

Capítulo 6

AMOR Y SEXO

De los seres humanos se puede decir con toda justicia que poseemos la sexualidad más anormal y retorcida del mundo de los mamíferos. Y no lo digo porque a algunos les ponga ver el tubo de escape de un automóvil, el olor de los pies sucios o la idea de una pareja de policías de tráfico atados como esclavos. Al fin y al cabo, las demás especies se hallan en desventaja a la hora de expresar sus manías al no disponer de un acceso solvente a Internet. Más bien me refiero a que los aspectos más prosaicos de la actividad sexual en los seres humanos están muy alejados de la corriente principal de comportamiento que siguen la mayoría de nuestros parientes más cercanos en el reino animal.

La gama de comportamientos amorosos y sexuales humanos está amplia y profundamente influida por la cultura, una cuestión que abordaré en breve, pero quisiera hablar en primer lugar de la norma supuestamente genérica: la regular y anticuada práctica heterosexual monógama. Luego veremos cómo se asemejan las prácticas de la mayoría de los mamíferos. La historia humana simplificada, es decir, despojada de toda poesía, es algo así. Érase una vez un hombre y una mujer que se conocieron y sintieron una atracción mutua que codificaron en una ceremonia, el matrimonio. Les gustaba realizar sus actos sexuales en privado y declinaron las oportunidades que se les brindaron para mantener relaciones sexuales con otros. Tenían relaciones sexuales, incluido el coito, muchas veces, en la mayoría de las fases del ciclo de ovulación femenino, hasta que ella se quedó embarazada. Una vez que supieron que la mujer estaba embarazada, durante algún tiempo aún siguieron haciendo el acto sexual. Después de que el bebé naciera, el hombre ayudó a la mujer a encontrar los recursos y a veces procuraba cuidados y atenciones al pequeño (y a los otros hijos que nacieron después). La mujer y el hombre continuaron su relación monógama y siguieron siendo sexualmente activos mucho después de que la mujer dejara

Ahora consideremos otro punto de vista sobre esta misma historia. La actriz cómica Margaret Cho dice en uno de sus espectáculos: «La monogamia es algo tan, tan raro... como... como saber cómo se llama el otro y todo lo demás». Esta frase hace que el teatro se parta de risa en una función del club de la comedia, pero esta idea es en realidad la que predomina en el mundo no humano: más del 95 por ciento de las especies de mamíferos no forman vínculos de pareja duraderos, ni tan sólo vínculos de pareja de ningún tipo. De hecho, una desenfrenada promiscuidad sexual es la norma tanto para machos como para hembras, y este sexo promiscuo se realiza habitualmente al aire libre, para que todos los miembros del grupo social lo vean. Encuentros efímeros y sexo en público son la norma, no la excepción. Una consecuencia de esta promiscuidad pública es que en la mayoría de los mamíferos no humanos los padres apenas sí intervienen, en caso de que lo hagan, en la crianza de la prole. En algunos casos, el varón no permanece en un grupo social después de aparearse, sino que se aleja. En otros, el varón permanece en el grupo social, pero no parece reconocer a su propia descendencia.

Esta solución puede hacernos pensar que la mayoría de los animales no humanos son unos libertinos, pero en otro sentido, en cambio, nos indica que son profundamente conservadores. Los seres humanos tenemos a menudo relaciones sexuales cuando es improbable o es imposible fecundar a la pareja (durante el período no fértil del ciclo de ovulación, durante el embarazo o después de la menopausia), pero la mayoría de los animales no humanos tienen relaciones sexuales calculadas con mucha precisión para coincidir con la ovulación. Las hembras humanas han ocultado la ovulación: resulta casi imposible para un varón advertir de manera directa cuáles son los días más fértiles de la hembra. Si bien las mujeres se pueden entrenar para detectar la ovulación, no hay pruebas directas de que exista un conocimiento instintivo de la ovulación como el que poseen las hembras de las otras especies de primates. De hecho, si bien se han realizado muchos estudios sobre este tema, no queda claro que las mujeres muestren más interés en el acto sexual durante la fase preovulatoria (fértil) de su ciclo.

En cambio, la mayoría de las hembras no humanas del mundo de los mamíferos anuncian su inminente ovulación mostrando la hinchazón de sus órganos sexuales, desprendiendo olores específicos o haciendo sonidos

genitales) para indicar su interés sexual. Durante los períodos en los que la hembra no es fértil es costumbre que ni los varones ni las hembras se acerquen entre sí. Si bien las hembras no humanas muestran una fertilidad que decrece de forma paulatina a partir de cierta edad, el sexo después de la menopausia ni se plantea, porque no hay un momento a partir del que sea evidente de manera absoluta que son infértiles. En realidad, la menopausia puede que sea un fenómeno únicamente humano.

Estas distinciones sexuales humanas, sin lugar a dudas, se basan en una amplia generalización. Hay algunas especies no humanas, como los gibones y los perritos de las praderas, animales semejantes a las ardillas, que establecen vínculos de pareja duraderos en los que el padre ayuda a criar a los pequeños. Hay también unos pocos animales, como es el caso de los delfines y los bonobos, primates semejantes a los chimpancés, que parecen compartir la propensión humana a tener relaciones sexuales por placer, y algunos otros, como los monos de Brevet (*Cercopithecus aethiops*) y los orangutanes, cuyas hembras han ocultado la ovulación. Del lado humano, no todo es modélico. Sin duda, no todos los seres humanos son monógamos —ni siquiera monógamos en serie—, y en algunas culturas o subgrupos, la poliginia —múltiples esposas— o la poliandria —múltiples esposos— son prácticas establecidas. Sin embargo, queda claro que la práctica humana dominante en las diferentes culturas es la monogamia o, al menos, la monogamia serial. El punto crítico aquí es que, en los seres humanos, casi todas las mujeres tienen un único compañero sexual en un ciclo de ovulación determinado. En estudios en que se ha evaluado la paternidad mediante pruebas genéticas practicadas a un amplio número de niños, la inmensa mayoría de los niños —más del 90 por ciento— eran de hecho hijos del esposo o del compañero de larga duración de la madre, y casi todos los padres procuraban a sus hijos cierta forma de cuidado y apoyo (aunque puede que adoptara la forma de abastecimiento de comida y techo, protección frente a los demás y darles dinero en lugar de atenciones y cuidados directos).

Compartimos una serie de prácticas sexuales con otros animales. La estimulación oral genital —de ambos sexos— es una de ellas. La masturbación es otra. Se ha observado a animales tanto machos como hembras masturbándose, y algunos llegan a utilizar para ello objetos. Con todo,

que es capaz de masturbarse mientras contempla el segundo CD de ejercicios rítmicos de *Sweating' to the Oldies*, de Richard Simmons. En un principio se creyó que la masturbación podía ser un fenómeno exclusivo de los animales en cautiverio, pero en la actualidad disponemos de estudios de campo fiables sobre la masturbación masculina y femenina llevados a cabo con monos bonobos y con colobos rojos (*Colobus badius*). También hay pruebas en animales no humanos de masturbación, independiente de la estimulación genital directa. Sir Frank Darling, en su libro ya clásico de 1937 dedicado al comportamiento animal, *A Herd of Red Deer* [*Una manada de ciervos*], refería que, durante la estación de celo, el ciervo escocés macho se masturbaba «bajando la cabeza y arrastrando con suavidad las puntas de las astas de sus cuernos hacia delante y hacia atrás entre la hierba». Este movimiento daba lugar de forma característica a la erección del pene y a la eyaculación en el plazo de unos minutos. Por último, debería mencionarse que en un amplio número de especies de mamíferos se han observado actos homosexuales tanto en varones como en hembras, aunque, que yo sepa, no hay ningún estudio que afirme la existencia de vínculos de pareja homosexuales en animales no humanos.

Así, ¿por qué los seres humanos desarrollamos un grupo de comportamientos sexuales distinto, ocultando la ovulación, tenemos relaciones sexuales por placer, vínculos de pareja a largo plazo e implicación paterna prolongada? Si bien algunos de nuestros primos más cercanos entre los simios comparten algunos de estos rasgos —los bonobos, por ejemplo, y su inclinación a las relaciones sexuales por placer, o los gibones, con sus vínculos de pareja a largo plazo—, ninguna de estas especies presenta todo el grupo completo de estos comportamientos. Luego estos aspectos del comportamiento sexual humano es probable que sean, desde un punto de vista evolutivo, desarrollos recientes en nuestra estirpe de primates.

En estas páginas que siguen mostraré cómo nuestras prácticas sexuales normativas se deducen de manera directa del diseño poco elegante del cerebro. Pero para explorar esta cuestión procederemos de manera retrospectiva. ¿Por qué los seres humanos han ocultado la ovulación y practican el sexo como diversión? Una hipótesis evolutiva que resulta sugerente, defendida por Katherine Noonan y Richard Alexander, de la Universidad de Michigan, sostiene que la ovulación oculta funciona con el fin de

primero un contraejemplo: cuando la ovulación es evidente, el varón maximiza su éxito reproductivo, emparejándose con una hembra concreta en su período fértil y luego, cuando ese período de fertilidad termina, la deja con objeto de encontrar a otra mujer fértil a la que fecundar. En este sistema, el varón no tiene que preocuparse por el hecho de que algún otro varón venga y fecunde a la primera mujer mientras él se halla lejos, porque sabe que ya no es fértil. Éste es el método de emparejamiento que hallamos presente en muchas especies, entre ellas, los babuinos y los gansos. Sin embargo, cuando la ovulación se oculta, la pareja tiene que emparejarse a lo largo de todo el ciclo de la mujer para tener alguna oportunidad razonable de concebir descendencia. Y no sólo eso, sino que, si el varón decide alejarse y probar suerte con otra hembra, no tiene la seguridad de que otro varón no se cuele por la puerta del patio trasero y se empareje con aquella primera mujer los días en que es fértil. Además, tiene pocas posibilidades de encontrar a otra hembra que ovule. De ahí que, con la ovulación oculta, la mejor estrategia para el varón sea no separarse de la hembra y emparejarse con ella de manera estable.

Dejemos por el momento de hablar del varón. ¿Qué consigue la mujer con todo eso? ¿No sería mejor estrategia reproductiva, para ella, tantear el terreno con la esperanza de conseguir la contribución genética masculina de mejor calidad para su descendencia? En realidad, las hembras de muchas especies, entre ellas muchos mamíferos, precisamente lo hacen así. La diferencia decisiva y esencial es que si bien una hembra de orangután, por ejemplo, cría a su prole con facilidad sola, las hembras humanas no lo tienen igual de fácil. La mayoría de los animales son capaces de encontrar el sustento con que alimentarse inmediatamente después del destete, en cambio, los niños humanos no alcanzan ese nivel de independencia hasta muchos años después. En consecuencia, el éxito reproductivo de una hembra en la especie humana es mucho mayor si puede establecer un vínculo de pareja duradero con un varón y si éste contribuye de alguna manera a la crianza de los hijos. Los varones tienden a aceptar este estado de cosas por dos razones. La primera es que, si el varón se queda, puede confiar en su paternidad: no desperdiciará ni malgastará sus recursos cuidando la descendencia de otro varón. Una razón adicional es que él y la mujer también disfrutarán de la vinculación afectiva que resulta de tener relaciones

hacer que los seres humanos sigan teniendo relaciones sexuales aun cuando la fecundación resulte ya imposible, ya sea durante el embarazo o después de la menopausia.

En esta historia, lo decisivo es que las hembras humanas necesitan de la ayuda masculina en determinados aspectos de la crianza de los hijos mucho más de la que requieren las hembras de otras especies, porque los niños humanos nacen totalmente indefensos e incluso son incapaces de alimentarse por sí solos durante la primera y la segunda infancia. ¿Por qué? Recordemos que el cerebro humano al nacer tiene sólo un tercio del volumen que alcanzará en la edad madura, y que las primeras etapas de la vida tienen una importancia fundamental para el desarrollo y la interconexión del cerebro que depende de la experiencia. El cerebro humano crece a un ritmo explosivo hasta la edad de cinco años y no completa su madurez hasta alcanzar los veinte años. A diferencia de las crías de otras especies, los seres humanos de cinco años sencillamente no disponen de cerebros lo bastante maduros para procurarse por sí mismos alimento y protegerse de los predadores.

Para resumir todo esto se me ocurre que sería conveniente contar esta historia en el otro sentido. Los cerebros humanos nunca han sido rediseñados de manera radical. Más bien, como hemos visto, sólo se les añaden nuevos sistemas encima de otros anteriores en términos evolutivos, que quedan debajo. Esto significa que el cerebro tiene que crecer en tamaño mientras desarrolla nuevos rasgos. Y lo que reviste una importancia aún mayor, el cerebro está constituido por neuronas que no han cambiado de manera sustancial en su diseño desde la época de las medusas prehistóricas: en consecuencia, las neuronas son lentas, pierden información, son poco fiables y tienen una gama de señales muy limitada. De ahí que el modo de incorporar una capacidad de computación sofisticada en un cerebro con estas partes subóptimas haya sido creando una red enorme y descomunalmente interconectada de cien mil millones de neuronas y quinientos billones de sinapsis. Esta red resulta demasiado enorme para tener codificado de manera explícita en el genoma su diagrama de interconexión punto por punto, por tanto, deben entrar en juego las reglas del tipo «úsalo o tíralo» derivadas de la experiencia a fin de construir de manera activa esta enorme red. Esto requiere una vasta actividad sensorial que, en su mayor parte,

prolongada, en la que el cerebro puede madurar. Además, las limitaciones físicas que impone el canal de parto hacen imposible que el bebé humano nazca con un cerebro aún más maduro, ya que no pasaría por el canal de parto. Y en este sentido, la muerte durante el parto es un fenómeno humano relevante, sobre todo en las sociedades tradicionales, en tanto que entre nuestros parientes primates más cercanos es algo insólito.

A resultas de todo esto, las hembras de la especie humana dependen de manera excepcional del apoyo de los varones para criar a su prole. Al ocultar la ovulación aseguran su éxito reproductivo y obligan a los varones a adoptar la estrategia de emparejarse repetidamente con una sola mujer a lo largo del ciclo femenino de ovulación. Estas relaciones sexuales monógamas, casi por diversión, tienen dos efectos: por un lado, ofrecen una probabilidad muy alta de saber con exactitud quién es el padre de los hijos resultantes y, por otro, contribuyen a reforzar el carácter duradero del vínculo afectivo, y ambos efectos conjuntamente fomentan en los dos progenitores el continuado cuidado de la prole. O bien, por reducirlo a un nivel de especulación extrema: si las neuronas de los seres humanos fueran procesadores mucho más eficientes, el matrimonio heterosexual puede que no existiera como institución humana intercultural.

«Pero... pero... pero... —objetará sin duda el lector—, ¿esta explicación tiene en realidad algo que ver con el modo en que hoy vivimos? Al fin y al cabo, en mi ciudad viven multitud de madres solteras que crían a sus hijos igual de bien que las otras madres. Y viven también parejas dispuestas a adoptar hijos con los que no comparten ningún material genético, y otras que son felices sin tener hijos. Asimismo, hay multitud de homosexuales y algunos crían a sus hijos, aunque la mayoría no lo hace. También hay multitud de personas que tienen relaciones sexuales fuera de sus relaciones más duraderas de pareja.»

Si bien todo esto es cierto, al reflexionar sobre estas observaciones, es preciso puntualizar ciertas cuestiones decisivas sobre el modo en que ha evolucionado el comportamiento sexual humano. En primer lugar, la evolución es un proceso lento, y nuestro genoma nunca se ha adaptado del todo a condiciones que cambian de manera rápida. En el mundo contemporáneo, algunos cambios muy recientes, relevantes para el comportamiento sexual, como la disponibilidad de anticonceptivos y técnicas de

ciones sociales, en los sistemas políticos y en las tecnologías han permitido a las mujeres vivir con independencia. La mayoría de estos cambios se han hecho presentes sólo en la última generación. En consecuencia, los genes que contribuyen a instruir aquellas partes de nuestros cerebros que intervienen en el comportamiento sexual no han pasado aún por el proceso de selección que ejercen las múltiples fuerzas que operan en el seno de la sociedad contemporánea. En realidad, se trata de una cuestión general a la hora de considerar la evolución humana, que se aplica a muchos aspectos de la función biológica y no sólo a la base biológica de la conducta sexual. En segundo lugar, determinados impulsos relacionados con la función sexual persistirán aun en situaciones o en etapas de la vida en las que ya no son relevantes para la transmisión de los propios genes a la siguiente generación. De ahí que los seres humanos sigan sintiendo a diario atracción sexual y acaben incluso formando vínculos de pareja duraderos —se «enamoren»— en situaciones en las que no hay ninguna posibilidad de tener descendencia, ya sea entre otras muchas cosas por el uso de anticonceptivos, por causa de la esterilidad, de la menopausia o porque la pareja sea del mismo sexo. De manera análoga, muchas parejas sienten un fuerte impulso de criar a sus hijos, aun en el caso de que estos hijos no compartan sus mismos genes. En tercer lugar, incluso en nuestra sociedad contemporánea con el sexo fuera de las relaciones de larga duración, con sus elevados índices de divorcio y demás, resulta asombroso que el efecto resultante de estos factores en la paternidad sea menor. Tal como ya mencioné con anterioridad, las amplias pruebas genéticas de paternidad realizadas en varias culturas han demostrado que más del 90 por ciento de los niños eran hijos legítimos del esposo o de la pareja estable de la madre. Además, pese al divorcio y a los nuevos matrimonios, un porcentaje similar de padres contribuye de algún modo a criar a sus hijos. De este modo, aunque las actitudes y las prácticas culturales pueden diferir, el resultado final de las vidas sexuales de los neoyorquinos o de los londinenses de nuestros días no es muy diferente del resultado que obtienen quienes viven en sociedades más tradicionales.

He dedicado una gran parte del tiempo a describir un abanico más bien restringido del comportamiento sexual humano y a especular sobre el modo

crearlo. Fijemos ahora nuestra atención en la otra cara de la moneda: ¿de qué modo la función cerebral influye en los impulsos sexuales y amorosos? Y al hacerlo, debemos primero considerar la condición *sine qua non* de todo comportamiento sexual: el desarrollo de la identidad sexual. ¿Cómo llegamos a vernos a nosotros mismos como varones o como hembras?

La identidad sexual es un proceso complejo en el que los factores biológicos y socioculturales van unidos. No basta con decir que si nuestros cromosomas sexuales son XX y tenemos ovarios y una vagina, entonces nos consideraremos una mujer, mientras que los cromosomas XY, los testículos y un pene pueden llevarnos a creer que somos varones. Se trata de un proceso más complejo, al menos en dos sentidos. Como sin duda el lector sabrá, existe un pequeño porcentaje de personas que tienen disforia de género. Se trata de individuos que creen profundamente que su sexo cromosómico no se corresponde con el modo en que ellos consideran su identidad sexual. Y esto pese a las características externas que puedan tener sus cuerpos y a la abrumadora presión social que se pueda ejercer. En algunas culturas en las que reina la abundancia, estas personas transexuales a menudo escogen el travestismo, o siguen tratamientos hormonales o se someten a diversas formas de cirugía a fin de reasignar de forma parcial o completa su sexo. La disforia de género es más común en personas que son varones desde un punto de vista cromosómico, pero no es sólo un fenómeno de hombres que se sienten mujer. Vale la pena señalar que mientras la disforia de género, aunque permitida por convención social, adopta casi siempre la forma de travestismo, no sucede lo mismo a la inversa: la mayoría de quienes practican el travestismo se identifican con su sexo cromosómico y no experimentan disforia de género. Más bien, practican el travestismo como una expresión más sutil de su identidad sexual.

Una vez que uno se identifica como hombre o mujer, el significado que ello puede tener en términos de ideas y expectativas se halla enormemente influido por la cultura y la experiencia personal. La idea de lo que significa ser hombre o mujer varía ampliamente según las culturas, las familias e incluso los individuos, de unas maneras que conocemos perfectamente: la identidad sexual de la mujer japonesa, por ejemplo, no es la misma que la identidad sexual de la mujer italiana. En los últimos años, las ideas culturales que tenemos acerca de la identidad masculina y femenina

formaban los nativos norteamericanos floreció una práctica conocida con el nombre de «doble espíritu». En estas tradiciones se alentaba a los varones cromosómicos que se identificaban como mujeres y, en menor medida, a las mujeres cromosómicas que se reconocían como varones, para que se travistieran, y se les otorgaba una condición chamánica especial, debido a las habilidades que tenían para mediar entre los mundos masculino y femenino. En Polinesia, existe una tradición en la que el hijo primogénito es designado como una especie de ayudante de la madre, y se le asigna un típico rol social femenino. En algunos casos se lleva a cabo sin atender al sexo cromosómico que muestra el hijo o la hija, y los que así ven cambiada su sexualidad de masculina en femenina reciben el nombre de *mahu* (en Tahití o Hawai) o *fā'a fafine* (en Samoa). Una de las primeras experiencias que los europeos tuvieron con esta práctica fue la que refirió un tal teniente Morrison, miembro de la expedición del capitán William Bligh que, en 1789, arribó a las costas de Tahití. «Tienen un grupo de hombres —escribió el teniente— a los que denominan *mahu*. Estos hombres son en algunos aspectos como los eunucos en la India, pero no han sido castrados. Nunca cohabitan con mujeres, pero viven como ellas. Se quitan la barba y se visten como mujeres, bailan y cantan con ellas, con voces igual de afeminadas. En general, tienen excelentes manos para hacer ropa y teñirla, para trenzar esteras y para todas las labores propias del quehacer de las mujeres.» Al igual que los nativos norteamericanos que tenían un doble espíritu, los *mahu* gozaban de una alta condición social y eran apreciados a la vez como afortunados y poderosos. Precisamente por esta razón, el rey Kamehameja I de Hawai se cercioró de tener una vivienda *mahu* en el interior de su complejo habitacional. La cuestión de más importancia al respecto, una cuestión que ilustran las figuras de los *mahu*, los dobles espíritus o simplemente el supermacho tío Fergus, es que si bien el sexo se halla simplemente determinado por los cromosomas sexuales y la acción resultante de las hormonas sexuales, la identidad sexual o de género es un proceso mucho más complejo, en el que se da una interacción entre factores biológicos y socioculturales.

