychol*, 25, 54.
- Saab, B.J. et al. 2009. «NCS-1 in the Dentate Gyrus Promotes Exploration, synaptic Plasticity, and Rapid Acquisition of Spatial Memory», *Neuron*, 63(5), 643.

- Schacter, D.L., Gilbert, D.T., Wegner, D.M. y Nock, M.K. 2014. *Psychology*, 3.^a edición (Nueva York, Worth).
- Schewe, P.F. 2013. *Maverick Genius: The Pioneering Odyssey of Freeman Dyson* (Nueva York, Thomas Dunne Books).
- Schilpp, P. (ed.). 1949. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (Evanston, IL, Library of Living Philosophers).
- Schulz, L., 2012. «The Origins of Inquiry: Inductive Inferences and Exploration in Early Childhood», *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 382.
- Schulz, L.E. y Bonawitz, E.B. 2007. «Serious Fun: Preschoolers Engage in More Exploratory Play When Evidence Is Confounded», *Developmental Psychology*, 43(4), 1045.
- Shohamy, D. y Adcock, R.A. 2010. «Dopamine and Adaptive Memory», *Trends en Cognitive Sciences*, 14, 464.
- Shutts, K. et al. 2011. «Race Preferences in Children: Insights from South Africa», *Developmental Science*, 14:6, 1283.
- Siegel, N. 2014. *The Anatomy Lesson* (Nueva York, Nan A. Talese).
- Silvia, P.J. 2006. *Exploring the Psychology of Interest* (Oxford, Oxford University Press).
- Silvia, P.J. 2012. «Curiosity and Motivation», en *The Oxford Handbook of Human Motivation*, ed. Richard M. Ryan (Oxford, Oxford University Press).
- Singh, S. 1997. *Fermat's Enigma: The Epic Quest to Solve the World's Greatest Mathematical Problem* (Nueva York, Walker) (hay trad. cast., *El enigma de Fermat*, Planeta, Barcelona, 2006).
- Sluckin, W., Colman, A.M. y Hargreaves, D.J. 1980. «Liking Words as a Function of the Experienced Frequency of Their Occurrence», *British Journal of Psychology*, 71, 163.
- Spielberger, C.D. y Starr, L.M. 1994. «Curiosity and Exploratory Behavior», en *Motivation: Theory and Research*, ed. H.F. O'Neal Jr. y M. Drillings (Hillsdale, NJ, Erlbaum).
- Stalnaker, T.A., Cooch, N.K. y Schoenbaum, G. 2015. «What the Orbitofrontal Cortex Does Not Do», *Nature Neuroscience*, 18, 620.

- Stephens, J. 1912. *The Crock of Gold* (Londres, Macmillan), babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.390015031308953;view=1up;seq21 (hay trad. cast., *La olla de oro*, Siruela, Madrid, 2006).
- Studel-Numbers, K.L. 2006. «Energetics in Homo Erectus and Other Early Hominins: The Consequences of Increased Lower-Limb Length», *Journal of Human Evolution*, 51, 445.
- Stringer, C. 2011. *The Origin of Our Species* (Londres, Allen Lane).
- Sykes, C. (ed.). 1994. *No Ordinary Genius: The Illustrated Richard Feynman* (Nueva York, Norton).
- Tallerman, M. y Gibson, K.R. (eds.). 2012. *The Oxford Handbook of Language Evolution* (Oxford, Oxford University Press).
- Tan, S.J. et al. 2014. «Plasmodic Color Palettes for Photorealistic Printing with Aluminium Nanostructures», *Nano Lett.*, 14(7), 4023.
- Tavor, I. et al. 2016. «Task-Free MRI Predicts Individual Differences in Brain Activity During Task Performance», *Science*, 352 (6282), 216.
- Tomkins, S. 1998. *The Origins of Humankind, Social Biology Topics* (Cambridge, RU, Cambridge University Press).
- Unger, R. 2004. *False Necessity: Anti-Necessitarian Social Theory in the Service of Radical Democracy*, edición revisada (Londres, Verso).
- Van Arsdale, A.P. 2013. «Homo Erectus-A Bigger, Smarter, Faster Hominin Lineage», *Nature Education Knowledge*, 4(1), 2.
- Van den Heuvel, M.P. et. al. 2009. «Efficiency of Functional Brain Networks and Intellectual Performance», *Journal of Neuroscience*, 29(23), 7619.
- Van Veen, V., Cohen, J.D., Botvinick, M.M., Stenger, V.A. y Carter, C.S. 2001. «Anterior Cingulate Cortex, Conflict Monitoring, and Levels of Processing», *Neuroimage*, 14, 1302.
- Vasari, G. 1986. *The Great Masters*, trad. Gaston du C. de Vere (Fairfield, CT. Hugh Lauter Levin Associates).
- Von Humboldt, A. 1997. *Cosmos: A Sketch of the Physical Description of the Universe*, trad. E.C. Otté, introducción de N.A. Rupke, vols. 1 y 2 (Baltimore, Johns Hopkins University Press). Publicado originalmente en 1849 (hay trad. cast., *Cosmos: ensayo de una descripción física del mundo*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 2011).

- Voss, J.L., Gonsalves, B.D., Federmeier, K.D., Tranel, D. y Cohen, N.J. 2011. «Hippocampal Brain-Network Coordination During Volitional Exploratory Behavior enhances Learning», *Nature Neuroscience*, 14(1), 115.
- Wang, L., Uhrig, L., Jarroya, B. y Dehaene, S. 2015. «Representation of Numerical and Sequential Patterns in Macaque and Human Brains», *Curr. Biol.*, 25(15), 1966.
- Watts Smith, T. 2015. *The Book of Human Emotions: An Encyclopedia of Feeling from Anger to Wanderlust* (Londres, Profile Books).
- White, M. 2000. *Leonardo: The First Scientist* (Londres; Little, Brown) (hay trad. cast., *Leonardo: el primer científico*, DeBolsillo, Barcelona, 2004).
- White, R.W. 1959. «Motivation Reconsidered: The Concept of Competence», *Psychology Review*, 66(5), 297.
- Wilczek, F. 2015. *A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design* (Nueva York, Penguin Press) (hay trad. cast., *El mundo como obra de arte: en busca del diseño profundo de la naturaleza*, Crítica, Barcelona, 2016).
- Wills III, H. 1985. *Leonardo's Dessert: No Pi* (Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics).
- Wilson, J.D. 1987. *A Reader's Guide to the Short Stories of Mark Twain* (Boston, G.K. Hall).
- Wilson, T.D., Centerlar, D.B., Kermer, D.A. y Gilbert, D.T. 2005. «The Pleasure of Uncertainty: Prolonging Positive Moods in Ways People Do Not Anticipate», *Journal of Personality and Social Psychology*, 88(1), 5.
- Winkler-Rhoades, N., Carey, S. y Spelke, E.S. 2013. «Two-Year-Old Children Interpret Abstract, Purely Geometric Maps», *Developmental Science*, 16, 365.
- Wittman, B.C., Dolan, R.J. y Düzel, E. 2011. «Behavioral Specifications of Reward-Associated Long-Term Memory Enhancement in Humans», *Learning and Memory*, 18, 296.
- Wolfe, T. 1998. *A Man in Full* (Nueva York; Farrar, Straus y Giroux) (hay trad. cast., *Todo un hombre*, Punto de Lectura, Madrid, 2001).

- Wood, A.C., Rijdsdijk, F., Asherson, P. y Kuntsi, J. 2011. «Inferring Causation from Cross-Sectional Data: Examination of the Causal Relationship Between Hyperactivity-Impulsivity and Novelty Seeking», *Frontiers in Genetics*, 2, artículo 6, 1.
- Wootton, D. 2015. *The Invention of Science: A New History of the Scientific Revolution* (Nueva York, HarperCollins) (hay trad. cast., *La invención de la ciencia: una nueva historia de la revolución científica*, Crítica, Barcelona, 2017).
- Wrangham, R.W. 2009. *Catching Fire: How Cooking Made Us Human* (Nueva York, Basic Books).
- Wundt, W.M. 1874. *Grundzüge der Physiologischen Psychologie* (Lepizig, Engelmann).
- Yousafzai, M. y Lamb, C. 2013. *I Am Malala: The Girl Who Stood Up for Education and Was Shot by the Taliban* (Boston; Little, Brown) (hay trad. cast., *Yo soy Malala*, Alianza, Madrid, 2015).
- Zeldin, T. 1994. *An Intimate History of Humanity* (Londres, Sinclair-Stevenson).
- Zhou, C., Wang, K., Fan, D., Wu, C., Lin, D., Lin, Y. y Wang, E. 2015. «An Enzyme-Free and DNA-Based Feynman Gate for Logically Reversible Operation», *Chem. Commun.*, 28, 51(51); 10284.
- Zöllner, F. 2007. *Leonardo da Vinci; The Complete Paintings and Drawings* (Colonia, Taschen).
- Zubov, V.P. 1968. *Leonardo da Vinci*, trad. D.H. Kraus (Cambridge, MA, Harvard University Press).
- Zuckerman, M. 1984. «Sensation Seeking: A Comparative Approach to a Human Trait», *Behavioral Brain Science*, 7, 413.
- Zuckerman, M., Eysenck, S.B.G. y Eysenk, H.J. 1978. «Sensation Seeking in England and America: Cross-Cultural, Age, and Sex Comparisons», *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46, 139.
- Zuckerman, M. y Litle, P. 1985. «Personality and Curiosity about Morbid and Sexual Events», *Personality and Individual Differences*, 7(1), 49.
- Zuss, M. 2012. *The Practice of Theoretical Curiosity* (Dordrecht, Springer).

Créditos

El autor y el editor agradecen sinceramente el permiso para reimprimir el siguiente material:

Figura 1: H.A. Weaver, T.E. Smith, STScI, NASA/ESA.

Figura 2: De J. Bedke, STScI, NASA.

Figura 3: Expuesto en el Museo Mauritshuis de La Haya, imagen de dominio público.

Figura 4: Del Equipo del Cometa del Telescopio Espacial Hubble y la NASA.

Figura 5: Mural del refectorio del Convento de Santa Maria delle Grazie, en Milán. Imagen de dominio público.

Figura 6: RCIN 912283. Con permiso de la Royal Collection Trust/©Su Majestad la reina Isabel II, 2016.

Figura 7: En la National Gallery of Art, Washington D.C., Alisa Mellon Bruce Fund. Imagen de dominio público.

Figura 8: Con permiso de la Royal Collection Trust/©Su Majestad la reina Isabel II, 2016.

Figura 9: En la colección de la Tate Britain. Imagen de dominio público.

Figura 10: De Joseph Weber. Reproducida con permiso de Virginia Trimble.

Figura 11: Página con dibujos del cuaderno de dibujo de Feynman de 1985. En Feynman, 1995b. Cortesía de Museum Syndicate.

Figura 12: Del *Códice Atlántico* de Leonardo da Vinci, en la Biblioteca Ambrosiana, Milán. Con permiso de Getty Images.

Figuras 13-16: De Paul Dippolito.

Figura 17: Cortesía de Elizabeth Bonawitz.

Figura 18: De Paul Dippolito.

Figura 19: De Jepma et al., 2012. Reproducida con permiso de Marieke Jepma.

Figura 20: De Herculano-Houzel, 2009. Reproducida con permiso de Suzana Herculano-Houzel.

Figura 21: Esqueleto de «Lucy» (AL 288-1), *Australopithecus afarensis*, escayola del Museo Nacional de Historia Natural, París. Imagen de dominio público.

Figura 22: Foto cortesía de Katie Reisz.

Figura 23: Imagen de Richard Feynman de Vik Muniz, de las «series en tinta». Con permiso de Vik Muniz.

Figura 24: El más pequeño de los dos budas de Bamiyán en 1977. Imagen de dominio público.

Figura 25: Foto tomada por Yee Ming Tan en 2008.

Se ha hecho todo lo posible para establecer contacto con los titulares de derechos de autor de las obras y textos de este libro, pero en algunos casos el autor no ha sido capaz de localizarlos. Estos titulares de derechos deberían ponerse en contacto con Simon & Schuster, 1230, Avenida de las Américas, Nueva York, NY 10020.

Notas

1. CURIOSO

1. La historia se publicó por primera vez en *Vogue* el 6 de diciembre de 1894 con el título «El sueño de una hora». Chopin 1894.

2. En «Valentine's Day», uno de los ensayos de la colección *Essays of Elia*, que apareció en *London Magazine* entre 1820 y 1825.

3. Bateson 1973; McEvoy y Plant 2014.

4. LeDoux describió muchos de sus resultados sobre el miedo y la sorpresa en dos conocidos libros, LeDoux 1998, 2015.

5. Berlyne publicó unos cuantos artículos muy importantes (p. ej., Berlyne 1960, 1954a, b, 1978) y un influyente libro (Berlyne 1960).

6. En el *Leviatán*, Hobbes escribió: «*Deseo*, de saber por qué y cómo. CURIOSIDAD: este sentimiento no se da en ninguna otra criatura sino en el hombre. El hombre se distingue singularmente no solo por su razón, sino también por esta pasión, de otros animales, en los cuales el apetito nutritivo y otros placeres de los sentidos son de tal modo predominantes que borran toda preocupación por conocer las causas; este es un anhelo de la mente que, por la perseverancia en el deleite que produce la continua e infatigable generación de conocimientos, supera a la fugaz vehemencia de todo placer carnal». Hobbes 1651, parte I, cap. 6.

7. Einstein lo escribió en una carta a Carl Seelig el 11 de marzo de 1952. Archivos de Einstein de la Universidad Hebrea, 39-013. Seelig era un periodista y escritor suizo que publicó una biografía de Einstein (*Albert Einstein*) en 1952.