¿Podemos identificar diferencias en los cerebros masculino y femenino que sean subyacentes al componente biológico de la identidad sexual? El cerebro masculino, por término medio, es algo mayor que el femenino,

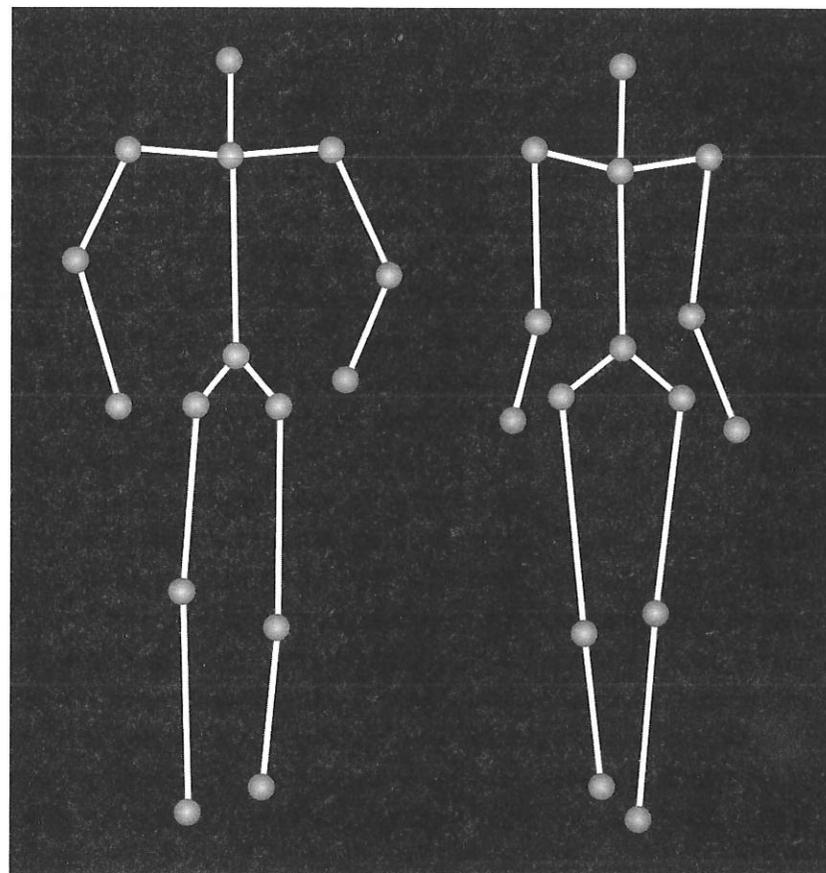


FIGURA 6.1. ¿Cuál es la más masculina? Aunque en estas figuras realizadas con palillos hay muy poca información, nos resulta fácil hacerlas corresponder con los géneros masculino y femenino. Este hecho ilustra el alto grado de especialización que han alcanzado los sistemas visuales de nuestro cerebro en lo que al reconocimiento del género se refiere. Esta ilustración nos la proporcionó amablemente el profesor Nikolaus Troje, de la Queen University de Ontario, Canadá. La distinción masculino-femenino es aún más evidente cuando las figuras se animan con el movimiento que los diferentes sexos hacen al andar, una animación que, reducida sólo a los puntos de articulación, se muestra en la página de Internet del profesor Troje, www.biomotionlab.ca/Demos/BMLgender.html.

Este hecho es aún más evidente cuando se mide el grosor de la corteza cerebral derecha. Y, lo que es aún más curioso, un grupo particular de células del hipotálamo, denominado INAH3 (acrónimo inglés que designa el núcleo intersticial del hipotálamo anterior número 3) es entre dos y tres veces

sugere, ya que las células del INAH3 tiene una densidad de receptores de testosterona insólitamente alta, y también porque la actividad neuronal en esta región está correlacionada con determinadas fases del comportamiento típico masculino mientras se tienen relaciones sexuales (tema sobre el que nos extenderemos más adelante). Para que no empecemos a pensar que todo es más grande en los varones, hay dos regiones de esencial importancia que son en términos proporcionales mayores en el cerebro femenino. Se trata del cuerpo calloso y de la comisura cerebral anterior.* Estas estructuras están formadas por haces de axones —materia blanca— que transportan información de un lado del encéfalo al otro. Tienen una importancia especial porque unen los dos lados del encéfalo. Sobre todo tienen una particular importancia al conectar los dos lados de la corteza cerebral, la región superior que ha evolucionado en fecha más reciente. Casi con toda seguridad, esta lista es incompleta en varios sentidos. En el curso de futuras investigaciones, es probable que surjan más diferencias en el tamaño de otras regiones del cerebro masculino con respecto al femenino. Además, puede que haya aún más diferencias que se manifiesten no como diferencias de tamaño, sino como diferencias en la estructura celular (como, por ejemplo, el grado de ramificación dendrítica), los constituyentes bioquímicos (quizá la densidad de los receptores de neurotransmisores o canales iónicos que operan por diferencias de voltaje) o en la función eléctrica (como el ritmo y temporización de los impulsos en neuronas concretas).

Además de estas diferencias neuroanatómicas entre hombres y mujeres, se dan ciertas diferencias conductuales coherentes. Se trata de un campo de investigación polémico y cargado de matices políticos, pero un amplio número de estudios llevados a cabo por diferentes grupos en todo el mundo parecen apuntar a un conjunto coherente de conclusiones. Por término medio, las mujeres obtienen mejores resultados que los hombres en ciertas tareas en las que interviene el lenguaje, como, por ejemplo, generar de forma rápida palabras de una misma categoría. Esta «fluidez verbal», tal como denominamos a esta capacidad, ha sido observada y estudiada en diferentes culturas del mundo. Las mujeres, además, puntúan mucho mejor que los hombres en pruebas de inteligencia social, empatía y coopera-

* El haz de fibras de la pared anterior del prosencéfalo que conecta el bulbo olfatorio

ción. Por término medio, son mejores al realizar tareas que comportan generar ideas originales o novedosas, y sobresalen cuando se trata de emparejar cosas —dada su mayor facilidad para descubrir cuándo dos elementos se parecen— y en el cálculo aritmético. Los hombres, en cambio, suelen puntuar mejor que las mujeres en pruebas en las que se trata de medir el razonamiento matemático, sobre todo en aquellas que utilizan problemas expresados en palabras o la geometría. Destacan también en ciertas tareas espaciales como dar la vuelta mentalmente a los objetos tridimensionales y distinguir las figuras de sus fondos. La conclusión general que cabe sacar de estas diferencias es que, por término medio, las mujeres y los hombres tienden a tener estilos cognitivos diferentes. Dado que estas diferencias se aprecian en medianas estadísticas de grandes muestras de población, los hombres y mujeres como individuos tienen en realidad habilidades en toda esta gama de resultados para todos estos rasgos. Las pruebas orientadas a medir la inteligencia general no han dado diferencias significativas entre amplias muestras de población masculina y femenina.

Tenemos ciertas pruebas de la existencia de diferencias en la estructura del cerebro masculino y femenino, así como de la presencia de ciertas diferencias en la función mental de los varones y las mujeres. Una cuestión decisiva consiste en saber en qué medida estas diferencias anatómicas y conductuales vienen determinadas de forma genética o sociocultural, es decir, la antigua y polémica cuestión de si las diferencias son debidas a la naturaleza o a la cultura. El hecho de que podamos apreciar diferencias anatómicas entre los cerebros de una mujer adulta y un hombre adulto no prueba de por sí que estas diferencias tengan un origen genético. Recordemos que, como vimos en el capítulo tercero, la experiencia puede moldear las conexiones neuronales y la estructura fina a medida que determinados patrones de actividad eléctrica dan lugar a la expresión de ciertos genes. Tal vez la manera en que se educa a una niña típica sea la causa de que desarrolle un conjunto algo más grande de conexiones axonales entre los hemisferios izquierdo y derecho del encéfalo (el cuerpo calloso y la comisura anterior) y que el modo en que se cría a un muchacho típico sea la causa de la expansión de la región del hipotálamo denominada INAH3.

En el momento presente, si bien parece razonable imaginar que los factores socioculturales podrían afectar a las diferencias sexuales en la

estas ideas. No obstante, ciertas líneas de indicios abogan por una explicación basada en la genética. Un número creciente de pruebas, por ejemplo, apuntan a que en la vida cotidiana se pueden apreciar las diferencias de género en el comportamiento y entre diversas especies. Las niñas recién nacidas pasan por término medio más tiempo prestando atención a ciertos estímulos sociales, como son las voces y los rostros, mientras que los varones neonatos muestran una mayor fascinación por los estímulos espaciales, como los móviles. Los monos y las ratas machos jóvenes tienden a dedicarse más a los juegos bruscos que las hembras.

Estudios correlativos realizados con niñas y niños han demostrado que los niveles de testosterona prenatal predicen los resultados que obtendrán en tareas espaciales cuando llegue el momento de medirla. Si bien la testosterona se considera la «hormona masculina» y la producen los testículos, también la secretan las glándulas suprarrenales y por tanto se halla también presente en el cuerpo de la mujer, aunque en cantidades menores. En un informe reciente, Simon Baron-Cohen y sus colegas de la Universidad de Cambridge hallaron que los niños expuestos a niveles altos de testosterona en el útero tenían menos probabilidades de mirar directamente a los ojos a los doce meses de edad y habían desarrollado menos las capacidades lingüísticas a los dieciocho meses. En resumidas cuentas, la exposición a la testosterona conduce, según parece, a un estilo cognitivo conductual más característico de los varones, aun en el caso de que se mida en una época bastante temprana de la vida.

Ejemplos extremos de esta idea se pueden encontrar en aquellos casos en que las hormonas sexuales se hallan sujetas a manipulaciones poco corrientes. Las niñas que padecen hiperplasia adrenal congénita —una hinchazón de las glándulas suprarrenales— o aquellas cuyas madres fueron tratadas durante el embarazo con esteroides como el dietilstilbestrol (DES) se hallan expuestas a niveles de testosterona superiores a lo normal desde que se encontraban en el útero. De media, estas niñas tienden a rendir en algunas pruebas cognitivas como lo hacen los niños varones (es decir, son mejores en el razonamiento mental y en las tareas espaciales). Mientras son pequeñas tienen también un comportamiento similar al de los niños varones: son niñas que muestran una propensión al juego agresivo y tienen más interés en los juguetes *objetales* (camiones) que en juguetes

un resultado análogo, el rendimiento alcanzado por un grupo de ratas hembras puestas en un laberinto espacial aumentaba hasta alcanzar niveles propios de ratas macho cuando las hembras eran tratadas con testosterona durante un breve espacio de tiempo después de nacer.

La conclusión opuesta se alcanza en el caso de una enfermedad denominada «síndrome de insensibilidad a los andrógenos», en la que los varones desarrollan testículos normales que secretan niveles característicos de testosterona, pero una mutación en el receptor de la testosterona (una «hormona masculina» o andrógena) hace que las células sean incapaces de responder a estos compuestos y por tanto el cuerpo (y el cerebro) se desarrollan como si fueran femeninos. Cuando Julianne Imperato-McGinley y sus colaboradores en la Cornell Medical School estudiaron la capacidad visoespacial en este tipo de poblaciones, hallaron que no sólo obtenían resultados muy por debajo del promedio masculino, sino que lo hacían significativamente peor que la media femenina. Es de suponer que esto refleje el hecho de que los varones con síndrome de insensibilidad a los andrógenos no reciben ninguno de los efectos que causan los andrógenos durante su desarrollo y en las primeras etapas de la vida, en tanto que las mujeres normales sí tienen una exposición, aunque sea de bajo nivel, a los efectos de los andrógenos a partir de la testosterona que secretan sus glándulas suprarrenales. Los resultados son similares a los observados en ratas macho castradas al nacer, que en un experimento de laberinto espacial mostraban, asimismo, un rendimiento muy inferior al de las hembras.

Algunas diferencias en el estilo cognitivo basadas en el sexo pueden atribuirse a diferencias en la estructura del cerebro. Melissa Hines y sus colaboradores, por entonces en UCLA, descubrieron que, en una población de mujeres normales, aquellas que tenían un cuerpo caloso más grande y, en particular, una subregión del cuerpo caloso denominada esplenio, obtenían mejor rendimiento en las pruebas de fluidez verbal. Especularon con la hipótesis de que un esplenio mayor permite un mayor flujo de información entre los centros del lenguaje en el cerebro derecho e izquierdo.

Cuando el 14 de enero de 2005, Larry Summers, rector de la Universidad de Harvard, declaró que el cerebro masculino es más lógico que el femenino, se desencadenó una tormenta de opiniones. Muchos de los miembros del Comité Nacional de la

tigación Económica sobre el tema «La diversificación del personal dedicado a la ciencia y la ingeniería», la cuestión de las diferencias de origen sexual en la función cerebral y la cognición entró a formar parte de la conciencia pública del país. En aquella alocución, el rector propuso que la subrepresentación extrema de las mujeres en los niveles más altos de la ciencia y la ingeniería se podría explicar en parte a través de diferencias genéticas que subyacen al funcionamiento de los cerebros masculino y femenino, algo que el rector de Harvard denominó «diferente disponibilidad de aptitudes en el extremo superior», y propuso que si se evaluaba más o menos el 2 por ciento de aquellos que han obtenido las puntuaciones más altas en las pruebas convencionales de matemáticas o de ciencias, habría cinco veces más hombres que mujeres. Además, el rector sugirió que esta diferencia en el *pool* de la élite explica, en parte, el hecho de que las mujeres estén subrepresentadas en el mundo de la ciencia y la ingeniería, sobre todo en las universidades de alto nivel. Estos comentarios desataron una tormenta de indignación crítica y contraataques que continuaron incluso meses después de que presentara la dimisión del cargo.

Pero evaluemos la hipótesis de Summers a la luz del trabajo de investigación que acabo de mencionar sobre las diferencias de origen sexual en la estructura cerebral y en el estilo cognitivo. Hay razones para creer en la premisa que aducía como fundamental: se pueden idear pruebas cognitivas que evalúan la existencia de diferencias entre hombres y mujeres tanto en la puntuación media como en la variación de las puntuaciones (la variación mayor influirá en el 2 por ciento que mejor puntuación obtiene). Pero, y ésta es la cuestión decisiva, ¿estas pruebas predicen el éxito en los campos de la ciencia y la ingeniería o en sus respectivos niveles más altos? Si bien no disponemos de datos para pronunciarnos sobre este punto, basándome en mi experiencia en el ámbito de la ciencia, me atrevería a decir que no. He tenido el placer de relacionarme con muchos de los científicos más prestigiosos del mundo durante muchos años (si bien es cierto que en su mayoría son biólogos), y una cosa me ha quedado clara: no hay una sola estrategia cognitiva que sea subyacente al éxito en los niveles más altos de la ciencia. Algunos de los científicos de más alto nivel del mundo piensan en términos de ecuaciones; otros, verbalmente; otros, de manera espacial. Algunos confían en seguir paso a paso la deducción y la lógica

intuición que les hace volver atrás y verificarlo *post hoc* a fin de ver si es o no válido. Einstein, según todo el mundo dice, fue una medianía como matemático, pero eso no le impidió hacer aportaciones a la física matemática que contribuyeron a cambiar el paradigma científico de la época.

Para que la hipótesis de Summers fuera cierta, las diferencias cognitivas que se miden a través de pruebas convencionales deberían predecir de forma cierta el éxito científico de alto nivel. Además, si aquella hipótesis fuera cierta, un grupo decreciente de mujeres de la élite sería un factor limitativo en el desarrollo de científicos de élite. En este punto, mi experiencia personal también me hace ser escéptico. Entre 1995 y 2006, ejercí la dirección de la Secretaría de Admisiones y luego fui nombrado director del Programa de Posgrado de Neurociencias de la Johns Hopkins School of Medicine. Se trata de uno de los programas de formación más importantes del mundo y atrae a los estudiantes de más talento. Durante este período, se matriculó un número similar de mujeres y hombres. Y un número también similar de hombres y mujeres completaron el programa, y quienes lo hicieron mostraban tener una productividad pareja (medida, por ejemplo, por el número de artículos publicados en las revistas más prestigiosas). Pero a medida que estos estudiantes avanzaban en sus carreras, las mujeres empezaron a abandonar. Un número menor obtuvieron becas de investigación postdoctorales. Y muy pocas de las que las obtuvieron, cuando terminaron sus becas, se presentaron a los procesos de selección de profesorado en las universidades de élite, y, de aquellas que se presentaron, muy pocas obtuvieron éxito y consiguieron los cargos más altos. Este hecho se refleja en la composición de mi propio departamento en la universidad, donde sólo tres de los veinticuatro profesores son mujeres. Al menos en lo que al campo de la neurociencia respecta, dudo mucho de la validez de la hipótesis de Summers: hay muchas mujeres con una aptitud científica muy alta, pero la canalización pierde una barbaridad debido a una diversidad de razones, entre ellas. Algunas de estas razones son los factores sociales y entre ellos un entorno hostil, políticas de promoción y ocupación carentes de flexibilidad (que, por ejemplo, no tienen en cuenta los años que una mujer dedica a criar a sus hijos) y, en ciertos casos, una flagrante discriminación.

El episodio Summers ha sido lesivo para la ciencia por dos razones al

modo podrían haber contemplado la posibilidad de cursar una carrera científica o de ingeniería lo reconsideraron a la luz de sus observaciones, ya fuera porque aceptaban la hipótesis del rector o porque interpretaron aquellas observaciones como una prueba de que en el mundo académico había un entorno hostil a las mujeres que se dedicaban a la ciencia. En segundo lugar, entre las reacciones críticas más violentas contra Summers, se contaban declaraciones que indicaban que no debería permitirse ni tan sólo considerar la cuestión de la existencia de diferencias de origen sexual en el funcionamiento cerebral o en el estilo cognitivo. No resulta difícil saber de dónde provenían estas ideas «políticamente correctas». Y si bien es lógico desconfiar de una obra que podría ser utilizada para justificar el statu quo —en este caso, el de la ciencia sujeta al machismo masculino—, esta posición, sin embargo, en lo fundamental era deshonesta en términos intelectuales. En un cierto nivel, genes y factores epigenéticos, entre ellos los vinculados al sexo, influyen en el estilo cognitivo de las poblaciones masculina y femenina. Pretender que no es así no hace avanzar la causa de los derechos de las mujeres (ni la de ningún otro grupo oprimido). Los científicos deberían ser capaces de propugnar un empresa científica diversa, que no excluyera a las mujeres, que estuviera basada en el mérito y que fuera inclusiva y diversa, sin por ello negar el número cada vez mayor de evidencias que atestiguan la existencia de diferencias de origen sexual en el funcionamiento cerebral y en el estilo cognitivo.

Basta por el momento de cerebros masculinos y femeninos. Hablemos de amor y sexo. La banda de *art-rock* de la década de 1970 Roxy Music lo resumió en la canción: «Love is the drug, got a hook in me».* ¿Cuál es la base neurobiológica para ello? El amor, o al menos el sexo, ¿es realmente como una droga? Como es lógico, sabemos más acerca de cómo interviene el cerebro en los actos sexuales de lo que sabemos acerca del papel que tiene en el amor y la atracción.