8. Zucherman 1984; Zuckerman y Litle 1985.

9. Un científico británico llamado George Parker Bidder lanzó más de 1.000 botellas de esas al mar para estudiar las corrientes marinas. Una fue encontrada 108 años después. Véase la historia en www.cnn.com/2015/08/25/europe/uk-germany-message-in-a-bottle/

10. La comisión Fulbright para el Summer Language Study incluso concedió al señor Shevlin una beca para estudiar en Irlanda. Véase la historia en www.nytimes.com/2011/10/23/nyregion/character-study-ed-shevlin.html

11. Para una descripción del acontecimiento, veinte años después, véase Levy 2014.

12. El cuadro llegó a inspirar una novela, Siegal 2014.

13. Biederman y Vessel 2006.

14. Marco Tulio Cicerón escribió este pasaje en el libro 5, volumen 17, de *De Finibus Bonorum et Malorum*, Cicerón 1994, p. 449. Analizado también en Zuss 2012.

15. Esta cita procede de «El filósofo enmascarado», una entrevista con Christian Delacampagne en *Le Monde*, el 6 de abril de 1980. Foucault optó por la máscara del anonimato para que su «nombre» no influyera en los lectores. La entrevista aparece en Foucault 1997, donde se corrigieron algunas imprecisiones de la traducción original.

16. En Clark 1969, p. 135.

17. «La serie de Feynman; la curiosidad», entrevista con Feynman,
<https://www.youtube.com/watch?v=ImTmGLxPVyM>

18. Fritjof Capra hace una observación similar en su excelente libro *La ciencia de Leonardo: la naturaleza profunda de la mente del gran genio del Renacimiento* (2013).

19. Un análisis fascinante basado en casi cien entrevistas en Csíkszentmihályi 1996.

20. Se puede ver la secuencia entera de imágenes de las consecuencias del impacto del primer fragmento en hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1994/image/a/format/web_print/

2. MÁS CURIOSO

1. En Vasari 1986, p. 91.

2. Leonardo expresó estas opiniones muchas veces de maneras algo distintas. Por ejemplo, en su MS [manuscrito] E, folio 552, escribió «mi intención es citar primero la experiencia». Esta cita también aparece en Nuland 2000.

3. En Richter 1970; también se puede encontrar online en http://en.wikisource.org/wiki/The_Notebooks_of_Leonardo_Da_Vinci. Véase también MacCurdy 1958.

4. Vasari 1986, p. 91.

5. Los libros están enumerados en Reti 1972. En un principio, la lista apareció en 1968 en *Burlington Magazine*, de Londres.

6. Gioio 1970.

7. Vasari (1986, p. 116) nos cuenta que el papa León X encargó cierto trabajo a Leonardo, quien «enseguida empezó a destilar hierbas y aceites para fabricar barniz», lo que provocó las quejas del papa.

8. La cita más completa es: «Para desarrollar una mente completa, estudia la ciencia del arte; estudia el arte de la ciencia; aprender a ver; date cuenta de que todo está conectado con todo lo demás».

9. El cuadro está en el refectorio de Santa Maria delle Grazie, en Milán. Tenemos una magnífica descripción de los diversos elementos de la pintura en Keele 1983, p. 24. Libros enteros dedicados a *La última cena* son Barcilon y Marani 2001; King 2012.

10. Leonardo conservó la posesión de este cuadro hasta su muerte. Una de las mejores reproducciones en forma impresa está en Zöllner 2007. En Clark 1960 tenemos un análisis y una descripción excelentes de la obra.

11. Este título procede del poema «Tam O'Shanter», de Robert Burns (1759-1796).

12. En el *Diccionario de Biografía Científica* de 2008 hay estupendos análisis de Kenneth Keele, Ladislao Reti, Marshall Clagett, Augusto Marinoni y Cecil Schneer sobre los estudios de Leonardo en anatomía y fisiología, tecnología e ingeniería, mecánica, matemáticas y geología. Gillispie 2008. También aparecen amplias explicaciones en Kemp 2006; Keele 1983; Galluzzi 2006; Capra 2013, y White 2000. Los estudios de Leonardo sobre el cerebro están magníficamente descritos en Pevsner 2014.

13. Podemos encontrar una descripción muy detallada en Hart 1961, y en un artículo de Kenneth Keele en Gillispie 2008.

14. En Bamberg 2003 hay una estupenda colección.

15. MacCurdy 1958; M Richter 1952.

16. Galileo 1960.

17. En Nunberg 1961, p. 9. Énfasis en el original.

18. En Ackerman 1969, p. 205, hay una buena descripción.

19. El *Syracuse Post Standard* utilizó una versión de esta frase en un artículo que apareció el 28 de marzo de 1911. Por lo visto, el artículo estaba citando al editor de prensa Arthur Brisbane, quien en una conversación dijo: «Usa una imagen. Vale más que mil palabras».

20. MacCurdy 1958, p.100.

21. Algunos de sus libros importantes son Pedretti 1957, 1964 y 2005. Es también coeditor de la edición facsímil de los dibujos de Leonardo en la Colección Windsor, Clark y Pedretti 1968.

22. En *Tratado sobre la pintura*, párr. 55. Para un análisis de los métodos científicos de Leonardo, véase también Keele 1983, p. 131.

23. Castillo de Windsor, Royal Library, RL 12579r. Magníficamente reproducido en Zöllner 2007, p. 525. Analizado en Gombrich 1969, p. 171.

24. En Zöllner 2007, hay reproducciones maravillosamente detalladas. El cuadro está en la National Gallery of Art de Washington, DC (Alisa Mellon Bruce Fund 1967).

25. Por ejemplo, en *Tratado sobre la pintura*, párr. 15.

26. Hay un excelente análisis en el artículo de Keele de Gillispie 2008, p. 193.

27. Manuscrito Ashburnham 2038, fol. 6b, París, Instituto de Francia.

28. Leonardo los analizó en relación con muchos temas, desde el funcionamiento del corazón humano y el vuelo de las aves hasta el flujo del agua y diversas máquinas. Por ejemplo, en *Códice de Madrid I*, 128v. Tenemos una magnífica exposición en Keele 1983, capítulo 3. Leonardo escribió también sobre la gravedad, por ejemplo: «El poder de toda gravedad se extiende hacia el centro del mundo». En *Códice Atlántico*, fol. 246r-a.

29. Descrito en Kemp 2006.

30. Para un entretenido análisis de las obras de Leonardo en geometría curvilínea, véase Wills 1985.

31. *Windsor Collection*, fol. 19118v, en MacCurdy 1958, p. 85.

32. Leonardo 1966, hoja 3B/folio 34r.

33. En *Códice Atlántico*, fol. 281v-a.

34. McMurrich 1930.

35. Este título procede del poema «Now Sleeps the Crimson Petal» [Duerme ahora el pétalo carmesí], de Tennyson (1809-1892).