Andreas Bartels y Semir Zeki, del University College de Londres, han adoptado un interesante punto de vista a fin de hallar correlatos neuronales del amor romántico. Buscaron sujetos masculinos y femeninos con

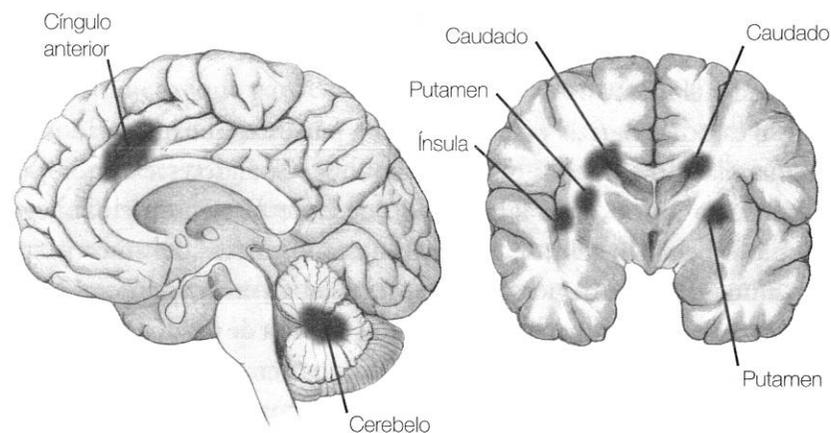


FIGURA 6.2. Activación cerebral específica producida mientras se contemplaban las fotos del rostro del amante. Izquierda: imagen generada por ordenador del corte vertical del cerebro por la línea media del encéfalo con la nariz orientada a la izquierda. A la derecha: una imagen diferente, transversal, tomada a la altura de delante de los oídos. Las manchas negras en una y otra imagen indican las regiones en las que se registra la activación neuronal. Dibujo adaptado a partir de A. Bartels y S. Zeki, «The neural basis of romantic love», *NeuroReport*, n.º 11, 2000, págs. 3829-3834. Ilustración de Joan M. K. Tycko.

veinte años de edad que afirmaran estar «verdadera, perdida y locamente enamorados» y escanearon sus cerebros mientras los sujetos miraban las fotografías de sus amantes. Entonces realizaron un experimento similar utilizando fotografías de amistades hacia las que no tuvieron sentimientos de amor o atracción sexual tan fuertes, emparejándolos por edad, sexo y duración de la amistad, con la idea de que si se restaba a los primeros los segundos sería posible poner de manifiesto los lugares de activación cerebral que eran específicos del amor romántico, en contraposición a la activación cerebral producida por la visión o el reconocimiento del rostro. Con esta premisa, hallaron que había un incremento de actividad en varios sitios distintos, entre ellos la ínsula y la corteza anterior del cíngulo (áreas conocidas por la importancia que tienen en el procesamiento de los estímulos emocionales) cuando los sujetos del experimento estaban viendo el rostro del amado y, sorprendentemente, en dos regiones que se conocen sobre todo por su participación en la coordinación de las sensaciones y del movimiento, el caudado-putamen y el cerebelo (fig. 6.2). También

sujeto veía el rostro del amante y entre ellas se contaban varias regiones de la corteza cerebral, así como la amígdala (un centro de las emociones, la agresividad y el miedo).

En su estudio, Bartels y Zeki utilizaron personas que hubieran mantenido una relación al menos durante dos años. Cuando este estudio se repitió con otro grupo, bajo la dirección de Lucy Brown en el College of Medicine Albert Einstein, seleccionaron como sujetos del nuevo experimento a una muestra de personas que se hallaban en las primeras fases de sus relaciones amorosas, con una duración que iba de los dos a los diecisiete meses. Esta población presentó en términos generales el mismo patrón de activación que había caracterizado a los sujetos con relaciones más largas, aunque había una diferencia sistemática: los sujetos que hacía poco que habían empezado su relación mostraban también una fuerte activación neuronal en el área tegmental ventral. Se trata de un resultado que reviste especial interés, porque el área tegmental ventral es un centro de gratificación del cerebro responsable de sensaciones intensamente placenteras. Se trata de una de las regiones clave que se activan con el consumo de cocaína o de heroína. Como los consumidores de heroína o cocaína, los nuevos amantes muestran con frecuencia una facultad muy escasa de juicio, sobre todo en lo que respecta al sujeto de sus sentimientos y afectos. De este modo, los muchachos de Roxy Music puede que al menos en parte estuvieran en lo cierto. El amor es una droga muy fuerte, pero sólo funciona durante un tiempo, entre unos pocos meses y un año, como si fuera crack. Luego los pétalos, por decirlo así, se desprenden de la rosa. De ahí la vieja broma.

Q.—¿Es cierto que te casaste con tu esposa por la manera en que te miraba?

A.—Ya te digo, pero no por las miradas que últimamente me echa.

¿Qué podemos sacar en claro de todo esto? Primero, una advertencia. Los estudios de este tipo son limitados en varios sentidos. Son correlacionales, de modo que en realidad no sabemos si alguno de estos cambios en la actividad del cerebro interviene de hecho cuando sentimos amor romántico. También resulta difícil llevar a cabo las investigaciones. En realidad, no sabemos cuál es el estado mental de cada sujeto cuando mira la

los resultados. Por ejemplo, ¿quienes diseñaron el experimento podían confiar en que los rostros de los amantes no eran simplemente más familiares a los sujetos que participaban que los rostros de sus amigos? Pero, si suponemos por un momento que el patrón de activación visible en este estudio de hecho refleja la actividad del cerebro mientras dura la sensación de amor romántico, entonces hay algo que resulta evidente, y es que no sólo interviene una región, cosa que por otra parte no tiene nada de extraño. Un hecho interesante es que los centros emocionales y de gratificación se activen. Pero lo que sorprende es la activación de centros relativos a la integración sensoriomotora (el caudado-putamen y el cerebelo), algo que podría arrojar nueva luz sobre la cuestión.

Ciertamente, si nos imaginamos un grupo de veintitantas personas que se quedan mirando fijamente fotografías de los seres que en verdad más aman, no es difícil suponer que se sentirán excitados sexualmente. ¿Qué resultados se obtienen si se comparan los patrones de activación neuronal obtenidos en el experimento en el que miraban el rostro del amante con los de una activación producida al ver imágenes con un contenido sexual explícito? Hay varios estudios con hombres y mujeres a los que se les escaneó el cerebro mientras miraban vídeos de terceras personas en plena actividad (hetero)sexual. En algunos de estos estudios se les pedía a los sujetos que puntuaran su nivel de excitación sexual en un cuestionario y, en otro estudio, desarrollado por Bruce Arnov y sus colaboradores en Stanford, los individuos de sexo masculino que participaban en la prueba medían su excitación mediante un sensor de aire para leer la presión (era como una mullida capucha ajustable que se colocaba en el pene con un condón). A fin de aislar la activación cerebral que era específica a la excitación sexual, los escáneres de estos individuos de sexo masculino fueron comparados con los escáneres hechos a los mismos sujetos mientras miraban un material neutro en términos sexuales como, por ejemplo, paisajes o fotografías de deporte. Los patrones de activación obtenidos a través del visionado de vídeos de contenido sexual (fig. 6.3) eran algo diferentes en los estudios llevados a cabo por los diversos laboratorios, pero, en general, mostraban una parcial coincidencia con las regiones del cerebro que se activan al mirar las fotografías de los propios amantes (fig. 6.2). En unas y otras pruebas se activaban el área anterior del cíngulo, la ínsula y

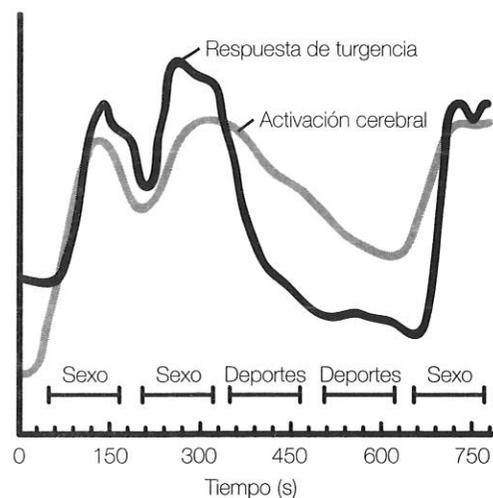


FIGURA 6.3. Medición simultánea de la erección del pene y actividad cerebral mientras el sujeto ve una proyección de vídeo en la que se alternan fragmentos de prácticas sexuales y deportivas. La actividad cerebral se registró en una región denominada «ínsula». Se puede apreciar cómo estas dos mediciones se correlacionan bastante bien. *Gráfico adaptado a partir de B. A. Arnow, J. E. Desmond, L. L. Banner, G. H. Glover, A. Solomon., M. L. Polan, T. F. Lue y S. W. Atlas, «Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males», Brain, n.º 125, 2002, págs. 1014-1023. Ilustración realizada por Joan M. K. Tycko.*

producían la activación de las áreas asociadas de la corteza occipital y temporal, así como algunas áreas de la corteza frontal que intervienen en la función ejecutiva y el juicio. Los vídeos de contenido sexual explícito no activaban, en cambio, el área de recompensa tegmental ventral. No deja de ser interesante señalar que Sherif Karama y sus colegas de la Universidad de Montreal en sus estudios, en los que utilizaron tanto a hombres como a mujeres, hallaron que sólo los hombres presentaban una activación significativa en el hipotálamo. Este resultado debería interpretarse, sin embargo, con extrema cautela, dado que podría reflejar una diferencia en la respuesta «aculturizada» masculina y femenina a los vídeos de contenido sexual explícito, y no una diferencia subyacente en el funcionamiento cerebral.

Si bien resulta difícil obtener, a partir de estos estudios en los que se explora con un escáner la actividad del cerebro humano, una buena comprensión ya sea del amor romántico, ya sea de las fases iniciales de la excitación sexual, los datos se clarifican algo más cuando empezamos a consi-

derar aspectos de los actos sexuales por sí mismos, sobre todo porque en este nivel se puede experimentar con animales: si bien no podemos preguntar a los animales cómo se sienten, sí podemos, en cambio, observarlos mientras realizan el acto sexual. Recordemos, no obstante, que a diferencia de los seres humanos, la mayoría de los animales, entre ellos las ratas y los monos, que son los pilares sobre los que se basa la investigación de laboratorio, sólo se emparejan durante la fase de ovulación de la hembra. Por tanto, la iniciación del comportamiento sexual se halla de forma característica bajo el control de los procesos hormonales del ciclo de ovulación de la hembra. Un mono hembra entra en celo en un proceso de dos fases, en el que tienen lugar descargas de estrógenos —hormonas producidas por los ovarios— y, luego, de progesterona. Este proceso es la causa de diferentes efectos que priman sobre el comportamiento sexual. Los estrógenos actúan durante más o menos un día como estimulantes del desarrollo de las conexiones sinápticas en una región del hipotálamo denominada «núcleo ventromedial». Recordemos que, tal como expusimos en el primer capítulo, este núcleo interviene también en el comportamiento alimenticio, y que probablemente el núcleo ventromedial tiene diferentes subdivisiones dedicadas al comportamiento sexual y al alimenticio. Los estrógenos son también responsables de que las neuronas en esta región expresen receptores para la progesterona (los estrógenos se unen a los promotores del gen receptor de la progesterona a fin de activar su transcripción). Entonces, poco después de que se produzca el repentino aumento de la progesterona, se une a los receptores de progesterona, y esto hace que la hembra salga en busca de los machos, les muestre los genitales y despliegue otros comportamientos de insinuación (como contonear las orejas en el caso de las ratas). El núcleo ventromedial de la hembra integra dos tipos de informaciones. Una es eléctrica, desencadenada por la estimulación sensorial proveniente de ver, oír y oler al macho («¡Ay va! ¡Pero qué guapo...!»). La otra es información hormonal que indica el estado en que se hallan los ovarios («¡... Y ahora soy fértil!»). Sólo cuando las dos señales están activas las cosas pasan a mayores. Los registros de la actividad neuronal procedente del núcleo ventromedial demuestran que las neuronas producen pulsos a un cierto ritmo tanto durante esta «fase de cortejo» como durante la posterior copulación. Las hembras cuyo núcleo ventromedial está dañado

funcionan con normalidad. A la inversa, la estimulación eléctrica artificial de este núcleo puede inducir o fortalecer el comportamiento de emparejamiento característico de la hembra.

Una de las funciones de los estrógenos, además, consiste en activar las células que revisten las paredes de la vagina para que produzcan sustancias que en última instancia dan lugar a un olor que a los machos les resulta atractivo. Estas moléculas odorantes no parecen ser secretadas de manera directa por las células de la vagina, sino más bien por bacterias que prosperan en un entorno con abundancia de estrógenos en el interior del moco vaginal. Estos olores son decisivos a la hora de desencadenar el interés sexual de los machos. El olor vaginal de una hembra mono en la fase posterior a la ovulación no sólo no atrae a los machos, sino que llega incluso a repelerlos. Si se unta con las segregaciones vaginales de una hembra de mono en celo (en la fase inmediata previa a la ovulación) la vagina de una hembra mono que no está en celo, el macho enloquecerá al oler el aroma atrayente y tratará de emparejarse.

Llegados a este punto, vale la pena mencionar el hecho de que si bien algunos temas generales de este circuito sexual puede que actúen también en las hembras humanas, las diferencias son asimismo importantes. Tal como hemos señalado con anterioridad, el olfato no parece ser clave en el comportamiento sexual de los seres humanos como lo es para otros muchos mamíferos. De forma análoga, las hormonas de los ovarios no ejercen tampoco un control tan estricto sobre la libido sexual de las mujeres. De hecho, las mujeres cuyos ovarios por razones médicas han sido extirpados tienen de forma característica una libido normal.

Los machos también tienen un centro en el hipotálamo que se encarga de desencadenar el comportamiento sexual, pero se halla en un área diferente, la región preóptica medial. Se trata de un grupo de núcleos en el interior del hipotálamo que incluye el anteriormente mencionado INAH3, el área que tiene una alta densidad de receptores de testosterona y que es de mayor tamaño en los machos. Al igual que el núcleo ventromedial de las hembras, la región preóptica medial integra tanto la estimulación sináptica de origen sensorial procedente de los centros superiores, entre ellos los centros emocionales, y la información hormonal. La diferencia consiste en que en este caso la hormona es la testosterona. Si se elimina la

que bloquean los receptores de testosterona—, entonces se bloqueará el aumento de las descargas de impulsos en las neuronas del área preóptica medial suscitado por los estímulos sexuales, como sería una hembra en celo. Estos tratamientos ocasionarán también que pierda las ganas de montar a las hembras, un comportamiento sexual característico del macho. La supresión completa de este comportamiento puede ser el resultado de una destrucción selectiva del área preóptica medial. No deja de ser curioso que esta destrucción no produzca una supresión completa del apetito sexual, sino que sólo bloquee aquel que era desencadenado por las hembras: los monos macho con lesiones en el área preóptica medial se masturban con fruición.

La estimulación eléctrica artificial del área preóptica medial de un mono macho hará que monte a una hembra cercana y que la cubra con ganas, aunque la copulación sólo continuará si la hembra está en celo. De lo contrario, el macho hará algunas penetraciones más con poco entusiasmo y se irá a campar a otra parte. Es importante tener en cuenta que el área preóptica medial, que es bastante pequeña, desencadena la erección del pene, el acto de montar a la hembra y la penetración, pero no es el centro de mando real para ninguna de estas acciones. Más bien, activa los centros del tronco del encéfalo que producen la erección y la corteza motora, así como los centros de coordinación motora que inician las acciones de cubrimiento y penetración.

Asimismo, el área preóptica medial no parece tener un papel importante para desencadenar la eyaculación. La estimulación artificial de esta región no dará lugar a la eyaculación y los registros de la actividad eléctrica no muestran una ráfaga de actividad correlacionada con la eyaculación, como cabría esperar si el área preóptica medial fuera el centro que desencadena esta función. De hecho, el área preóptica medial enmudece casi por completo en el momento de la eyaculación y permanece así durante unos minutos después de producirse la emisión de semen. Se ha sugerido que este hecho puede estar relacionado con un proceso subyacente al período refractario que sigue a la eyaculación masculina, en el que resulta difícil o imposible reemprender la actividad sexual.

Esto nos lleva al tema del orgasmo. El orgasmo, como fenómeno fisiológico, es notablemente similar en los hombres y las mujeres. En ambos

la presión sanguínea, contracciones musculares involuntarias y una sensación intensamente placentera. El orgasmo se acompaña de la contracción de dos músculos pélvicos, el bulbocavernoso y el isquiocavernoso, así como de los músculos de la pared de la uretra, que conducen a la eyacuación de semen en los hombres y, en algunos casos, también de fluidos glandulares en las mujeres (una encuesta reciente señalaba que el 40 por ciento de las mujeres habían eyaculado en algún momento).

En los últimos años se han realizado estudios en los que se han obtenido imágenes por escáner del cerebro masculino mientras tenía un orgasmo. Consideremos por un momento lo asexual que es este plan de experimentación. El sujeto tiene la cabeza inmovilizada por una cinta bien ceñida, y luego es deslizado al interior de un claustrofóbico tubo metálico de resonancia, como es el escáner, con sus partes nobles aún fuera de la máquina. Un catéter por vía intravenosa administra con cuentagotas el agua con el marcador radioactivo necesario para obtener imágenes mediante la tomografía por emisión de positrones. Al sujeto se le dan instrucciones para que cierre los ojos y se quede lo más quieto posible —a fin de evitar la activación de las partes visuales o motoras del cerebro— mientras su compañera femenina trata de conseguir que alcance el orgasmo con estimulación manual. Resulta sorprendente que alguien pueda tener un orgasmo en estas condiciones, y, sin embargo, en un estudio reciente realizado por Gert Holstege y sus colaboradores del Hospital Universitario de Groninga en los Países Bajos, ocho de cada once sujetos eran capaces de eyacular durante el experimento (y tres de ellos llegaron a hacerlo incluso dos veces).

Durante el orgasmo masculino se activaba un gran número de regiones cerebrales. Como era de esperar, los centros de gratificación del cerebro medio, entre ellos el área tegmental ventral, intervenían de forma muy intensa. En este sentido y en lo que a sus aspectos placenteros se refiere, un nuevo amor y el orgasmo son como la heroína y la cocaína, activaban un gran número de áreas discretas en la corteza, entre ellas lugares de los lóbulos parietal, frontal y temporal. Resulta sorprendente que estos emplazamientos de la activación cortical se hallen sólo en el lado derecho del cerebro. Por último, el cerebelo se activaba de forma intensa durante el orgasmo. No es un resultado del todo inesperado, dado que parte del tra-

los planes de acción motora y las reacciones que informan sobre el modo en que progresa. En este sentido, cabía esperar que los movimientos involuntarios que se producen durante el orgasmo dieran lugar a una fuerte activación del cerebelo. Si bien al cerrar la edición del presente volumen aún no se habían publicado estudios que mostraran la imagen por tomografía de emisión de positrones del cerebro durante el orgasmo femenino, los resultados preliminares presentados en congresos científicos indican que los patrones de activación cerebral en el orgasmo masculino y femenino son notablemente similares. La principal diferencia entre el cerebro de las mujeres y el de los hombres durante el orgasmo parece ser que las mujeres tienen una fuerte activación cerebral adicional en un área del cerebro medio denominada región gris periacueductal, una región abundante en neuronas portadoras de endorfinas que posiblemente confieren un aspecto adicional al placer sexual o a la sensación de saciedad que sienten las mujeres.

El orgasmo es un fenómeno complejo, con diferentes aspectos mediados por regiones diferentes del encéfalo. Se trata de un hecho que, en parte, han puesto de manifiesto los estudios centrados en la estimulación cerebral, en los que la activación eléctrica del septa —una parte del sistema límbico que se halla al servicio entre otras cosas de las emociones y la memoria— producía orgasmos en hombres sin que hubieran componentes agradables. De manera análoga, hay una serie de pacientes que padecen ataques convulsivos que afectan a los lóbulos temporales derechos —en los que radican partes del sistema límbico— que experimentaban orgasmos incontrolados con ausencia de placer suscitados por las propias convulsiones. Pero resulta importante señalar que no todos los orgasmos provocados por convulsiones son así; los hay que producen placer sexual: Yao-Chung Chuang y sus colaboradores del Chang Gung Memorial Hospital de Taiwán informaron del caso de una mujer de cuarenta y un años que padecía ataques convulsivos en el lóbulo temporal, acompañados de placenteros orgasmos unos segundos después de haber terminado de cepillarse los dientes (fig. 6.4). Este hecho confiere a la expresión «sexo oral» un significado por completo nuevo, ¿no? Resulta tentador especular que las convulsiones de esta mujer activaban los centros de gratificación del cerebro medio, entre ellos el área tegmental ventral, mientras que quienes experimentaban orgasmos suscitados por convulsiones sin placer no pre-

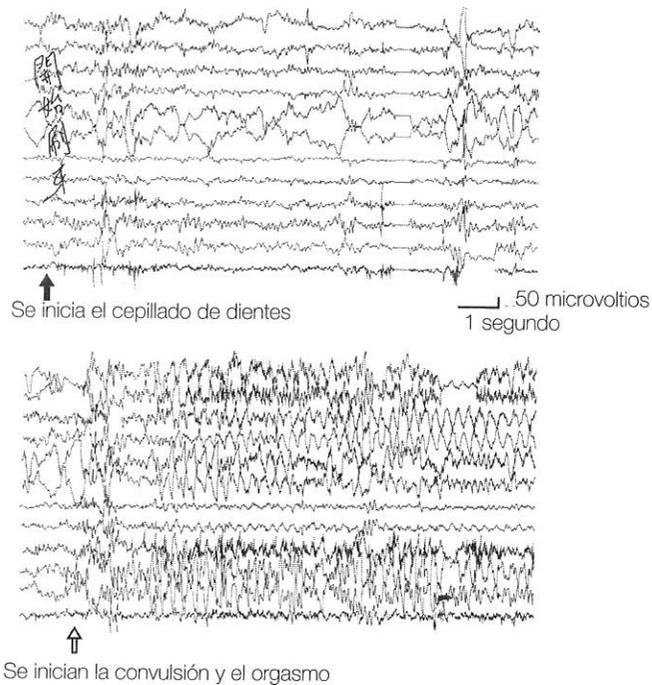


FIGURA 6.4. Convulsiones del lóbulo temporal suscitadas al cepillarse los dientes en una mujer de cuarenta y un años natural de Taiwán. Las convulsiones que muestra este electroencefalograma (EEG) iban acompañadas de orgasmos y placer. Reproducido con la autorización de Elsevier a partir de Y.-Ch. Chuang, T.-K. Lin, C.-C. Lui, S.-D. Chen y C.-S. Chang, «Tooth-brushing epilepsy con ictal orgasms», *Seizure*, n.º 13, 2004, págs. 179-182.