36. En Keele 1952, hay una descripción detallada y un análisis a fondo de los estudios de Leonardo del corazón.

37. Descrito en Zeldin 1994, p. 194.

38. Leonardo sujetó la bolsa que representaba el ventrículo al modelo en vidrio y estrujó la bolsa para que el agua atravesara la válvula aórtica.

39. Leonardo creía erróneamente que el impulso de la percusión cardíaca estaba totalmente agotado en las extremidades del cuerpo, por lo que no entendía la circulación de la sangre.

40. En Zubov 1968, hay una excelente descripción de los esfuerzos de Leonardo.

41. El título procede del poema «The Excursion» [La excursión], de Wordsworth (1770-1850).

42. *Códice Atlántico*, 154 r.c. Existen algunas traducciones de este texto algo diferentes (p. ej., MacCurdy 1958, p. 64).

43. *Códice Forster*, II, fol. 92v.

44. En Richter 1883, vol. 2, p. 395.

45. En Schilpp 1949, «Notas autobiográficas».

46. Csíkszentmihályi 1996, capítulo 3.

47. Por ejemplo, Freud 1916; Farrell 1966. En 1476 se presentó realmente una acusación anónima de homosexualidad contra Leonardo, pero al final fue desestimada.

48. Diversas características importantes de TDAH se describen en www.russellbarkley.org/factsheets/adhd-facts.pdf. Véase también *Manual diagnóstico y estadístico de trastornos mentales (DSM5)*, 2013, Asociación Norteamericana de Psiquiatría.

49. Entrevistada por el autor el 7 de octubre de 2014.

50. Entrevistado por el autor el 30 de octubre de 2014. Jung (2014) revisa el tema de la *inteligencia elevada*.

51. Por ejemplo, Wood et al. 2011; Instanes et al. 2013.

52. Véase, por ejemplo, Paloyelis et al. 2010, 2012; Lynn et al. 2005.

53. Collins 1997.

54. Кас 1985, р. xxv.

3. Y MÁS CURIOSO

1. Feynman cuenta esta historia en Feynman 1988, p. 55.

2. Por ejemplo, experimentos descritos en Lange et al. 1995; Riesen y Schnider 2001.

3. Los flexágonos fueron descubiertos por el matemático británico Arthur Harold Stone mientras estudiaba en la Universidad de Princeton en 1939. Junto con sus compañeros de posgrado Bryant Tuckerman y Richard Feynman y el profesor de matemáticas John Turkey formó el «Comité del flexágono de Princeton».

4. Sí llevó a cabo un trabajo innovador en computación cuántica (p. ej., Feynman 1985a).

5. Descrito en Zorthian, J. H., «Ambos admirábamos a Leonardo», en Feynman 1995a, p. 49.

6. En Feynman 1985, p. 261.

7. En *Códice Forster* III 44v. Leonardo hizo una afirmación aún más contundente: «El pintor compite y rivaliza con la naturaleza». MacCurdy 1958, p. 913.

8. Cita del fisiólogo francés Claude Bernard (1813-1878), en *Bulletin of New York Academy of Medicine*, vol. 4 (1928), p. 997.

9. En Feynman 1985, p. 263.

10. En Feynman et al. 1964, vol. 1, lección 3, «La relación de la física con las otras ciencias»; sección 3-4, «Astronomía». Disponible en feynmanlectures.caltech.edu

11. La cita es de «Lamia», parte 2, línea 234. El poema fue escrito en 1819 y publicado en 1820. Se puede encontrar en www.bartleby.com/126/37.html

12. En la anotación de Blake en el grabado *Laocoön*. El texto se puede encontrar online en www.betatesters.com/penn/laocoon.htm

13. En Feynman et al. 1964, vol. 1, lección 3, «La relación de la física con las otras ciencias», sección 3-4.

14. Aparece también en Feynman 1995a, p. 27.

15. Zorthian, en Sykes 1994, p. 104. Feynman tenía fama de mujeriego y quizá incluso de sexista. De hecho, la archivista Judith Goodstein y el físico David Goodstein, ambos de Caltech, sugerían que había que considerar a las mujeres como una de las áreas de interés de Feynman. Caso de ser ciertas, estas características de Feynman serían censurables. No obstante, este capítulo no pretende ser una biografía exhaustiva de Feynman, sino que quiere demostrar que fue sin duda una de las personas más curiosas que haya vivido jamás. En Lipman 1999, un excelente artículo, se abordan los supuestos aspectos de su personalidad que merecen nuestra repulsa.

16. Conversación con el autor el 3 de noviembre de 2014.

17. Kathleen McAlpine-Myers, en Sykes 1994, p. 110.

18. Galluzzi pronunció una conferencia titulada «La sombra de la luz: la mente de Leonardo iluminada por velas», el 30 de marzo de 2011, en la Academia Italiana de Nueva York. La conferencia está disponible en italianacademy.columbia.edu/event/shadow-light-leonardos-mind-by-candlelight

19. Feynman presentó estos diagramas en una pequeña reunión científica celebrada en la primavera de 1948. La historia de los diagramas y su uso en la física se explica de forma excelente en Kaiser 2005. Para una descripción esclarecedora de la conexión entre la física y la belleza de ciertas ideas sobre la naturaleza, véase Wilczek 2015. Véase también Feynman 1985b.

20. La medición más precisa del momento magnético del electrón está en Hanneke et al. 2008. Para un breve análisis del resultado véase gabrielse.physics.harvard.edu/gabrielse/resume.html

21. En Gleick 1992, p. 244.

22. Brevemente resumido en Feynman et al. 1964, vol. 1, lección 3.

23. Es curioso que un concepto introducido por Feynman para la computación cuántica (conocido como «puerta de Feynman») esté haciéndose actualmente realidad integrando ADN y óxido de grafeno (p. ej., Zhou et al. 2015).

24. La correspondencia se reproduce en Feynman 2005, pp. 245-248.

25. En Feynman 2001, p. 27. El propio Feynman atribuía la historia a Arthur Eddington. No obstante, Eddington había sido cuáquero toda su vida y no se había casado, lo que llevó a conjeturar que esta anécdota quizá describa a Houtermans.

26. Zorthian, citado, por ejemplo, en «Una breve historia de vidas en la ciencia», de William W. Coventry. Disponible en wcoventry0.tripod.com/id24.htm. Gell-Mann también se quejaba de que Feynman «dedicaba mucho tiempo y energía a generar anécdotas sobre sí mismo».

27. Citado en Gleick 1002, «Epílogo».

28. Conversación con el autor el 11 de diciembre de 2014.

29. En una conferencia titulada «Hay mucho sitio al fondo», pronunciada el 29 de diciembre de 1959, en la reunión anual de la Sociedad Norteamericana de Física. Publicada por primera vez en *Engineering and Science*, 23:5 (febrero de 1960), 22. Disponible en www.zyvex.com/nanotech/feynman.html. Feynman ofreció otro premio por un motor eléctrico giratorio a escala 1/64. El premio fue recogido por William McLellan.

30. Su historia se cuenta en un artículo titulado «Pequeña historia se vuelve grande», en *Engineering & Science*, enero de 1986, p. 25.

31. El experimento se explica en Tan et al. 2014.

32. Véase el reportaje de 2015 «La Biblia más pequeña del mundo cabría en la punta de un bolígrafo», en www.cnn.com/2015/07/06/middleeast/israel-worlds-smallest-bible/

33. En Sykes 1994, p. 253.

34. En Sykes, 1994, p. 254, solo aparece la primera parte de la frase. En Gleick 1992, p. 438, hay una versión algo distinta de las últimas palabras de Feynman: «Detesto morir dos veces. Es muy aburrido». En una conversación con el autor, Joan Feynman insistió en que la versión que se da aquí es la correcta.

35. Citado en Clark 1975, p. 157.

36. En *Códice Atlántico*, 252, r.a. La cita está en MacCurdy 1958, p. 65.

4. CURIOSO SOBRE LA CURIOSIDAD: BRECHA DE INFORMACIÓN

1. Silvia 2012.

2. Spielberg y Starr 1994.

3. Dennett 1991, pp. 21-22.

4. Kidd y Hayden 2015 nos brindan una atractiva revisión de algunas cuestiones implicadas en la definición de «curiosidad».

5. Schulz estudió cómo reaccionan los niños muy pequeños ante situaciones así. Véase, por ejemplo, Cook et al. 2011; Muentener et al. 2012; Bonawitz et al. 2011.

6. Véase <https://www.statista.com/statistics/398166/us-instagram-user-age-distribution/>

7. Además de su destacado libro (Berlyne, 1960), Berlyne escribió una serie de artículos muy influyentes. Por ejemplo, sobre el *interés* (1949), sobre la *novedad* (1950), sobre la *curiosidad perceptual* (1957) y sobre la *complejidad y la novedad* (1958). Para un artículo sobre la *curiosidad específica*, véase Day 1971.

8. En Konečni 1978, hay un bonito obituario de Berlyne. Véase también www.psych.utoronto.ca/users/furedy/daniel_berlyne.htm

9. En Day 1977.

10. Konečni 1978.

11. William James fue un gigante de la filosofía que ayudó a sentar las bases de muchas ideas del siglo xx. En psicología, su obra se resume en James 1890. Su análisis de la curiosidad científica está en el volumen 2. Distinguía entre curiosidad científica y la mezcla emocional de entusiasmo y ansiedad que va ligada a la exploración de novedades. En términos modernos, esta distinción podría corresponder a la diferencia entre curiosidad epistémica y acaso una combinación de curiosidad perceptual y diversiva.

12. El artículo de Loewenstein (1994) ha inspirado gran parte de las investigaciones actuales sobre la curiosidad.

13. La relación entre conocimiento y curiosidad había sido investigada antes, por ejemplo, en Jones 1979; Loewenstein et al. 1992.

14. Para los más inclinados a las matemáticas, la incertidumbre se cuantifica mediante la entropía que obtenemos en $-\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$, donde p_i denota la probabilidad del resultado i .

15. Por ejemplo, Litman y Jimerson 2004; Kang et al. 2009. Sobre las necesidades humanas, véase también Deci y Ryan 2000.

16. Loewenstein 1994; Loewenstein et al. 1992; Eysenck 1979; Litman et al. 2005; Hart 1965.

17. Para una exposición, véase, por ejemplo, Silvia 2006.

18. El lector es guiado desde un estado de incertidumbre alta a otro de incertidumbre baja. Véase un análisis en Gottlieb et al. 2013.

19. Emberson et al. 2010.

20. En [Gottlieb et al. 2013](#) hay un análisis excelente. En esencia, hay que acomodar información nueva en la idea del mundo que uno ya tiene. Véase también [Beswick 1971](#).

21. Véase, por ejemplo, Litman 2005; Kashdan y Silvia 2009 (capítulo 34); Spielberger y Starr 1994.

22. [Ainley 2007](#).

23. Wilson et al. 2005.

24. Keats acuñó esta frase en una carta a sus hermanos el 21 de diciembre de 1817. La carta aparece en Keats 2015. Todas las cartas de Keats a su familia y sus amigos están en un libro electrónico gratuito, *Letters of John Keats to His Family and Friends* [*Vida y cartas de John Keats*], editado por Sidney Colain.

25. En Unger 2004, p. 279.

26. Por ejemplo, en Dewey 2005, p. 33.

27. Disponible en classics.mit.edu/Plato/meno.html. Analizado en Inan 2012, p. 16.

28. Se puede ver en YouTube en <https://www.youtube.com/watch?veqGiPelOikQuk>.

29. El premio lo entrega cada año la British Plain English Campaign.

30. Berlyne 1970, 1971; Sluckin et al. 1980. Explicado, por ejemplo, en Silvia 2006; Edwards 1999, pp. 399-402; y Lawrence y Nohria 2002, pp. 109-114. Hay una amplia discusión más conocida en Leslie 2014.

31. A Wundt (1832-1920) a veces se lo conoce como el «padre de la psicología experimental». Su curva se explica en Wundt 1874.

32. Berlyne 1971.

33. Como veremos más adelante, hay pruebas de que la curiosidad activa el sistema dopaminérgico, el principal circuito cerebral de recompensas (p. ej., Redgrave et al. 2008; Bromberg-Martin y Hikosaka 2009).

34. LeDoux 2015.

35. Esta era la conclusión en Silvia 2006.

5. CURIOSO SOBRE LA CURIOSIDAD: AMOR INTRÍNSECO POR EL CONOCIMIENTO

1. Expuesto, por ejemplo, en Ryan y Deci 2000; Silvia 2012; Kashdan 2004.

2. Spielberg y Starr 1994.

3. Litman 2005. Litman siguió examinando la hipótesis de la curiosidad tipo I y tipo P en una serie de experimentos y estudios, como Litman y Silvia 2006; Litman y Mussel 2013; Piotrowski et al. 2014.

4. Esto está magníficamente explicado en una propuesta de 2015 titulada «Comprendiendo la curiosidad: mecanismos conductuales, computacionales y neuronales», que los autores facilitaron amablemente. Yo llevé a cabo entrevistas con Gottlieb el 27 de agosto de 2014 y el 20 de enero de 2016, y con Celeste Kidd el 2 de junio de 2015. Véase también Risko et al. 2012.

5. Explicado, por ejemplo, en McCrae y John 1992.

6. Aparecen en casi todos los libros de texto de psicología. Véase Schacter et al. 2014. Una de las versiones originales es Costa y McCrae 1992. Desde entonces han aparecido numerosas versiones actualizadas, como NEO Five-Factor Inventory 3 [Inventario de personalidad de cinco factores], publicada en 2010.