La observación de que es posible tener orgasmos sin placer recuerda un tema que ya hemos encontrado con anterioridad al hablar de los sistemas sensoriales, a saber, que regiones cerebrales independientes se hallan implicadas en los aspectos sensoriales puros de la experiencia y en los componentes emocionales (gratificadores aversivos). Normalmente, estas hebras o líneas de sensación se hallan bien entretrejidas y sólo podemos ver las partes componentes que subyacen al proceso cuando sucede algo fuera de lo común, como, por ejemplo, que se inicie el síndrome de Capgras o asimbolia dolorosa (capítulo cuatro) o aparezcan convulsiones orgásmicas sin placer.

Aparte del placer intenso e inmediato del orgasmo, se dan también las agradables y prolongadas sensaciones postorgásmicas. Este estado, que se considera esencial para la formación del vínculo de pareja, puede ser me-

na oxitocina a través de la glándula hipófisis, que es controlada por el hipotálamo. Los tratamientos que bloquean la liberación de oxitocina no impiden el orgasmo o las sensaciones placenteras inmediatamente posteriores, pero al parecer interfieren en aquel decisivo estado de relajación que sigue al coito. Vale la pena señalar que el sistema de liberación de la oxitocina parece intervenir en los aspectos más generales de la formación del vínculo de pareja y no sólo el que se produce en un contexto sexual. Las descargas de oxitocina se producen en el cerebro de la madre cuando da a luz y mientras le da el pecho al bebé, y es probable que sea un factor importante en el desarrollo del vínculo entre la madre y su hijo.

Tendemos a describir de manera abreviada los sentimientos sexuales y las motivaciones de los individuos. De forma característica decimos que alguien es homosexual, heterosexual o bisexual como una descripción de aquello que hemos dado en llamar la orientación sexual. Y, a decir verdad, sin embargo, es un tipo de medida muy tosco. En los seres humanos, la sexualidad ha sido considerablemente embellecida más allá del comportamiento instintivo. Cada uno de nosotros lleva en su mente una especie de plantilla de lo que es un encuentro sexual o del ideal romántico, que incorpora muchos elementos únicos y detalles. En el interior de cada una de estas categorías hay una amplia variación. En la comunidad homosexual, por ejemplo, uno se encuentra con hombres gais y mujeres lesbianas con todo tipo de identidades sexuales. Las lesbianas cubren todo el espectro, que va desde la «marimacho» a la «mujer sofisticada», al tiempo que muchas de ellas tienen sentimientos sexuales y de identidad sexual que no son fácilmente clasificables según estos parámetros. El dramaturgo y actor Harvey Fierstein se describió a sí mismo afirmando que era tan homosexual «como una piñata de cuero rosa». Lo dijo para hacernos reír, pero ¿qué significa? ¿Un homosexual varón? ¿Un homosexual afeminado? ¿Ni una cosa ni la otra? Las personas convencionales que tienen relaciones heterosexuales son de una manera similar diversas e interpretan una multiplicidad de personajes y papeles sexuales.

La sutileza de la identidad sexual del ser humano hace que sea difícil de analizar. No obstante, en el interior de estas someras categorías parece

to de los hombres y el 2 por ciento de las mujeres son de manera coherente homosexuales, en torno al 1 por ciento de los hombres y el 2 por ciento de las mujeres son bisexuales, y el resto son heterosexuales. Estas cifras y porcentajes se basan en sondeos y estadísticas, y si bien no siempre resulta sencillo conseguir respuestas veraces sin incurrir en desviaciones de la muestra, estos datos son estimaciones generales razonables, confirmados en múltiples estudios realizados aplicando controles minuciosos. Las cifras reflejan un comportamiento coherente, no la «experimentación»: el número de personas que alguna vez han tenido una experiencia homosexual que los haya llevado al orgasmo es mucho mayor (en torno a un 25 por ciento en el caso de los hombres y el 15 por ciento en el de las mujeres).

Los determinantes biológicos de la orientación sexual han sido el tema de un debate enconado y políticamente cargado que se ha intensificado en los últimos años a medida que se han publicado más artículos y estudios científicos que abordaban esta cuestión. Muchas personas creyentes de orientación conservadora y algunas otras situadas en el extremo de la derecha política apoyan sin reticencias la interpretación que hace de la homosexualidad una elección pecaminosa realizada por propia voluntad. Y por ello, se han sentido justificados a la hora de atacar cualquier investigación que sugiera que la orientación sexual tiene un componente biológico, sea éste de orden genético o epigenético, guiado por señales biológicas que no están determinadas genéticamente como, por ejemplo, los niveles de hormonas en el feto. Los activistas del movimiento homosexual y buena parte de la izquierda política piden que se promuevan tanto la aceptación social como los derechos civiles de los homosexuales. En consecuencia, a muchos en este bando les gustaría creer que la orientación sexual es como el color de los ojos, un rasgo con el que se nace y no una opción que se elige. Además de ofrecer esta cara, esta posición, sin embargo, deja traslucir también otra, más propia del miedo. Si la orientación sexual se halla por completo determinada genéticamente, entonces es preciso preocuparse de que en un futuro los seres humanos no utilicemos las pruebas genéticas para discriminar a los homosexuales o lleguemos incluso a ordenar el aborto de los fetos homosexuales.

Tratemos de ser todo lo objetivos que nos sea posible al examinar las

lidad del debate entre naturaleza y cultura, cabe siempre adoptar posiciones extremas, pero no es inevitable hacerlo. Recordemos lo que debatimos en el capítulo tercero acerca de las bases biológicas de la inteligencia general, otro rasgo humano polémico y complejo que resulta difícil de medir. En aquel caso parecía probable que un 50 por ciento de la inteligencia general fuera heredable. Es posible que, con el tiempo, una respuesta análoga surja en lo relativo a la orientación sexual.

Así, ¿la orientación sexual tiene una componente heredable? Desde un punto de vista estadístico, el hecho de tener un hermano homosexual aumenta de manera drástica la probabilidad de ser homosexual. Al parecer, en torno a un 15 por ciento de las hermanas de mujeres lesbianas son también lesbianas (comparadas con el 2 por ciento de la población general), y el 25 por ciento de los hermanos de hombres gays son también homosexuales (comparados con el 4 por ciento de la población general). Resulta interesante señalar que el hecho de tener un hermano gay no hace aumentar las probabilidades de que una mujer sea lesbiana ni viceversa. Ahora bien, sin duda, los estudios que han dado lugar a estos resultados no hablan directamente de que la orientación sexual sea heredable, dado que los hermanos también comparten una educación y un entorno similares. Pruebas más convincentes son las que aportan estudios llevados a cabo con gemelos monocigóticos (idénticos) y dicigóticos (fraternales). Al parecer, en el caso de los hombres, tener un hermano gemelo monocigótico homosexual hace que aumente en torno a un 30 por ciento la probabilidad de ser homosexual (una probabilidad similar a la que hay de serlo cuando se tiene un hermano homosexual no gemelo). Un estudio similar realizado con mujeres demostró que el hecho de tener una hermana gemela monocigótica lesbiana confiere un 40 por ciento de probabilidades de que sea también lesbiana, en tanto que con una gemela dicigótica lesbiana ese porcentaje se reducía al 16 por ciento (de nuevo, un valor similar al que se obtenía en el caso de tener una hermana no gemela lesbiana).

De estos estudios cabe sacar una conclusión clara: en un significativo número de casos, las parejas de gemelos monocigóticos son discordantes (uno es homosexual, el otro heterosexual), lo cual indica que la orientación sexual —a diferencia del color de los ojos— no se hereda al ciento por ciento. Dicho esto, los estudios sugieren que una parte de la orientación

las limitaciones que afectan a los estudios de gemelos que se han criado juntos: si los gemelos monocigóticos son criados de una forma más similar que los gemelos dicigóticos, esto podría contribuir a fomentar una mayor incidencia de la homosexualidad entre los primeros. Un mejor estudio, sin duda, analizaría el caso de gemelos que han sido criados por separado (en el momento de cerrar la edición de este volumen se están llevando a cabo trabajos en este sentido).

Dos líneas de pruebas sugieren que la homosexualidad masculina se halla en parte vinculada a la función del cromosoma sexual X, que los varones heredan de sus madres. Un reducido número de hombres tienen un cromosoma X adicional, que les confiere el genotipo XXY, en lugar del más corriente XY. Este hecho recibe el nombre de síndrome de Klinefelter y lleva asociada una serie de rasgos, entre ellos niveles de testosterona reducidos y viabilidad espermática reducida. Un estudio mostró que en este tipo de hombres se daba una incidencia de la homosexualidad (en torno al 60 por ciento) mayor que entre la población general. Una línea de trabajo complementaria ha demostrado que entre hombres homosexuales genéticamente normales se hallaban índices significativamente mayores de orientación hacia el mismo sexo en los tíos maternos y los primos masculinos de estos sujetos, aunque no así en sus padres o parientes paternos. Esto es coherente con la idea de una transmisión materna a través del cromosoma X.

Considerados en su conjunto, estos estudios indican una fuerte influencia genética, aunque no definitiva, en la orientación sexual tanto en hombres como en mujeres, si bien algo menor en el caso de las mujeres. ¿Qué gen o genes es probable que intervengan? Llegados a este punto, conviene exponer de forma breve algunas cuestiones genéticas relacionadas con el comportamiento humano. Los rasgos de comportamiento humano complejo —como la inteligencia general, la timidez y la orientación sexual— pueden tener un grado significativo de componente hereditario. Sin embargo, estos rasgos no pueden atribuirse de forma característica a la variación de un único gen, son más bien poligénicos: la variación en múltiples genes es la responsable del componente heredable del rasgo. Como ejemplo teórico para ilustrar lo que acabamos de decir, podríamos imaginar que el hecho de tener una corteza cerebral compuesta por un gran

pulsos, fomenta la inteligencia general. De este modo, sería posible desarrollar una inteligencia general más alta por medio de formas particulares de genes que hacen aumentar el número total de neuronas en la corteza cerebral, otros genes que fomentan el crecimiento y la ramificación de las dendritas o de los axones, y otros genes que expresan canales iónicos que subyacen a modos particulares de descarga de pulsos. Dada la amplia activación de regiones cerebrales que intervienen en el comportamiento amoroso y sexual, como hemos podido apreciar en los estudios que se han realizado empleando las nuevas técnicas de obtención de imágenes, podemos suponer que probablemente la orientación sexual debe tener también componentes poligénicos heredables.

El peso de la herencia materna en la homosexualidad masculina hace que sea razonable buscar en el cromosoma X uno o más genes que podrían influir en ella. Dean Hamer y sus colegas de los Institutos Nacionales de Salud examinaron el ADN de un grupo de gays y lesbianas que por lo menos tenían un hermano homosexual del mismo sexo, así como el de un grupo de control formado por hombres y mujeres heterosexuales. Lo hicieron analizando tramos de ADN en posiciones espaciadas de forma aproximadamente regular por todo el cromosoma X. Hallaron que una región particular de este cromosoma, la denominada Xq28, tenía una tendencia significativa a diferir entre los hombres heterosexuales y los homosexuales, pero no así en las lesbianas comparadas con las mujeres heterosexuales. Este hallazgo no apunta con exactitud a un gen en particular, más bien señala la probabilidad de que uno o más genes en esta región cromosómica puedan variar de un modo que contribuye a que se dé la homosexualidad masculina. En fecha más reciente, este tipo de exploración genética fue realizada en el ADN de hombres homosexuales, pero, en lugar de buscar sólo en los cromosomas X, quienes idearon el experimento analizaron los marcadores diseminados por todo el genoma (el conjunto de los veintitrés cromosomas). Se hallaron varios «lugares de enlace» en los cromosomas 7, 8 y 10. Es importante señalar que en el momento de cerrar la edición de este libro ningún grupo había publicado un artículo científico en el que se hubieran repetido los estudios de enlaces realizados por el laboratorio de Hamer, un hecho que hubiera contribuido en gran medida a validar esta noción de *loci* genéticos particulares que influyen en la homo-

La variación genética puede que no permita dar cuenta de todo el componente biológico de la orientación sexual. También cabe que los factores epigenéticos del desarrollo contribuyan. Entre estos factores se incluirían los efectos del estrés materno o del estado del sistema inmunológico durante el embarazo, así como los efectos hormonales derivados de la presencia de hermanos en el útero. Este último factor parece revestir importancia en las ratas: los cachorros hembra que se hallan al lado de hermanos varones en la matriz a veces se masculinizan, desde un punto de vista tanto físico como conductual, en parte como resultado de los niveles de testosterona que circulan a partir de sus hermanos en el útero. Si bien éste puede ser un factor que tener en cuenta también en los embarazos múltiples humanos, probablemente su efecto sea menos drástico, dado que la circulación de la sangre materna a los fetos está más separada en el caso de los seres humanos, en tanto que en las ratas se organiza en serie, de modo que un cachorro en particular se halla «más abajo» que otro.

¿De qué modo los factores de desarrollo genéticos o epigenéticos llegan a influir en la orientación sexual? La hipótesis básica es que los hombres homosexuales tienen cerebros cuya estructura y función son, en algunos aspectos, semejantes a los de las mujeres heterosexuales; y, a la inversa, las mujeres lesbianas tienen cerebros que son, en algunos aspectos, similares a los de los hombres heterosexuales. De este modo, una prueba evidente de esta hipótesis es examinar aquellas regiones que previamente sabemos que son diferentes en términos estructurales en los cerebros de los hombres y de las mujeres heterosexuales. Y esto fue precisamente lo que hizo Simon LeVay, del Salk Institute. Midió el volumen del núcleo hipotalámico INAH3 en muestras de tejidos post mórtem procedentes hombres hetero y homosexuales así como de mujeres heterosexuales. El conjunto de la muestra de hombres homosexuales estaba formada por varones que habían muerto de sida, y la muestra de heterosexuales estaba formada por algunos varones y mujeres que habían muerto también por otras causas. Reproduciendo trabajos anteriores de otro laboratorio, LeVay halló que el volumen del INAH3 era entre dos y tres veces mayor en el caso de los hombres heterosexuales que en el de las mujeres heterosexuales. El hallazgo realmente interesante fue que el volumen medio del INAH3 en los varones homosexuales era similar al de las mujeres heterosexuales, es decir, entre dos y

se apreciaban en los núcleos hipotalámicos contiguos, que no son dimórficos desde un punto de vista sexual en personas heterosexuales, como, por ejemplo, el INAH1, 2 y 4.

¿Es posible que el INAH3 fuera más pequeño en la muestra de los varones homosexuales debido al sida, enfermedad que sabemos que afecta a las células del cerebro? Es algo poco probable, dado que el volumen medio del INAH3 de los hombres heterosexuales infectados por sida era también significativamente mayor que en la muestra de varones homosexuales. Además, después de su publicación inicial en 1991, LeVay estuvo en condiciones de analizar cerebros de varones homosexuales que habían fallecido por otras causas que no eran el sida, y halló las mismas diferencias que en el grupo que había analizado con anterioridad.

Otro estudio examinó la comisura anterior que, como recordaremos, es mayor en las mujeres que en los hombres heterosexuales. Laura Allen y Roger Gorski, en UCLA, midieron el área transversal de este fajo de axones que conectan los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro. Para ello se trabajó con cerebros post mórtem pertenecientes a varones homosexuales y a hombres y mujeres heterosexuales. El resultado de aquel estudio fue que los varones homosexuales tenían comisuras anteriores mayores, por término medio, que las de los hombres heterosexuales e incluso ligeramente mayores que las de las mujeres heterosexuales.

Los resultados anatómicos obtenidos examinando el INAH3 y la comisura anterior despertaron un gran interés, en parte desmedido. Revistas y periódicos de todo el mundo se apresuraron a afirmar que estos datos demostraban que la «homosexualidad era genética» o que «las personas homosexuales habían nacido así». A todas luces, un estudio correlacional de adultos no constituye una prueba en la que sustentar este tipo de afirmaciones. Si bien estos estudios son coherentes con la noción de que la orientación sexual se halla, al menos en parte, determinada genéticamente, todavía no sabemos la respuesta a la pregunta decisiva, a saber, cómo son los cerebros de personas homosexuales cuando nacen o poco después de venir al mundo, antes de que los factores socioculturales tengan ocasión de ejercer una mayor influencia.

Si las personas homosexuales en realidad «han nacido así», entonces cabría esperar que la masculinización del cerebro femenino y la feminiza-

fisiología no sexuales, a partir de las primeras etapas de la vida. Un modo de evaluar esta idea consiste en entrevistar a personas y a sus familiares y amigos preguntándoles por los recuerdos de su infancia, a fin de ver si entre la población homosexual surgen temas concretos. Esta estrategia, sin embargo, está erizada de problemas, porque se basa en los recuerdos de las personas y resulta muy difícil excluir los sesgos y desviaciones en la muestra. Sin embargo, no deja de ser interesante que los varones homosexuales considerados como población tiendan a tener numerosos recuerdos de comportamiento afeminado en la primera infancia. De hecho, un estudio realizado por James Weinrich y sus colaboradores de la Universidad de California en San Diego mostraron cómo los recuerdos más intensos de comportamiento infantil afeminado se daban en aquella parte de la población masculina homosexual que había adoptado el papel femenino más típico en la vida adulta (y preferían, por ejemplo, el papel receptivo cuando tenían relaciones sexuales anales). Esto amplía lo que antes ya habíamos señalado: a saber, que heterosexual, homosexual y bisexual son categorías toscas, y que su utilización en los estudios genéticos, anatómicos y conductuales puede llevar a que algunos de los hallazgos más interesantes queden ocultos. Se podría imaginar, por ejemplo, que los varones homosexuales «machos» tuvieran un INAH3 mayor y una comisura anterior menor que los homosexuales afeminados o que las lesbianas «mujeres» tuvieran un INAH3 menor y una comisura anterior mayor que las lesbianas «hombrunas». Si bien estas categorías del comportamiento homosexual son, sin lugar a dudas, bastante rudimentarias, creo, no obstante, que sirven para señalar que las diferencias ponderadas en determinadas estructuras cerebrales puede que se manifiesten en parte como diferencias sutiles en la orientación sexual.

Un método mucho más convincente que la entrevista retrospectiva es el estudio prospectivo, como el que llevó a cabo Richard Green, del Imperial College School of Medicine. En primer lugar, identificó a un grupo de niños en edad preescolar con comportamientos afeminados. Luego hizo el seguimiento de este grupo de niños a lo largo de su desarrollo y halló que más del 60 por ciento de los casos se convertían en adultos homosexuales o bisexuales. Se trata de una estadística destacable si se considera que los hombres homosexuales sumados a los que son bisexuales constituyen sólo

Otra predicción basada en una hipótesis que apuesta por el origen biológico de la orientación sexual es que las manipulaciones que feminizan los cerebros masculinos o masculinizan los cerebros femeninos hacen aumentar la incidencia del comportamiento homosexual. Así parece suceder en el caso de estudios realizados con seres humanos y animales. Las ratas macho con lesiones en el área preóptica media (incluido el INAH3) a menudo entablan con otros machos comportamientos sexuales típicos de las hembras, como el contorneo de las orejas y la lordosis, una postura en la que se exhiben los genitales. Este efecto puede intensificarse aún más si los machos con esas lesiones reciben un tratamiento con estrógenos. Efectos análogos pueden producirse por medio de tratamientos que impiden la acción de la testosterona (castración al nacer, fármacos que interfieren en los receptores de testosterona). Y lo que aún es más interesante, el hecho de someter a la rata madre durante el embarazo a un estrés moderado (confinamiento en tubo de plástico traslúcido iluminado con luces brillantes) reducía los niveles de testosterona en el feto en gestación. A medida que los cachorros macho crecían, su comportamiento sexual se feminizaba: eran reacios a montar a las hembras y mostraban un comportamiento sexual femenino típico. En otras palabras, el hecho de interferir en los niveles de testosterona presentes en la vida fetal o en la vida postnatal hace que las ratas macho sean «gais».

Como es lógico, un resultado complementario es el mostrado por las hembras que habían sido expuestas a niveles de testosterona superiores a los normales. La descendencia femenina de las ratas o de las ovejas que recibieron tratamientos de estimulación de testosterona en el útero tendían a adoptar comportamientos sexuales más característicos de los hombres (montar, agresión). Y lo que era aún más importante, las mujeres que padecían hiperplasia suprarrenal congénita, enfermedad en la que los niveles de testosterona son altos desde la gestación en el útero, se daba una mayor incidencia de lesbianismo que el presente en la población general.