7. Sobre la motivación intrínseca, véase Oudeyer y Kaplan 2007.

8. Los experimentos y sus resultados se describen en Baranes et al. 2014. La cuestión general de la exploración autónoma se explica en Gottlieb et al. 2013.

9. En general, se cree que el papel de la motivación intrínseca posibilita el desarrollo de un repertorio de habilidades. Tanto la motivación intrínseca basada en el conocimiento como la basada en la competencia se analizan en Mirolli y Baldassarre 2013, p. 49.

10. Muy bien expuesta por Laura Schulz en su charla TED «Las mentes sorprendentemente lógicas de los bebés», https://www.ted.com/talks/laura_schulz_thesurprisingly_logical_minds_of_babies?Language=en. Además, conversación con el autor el 25 de junio de 2012.

11. En el *New York Times* apareció una magnífica entrevista con Spelke (Angier 2012). Además, conversación con el autor en junio de 2012.

12. McCrink y Spelke 2016.

13. Lee et al. 2012; Winkler-Rhoades et al. 2013.

14. Por ejemplo, Kinzler et al. 2012; Shutts et al. 2011.

15. Un amplio experimento diseñado para entender el desarrollo temprano de la mente está en marcha en el «Babylab» de Birkbeck, Universidad de Londres, donde supervisan el cerebro y la conducta de bebés durante un período de dos años y medio. Descrito en Geddes 2015.

16. Kidd et al. 2012. Además, una conversación con el autor el 2 de junio de 2015.

17. Schulz y Bonawitz 2007.

18. Por ejemplo, Gweon y Schulz 2011. Véase también Schulz 2012. Según diversos experimentos de Azzurra Ruggeri y sus colaboradores, incluso los niños pequeños adoptan estrategias de búsqueda que incrementan la eficacia del aumento de información. Ruggeri y Lombrozo 2015.

19. Uno de los primeros estudios modernos sobre la motivación fue White 1959. Gopnik 2000 es una excelente descripción del impulso evolutivo para construir representaciones de la estructura causal.

20. Bonawitz et al. 2012.

21. Por ejemplo, Giambra et al. 1992; Zuckerman et al. 1978.

6. CURIOSO SOBRE LA CURIOSIDAD: NEUROCIENCIA

1. Para una descripción de la técnica, véase, por ejemplo, www.nden.ox.ac.uk/divisions/fmrib/what-is-fmri/introduction-to-fmri

2. En el ámbito profesional, esto se denomina «respuesta hemodinámica».

* Programa de televisión estadounidense basado en preguntas. (*N. del t.*)

3. Kang et al. 2009.

4. Se observó, por ejemplo, que existe una mayor conectividad funcional entre la corteza prefrontal y el sistema de recompensas en los apostadores patológicos (p. ej., Koehler et al. 2013).

5. Otros estudios también han demostrado que diversos estados motivacionales asociados a la previsión de recompensas (que la curiosidad desencadena) pueden potenciar la memoria. Por ejemplo, Wittman et al. 2011; Shohamy y Adcock 2012; Murayama y Kuhbandner 2011.

6. El 4 de febrero de 2016 tuvo lugar una conversación con el autor. Los resultados del estudio se publicaron en Jepma et al. 2012.

7. La corteza cingulada anterior y la ínsula anterior. Por ejemplo, en Van Veen et al. 2001, podemos encontrar más sobre el papel de la corteza cingulada anterior en situaciones conflictivas.

8. Regiones estriatales como el caudado izquierdo, el putamen y el núcleo *accumbens*. En Cohen y Blum 2002, hay una buena descripción de los mecanismos de recompensa.

9. Muy bien resumido en una propuesta titulada «Comprendiendo la curiosidad: mecanismos conductuales, computacionales y neuronales», amablemente facilitados al autor por J. Gottlieb.

10. Gruber et al. 2014.

11. Entrevista con Lecia Bushak en *Medical Daily*, 2 de octubre de 2014. Disponible en www.medicaldaily.com/how-curiosity-enhances-brain-and-stimulates-reward-system-improve-learning-and-memory-306121

12. Anderson y Yantis 2013.

13. Blanchard et al. 2015. Para un análisis crítico de las funciones propuestas para la corteza orbitofrontal, véase también Stalnaker et al. 2015.

14. Voss et al. 2011.

15. En este caso, la fuerza de la onda en un punto dado cambia con el tiempo (Alexander et al. 2015).

16. Open Science Collaboration 2015.

17. Gilbert et al. 2016. Estos investigadores afirman que su análisis «invalida totalmente» las conclusiones del Proyecto de Replicación. No obstante, Anderson et al. 2016 replicaron que el nuevo análisis de Gilbert et al. depende de suposiciones selectivas. Tenemos otra reevaluación estadística en Etz y Vanderkerckhove 2016.

18. Kaplan y Oudeyer 2007.

19. Tavor et al. 2016.

20. También se han realizado algunos avances en el nivel molecular. Varios científicos han descubierto que el aumento de la proteína neuronal sensora de calcio-1 en la circunvolución dentada de los ratones intensifica la memoria y la conducta exploratoria (p. ej., Saab et al. 2009). Los ornitólogos han observado que ciertas variantes del gen *DRD4* codificador de proteínas puede originar una clara conducta exploratoria en un pájaro cantor (p. ej., Fidler et al. 2007).

21. Analizado en Kahneman 2011, pp. 67-70.

7. BREVE INFORME SOBRE EL AUMENTO DE LA CURIOSIDAD HUMANA

1. Existen muchos libros excelentes sobre el cerebro y la mente de un nivel científico asequible. Unos cuantos ejemplos son Eagleman 2015 y Carter 2014 sobre la estructura del cerebro; Pinker 1997 sobre el funcionamiento de la mente. Gregory 1987 es una amplia compilación de conceptos relacionados con la mente y el cerebro. Entre las introducciones muy concisas están O'Shea 2005; *Enciclopedia Británica* 2008.

2. He aquí algunos de los artículos que describen su trabajo: Herculano-Houzel 2010, 2011, 2012a; Herculano-Houzel y Lent 2005; Herculano-Houzel et al. 2007, 2014. Para una explicación comprensible y exhaustiva relativa a tamaños cerebrales, número de neuronas y leyes de escala, véase Herculano-Houzel 2016.

3. Herculano-Houzel et al. 2007.

4. La masa como función del número de neuronas es una ley potencial con un exponente de 1,7.

5. Roth y Dicke 2005. Midieron la inteligencia mediante la complejidad conductual. Los investigadores observaron que la inteligencia también guardaba correlación con la velocidad de la actividad neuronal, que ha de aumentar cuanto más densamente empaquetadas estén las neuronas.