Una de las cuestiones más amargas en el presente debate sobre las bases biológicas de la orientación sexual ha sido si los varones homosexuales y las mujeres lesbianas pueden cambiar sus sentimientos y conductas sexuales para ser heterosexuales. Algunos investigadores, entre ellos Robert Spitzer, del New York State Psychiatric Institute, han publicado artículos

posible al menos en una fracción de la población (un 17 por ciento de los varones de esta muestra declaraban, después del tratamiento, que se «sentían atraídos de manera exclusiva por el otro sexo»). Otros, en cambio, entre los que se incluyen las principales asociaciones profesionales de psicólogos clínicos y psiquiatras, han ridiculizado esas afirmaciones, fruto según ellos de una «ciencia basura» que responde a unas claras motivaciones políticas, basándose en parte en la crítica de los métodos de muestreo empleados por Spitzer, quien escogió a los sujetos del experimento entre antiguos clérigos que habían sido homosexuales. Si bien la conveniencia o no de ofrecer un tratamiento que cambie la orientación sexual es de por sí una cuestión moral y social de indudable importancia, el hecho de que algunas personas puedan cambiar su conducta sexual —pasando de ser homosexuales a heterosexuales— no afecta en nada a la cuestión de si en cierta medida la orientación sexual está biológicamente determinada o no. La zurdera se halla, casi sin lugar a dudas, determinada por la biología y aun así casi todos los zurdos pueden aprender a ser diestros. Algunos sacerdotes católicos y otras personas, aunque tienen impulsos sexuales «normales», son capaces de dominar estos sentimientos y llegar a abstenerse por completo de relaciones sexuales, observando los preceptos de las enseñanzas religiosas en las que creen. De este modo, aunque una pequeña fracción de homosexuales pueda someterse a una forma de tratamiento cuyo resultado sea hacerles adoptar un comportamiento exclusivamente heterosexual, eso no nos dice nada acerca de la cuestión de si la orientación sexual se halla, en parte o por entero, determinada por factores biológicos presentes en el nacimiento o poco después de venir al mundo.

Llegados a este punto, las pruebas aportadas por los estudios de familias y gemelos, el ligamiento genético, el análisis neuroanatómico de tejido post mórtem y las manipulaciones de las hormonas sexuales apuntan hacia la conclusión de que alguna porción de la orientación sexual se halla determinada por la biología. Queda aún por saber si esa porción determinada resultará ser el 30 o el 90 por ciento de la variación en la orientación sexual. Asimismo, hemos de clarificar cuál es la contribución relativa de los factores genéticos y epigenéticos a esta predisposición biológica. Es

historia de la orientación sexual no resulte muy distinta de la que ahora conocemos en el caso de otros muchos comportamientos humanos complejos: habrá cierto grado de determinación sociocultural y un cierto grado de determinación biológica. La parte deudora de la biología tendrá componentes tanto genéticas como epigenéticas y la componente genética reflejará la actuación de múltiples genes.

Capítulo 7

DORMIR Y SOÑAR

Corría 1952 y el miedo comenzaba a adueñarse del Ejército estadounidense. Más del 60 por ciento de los aviadores capturados por el Ejército chino en la guerra abierta de Corea confesaban haber cometido falsos crímenes de guerra (como el uso de armas biológicas), firmaban declaraciones o aparecían en grabaciones de mensajes en los que renunciaban a la ciudadanía estadounidense y abrazaban el comunismo. Estos acontecimientos fueron un golpe propagandístico de enorme fuerza a favor de la causa china. La CIA y los especialistas en inteligencia militar barajaron una serie de teorías acerca de por qué los chinos tenían éxito en aquel empeño, afirmando entre otras cosas que habían inventado exóticas «drogas que lavaban el cerebro», que les habían aplicado hipnosis y los habían expuesto a campos eléctricos que alteraban la mente. La verdad, tal como se pudo saber años después, era mucho más prosaica: los chinos fueron capaces de coaccionar a los prisioneros para obtener aquellas declaraciones utilizando sobre todo palizas combinadas con la privación prolongada del sueño.

Esto no debería haber sido noticia. Sabido es que, a lo largo de toda la historia humana, la privación del sueño ha sido una forma ideal de tortura. Los antiguos romanos emplearon la privación del sueño de forma extensa para interrogar y castigar a sus prisioneros. No deja huellas físicas y no comporta una alteración permanente de la función mental de la víctima, ya que al cabo de una noche o dos de sueño conciliador la persona vuelve a recobrar en amplia medida su estado normal. En realidad, de los miles de soldados estadounidenses y de las fuerzas de Naciones Unidas que fueron hechos prisioneros en la guerra en Corea, no hubo casi ninguno que suscribiera aquellas falsas confesiones o denuncias después de que fueran puestos en libertad. No se les había «lavado el cerebro» en absoluto. Ni sus sistemas de creencias fundamentales ni su personalidad individual

sueño se logró que durante un tiempo fueran sugestionables, propensos a creer en falsas ideas o que llegaran a actuar como psicóticos.

En su obra autobiográfica *Noches blancas*, el disidente ruso Menajem Begin que más tarde llegaría a ser primer ministro de Israel, describió el régimen de privación del sueño al que fue sometido por el KGB.

[...] En la cabeza del prisionero sometido a interrogatorio comienza a formarse una neblina. Su espíritu desfallece de cansancio, las piernas parecen inseguras y tambaleantes, sólo tiene un único deseo: dormir... Cualquiera que haya tenido este deseo sabe que ni el hambre ni el estar muerto de sed son comparables.

Conocí a prisioneros que firmaron lo que les habían ordenado que firmaran sólo para tener aquello que les prometía quien los interrogaba.

Y no les prometía la libertad, no les prometía siquiera comida para que saciaran el hambre. Les prometía —si firmaban— ¡un sueño sin interrupciones! Y, una vez habían firmado, no había nada en el mundo que pudiera hacer que volvieran a arriesgar aquellas noches y aquellos días.

La descripción que hace Begin realza la efectividad, pero también las limitaciones de la privación de sueño como método de tortura. Como medio de coerción es muy efectivo, pero los torturadores no pueden basarse en la información que extraen mientras un prisionero se halla en un grave estado de privación de sueño: en semejantes condiciones a menudo se experimentan alucinaciones auditivas y visuales, así como paranoias. Es probable que los prisioneros digan cualquier cosa si creen que con ello finalmente se les dejará dormir. Obligado es mencionar que la tortura aplicando privación del sueño es aún una práctica habitual. Andrew Hogg, de la Medical Foundation for the Care of Victims of Torture del Reino Unido, afirma que «es una forma tan estandarizada de tortura que prácticamente todo el mundo la ha utilizado en un momento u otro». Ese «todo el mundo» incluye estados democráticos, como el Reino Unido, la India, Estados Unidos e Israel, cuyos servicios de seguridad o sus ejércitos han publicado directrices en fecha reciente relacionadas con su empleo en interrogatorios, en los que están permitidas las privaciones extremas de sueño.

¿Cuánto tiempo puede aguantar un ser humano sin dormir? La marca mundial la tiene en la actualidad Randy Gardner, quien, a los diecisiete

once días con sus once noches sólo por diversión. Y lo consiguió sin utilizar drogas estimulantes. Durante este período, Gardner al principio se fue poniendo de mal humor, sus gestos se fueron haciendo más torpes y su estado de ánimo era más irritable. A medida que el tiempo avanzaba, empezó a tener delirios (decía que era un famoso jugador profesional de fútbol americano), luego tuvo alucinaciones visuales (vio un camino que cruzaba un bosque que se extendía justo donde terminaba su dormitorio), paranoias y una ausencia completa de concentración mental. De forma sorprendente, después de quince horas de sueño, casi todos estos síntomas se mitigaron. Aquel incidente al parecer no dejó en Gardner ninguna lesión física, cognitiva o emocional duradera.

Una serie espeluznante de experimentos realizados con ratas mostraron que una privación total de sueño causa la muerte en tres o cuatro semanas. Si bien desconocemos la causa exacta de la muerte, los animales padecían lesiones en la piel y su sistema inmunitario empezó a fallar de manera gradual. Esta situación hacía que al final el cuerpo del animal fuera colonizado por bacterias que en otras circunstancias hubieran sido benignas y que por regla general sólo se hallan presentes en el tracto digestivo. A lo largo de todo el período de privación de sueño, se produce un aumento del cortisol, una hormona esteroidea y un inmunosupresor natural, y una gradual disminución de la temperatura central del cuerpo. Si bien en el ámbito de la bibliografía científica no se ha tratado de la muerte de seres humanos por privación total del sueño, hay indicios de este tipo de muerte en los experimentos que los nazis llevaron a cabo en los campos de exterminio durante la Segunda Guerra Mundial, así como informes de ejecuciones en la China del siglo XIX en las que se aplicó la privación total del sueño. Estos documentos sugieren que entre tres y cuatro semanas de privación del sueño son también letales en el caso de los seres humanos. Por decirlo de otro modo, cuatro semanas sin comida pueden matarnos o no, dependiendo de nuestro estado de salud, de la edad que tengamos y de si disponemos o no de atención médica, pero cuatro semanas sin dormir matan seguro.

A todas luces, tanto las ratas como los seres humanos, necesitamos del sueño para vivir. Ello nos lleva a preguntarnos cuáles son las funciones

parezca, no disponemos de una respuesta conclusiva para esta simple pregunta. Una idea obvia es que el sueño cumple una función restauradora para el conjunto de cuerpo. El crecimiento celular y las funciones de reparación que intervienen en la expresión génica y la síntesis de proteínas según parecen se aceleran durante el sueño tanto en el cerebro como en los otros tejidos. Sin embargo, no está suficientemente probado que personas físicamente activas duerman significativamente más que aquellas que están obligadas a permanecer en cama. Tampoco queda claro que un breve período de intenso ejercicio fomente un período de sueño total más prolongado (aunque sí tiene ciertos pequeños efectos en el tiempo que se pasa en las diversas fases del sueño).

Se ha propuesto que el sueño cumple la función de conservar la energía. Se trata de algo que puede ser en especial relevante en el caso de los animales de sangre caliente, como los mamíferos y las aves, que se ven obligados a gastar mucha energía para mantener una temperatura corporal más elevada que la del entorno en el que viven. En realidad, muchos pequeños mamíferos que viven en climas fríos pierden calor fácilmente por el hecho de tener una proporción desfavorable entre su superficie corporal y su peso, y tienden a dormir mucho, a menudo en madrigueras que los aíslan del medio físico. Y, sin embargo, el sueño no parece haber evolucionado sólo en los animales de sangre caliente. Los datos obtenidos de encefalogramas practicados a reptiles y a animales anfibios indican que también duermen, y en la actualidad hay suficientes indicios para afirmar que en algunos invertebrados, como la cigala de mar, las moscas de la fruta y las abejas, tienen un estado similar al sueño. Además, si bien es cierto que el uso general de energía se reduce durante las horas de sueño en comparación con el estado de vigilia activo, se alcanza una reducción casi igual en el uso de energía con sólo reposar tranquilamente. Por otro lado, la conservación de energía adicional cuando se pasa de un estado de reposo tranquilo al sueño es mínima. De modo que es muy poco probable que una explicación del sueño basada en la restauración y la conservación de la energía llegue a dar cuenta de todo.

Una función simple del sueño podría ser la de restringir la actividad de un animal a aquellos períodos en que dicha actividad es productiva, cuando las posibilidades de encontrar comida son elevadas y, en cambio, las

muchas especies, entre ellas la nuestra, esto significa dormir por la noche. Otras especies, como gran parte de los roedores hurgadores, los murciélagos y los búhos, hacen justo lo contrario, pero el principio sigue siendo el mismo: cazan en busca de alimento y evitan a sus predadores. Algunas pruebas apoyan este modelo: los mamíferos situados en lo alto de la cadena trófica, como los leones y los jaguares, tienden a dormir mucho —incluso doce horas al día—, mientras que los que pastan al aire libre, como ciervos, venados y antílopes, duermen mucho menos. Algunos animales herbívoros como las ardillas o los perros de las praderas, entre otros roedores, y los perezosos también duermen mucho —los perezosos de dos dedos duermen durante veinte horas al día—, pero tienden a ser especies que se hallan casi a salvo de los predadores durante las horas en que duermen debido al lugar que escogen para su descanso (madrigueras bajo tierra o encaramados en lo alto de los árboles). Esta explicación, no obstante, tampoco parece del todo satisfactoria. Si examinamos el proceso del sueño con mayor detenimiento, quizá aparezcan otras ideas más convincentes.

El estudio científico del sueño en seres humanos tuvo unos inicios muy extraños. En el siglo XIX, varios investigadores en Francia mostraron un especial interés por los procesos del sueño, pero nunca realizaron ni el experimento de observación más sencillo, como hubiera sido permanecer despiertos toda la noche y anotar cómo los cuerpos de otras personas se mueven durante las horas en que permanecen dormidas. Estos científicos, en cambio, dedicaron su tiempo a tratar de influir en los sueños de los sujetos con los que trabajaban. Abrían un frasco de perfume bajo la nariz de la persona que dormía o le hacían cosquillas con una pluma y luego le despertaban al cabo de unos minutos para saber si habían influido en sus sueños. De esta línea de trabajo no se obtuvo mucha información útil y, hasta la década de 1950, el modelo estándar de sueño, sencillo y erróneo, afirmaba que el sueño era un período constante e inalterable de escaso movimiento corporal y baja actividad cerebral que cambiaba sólo después de despertar.

En 1952, Eugene Aserinsky era un estudiante de posgrado que traba-

go, donde se practicaban encefalogramas a adultos mientras dormían. Estos estudios pusieron de manifiesto que, una vez se quedaban dormidos, los encefalogramas cambiaban de manera gradual de ser una traza desincronizada de bajo voltaje a otra de alto voltaje con oscilaciones lentas y sincronizadas. En este punto, se supuso que se había alcanzado la fase de sueño profundo y que este estado se mantenía hasta el momento del despertar. El procedimiento estándar consistía en registrar las oscilaciones de la aguja durante media hora o tres cuartos hasta captar esta transición y luego se desconectaba la máquina del encefalograma para ahorrar el papel milimetrado. Una noche, Aserinsky llevó a su hijo Armond, que por entonces tenía ocho años de edad, al laboratorio para observarlo. Unos tres cuartos de hora más o menos después de que el niño se quedara dormido, su padre veía cómo las plumillas del encefalograma registraban ya las lentas oscilaciones del sueño profundo. Luego, increíblemente, el encefalograma cambió a otro ritmo que guardaba más parecido con el estado de vigilia, aunque Armond seguía a todas luces dormido y permanecía totalmente inmóvil. Ahora sabemos que esta fase del sueño está relacionada con movimientos oculares rápidos (REM, por sus siglas en inglés) y que mientras en los adultos esto no ocurre hasta una hora y media después de quedarse dormidos, en el caso de los niños como Armond sucede antes.

El informe en el que Aserinsky y Kleitman expusieron en 1953 sus hallazgos marcó el inicio de la era moderna en la investigación del sueño y en los años siguientes se consiguió tener una imagen de conjunto mucho más detallada del proceso del sueño. Cuando los científicos dejaron encendidas sus máquinas de hacer encefalogramas durante toda la noche (amontonando pilas y pilas de papel milimetrado), hallaron un ciclo de sueño en los adultos de una hora y media de duración (fig. 7.1). Este ciclo consistía en el antes mencionado descenso gradual a un sueño cada vez más profundo acompañado de una sincronización gradual de las líneas del encefalograma. Estas fases del sueño se denominan de forma colectiva fase no REM y se subdividen en otras cuatro, que van desde la somnolencia-dormirse (fase I) al sueño profundo (fase IV). Una noche de sueño interrumpido consta de manera característica de cuatro o cinco ciclos de noventa minutos de duración. Lo interesante del caso es que, a medida que la noche avanza, el carácter de cada ciclo de sueño cambia, de modo que hay

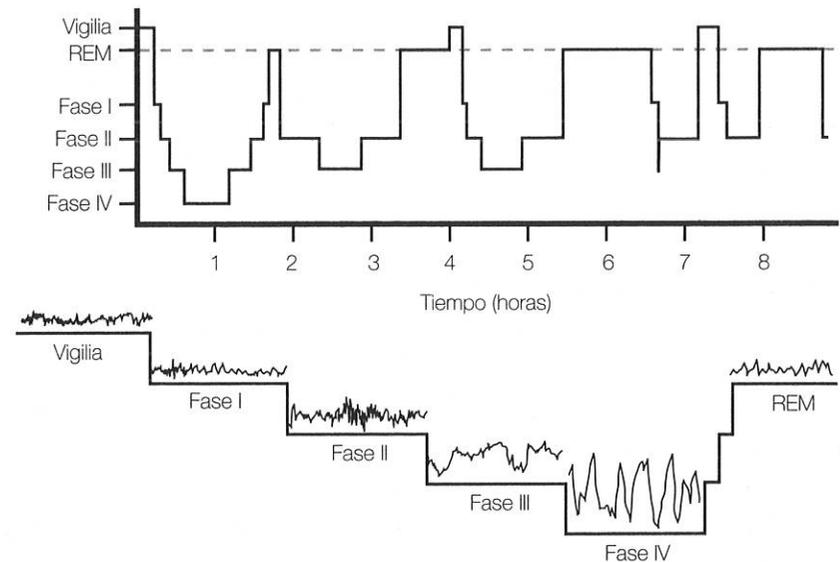


FIGURA 7.1. Fases del sueño en un ser humano adulto. La parte superior de la ilustración muestra el sueño durante toda una noche con sus fases en el eje vertical. Este gráfico se realizó mediante el análisis de los registros obtenidos en el encefalograma, a fin de determinar la fase del sueño. Muestra los principales rasgos del sueño normal durante toda una noche. Hay un ciclo con una duración de unos noventa minutos en el que la persona que duerme poco a poco pasa de la somnolencia (fase I) al sueño profundo (fase IV), seguido por un período de sueño REM. El sueño de toda una noche comporta de forma característica cuatro o cinco de estos ciclos. A medida que avanza la noche, una proporción superior del ciclo de sueño se dedica a la fase REM, con un decrecimiento concomitante del sueño no REM (fases I-IV). El gráfico de la parte inferior de la ilustración muestra registros de encefalogramas representativos procedentes de cada fase del sueño. Obsérvese que el registro del encefalograma para la fase REM del sueño es similar al de la vigilia o fase de somnolencia. *Los gráficos han sido adaptados con la autorización de MacMillan Publishers Ltd., a partir de E. F. Pace-Schott y J. A. Hobson, «The neurobiology of sleep: genetics, cellular physiology and subcortical networks», Nature Reviews Neuroscience, n.º 3, 2002, págs. 591-605. Ilustración de Joan M. K. Tycko.*

sueño. En el último período antes del despertar, casi el 50 por ciento del ciclo puede ser de fase REM.

El hecho de que los ciclos del sueño no se descubrieran antes de la década de 1950 es un testimonio de la ocasional estupidez de los científicos. No es necesario disponer de un encefalograma para detectarlos. La simple observación de una persona que duerme a lo largo de toda una noche basta para mostrar los rasgos principales, y, entre ellos, uno de los

fácilmente observables cuando los párpados están cerrados (ya que el abultamiento de la córnea se marca en el párpado). Una cuidadosa observación hubiera revelado otra serie de cambios que tienen lugar durante la fase REM del sueño, como un aumento de la cadencia de la respiración (así como del ritmo cardíaco y de la presión sanguínea) y una respuesta sexual (erección del pene en los hombres, erección de los pezones y del clítoris junto con lubricación vaginal en las mujeres). Los cambios en el tono muscular son aún más sorprendentes. Una persona dormida adulta, de forma característica cambiará de posición unas cuarenta veces durante la noche sin ser consciente de estos actos. Ninguno de estos movimientos, sin embargo, se producirán durante la fase REM del sueño. Dicho de otro modo, en la fase REM no se producen movimientos posturales. De hecho, no hay siquiera tono muscular: el cuerpo queda totalmente flácido. Resulta casi imposible entrar en la fase de REM en cualquier otra posición que no sea la horizontal. Vale la pena tenerlo presente la próxima vez que durante un vuelo trasatlántico nos envolvamos en una manta y nos arrellanemos como un escrofuloso burrito en la butaca de la clase turista del avión: aunque consigamos conciliar el sueño en aquel asiento, no entraremos en la fase REM.

A veces, la fase REM del sueño recibe el nombre de «sueño paradójico» porque el encefalograma guarda parecido con ese estado de vigilia, aunque el sujeto permanece básicamente paralizado. La cuestión es que los centros motores del cerebro están enviando activamente señales a los músculos, pero éstas quedan bloqueadas a la altura del tronco del encéfalo por medio de impulsos sinápticos inhibidores. Este bloqueo afecta tan sólo al flujo de órdenes motoras que bajan por la médula espinal, pero no a las de los nervios craneales que salen directamente del tronco del encéfalo y controlan los movimientos oculares y faciales (así como el ritmo cardíaco). Michel Jouvet, de la Universidad de Lyon, demostró que al seccionar las fibras inhibitorias que bloquean el flujo motor en gatos se obtenía una afección extraña: durante la fase REM del sueño, los gatos presentaban comportamientos motores complejos al tiempo que mantenían los ojos cerrados. Corrían, daban saltos e incluso según parece hacían como si se comieran una presa imaginaria. Si bien no podemos saberlo a ciencia cierta, parecían actuar según los dictados de sus sueños (en breve abundaremos más sobre

no que recibe el nombre de «trastorno de la conducta del sueño REM», que principalmente afecta a los hombres mayores de cincuenta años. Esta enfermedad hace que durante la fase REM del sueño se lleven a la práctica comportamientos que están siendo soñados, entre otras cosas dan patadas y puñetazos, brincan o incluso arrancan a correr. Como es lógico, estos comportamientos violentos a menudo causan lesiones al paciente o a quien comparte lecho con él. En la mayoría de los casos, este trastorno se consigue tratar con éxito con la ingesta antes de acostarse de una dosis de un fármaco, el clonazepam (que se vende en farmacias bajo las marcas Klonopin en Estados Unidos y Rivotril en Europa), y que actúa estimulando la fuerza de las sinapsis que utilizan el inhibidor de neurotransmisores GABA. El trastorno de la conducta del sueño REM es diferente del sonambulismo convencional, que ocurre sólo durante las fases no REM del sueño.