6. Povinelli y Dunphy-Lelii 2001.

7. Wang et al. 2015.

8. En Lehmann et al. 2008 hay detallados modelos de distribución del tiempo.

9. Explicado en Fonseca-Azevedo y Herculano-Houzel 2012, y descrito, en términos divulgativos, en Herculano-Houzel 2016.

10. La historia de Lucy se cuenta detalladamente en Johanson y Wong 2009; Johanson y Edy 1981. Muchos otros libros incorporan el descubrimiento de Lucy y sus consecuencias, por ejemplo, Tomkins 1998; Mlodinow 2015; Stringer 2011.

11. Explicado en todos los textos sobre evolución humana. Véase, por ejemplo, Steudel-Numbers 2006; Van Arsdale 2013.

12. Bailey y Geary 2009; Coqueugniot et al. 2004; y ampliamente analizado en Herculano-Houzel 2016.

13. Wrangham 2009.

14. En Aiello y Wheeler 1995 se sostiene que, en determinado momento, los homínidos empezaron a consumir más energía para hacer funcionar el cerebro que el intestino, con lo que el índice de consumo total permaneció más o menos constante. Véase también Isler y Van Schaik 2009.

15. Bellomo 1994; Berna et al. 2012; Gowlett et al. 1981.

16. Goren-Inbar et al. 2004.

17. Según C. Loring Brace, el fuego ha sido utilizado sistemáticamente para cocinar desde hace menos de 200.000 años. Véase también una explicación en Dunbar 2014, y una breve descripción en Gibbons 2007.

18. Dunbar 2014.

19. Hay numerosas opiniones sobre el origen y la evolución del lenguaje humano. Encontramos algunas revisiones en Carstairs-McCarthy 2001; Tallerman y Gibson 2012. Se analizan teorías específicas en Jungers et al. 2003; Deacon 1995. El papel potencial del gen *FOXP2* se aborda en Enard et al. 2002. En Moro 2008, se examina la interacción de los lingüistas teóricos y la neurociencia cognitiva.

20. Esta idea es defendida por muchos eruditos actuales, y está descrito de manera espléndida y entretenida en Pinker 1994. Pinker hace una magnífica exposición del lenguaje como instinto.

21. Esto fue sugerido por el influyente lingüista Noam Chomsky. Véase, por ejemplo, Chomsky 1988, 1991, 2011. Según Chomsky, el cerebro humano está dotado de una gramática universal innata.

22. Dunbar 1996, 2014.

23. En Angier 2012.

24. Un fantástico vídeo sobre el trabajo del investigador Jack Gallant y sus colaboradores se puede ver en <https://www.youtube.com/watch?v=k6lnjk5aDQ>

25. En Rapport 1999.

26. Power 2000.

27. Henshelwood et al. 2011.

28. Para unas descripciones breves, recientes, originales y dirigidas a un público amplio, véase Harari 2015; Mlodinow 2015.

29. Dos textos clásicos sobre las revoluciones científicas y los cambios de paradigma asociados a ellas son Kuhn 1962; Cohen 1985. Wootton 2015, da una perspectiva más reciente.

8. MENTES CURIOSAS

1. De las memorias del editor William Miller, citado en la revista *Life*, 2 de mayo de 1955.

2. El 25 de marzo de 2009, el *New York Times* publicó una semblanza de Dyson titulada «El hereje civil» (de Nicholas Dawidoff). En Schewe 2013, tenemos una biografía de Dyson.

3. La entrevista se produjo el 30 de julio de 2014, que siguió a un intercambio de emails.

4. Dyson 2006, p. 7.

5. *Air & Space Magazine* publicó una entrevista (realizada por Diane Tedeschi) con Story Musgrave en agosto de 2010. El artículo se tituló «El veterano astronauta Story Musgrave: la única persona que ha volado en los cinco transbordadores espaciales».

6. La entrevista se celebró el 7 de agosto de 2014.

7. Hay unos cuantos libros sobre Chomsky y sus ideas, como Harman 1974; D'Agostino 1986; Otero 1994; y uno que me pareció especialmente útil, McGilvray 2005.

8. El último, *¿Quién domina el mundo?*, apareció el 10 de mayo de 2016.

9. El intercambio de emails tuvo lugar el 6 de julio de 2014.

10. Wang et al. 2015.

11. La entrevista se produjo el 24 de septiembre de 2015. La revista *Forbes* consideró a Gianotti, en 2015 y en 2016, una «de las cien mujeres más influyentes del mundo».

12. La expresión «partícula de Dios» fue acuñada por el físico Leon Lederman, pero le desagrada incluso a Peter Higgs, la persona de la que toma el nombre el bosón. El descubrimiento del bosón de Higgs tras cuarenta años de búsqueda ha sido uno de los hitos científicos más importantes de las últimas décadas. El descubrimiento está magníficamente documentado en Carroll 2012; Randall 2013; y el documental *Locos por las partículas* [*Particle Fever*], que fue producido por Mark Levinson, David Kaplan, Andrea Miller, Carla Solomon y Wendy Sax.

13. Entrevisté a lord Rees el 25 de octubre de 2015. Entre sus populares libros científicos se incluyen *Our Final Hour*, *Seis números nada más* y *Antes del principio: el cosmos y otros universos*.

14. En una charla TED, Rees describió la cosmología y lo que considera desafíos para la humanidad en el próximo siglo: www.ted.com/talks/martin_rees_asks_is_this_our_final_century. También explicó estos riesgos en Rees 2003.

15. Esta entrevista tuvo lugar el 19 de noviembre de 2015. Contamos con una breve biografía de May en www.theguardian.com/artanddesigns/2014/oct/20/brian-may-stereo-victorian-3dphotos-tate-britain-queen

16. Para una breve descripción de estos esfuerzos, véase Livio y Silk 2016.

17. Por ejemplo, James Flynn, investigador de ciencia política de Nueva Zelanda, demostró que las puntuaciones de inteligencia cambiaban considerablemente de una generación a otra, con lo que había que modificar a menudo las tablas y las normas. Flynn 1984, 1987; Neisser 1998.

18. La entrevista se realizó mediante correo electrónico el 3 de septiembre de 2015. Varios periódicos y revistas publicaron artículos sobre Vos Savant. Por ejemplo, «Meet the World's Smartest Person» [Conocemos a la persona más inteligente del mundo], de Mary T. Schmich, apareció en el *Chicago Tribune* el 29 de septiembre de 1985. Asimismo, «Is a High IQ a Burden As Much As a Blessing?» [¿Es un CI alto tanto una carga como una bendición?], de Sam Knight, en el *Financial Times* (10 de abril de 2009), se puede encontrar en www2.sunysuffolk.edu/kasiuka/materials/54/savant.pdf

19. «Quienes idolatran los “hechos” nunca se dan cuenta de que sus ídolos solo brillan con una luz prestada», Heidegger 2000, p. 307.

20. La entrevista se celebró el 3 de septiembre de 2015. Hay una biografía intelectual de Horner en mtprof.msun.edu/Spr2004/horner.html. Su charla TED de 2011 está en www.ted.com/talks/jack_horner_shape_shifting_dinosurs?language=en

21. En Randall 2015, aparece una original hipótesis que conecta las extinciones masivas en la Tierra con la naturaleza de la materia oscura.