A lo largo del ciclo de la vida, los seres humanos experimentamos alteraciones del sueño en las que la proporción de tiempo dedicado a la fase REM decrece pasando de un 50 por ciento en el momento de nacer a un 25 por ciento en la madurez y a un 15 por ciento en la senectud (una disminución del REM que también se observa en la vida de los gatos, los perros y las ratas). Si comparamos nuestro sueño con el de otros mamíferos, veremos que nos hallamos más o menos en el centro de la gama que va desde el ornitorrinco o platipo, que pasa el 60 por ciento del tiempo en que duerme a lo largo de su vida en la fase REM, hasta el delfín mular, cuya proporción de sueño REM es sólo del 2 por ciento. No existe una relación obvia entre el grado de sueño REM y el tamaño o la estructura del cerebro en las especies de mamíferos (fig. 7.2). Al parecer, la fase no REM del sueño ha evolucionado hace unos quinientos millones de años, en una fecha tan temprana por tanto como la evolución de la mosca; en cambio, la verdadera fase REM del sueño se halla sólo en las especies de sangre caliente. Está presente en los mamíferos más primitivos que aún viven en nuestros días (como el ornitorrinco y los equidnas) así como en las aves, pero parece estar ausente en los reptiles y los anfibios.

De este modo, con el conocimiento de los ciclos del sueño podemos retomar ahora con algo más de sofisticación la pregunta principal que nos hacíamos, a saber, por qué es necesario el sueño. En realidad, esta pregun-

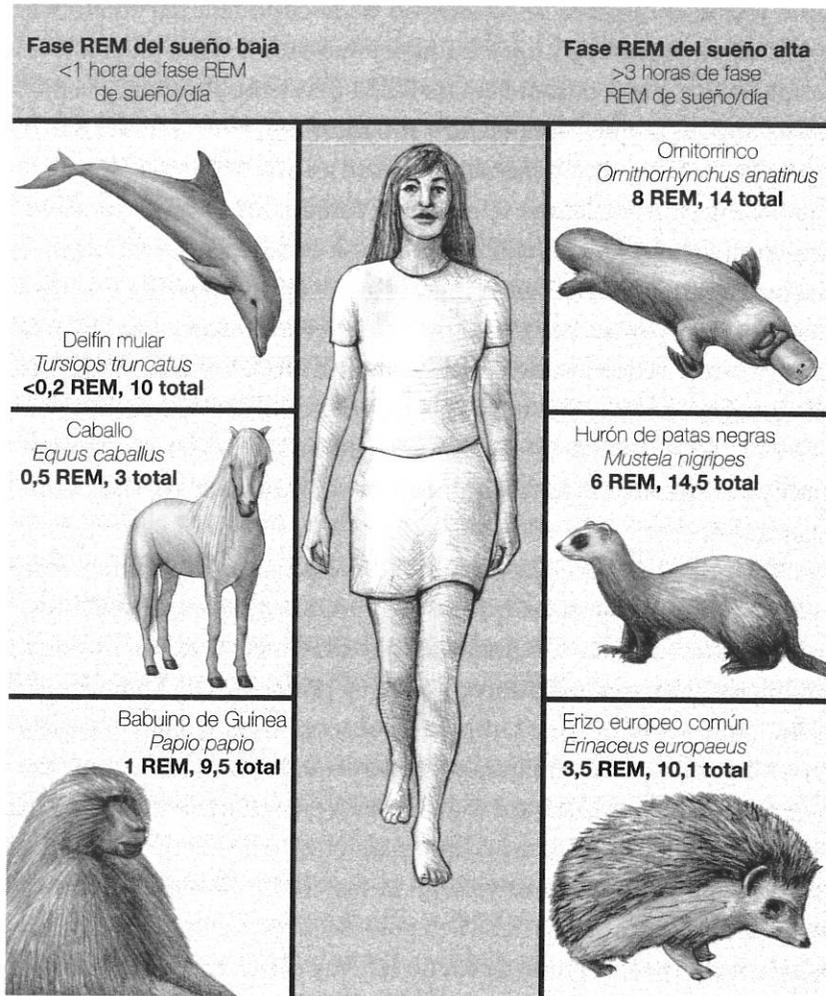


FIGURA 7.2. Fase REM y sueño total en una galería de animales representativos de las especies de mamíferos. Los seres humanos ocupamos el centro de la gama si la fase REM del sueño se considera un valor bruto o una proporción del sueño total. Dibujo adaptado a partir de J. M. Siegel, «The REM sleep-memory consolidation hypothesis», *Science*, n.º 294, 2001, págs. 1058-1063, © 2001 AAAS. Ilustración de Joan M. K. Tycko.

mado sólo por un período no REM, tal como se da en los reptiles y los anfibios, y posiblemente también en algunos invertebrados?, y ¿cuáles son las funciones esenciales del ciclo del sueño en el que se alternan la fase REM con otras no REM, tal como se presenta en los mamíferos y las aves?

que es necesario para conservar la energía y maximizar la eficiencia alimenticia al tiempo que minimiza el peligro derivado de la actividad depredadora de otras especies, sean más apropiadas para las fases no REM del sueño. El ciclo del sueño cumple cierta función que sólo se halla presente en los mamíferos y las aves, una función que es más importante en las primeras etapas de la vida. Si examinamos algunas hipótesis acerca de qué podría ser esa función, una de las propuestas es que el ciclo del sueño cumple una función más bien trivial. Se sabe que la fase no REM del sueño tiende a enfriar el cerebro, reduciendo su temperatura de referencia termorreguladora, mientras que la fase REM del sueño evita que el cerebro se enfríe o caliente en demasía. Esta hipótesis es coherente con la aparición inicial del ciclo del sueño en los animales de sangre caliente, aunque no explica la variación de la fase REM en las especies animales o el decrecimiento del sueño de fase REM a lo largo de la vida.

Otra idea es que el ciclo del sueño fomenta de algún modo el desarrollo del cerebro en las primeras fases de la vida. En particular, el ciclo del sueño puede que desempeñe un papel especial en las fases posteriores del desarrollo, en su mayor parte postnatales, que requieren una plasticidad orientada por la experiencia. Las pruebas que apoyan esta idea provienen de experimentos con gatitos a los que se les ha tapado durante un breve período uno de los ojos. Al cabo de unas pocas horas eso da lugar a que los estímulos exteriores (destellos de luz) dirigidos al ojo privado de visión durante aquel rato ocasionen una excitación disminuida de las neuronas en la corteza visual e intensifiquen las respuestas a la estimulación cuando inciden en el ojo que ha permanecido sin tapar. Si se deja dormir a los gatitos después de un período de privación de la visión en uno de los ojos, este cambio en la receptividad de las neuronas corticales se conservaba e incluso se intensificaba. Pero si los gatitos eran totalmente privados de sueño o privados de manera selectiva de la fase no REM del sueño, se perdían los efectos en las neuronas corticales derivados de la experiencia en la que habían sido privados de visión en uno de los ojos. A la inversa, en un conjunto separado de experimentos, la privación selectiva de sueño REM parecía extremar los efectos de la privación monocular de la visión y producía cambios aún mayores en las respuestas de las neuronas de la corteza visual.

Si el ciclo del sueño interviniera sólo en la fase del desarrollo del cere-

continuara existiendo en la vida adulta. Una posibilidad es que se conserve en la edad adulta pero no tenga ya una función, aunque resulta algo improbable. Recordemos que los mecanismos celulares que intervienen en las fases dependientes de la experiencia del desarrollo posterior del cerebro (plasticidad expresada como crecimiento de axones y dendritas, cambios en la excitabilidad intrínseca y en la fuerza sináptica) se conservan en el cerebro adulto con objeto de almacenar recuerdos. ¿Se podría decir lo mismo del ciclo del sueño? Quizá la alternancia de períodos de fases REM y no REM sirve al principio para consolidar los cambios orientados por la experiencia en el desarrollo cerebral de etapas posteriores y luego permanecen en una forma algo diferente a fin de integrar y consolidar la memoria.

Una hipótesis básica acerca del ciclo del sueño y de la memoria es la formulada por Robert Stickgold, de la Harvard Medical School, cuando escribió que «la fisiología única del sueño, y quizá mejor aún, de la fase REM del sueño, cambia el cerebro-mente a un estado alterado en el que reúne recuerdos dispares, a menudo con una carga emocional y débilmente asociados en una estructura narrativa y [...] este proceso de asociación y reactivación de la memoria es, de hecho, también un proceso de consolidación e integración de la memoria que amplía la capacidad que tenemos para funcionar en el mundo».

Un amplio número de estudios realizados con seres humanos y con ratas han mostrado que una noche de sueño normal después de realizar ciertas tareas de aprendizaje sencillas da lugar a un mejor rendimiento cuando al día siguiente se examina a los sujetos del experimento. En la mayoría de estos estudios, dormir no es un requisito absoluto para consolidar la memoria. Después de ocho horas de vigilia aún permanece cierta memoria de la experiencia de aprendizaje y este efecto se produce tanto si la vigilia tiene lugar de día como de noche. Pero el ciclo normal del sueño introduce una mejora perceptible. En cierto sentido, estos experimentos demuestran algo que es muy apreciado por las tradiciones populares de todo el mundo: muchas culturas tienen algún dicho o refrán similar al de «consúltalo con la almohada» y mañana ya lo entenderás mejor.

Abundan las anécdotas que hablan de intuiciones o ideas cuya inspiración llegó al sujeto mientras dormía. Paul McCartney contaba que la melodía para una canción como «Yesterday» —que fue uno de los grandes

químico alemán del siglo XIX Friedrich Kekulé afirmaba que había dado con la solución de que el benceno tenía una estructura anular después de haber sido inspirado por un sueño en el que una serpiente se mordía la cola. El inventor estadounidense Elias Howe refería que la principal innovación que le permitió inventar la primera máquina de coser (colocar el agujero del hilo cerca de la punta de la aguja) se le ocurrió mientras dormía. Pero ¿cabe de ello deducir que la intuición y la revelación son un resultado habitual del sueño o se trata sólo de coincidencias que han dado pie a unas pocas aunque originales anécdotas?

Un interesante estudio sobre el aprendizaje humano y la privación del sueño fue el llevado a cabo por el laboratorio de Jan Born, en la Universidad de Lübeck, en Alemania, donde los investigadores trataron de contrastar la noción según la cual el sueño nocturno contribuye a entender cuál es la mejor manera de abordar un problema que antes parecía inextricable. Para ello, idearon un problema numérico que se podía solucionar mediante la aplicación secuencial de unas reglas simples. Los investigadores incorporaron al problema un «atajo» que, en caso de ser percibido, permitía solucionar el problema de manera más rápida que el método basado en la aplicación secuencial de reglas (para más detalles sobre esta tarea, fig. 7.3). Ninguno de los participantes reconoció aquel atajo en el primer bloque de pruebas. Después de dormir toda una noche, sin embargo, trece de los veintidós sujetos que participaban en el experimento tuvieron la intuición que les llevó a reconocer el atajo, mientras en un grupo diferente de sujetos a los que no se les había permitido dormir durante un intervalo de tiempo similar, sólo cinco de los veintidós participantes habían hallado aquel atajo. La conclusión de los investigadores de Lübeck fue que el sueño da alas a la intuición.

Un amplio número de estudios han actuado sobre la fase REM del sueño, despertando a los seres humanos o los animales de laboratorio cuando la gráfica del encefalograma les indicaba que habían entrado en dicha fase. De la privación selectiva de la fase REM del sueño se ha afirmado que interfiere en la consolidación de la memoria en relación a una serie de tareas de aprendizaje. En algunos casos, han sido espectaculares: en uno de ellos, cuando se privaba de la fase REM del sueño a seres humanos a los que se les había adiestrado en una tarea de discriminación visual

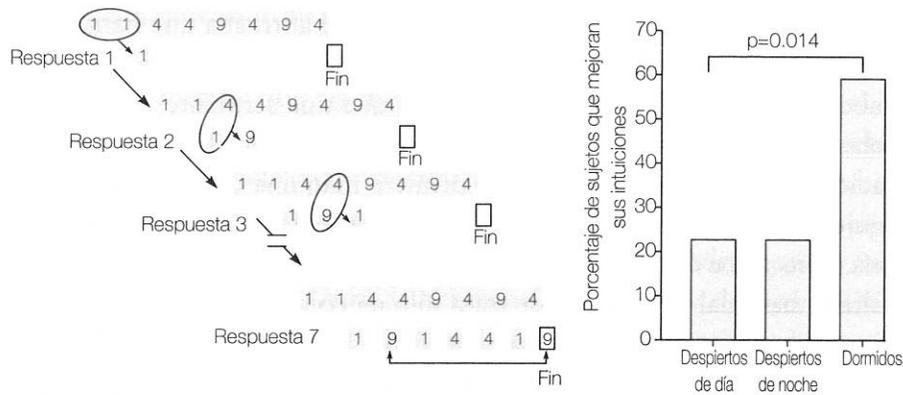


FIGURA 7.3. Dormir es una fuente de lucidez y sagacidad. A los sujetos de un experimento se les enseñó una tarea de reducción numérica con una regla oculta, y luego o se les dejó dormir, o bien se les mantuvo en vigilia durante el día, o bien por la noche antes de volver a plantearles la prueba. El gráfico de la parte superior ilustra una muestra de la tarea planteada. En cada prueba, se les presentó una serie diferente de ocho dígitos y en cada una de estas series se encontraban los números 1, 4 y 9. En cada serie, los sujetos debían determinar un dígito definido como la «solución final» de la tarea que se trataba de realizar (fin). Esto se podía lograr procesando de manera secuencial los dígitos pares de izquierda a derecha según dos reglas sencillas. Una, la «regla de lo mismo», decía que el resultado de dos dígitos idénticos es precisamente ese dígito (por ejemplo, 1 más 1 da 1, como en la respuesta 1). La otra, «la regla de lo diferente», afirmaba que el resultado de dos dígitos no idénticos es el tercer dígito de este sistema de tres dígitos (por ejemplo, 1 y 4 da 9, como en la respuesta 2). Después de la primera respuesta, se hacían comparaciones entre el resultado precedente y el siguiente dígito. La séptima respuesta indicaba la solución final, que debía confirmarse presionando una tecla diferente. En las instrucciones que se dieron a los sujetos se les decía que sólo esta solución final había de ser comunicada y que podía serlo en cualquier momento. No se les hizo mención alguna de que las series habían sido generadas de tal modo que las últimas tres respuestas eran una réplica exacta de las tres primeras. Esto implicaba que en cada prueba la segunda respuesta coincidía con la solución final (flecha). Los sujetos que intuyeron esta regla oculta dejaron las respuestas secuenciales y presionaron la tecla de la solución inmediatamente después de la segunda respuesta. La gráfica inferior indica el porcentaje de sujetos que llegaron a aquella intuición sobre la regla oculta en la serie después de dormir, frente a las dos condiciones de vigilia. *Los gráficos han sido reproducidos con la autorización de MacMillan Publishers Ltd., a partir de U. Wagner, S. Gais, H. Haider, R. Verleger y J. Born, «Sleep inspires insight», Nature, n.º 427, 2004, págs. 352-355.*

dida del grado de aprendizaje, no mostraban ningún rastro de adiestramiento; en cambio, cuando se les dejaba dormir o les alteraban de forma selectiva las fases no REM del sueño, los sujetos mostraban un nivel relevante de aprendizaje. Una de las cosas importantes que hay que retener es que la privación de la fase REM del sueño parece interferir de manera es-

mientos y asociaciones subconscientes (memoria no declarativa), pero no así en los recuerdos de los hechos y acontecimientos (memoria declarativa). De este modo, las personas que dedicaron una noche en que fueron privados de la fase REM del sueño a seguir el aprendizaje de la discriminación visual de texturas aún conservaban un claro recuerdo de la sesión de adiestramiento (un acontecimiento), pero no habían retenido la rapidez de reacción al realizar la tarea (una habilidad no declarativa).

La sincronización de la fase REM de sueño también parece ser importante. El sueño de fase REM tiene que producirse dentro de las veinticuatro horas siguientes al momento en que se ha realizado la experiencia de adiestramiento para que la consolidación de la memoria mejore. Las personas que aprenden una nueva habilidad o procedimiento durante el día y luego pierden las horas de sueño de aquella noche no muestran mejora alguna después de haber dormido la noche siguiente. Un efecto análogo se observa en las ratas, pero el intervalo es menor: para que surta un efecto positivo, la fase REM del sueño tiene que darse en el plazo de cuatro a ocho horas después de que se haya producido el adiestramiento.

El sueño REM también parece estar asociado a cierto *playback*, a cierta repetición de los recuerdos del día anterior. Kendall Louie y Matt Wilson, del MIT, utilizaron toda una serie de electrodos para registrar de manera simultánea los datos relativos a un gran número de células de lugar (fig. 5.11) en el hipocampo de ratas mientras recorrían repetidamente un camino de una sola dirección en una pista circular para obtener una recompensa en forma de alimento. Los investigadores pudieron observar la activación secuencial de las células de lugar que codificaban distintas ubicaciones en la pista circular a medida que el animal avanzaba por ella. Luego prosiguieron realizando sus lecturas mientras el animal dormía después del período de adiestramiento. Increíblemente, aquellos mismos patrones de activación de las células de lugar del hipocampo eran reproducidos durante la fase REM del sueño. La reproducción, sin embargo, no era una repetición exacta y perfecta, digamos punta a punta, de la actividad de vigilia. A veces el patrón estaba un poco degradado y era reconocible a partir de la experiencia de vigilia, pero la velocidad general de la actividad había cambiado. Este estudio, no obstante, así como algunos otros trabajos similares realizados en diferentes laboratorios, habían dado

neuronal de conjunto durante la fase REM del sueño después del período de adiestramiento. Pero, en las ratas que estudiaron Louie y Wilson, ¿la repetición de la actividad era importante para la consolidación del recuerdo de la pista circular? De ser así, ¿qué aspectos de aquella experiencia? ¿Las ratas soñaban con la pista circular mientras se registraba la actividad de repetición en la fase REM del sueño? Todavía no conocemos las respuestas a estas preguntas.

Uno podría sentirse tentado a concluir a partir de esta línea de pruebas que las relaciones entre la fase REM del sueño y la consolidación de la memoria es bastante sólida. Pero, si se investiga un poco más, se apreciarán algunas grietas en la fachada. Por ejemplo, experimentos posteriores llevados a cabo con seres humanos y con ratas han demostrado que una privación selectiva de la fase no REM del sueño puede tener efectos perjudiciales sobre la consolidación de tareas de memoria no declarativa, aunque estos efectos nocivos tendían a ser menores a los obtenidos si se aplicaba una privación selectiva de la fase REM. Además, un informe publicado en fecha reciente indica que la «repetición» de los patrones de activación neuronal en ratas que siguen a una nueva experiencia es en realidad más fuerte en la fase de sueño profundo no REM (fases III y IV) que en la fase REM. Y, lo que es aún más importante, resulta casi imposible privar de la fase REM del sueño sin causar también estrés y el aumento concomitante de las hormonas del estrés en la sangre. Sabemos que el estrés puede dañar el aprendizaje tanto en seres humanos como en ratas, y que tanto el estrés como la administración artificial de hormonas del estrés afecta a la plasticidad sináptica y morfológica de los cerebros de las ratas.

Por último, hay una predicción derivada de la hipótesis de la fase del sueño REM y la consolidación de la memoria que no ha sido confirmada. Los fármacos antidepresivos contemporáneos, entre ellos los inhibidores específicos de la recaptación de serotonina (los SSRI, como el Prozac y otros) y los antidepresivos tricíclicos (como el Elavil) producen una reducción parcial de la fase REM del sueño. Una clase anterior de antidepresivos, los inhibidores de la monoamina oxidasa (MAO), como la fenelzina (Nardil), producen un bloqueo completo de la fase REM del sueño. Un efecto similar se ha observado con determinadas formas de lesión traumática del tronco del encéfalo, aunque en estos dos casos se produce un bloqueo com-

sangre de la hormona del estrés), no parecen producir daños significativos en la memoria. A la inversa, los fármacos ansiolíticos del tipo benzodiazepina (como el Valium, el Xanax y el Versed) tienen marcados efectos de bloqueo de la memoria, aunque no perturban los ciclos del sueño.

En consecuencia, ¿qué debemos concluir? Las pruebas de que el ciclo del sueño desempeña cierto papel en la consolidación y en la integración de la memoria son bastante aceptables. En cambio, la noción de que la fase REM del sueño desempeña un papel privilegiado en este proceso es algo más débil. Por mi parte, me inclino a pensar que una explicación de carácter holístico es más exacta y acertada: es probable que algo en el ciclo del sueño entre las fases REM y no REM del sueño durante la noche ejerza un efecto particularmente beneficioso en la consolidación y la integración de la memoria. Algunos modelos teóricos, que comportan un flujo unidireccional alternante de la información entre el hipocampo y la corteza cerebral, sugieren una explicación de por qué esto podría ser así, pero no voy ahora a entrar en detalles (si el lector tiene interés, le animo a que consulte el capítulo final dedicado a «Lecturas y recursos adicionales»).

Entonces, ¿qué tiene de especial el sueño? Quizá el tipo de integración y de remisión que el sueño permite es de algún modo diferente al que se da en el estado de vigilia. Cabría imaginar, por ejemplo, que la reducción de la sensación procedente del exterior mientras dormimos permite establecer asociaciones entre los aspectos más distantes y fluidos de la memoria, algo que sería imposible sometidos al bombardeo sensorial que recibimos en el estado de vigilia. No dejemos de lado este pensamiento ya que volveremos en breve a retomarlo cuando tratemos de los sueños.

Hasta el momento he hablado del ciclo sueño-vigilia y de las fases del sueño sin hacer referencia a los circuitos cerebrales y a los acontecimientos moleculares subyacentes. Avancemos ahora en esta dirección, planteando para ello una pregunta fundamental: ¿los ciclos diarios de actividad, como el ciclo de vigilia y de sueño, requieren de la existencia de un tipo de reloj en el cerebro o este ritmo conductual sólo lo orientan indicadores externos como los procedentes de la presencia o no de luz solar? La figura 7.4 muestra lo que sucede cuando alguien que ha vivido en condiciones normales

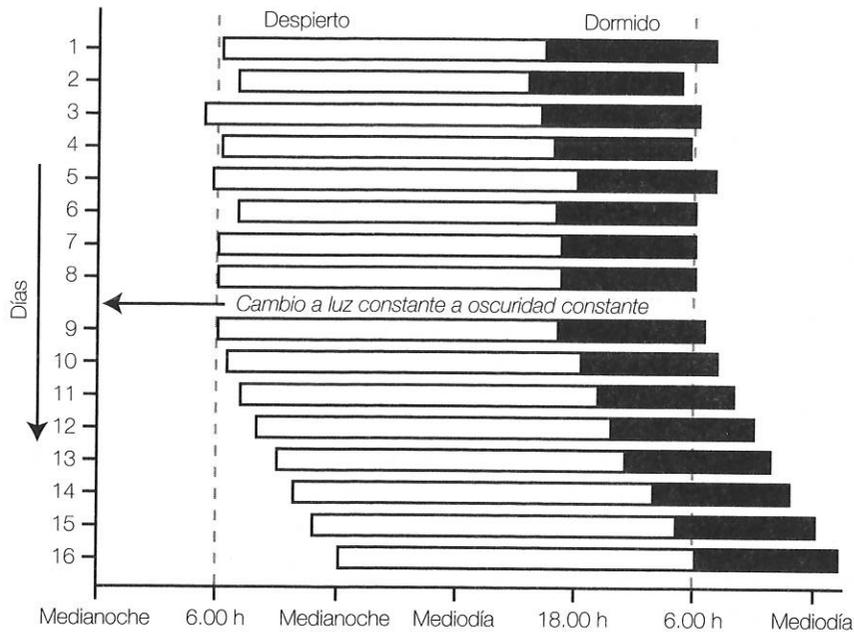


FIGURA 7.4. Cambios en el ciclo de sueño y vigilia de los seres humanos en ausencia de indicadores externos. El ciclo persiste en ausencia de indicadores de la alternancia de luz y oscuridad, aunque se pierde de manera paulatina la sincronía con el mundo exterior. En este diagrama, las barras sin textura representan la vigilia, en tanto que las sombreadas indican el sueño. Ilustración de Joan M. K. Tycko.

sometido a unas condiciones en las que estos indicios ya no están presentes (o luz constante o constante oscuridad). El ritmo diario básico de sueño y vigilia persiste con un ciclo de casi veinticuatro horas de duración (unas 24,2 horas de media), pero este ciclo va perdiendo su sincronía de manera paulatina respecto al reloj del mundo exterior, y el momento del inicio del sueño se va postergando cada vez más en el tiempo. Esto es un indicio de que en realidad el cerebro dispone de un reloj interno que requiere información para seguir sincronizado con el mundo exterior.

Resulta que una minúscula estructura en el hipotálamo denominada núcleo supraquiasmático —que significa «por encima del lugar en el que cruza el nervio óptico», y que se abrevia con las siglas SCN— es el cronómetro general del cuerpo. Este agrupamiento de células, formado por unas veinte mil neuronas, tiene un ritmo natural de actividad que prosigue su

por ejemplo, en un hámster) y cultivado en un disco de Petri lleno de fluidos nutrientes. Esta actividad tiene una duración aproximada, no exacta, de veinticuatro horas —un día—, de ahí que se denomine reloj circadiano. Los animales que sufren lesiones en el núcleo supraquiasmático dejan de tener ciclos de sueño y vigilia normales, de modo que experimentan breves períodos de sueño y vigilia distribuidos al azar a lo largo de todo el día y toda la noche.

El modo en que la luz coordina la sincronía del reloj circadiano interno con el mundo externo se halla en su mayor parte dirigido por un conjunto especial de neuronas en la retina. No se trata de los conos y bastones que forman la imagen visual, sino más bien de un grupo de células grandes y alargadas denominadas células ganglionares sensibles a la melanopsina, que no sólo son estimuladas por la luz solar intensa, sino que pueden ser activadas por una luz artificial relativamente débil. Por tanto, cuando permanecemos despiertos hasta tarde con luz artificial, en realidad, forzamos nuestro reloj circadiano interno para que cubra períodos de veinticinco y veintiséis horas. El resultado es que por la mañana nos levantamos groguis. El grado en que la luz puede hacer que varíe el reloj circadiano interno se limita a un cambio de una hora al día. De este modo, cuando realizamos un viaje en avión y cruzamos cinco usos horarios es probable que necesitemos unos cinco días para que nuestro reloj interno se reinicie con la nueva hora local. El resultado, como bien sabrán, es el *jet lag*.

¿El reloj circadiano es únicamente un dispositivo que rige el ciclo de vigilia y sueño? Al fin y al cabo, muchos organismos tienen funciones que se coordinan con las horas del día, pero son independientes del sueño, e incluso muchas plantas coordinan el despliegue y el repliegue de los pétalos de sus flores con momentos particulares del día (fig. 7.5). Se trata de un hecho que ya fue observado por Plinio el Viejo, el filósofo romano del siglo I a. C. que escribió *Historia natural*, y que en el siglo XVIII sirvió al naturalista sueco Carl von Linneo para proponer la creación de un reloj bastante exacto plantando en el jardín una serie de flores que abren y cierran sus flores coincidiendo con horas precisas del día. De este modo, resulta que el esquema básico del reloj circadiano presente en el núcleo supraquiasmático de los humanos también se halla en los animales inferiores, en las plantas e incluso en los hongos. A todas luces, la capacidad de

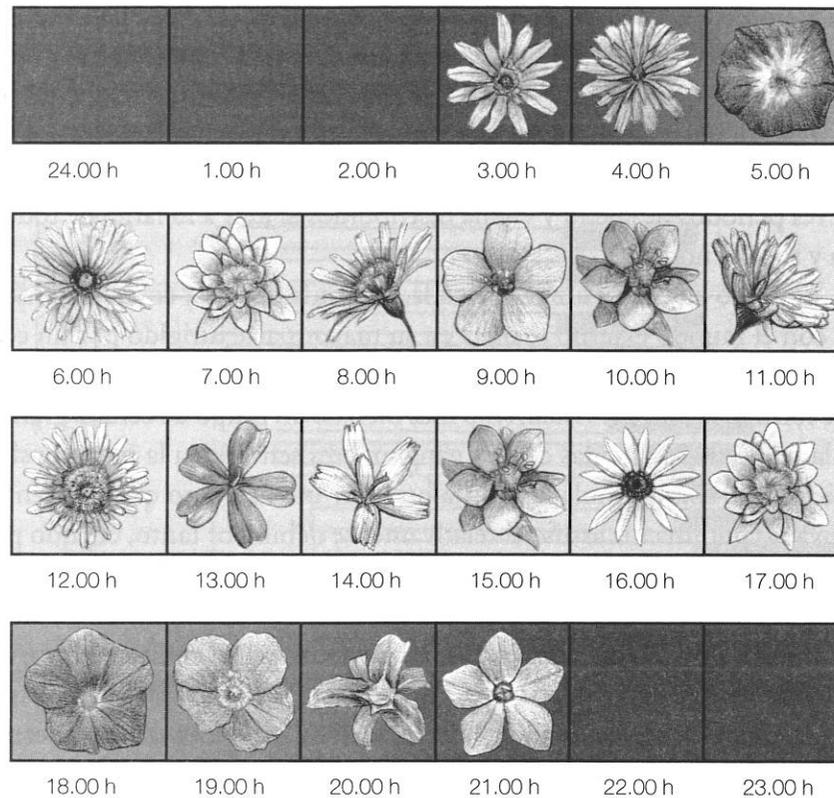


FIGURA 7.5. Interpretación del reloj floral de Carl von Linné, que se basaba en las horas en que las flores europeas se abren y cierran para estimar la hora del día. Ilustración de Joan M. K. Tycko.

ción importante, que, probablemente, es anterior en mil millones de años a la aparición de los animales capaces de dormir. Puede que los relojes circadianos evolucionaran de manera independiente al menos en dos ocasiones: los hongos tienen genes que actúan como relojes circadianos y están emparentados con los nuestros, pero las cianobacterias —así como las arqueas y las protobacterias— cuentan con un conjunto de moléculas no relacionadas que, sin embargo, realizan funciones similares. Resulta interesante señalar que estas antiguas bacterias posiblemente hayan desarrollado su reloj circadiano hace unos 3.500 millones de años, cuando el período de rotación de la Tierra era (por poner una estimación) sólo de unas

Pero ¿qué fue lo que impulsó la evolución del reloj circadiano? Lo cierto es que no conocemos la respuesta a esta pregunta, aunque se han planteado varias hipótesis. Una idea atractiva, formulada por Colin Pittendrigh en la década de 1960, es la hipótesis que se basa en la necesidad de huir de la luz. Pittendrigh y otros observaron que varias especies de algas unicelulares efectuaban la replicación de su ADN y posterior división celular sólo de noche. Sabido es que los rayos ultravioleta presentes en la luz solar pueden destruir la división celular. De ahí que Pittendrigh sugiriera que los ritmos circadianos evolucionaron para facilitar la huida de la luz y permitir que los procesos celulares más sensibles se desarrollaran en la oscuridad. En fecha reciente, Selene Nikaido y Carl Johnson, de la Universidad de Vanderbilt, sometieron a prueba esta hipótesis y mostraron cómo el alga unicelular *Chlamydomonas reinhardtii* sobrevive mejor a la exposición a un pulso de luz ultravioleta de día cuando cesa la división celular. Cuando se colocaron los discos de Petri con *Chlamydomonas* en condiciones de luz constante, obtuvieron un ciclo circadiano persistente de división celular que de manera paulatina fue perdiendo su sincronía con el mundo exterior, del mismo modo que sucedía con el ciclo humano de sueño y vigilia en condiciones de luz constante.

Si bien los últimos años han sido testigos de una explosión de conocimientos sobre las bases moleculares del reloj circadiano en el núcleo supraquiasmático y acerca de los circuitos cerebrales que intervienen en el inicio del sueño y las diversas fases que lo componen, nuestra comprensión es aún escasa acerca de la manera en que el núcleo supraquiasmático afecta a los circuitos de control del sueño. Los axones de las neuronas del núcleo supraquiasmático establecen sinapsis en varias regiones contiguas del hipotálamo, que a su vez se proyectan hacia el tronco del encéfalo y las estructuras talámicas. Además, el núcleo supraquiasmático, a través de un circuito complejo formado al menos por tres relés sinápticos, estimula la hipófisis, que secreta la hormona melatonina, una sustancia que se vende en los establecimientos de dietética y alimentación como una suerte de «píldora natural del sueño». Los niveles de melatonina aumentan a medida que cae la noche y alcanzan un pico hacia las tres de la madrugada. La

es el que ejerce sobre los circuitos de control del sueño en el tronco del encéfalo.

Uno de los principales circuitos del cerebro que afecta al control del sueño es el denominado sistema de activación reticular del tronco encefálico. Estas neuronas, que utilizan el transmisor acetilcolina —y por tanto se denominan neuronas colinérgicas— envían sus axones hacia lugares del tálamo, donde modulan la transmisión de información entre el tálamo y la corteza. Las neuronas colinérgicas reticulares se hallan activas en la vigilia, pero de manera paulatina se van mostrando menos activas a medida que la fase no REM avanza hacia fases de sueño más profundo. En realidad, la estimulación eléctrica artificial del sistema de activación reticular despierta al animal del sueño, mientras que, si la estimulación se efectúa en los lugares a los que se dirigen los axones en el tálamo, el efecto será justo el contrario: inducirá una fase no REM de sueño profundo en un animal previamente despierto. Cuando se inicia la transición de la fase no REM a la REM del sueño, las neuronas colinérgicas del tronco del encéfalo empiezan a activarse rápidamente de nuevo y esto hace que en las líneas que registra el encefalograma se pase de un estado sincronizado de gran amplitud a un estado de amplitud pequeña y desincronizado que es característico tanto de la fase REM del sueño como del estado de vigilia. Pero ¿por qué razón el animal no se despierta simplemente en este momento en lugar de permanecer en la fase REM? La respuesta es que otros sistemas del tronco del encéfalo, las neuronas que contienen serotonina del rafe dorsal y las neuronas que contienen noradrenalina del locus ceruleus también intervienen en el control del ciclo del sueño y estas neuronas se hallan activas tanto en la fase REM como no REM del sueño. La interacción entre estas tres regiones del encéfalo —junto con algunas otras que desempeñan un papel menor— determina el modo en que avanzan las fases del sueño a lo largo de la noche. El gran número de sistemas de neurotransmisores que intervienen en el control del ciclo del sueño significa que una diversidad de fármacos puede afectar al sueño, produciendo un efecto deseado —como un sueño mediante la utilización de fármacos que interfieren con los receptores de acetilcolina— o un efecto secundario indeseado, como, por ejemplo, las propiedades inhibitorias de la fase REM de muchos anti-depresivos que estimulan la segregación de serotonina.

A todo el mundo le gusta hablar de los sueños. Y el caso es que los sueños parecen tener un significado intrínseco. En cualquiera de las culturas que han sido estudiadas hasta la fecha, los individuos presentan ideas sofisticadas acerca de los significados y de las causas de los sueños. En muchos casos, los sueños son considerados mensajes enviados por las divinidades o los antepasados, para orientarnos o vaticinar el futuro: la Biblia, en el caso de la cultura judeocristiana; el Corán, en el islam; y los textos sagrados del budismo y el hinduismo, en todos ellos encontramos sueños proféticos. A veces se considera que los sueños representan el «viaje del alma» a lugares distantes. Si creemos que los sueños tienen significado, podemos sostener que sus significados son sinceros, sin dobleces, y que reflejan acontecimientos y preocupaciones anteriores, o bien son ocluidos y simbólicos, y requieren de una interpretación. En el Antiguo Egipto, hacia el año 1500 a. C., existían sofisticados templos que fueron levantados específicamente para que sacerdotes formados en este arte interpretaran los sueños. Se conservan manuscritos de esa época en los que se refiere un catálogo de significados de diversos elementos que conforman un sueño. La mayoría se expresan en términos de profecía, como, por ejemplo, «si sueñas con una vaca, entonces la muerte se llevará pronto a un ser querido».

Muchos siglos después, Sigmund Freud, el padre del psicoanálisis, elaboraría una teoría afín en su célebre obra *La interpretación de los sueños*, que fue publicada en 1900. Según Freud, los sueños surgen de deseos subconscientes, la mayoría de naturaleza sexual o agresiva, que la mente consciente reprime durante el día. Cuando estos deseos subconscientes se manifestaban sin dobleces en los sueños, entonces aquellos deseos prohibidos despertaban a la persona que los soñaba. De ahí que los sueños fueran considerados más bien como reflejos simbólicos del subconsciente reprimido. Según el enfoque dado por Freud, por tanto, cuando uno sueña con volar en realidad representa un deseo sexual desplazado, y si un hombre sueña con que se le caen los dientes, eso representa el miedo a la castración (aunque no queda claro cuál será el significado de ese mismo sueño en el caso de una mujer). En muchos sentidos, las prácticas de los sacerdotes que interpretaban los sueños en el Antiguo Egipto y las de los psicoanalistas postfreudianos no son muy distintas. Tenían metas diferentes en el sentido de que a los primeros les preocupaba vaticinar el futuro, en tanto que los segundos tratan de hacer

presente. Pero unos y otros se basan, en mayor o menor medida, en un diccionario de símbolos que orientaba la interpretación de los sueños.

No hay duda de que los sueños *parecen* simbólicos y dan la impresión de tener sentido, tanto es así que cada año se venden decenas de millares de ejemplares de diversos diccionarios simbólicos para la interpretación de los sueños (en los que se aplica la fórmula básica «si sueña *x*, entonces significa *y*»). Si bien la interpretación de los sueños es un fenómeno ampliamente intercultural, no todo el mundo la acepta. Hay quienes, en su mayoría un grupo de neurobiólogos, sostienen que el contenido de los sueños no tiene ningún significado. Desde su punto de vista, son meros subproductos de algún otro proceso importante, como, por ejemplo, la consolidación de la memoria. Los sueños son, por decirlo así, el humo y no la hoguera. Vamos a hacer todo lo posible para abordar de un modo sistemático esta polémica cuestión. En primer lugar, vamos a considerar algunas ideas acerca de cómo los patrones de actividad en el cerebro podrían dar lugar a los sueños. Luego, hablaremos de la función o propósito posibles del acto de soñar, y, por último, trataremos de ver si el contenido de los sueños tiene o no sentido o significado.

Por propia experiencia sabemos que algunas mañanas, al levantarnos, no recordamos haber soñado, mientras que en otros momentos la noche nos parece haber estado llena de sueños. En general, a menos que nos despertemos en medio de un sueño o al cabo de unos instantes de haber acabado de soñar, es poco probable que recordemos haber soñado. Durante muchos años se pensó que sólo había actividad onírica durante la fase REM del sueño. Ahora sabemos que cuando despertamos a alguien en cualquier fase del sueño referirá episodios de actividad onírica, aunque el carácter, la duración y la frecuencia varían según las diferentes fases del sueño. Ilustremos lo que acabamos de decir con algunos ejemplos que he sacado de mi propio diario de sueños:

Sueño 1. Poco después de dormirme, tuve la sensación de nadar y de sumergirme bajo el agua, como hice el día anterior con mis hijos en la piscina del barrio.

Sueño 2. No conseguí acabar de rellenar mi solicitud de subvención en el día de hoy y durante toda la noche me acosó la preocupante idea de que no

Sueño 3. Estoy bailando un vals con una mujer hermosa en un espacio inmenso. La mujer no es alguien que conozca, pero ella, en cambio, parece que me conoce bien. En algunos sentidos, la habitación en la que estamos bailando es como una gran sala de baile, pero también se parece a una tienda de mi ciudad natal que solía frecuentar cuando era niño. En aquella tienda vendían instrumentos de música, entre ellos había muchos que eran insólitos y provenían de otros países. Mi compañera de baile me sonríe, pero yo sigo distraído mirando los instrumentos que, intrincados y atractivos, hay en los escaparates. Anhele tocarlos, pero sé que mi compañera de baile se está molestando porque no le presto la suficiente atención. A medida que nota mi distracción, ella se va disgustando cada vez más. De pronto, se pone furiosa y me alejo de ella corriendo y, entonces, el escenario cambia, pasando de la sala a una carretera larga y calurosa. Monto en una bicicleta y enseguida empiezo a pedalear, lo que me permite zafarme de su persecución. Ya no la veo venir detrás de mí. Al cabo de un minuto más o menos, sin embargo, la carretera empieza a llenarse de baches y me doy cuenta de que la bicicleta corre sobre serpientes vivas. Conforme pedaleo, las serpientes tratan de morderme los pies cada vez que alcanzan el punto más bajo en el giro del pedal, de modo que pongo los pies sobre el manillar para evitar que me muerdan. Claro que poco a poco voy perdiendo velocidad y muy pronto me doy cuenta de que, sin un nuevo impulso hacia delante, voy a perder el equilibrio y acabaré cayendo sobre las serpientes, que ahora cubren ya la carretera como una alfombra.

Sólo el cielo sabe lo que un psicoanalista —¡como mi padre!— hubiera sacado de todo esto (¿una serpiente es a veces sólo una serpiente?). Son sueños muy diferentes unos de otros, pero tienen en común dos rasgos: en ellos soy el protagonista principal y ocurren en el presente. Se trata de un rasgo general: la inmensa mayoría de los sueños son experiencias en presente de indicativo y en primera persona. El primer sueño es característico de la fase en la que se entra poco después de quedarse dormido. Es breve, y aunque tiene un fuerte componente sensorial, no progresa hasta formar un relato continuo. Se trata de un fragmento de escena sin grandes detalles y sin un tono emocional particular. Es lógico, coherente con la experiencia de la vigilia, y no tiene propiedades propias de las alucinaciones. Uno de los rasgos característicos de los sueños que se producen cuando empezamos a dormir

mientos del día anterior. En un estudio, Robert Stickgold y sus colaboradores de la Escuela de Medicina de Harvard hicieron jugar a los sujetos de su experimento con el videojuego *Downhill Racer II* a lo largo de varias horas. Durante el período de sueño de la noche siguiente, más del 90 por ciento de los sujetos refirieron haber soñado con escenas de este videojuego, pero sólo cuando eran despertados poco después de quedarse dormidos; en cambio, no sucedía lo mismo en las partes centrales o posteriores de la noche cuando predominan las fases no REM y REM de sueño profundo.