22. Muniz 2005, p. 12.

23. La entrevista se celebró el 17 de febrero de 2016. Para un artículo sobre Muniz, véase La Force 2016.

24. El tráiler oficial se puede ver en <https://www.youtube.com/watch?v=sNIwh8vTsNU>

25. En *The Rambler*, n.º 103, 12 de marzo de 1751, disponible en el Electronic Text Center, Biblioteca de la Universidad de Virginia.

26. Véase, por ejemplo, el obituario de Prigogine (Petrosky 2003).

27. Lin 2014.

9. ¿POR QUÉ LA CURIOSIDAD?

1. Casanova 1922.

2. Algunos libros recientes abordan varios aspectos de la curiosidad. En Ball, 2013, se analiza concretamente la aparición de la ciencia moderna. En Manguel, 2015, se examina la curiosidad partiendo de la perspectiva de diversos pensadores, como Dante, David Hume o Lewis Carroll. En Leslie, 2014, se defiende el fomento de la curiosidad en vista de los presuntos peligros planteados por internet. En Grazer y Fishman, 2015, se describen las experiencias personales de Grazer que dieron origen a la producción de películas y programas televisivos famosos.

3. Magníficamente descrito en Bouchard et al. 1990. Para las circunstancias generales sobre la herencia y las influencias ambientales, véase Bouchard 1998; Plomin 1999.

4. Bouchard 2004.

5. Abordado de forma interesante en Asbury y Plomin 2013.

6. En Daston y Park, 1998, hay una estupenda descripción de la historia del «asombro». En Goodman, 1984, tenemos una interesante explicación.

7. Su nombre era Osborne Henry Mavor, médico que participó en la primera guerra mundial. La cita es de su obra *Mr. Bolfry*.

8. En el artículo de Wikipedia «la esposa de Lot» se ve una imagen de la columna del monte Sodoma, en Israel.

9. Eclesiastés 3,23 (versión del rey Jacobo).

10. Para una explicación exhaustiva de la preocupación por la curiosidad a principios de la época moderna en Francia (y Alemania), véase Kenny 2004.

11. La transformación se analiza a la perfección en Kenny 2004; Blumenberg 1982; Ball 2013; y está resumida con pericia en Daston 2005. En Hannam 2011, se sostiene que la época medieval quizá no era tan oscura como se suele decir.

12. En Zeldin 1994, capítulo 11, tenemos otro fascinante resumen de la actitud cambiante hacia la curiosidad. Para una biografía de Descartes relativamente reciente, véase Grayling 2005.

13. En Aldersey-Williams, 2015, tenemos una descripción clara e ingeniosa de la vida y la obra de Browne.

14. En Helferich 2004, y McCrory 2010, hay dos interesantes biografías de Humboldt.

15. De Terra 1955.

16. Von Humboldt 1997.

17. Zeldin 1994, p. 198.

18. En Rigol, 1994, tenemos un interesante análisis sobre la curiosidad en los cuentos de hadas.

19. En 1598, en la obra de Ben Jonson *Every Man in His Humor*. También en *Mucho ruido y pocas nueces* de Shakespeare.

20. Se imprimió por primera vez en un *Handbook of Proverbs* de 1873 de James Allan Mair, del que se puede encontrar una versión en [amazon.com](https://www.amazon.com)

21. En 2014, la Galería Neue de Nueva York organizó una exposición especial que reunió obras de arte de la exposición de 1937 junto con fotos, películas y documentos. El catálogo está en Peters 2014.

22. La historia de Malala se cuenta en Yousafzai y Lamb 2013.

23. Zeldin 1994, p. 191.

24. Nabokov 1990, p. 46.

25. Stephens 1912, p. 9.

26. Richard y Berridge 2011.

27. Feynman 1988, p. 14.

28. Como parte de su consejo sobre cómo fomentar una vida creativa, Csíkszentmihályi (1996, p. 347) sugiere también sorprender y ser sorprendido.

29. Por ejemplo, Rossing y Long 1981.

30. Véase, por ejemplo, Kashdan y Roberts 2004. La relación entre el apego y la curiosidad también se estudiaba en Mikulincer 1997.

EPÍLOGO

1. Primero se publicó con el título «Un romance medieval espantoso», en el *Buffalo Express*, el 1 de enero de 1870. En 1875 apareció con el título «Un romance medieval», en *Bosquejos nuevos y viejos*, de Mark Twain.

2. Para un análisis e interpretación, véase Baldanza 1961; Wilson 1987.

3. *Todo un hombre*, Wolfe 1998.

4. Mencionado también en *La hoguera de las vanidades* y en un ensayo de no ficción de *Hooking up* (hay trad. cast.: *El periodismo canalla y otros artículos*, Madrid, Punto de Lectura, 2002).

5. El desconcierto y la «perplejidad» provocados por la obra aparecen magníficamente expresados en Atkinson 1956.

6. James 1884.

7. La historia de la curiosidad desde finales del siglo xvii hasta principios del xix está estupendamente descrita en el exhaustivo estudio de Benedict (2001). En Watts Smith, 2015, contamos con un compendio conciso, muy bien escrito, de diversas emociones (incluida la curiosidad) y respuestas humanas.

8. Analizado y cuantificado con una escala de búsqueda de sensaciones en Zuckerman 1984; Zuckerman y Litle 1985.

9. Capítulo 2 de Jung 1951.

10. Una idea sugerida por Aristóteles, según el cual, a los seres humanos «nos gusta contemplar las imágenes más precisas de cosas cuya visión nos resulta dolorosa», citado en O'Connor 2014. Véase también Zuckerman y Litle 1985; Kant 2006.

11. Para un estudio intercultural, véase Egan et al. 2005.

12. Buena parte del material filtrado por Snowden ha sido publicado por *The Guardian* en Gran Bretaña y por *The Washinton Post*. National Public Radio emitió un programa corto en el que exponía los principales hechos:
<http://www.mpr.org/section/parallels/2013/10/23/240239062/five-things-to-know-about-thensas-surveillance-activities>

13. En Singh 1997; Aczel 1997, se cuenta la fantástica historia del último teorema de Fermat.

Por qué

Mario Livio

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.

Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *Why. What Makes Us Curious*

Publicado con el acuerdo de Simon & Schuster, Inc.

© 2017, Mario Livio

© 2018, de la traducción, Joan Soler Chic

© Editorial Planeta, S. A., 2018

Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

www.editorial.planeta.es

www.planetadelibros.com

Diseño de la cubierta: Jason Heuer Design

Primera edición en libro electrónico (epub): abril de 2018

ISBN: 978-84-344-2777-8 (epub)

Conversión a libro electrónico: Newcomlab, S. L. L.

www.newcomlab.com

POR QUÉ



Qué nos hace ser curiosos

MARIO LIVIO

Autor del bestseller *La proporción áurea*

Ariel