El segundo sueño es característico de una fase no REM de sueño profundo; en especial, tal como se daría en la primera mitad de la noche. Al igual que el primero, carece de un relato que se despliegue, pero, en este caso, carece además casi por completo de experiencia sensorial. En lo fundamental, es un pensamiento angustioso cargado de emoción, obsesivo. El pensamiento es lógico y se basa en la experiencia de la vigilia, pero no desencadena ninguna forma de relato o narración.

El tercer sueño es característico de la fase REM, y en especial de los episodios que se producen poco antes de despertar. Se trata de un sueño narrativo que se despliega al modo que lo haría un cuento y que es narrado con abundantes detalles. El sueño fusiona lugares dispares, algunos específicos (como la tienda de música de mi niñez) y otros genéricos (una lujosa sala de baile que no supe reconocer). El sueño incorpora elementos de fantasía: en la vida real, no me gano la vida bailando vals, pero en el sueño lo hacía de manera impecable y sin que hacerlo me supusiera ningún esfuerzo. Existe una sensación de continuo movimiento a lo largo de todo el sueño (bailar un vals, correr, montar en bicicleta). La narración del sueño incorpora cambios de escenario (de la sala de baile a la carretera) y otros acontecimientos y emplazamientos que tienen sentido y, sin embargo, en el sueño, acepto estos fenómenos como un curso natural y lógico de las cosas. Existe una suspensión de la incredulidad en cuanto a experiencias que de otro modo consideraría ilógicas y extravagantes. Hay muchos aspectos propios de una alucinación en este sueño, pero son casi exclusivamente visuales (en contraposición a los aspectos auditivos o táctiles). Por último, hay una sensación de creciente ansiedad y de miedo que va cobrando fuerza a lo largo del sueño, empezando con la leve preocupación social de no ofender a mi compañera de baile y que culmina con un miedo agudo a una muerte horrible ocasionada por las mordeduras de las serpientes.

Los sueños narrativos cargados de emociones, con escenas ilógicas y extravagantes, son aquellos que con más probabilidad recordamos y de los que más hablamos; en parte, porque son buenos relatos, pero también debido a la estructura del ciclo de sueño: es más probable que nos despertemos y, por tanto recordemos lo que hemos soñado al final del sueño nocturno, cuando la fase REM predomina. Si bien se trata de un tipo de sueño más frecuente durante dicha fase, en la actualidad disponemos de pruebas de que las personas que son despertadas en una fase no REM del sueño durante el último tercio de la noche recuerdan a veces sueños narrativos análogos a los de este tipo.

En la actualidad, existe toda una variedad de amplios estudios en los que las personas que han intervenido han ido dejando constancia de sus sueños en sus dietarios —escritos o grabados en cintas magnetofónicas—, y una muestra de estudios mucho más reducida en la que las personas que intervenían, bien en un laboratorio del sueño o bien en sus casas, equipadas con una unidad portátil de encefalografía, eran despertadas durante varias fases del sueño a fin de que relataran lo que estaban soñando. De estos estudios se desprende, en general, que el contenido del sueño se halla muy influido por los estados emocionales negativos. El temor, la ansiedad y la agresividad son las emociones dominantes en cerca del 70 por ciento de los sueños de los que se dejó constancia en los dietarios. Sólo un 16 por ciento de estos sueños eran positivos en términos emocionales. Estos resultados parecen relevantes también desde una perspectiva intercultural: los sueños de ser cazado constituyen el tema singular más común en todo el mundo, desde las tribus de cazadores recolectores de la Amazonia hasta los habitantes de las ciudades de Europa. No deja de ser curioso, sin embargo, que la proporción de sueños en los que la ansiedad, el temor y la agresividad predominaban sea mayor en los dietarios en que los sueños fueron consignados después de haberse despertado de manera espontánea, que en situaciones en las que las personas fueron despertadas artificialmente durante el último tercio de la noche (la proporción se reduce del 70 al 50 por ciento). Una interpretación de esta disparidad es que los sueños con emociones negativas tienen mayor probabilidad de despertar a la persona que duerme, que luego los recuerda y anota.

Dada la preponderancia que Freud confirió a las interpretaciones de sueños sexuales, es interesante señalar que menos del 10 por ciento de los sueños

parecen tener un contenido abiertamente sexual. Esta cifra es similar tanto en hombres como en mujeres. Las respuestas genitales tanto masculinas como femeninas que se producen en la fase REM del sueño y de las que antes hablamos no parecen guardar correlación con sueños de carácter sexual.

A menudo, ciertos elementos de la actividad del día anterior, sobre todo aquellos que tienen un fuerte componente sensomotor, se incorporan a breves sueños que se dan poco después de quedar dormido, pero rara vez se dan en los sueños narrativos. En un estudio se cifró en una cantidad inferior al 2 por ciento el número de sueños narrativos que contenían una repetición de memoria autobiográfica de algún acontecimiento procedente del día anterior (aunque el número de los que incorporaban un aspecto singular de la experiencia diaria, como, por ejemplo, una persona o un lugar, era mucho mayor). Algunos investigadores han afirmado que existe un desfase temporal de entre tres y siete noches, entre que se tiene una experiencia y ésta emerge en sueños. Contrariamente a lo que cabría imaginar, las experiencias más emocionales de la vigilia parecen requerir un período algo más largo antes de aparecer en sueños.

Resumamos, en consecuencia, las diferencias entre el estado de vigilia y el sueño narrativo. Comparado con el estado de vigilia, el sueño narrativo:

1. Incorpora aspectos extraños, entre ellos fusiones y cambios bruscos de emplazamiento y de individuos, infringiendo las leyes de la física y la lógica.
2. Se caracteriza por una ausencia de reflexión interna y una aceptación de acontecimientos carentes de lógica o ilógicos.
3. A menudo implica un sentido del movimiento acentuado, expresado en términos visuales de forma predominante.
4. Las emociones negativas tienen una mayor influencia que en la vigilia, sobre todo el miedo y la ansiedad.
5. Incorpora recuerdos antiguos en medida mucho mayor que recuerdos nuevos.
6. Se olvida fácilmente, a menos que se interrumpa por el despertar.

En los últimos años, una serie de estudios han utilizado escáneres de tomografía por emisión de positrones para medir la actividad cerebral

gos para saber si contribuyen a explicar algunas de las características del sueño narrativo que acabamos de enunciar. Si bien los sueños narrativos se pueden producir tanto durante la fase no REM del sueño profundo como en la fase REM, parecen predominar en esta última fase, de modo que utilizaremos la fase REM del sueño en el cerebro como plantilla para un análisis fisiológico del sueño narrativo. La figura 7.6 presenta un resumen simplificado de los cambios en la actividad del cerebro durante la fase REM del sueño en comparación con un estado de vigilia en reposo.

Sabemos a partir del trabajo previamente realizado con modelos animales que el sistema de activación reticular del tronco encefálico se activa fuertemente durante la fase REM del sueño, y que la actividad de estas neuronas colinérgicas (en un lugar denominado tegmento pontino) puede verse en las imágenes obtenidas a través de un escáner. Uno de los rasgos

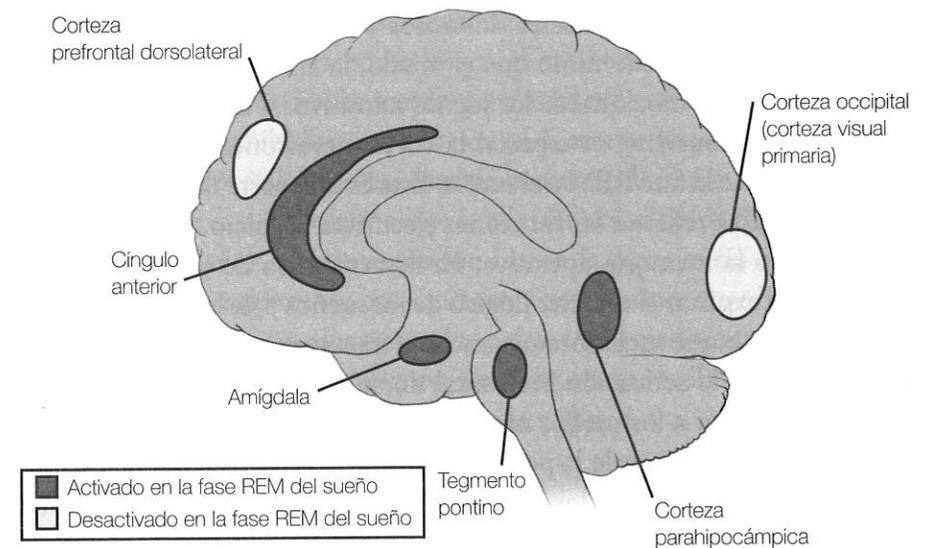


FIGURA 7.6. Algunas regiones del encéfalo presentan una función eléctrica alterada en la fase REM del sueño, tal como aparece determinada por escáneres de tomografía por emisión de positrones. Esta figura no se considera una representación completa. Por ejemplo, además de la amígdala y del cíngulo anterior, partes contiguas de los circuitos emocionales también se activan durante la fase REM del sueño, entre ellas el área septal y la corteza infralímbica. Ilustración extraída y adaptada a partir de J. A. Hobson y E. F. Pace-Schott, «The cognitive neuroscience of sleep: neuronal systems, consciousness and learning», Nature Reviews Neuroscience,

más sorprendentes de los escáneres del cerebro es que, mientras los sueños narrativos son intensamente visuales, la corteza visual primaria permanece casi por completo en silencio durante la fase REM. Pero, en cambio, las áreas que intervienen en el análisis de más alto nivel de las escenas visuales y en el almacenaje de recuerdos visuales e intermodales (como, por ejemplo, la corteza parahipocámpica) presentan una fuerte activación. Esto puede contribuir a explicar la razón por la que los sueños a menudo se elaboran a partir de fragmentos de recuerdos dispares, en su mayoría, recuerdos visuales propios de la memoria a largo plazo que se almacenan en estas áreas de asociación visual.

Otro de los rasgos sorprendentes del cerebro en la fase REM del sueño es la fuerte activación que registran las regiones que se hallan al servicio de la emoción; en particular, la amígdala y el cíngulo anterior presentan una fuerte activación. Estas regiones parecen desempeñar un papel particular en el miedo, la ansiedad y los aspectos emocionales del dolor, así como en las respuestas frente a estímulos dolorosos y aterradores. Puede que esto sea la base para el predominio que el miedo, la ansiedad y la agresividad tienen en el tono emocional de los sueños narrativos. Por último, partes de la corteza prefrontal, y en especial la corteza prefrontal dorsolateral, se activan durante la fase REM del sueño. Ésta es una parte decisiva del cerebro en lo que se refiere a las funciones ejecutivas —juicio, lógica, planificación— y a la memoria operativa. La desactivación de esta zona puede contribuir a explicar el carácter ilógico de los sueños y de la aceptación por parte del sujeto que sueña circunstancias y tramas extrañas e improbables. En lo esencial, la activación prefrontal dorsolateral podría contribuir de forma plena a dar a los sueños narrativos las propiedades de una alucinación. En este sentido, vale la pena señalar que la desactivación de esta región es un sello propio de los esquizofrénicos cuando alucinan (y que, en un sentido limitado, tienen experiencias oníricas estando despiertos).

Explorar el cerebro con un escáner de tomografía por emisión de positrones es una técnica que permite tener información sobre la activación media de las regiones del cerebro. Es muy útil, pero no comporta información ni sobre la exacta localización de las neuronas individuales que se activan ni acerca de la fina estructura temporal de esa actividad. Estos dos parámetros son críticos para comprender el modo en que la información está siendo procesada en el cerebro durante el sueño narrativo. Los expe-

rimentos realizados con animales en los que se implantaron electrodos para registrar la actividad cerebral han demostrado que durante la fase REM del sueño las neuronas del locus ceruleus, que contienen noradrenalina, y las neuronas del rafe dorsal, que contienen serotonina, quedan en silencio, mientras que las neuronas del sistema de activación reticular del tronco encefálico, que contienen acetilcolina, se activan con fuerza. Las neuronas de estos tres sistemas moduladores tienen axones que se adentran ampliamente por todo el encéfalo, incluidos el tálamo, el sistema límbico y la corteza. Por tanto, parte de la actividad regional que cambia durante la fase REM del sueño, tal como se refleja en los estudios que han explorado el cerebro, resulta de aumentar el generador sináptico que utiliza acetilcolina y de disminuir, en cambio, el que utiliza noradrenalina y serotonina.

El aumento del generador colinérgico redundaría en última instancia en la parálisis o flacidez muscular que caracteriza la fase REM del sueño. Durante los sueños narrativos, la corteza motora y las otras estructuras que controlan el movimiento, como los ganglios basales y el cerebelo, expiden órdenes para generar movimientos, pero estas órdenes quedan bloqueadas por un circuito inhibitorio activado por un fuerte generador colinérgico en el tronco del encéfalo que les impide entrar en la médula espinal. Este proceso puede que sea lo que subyace a la sensación fluida de movimiento (incluido el vuelo) que tanto predomina en la experiencia de los sueños narrativos: las órdenes de movimiento están siendo expedidas, pero la reacción procedente de los músculos y de otros órganos sensoriales sobre el modo en que estos movimientos progresan no se halla ya presente para basar la percepción del movimiento en la realidad.

Si bien este somero esbozo dista mucho de ser completo, sin duda podemos afirmar que el patrón de actividad cerebral durante el sueño narrativo puede explicar muchos de los rasgos insólitos del contenido del sueño. Este nivel de explicación, sin embargo, no aborda ni el propósito de los sueños ni la cuestión de si el contenido onírico tiene sentido o no. Entonces, ¿por qué soñamos? La respuesta concisa es que, por desgracia, no lo sabemos, aunque una respuesta matizada, sin embargo, nos sugiere algunas vías de investigación.

Si a una muestra representativa de investigadores del sueño les preguntáramos por qué soñamos, las respuestas que obtendríamos tenderían a reflejar el área de interés de la persona que responde. De esta manera, los científicos cuyo principal interés es el estudio de la emoción tenderían a decir que la principal función de los sueños es la de regular el estado anímico. Por ejemplo, Rosalind Cartwright, del Rush Presbyterian Saint Luke's Medical Center, sostiene que los sueños tienen por función regular el estado anímico; los sueños, dicho de otro modo, nos permiten procesar las emociones negativas, de modo que nos levantemos sintiéndonos mejor de lo que nos sentíamos cuando nos acostamos. Algunos psiquiatras sostienen que los sueños son parecidos a la psicoterapia. Ernest Hartmann, de la Tufts University, ha propuesto que tanto los sueños como la psicoterapia funcionan en general permitiendo establecer relaciones entre acontecimientos de la vida en un entorno seguro y aislado, alejado del mundo exterior.

Algunos biólogos interesados en la evolución han propuesto que el sueño se ha desarrollado como un momento en el que ensayar y perfeccionar las conductas que son decisivas para la supervivencia del individuo durante las horas de vigilia. Funcionan como un tipo de entorno de realidad virtual que estimula en un lugar seguro los escenarios que suponen amenazas para la supervivencia. En cierto sentido, esta explicación no es muy distinta de la ofrecida por Hartmann. Una y otra tratan de explicar el papel central que ocupan el miedo y la ansiedad en los sueños reseñados, y tanto una como la otra imaginan el sueño como un entorno protegido en el que llevar a cabo importantes tareas mentales.

Y, por supuesto, ya he examinado la idea de que el ciclo del sueño es importante para la consolidación, la integración y el proceso de referencia cruzada de la memoria, de modo que bastaría con dar un pequeño salto para imaginar que el sueño se halla de alguna manera relacionado con estos procesos de la memoria. Jonathan Winson, de la Rockefeller University, dio un giro interesante a todo este tema al considerar que los sueños son un «procesamiento de memoria autónomo». Según este enfoque, los recursos computacionales necesarios para integrar la experiencia en la memoria, si fueran operativos sólo durante la vigilia, requerirían un volumen de la corteza aún mayor del que ya tenemos, a fin de cuentas insostenible. Por tanto, parar sacar un mayor partido del volumen del cerebro que tenemos, trabajamos también, por decirlo así, durante el turno de noche y continuamos

con el proceso de consolidación e integración de la memoria las veinticuatro horas del día, como una fábrica de munición en época de guerra.

A la hora de examinar los méritos de cada uno de estos modelos que tratan de demarcar cuál es la función que cumple el sueño, sería preciso tener varias cosas presentes. En primer lugar, estos modelos no son por fuerza mutuamente excluyentes: por ejemplo, los sueños podrían funcionar a la vez como reguladores del estado de ánimo y como una parte del proceso de consolidación e integración de la memoria. En segundo lugar, es preciso ser cuidadosos a la hora de hacer algunas distinciones importantes entre los niveles de análisis en los sueños. En un nivel están los procesos subyacentes que se producen en el cerebro durante el estado onírico. Luego está la experiencia del estado onírico mientras pasa y, por último, lo que se refiere sólo a aquellos sueños que han sido interrumpidos o han ido inmediatamente seguidos por el despertar.

En mi opinión, cada uno de los modelos que tratan de explicar la función del sueño tiene algunos puntos fuertes y adolece de ciertas debilidades. Las explicaciones psiquiátricas de los sueños como reguladores del estado de ánimo o como terapia nocturna ofrecen una justificación plausible para el predominio que las emociones negativas tienen en los relatos de sueños. Pero este modelo debe hacer frente a dos importantes observaciones. La primera es que algunas personas no dicen haber tenido sueños a menos que se las despierte por medios artificiales y, aun así, por término medio, no presentan problemas emocionales o cognitivos fuera de lo común. Llegados a este punto, cabría retroceder un poco y plantear que el valor terapéutico de los sueños se da como resultado del hecho de que los vivimos mientras estamos dormidos, aunque luego no los recordemos de forma consciente. En segundo lugar, muchos de los acontecimientos más relevantes de la vida desde un punto de vista emocional nunca llegan a entrar en los sueños, ni en aquellos individuos que de manera regular dejan constancia de los sueños que tienen. Algunos psiquiatras puede que se inclinen por responder que estos acontecimientos se manifestarían simbólicamente en lugar de serlo literalmente, y por tanto no siempre resultaría sencillo descubrirlos.

El modelo de los sueños como un proceso de consolidación e integración de la memoria resulta en muchos sentidos atractivo. Entre otras cosas, ofrece una explicación de por qué elementos que forman parte de la memoria remota a menudo son arrastrados a los sueños: porque es de su-

poner que están siendo integrados en recuerdos más recientes. En el seno de los modelos de la consolidación e integración de la memoria, hay que hacer algunas importantes distinciones. En algunos, la experiencia del sueño y/o su posterior exposición son decisivos para el proceso. Estos modelos, sin duda, tienen que enfrentarse a la misma crítica que se ha dirigido a los modelos emocionales antes citados: en general, las personas que no explican sueños obtienen resultados normales cuando son sometidas a una batería de pruebas de memoria. Una variante reduccionista del modelo de la memoria, propuesta de forma muy convincente por J. Allen Hobson, de la Universidad de Harvard, afirma que el principal propósito del ciclo del sueño es la consolidación y la integración de la memoria, y que las experiencias de sueños narrativos son básicamente aquello que el cerebro con una alteración de la función lógica (corteza frontal dorsolateral inhibida) y el cerebro hiperemocional (los hiperactivos septa, amígdala y cíngulo anterior) reúne en una narración, partiendo casi siempre de trazas de memoria visual (giro parahipocámpico hiperactivo). En este enfoque, el contenido de los sueños es sólo un reflejo de una consolidación de memoria en un divertido espejo que la distorsiona, y por ello no hay necesidad alguna de una interpretación simbólica de los sueños, en el sentido de la tradición freudiana (o del Antiguo Egipto).

Desde mi punto de vista, sin embargo, en los modelos actuales del sueño como consolidación e integración de memoria hay siempre un enorme agujero, ya que no explican por qué razón el contenido de los sueños es tan negativo. Mis sospechas apuntan en el siguiente sentido: es harto sabido que la activación de los circuitos de emociones negativas —miedo, ansiedad, agresividad— en el cerebro refuerzan la consolidación de la memoria en el estado de vigilia. En lo fundamental, una fuerte activación de las regiones del cerebro que están al servicio de las emociones negativas es una señal que dice «escríbelo en la memoria y subráyalo». Durante la consolidación e integración de la memoria en el sueño necesitamos de algún mecanismo que nos diga: «Bien, has establecido esta relación con algo en la memoria a largo plazo. Ahora escríbelo». Sugiero que ese mecanismo es la activación de los centros de las emociones negativas. En lo esencial, los circuitos miedo-ansiedad-agresividad son elegidos para ser utilizados en recuerdos y en conexiones de refuerzo entre recuerdos en

no sabe que los circuitos de las emociones negativas han sido secuestrados, e integra la actividad en estos centros, produciendo sueños narrativos con temas emocionales negativos.

Entonces, ¿en qué punto dejan estos modelos la cuestión de si el contenido de los sueños tiene sentido o no? A mí siempre me ha parecido que no era una pregunta decisiva. Sin duda, el contenido de los sueños tiene cierto interés en cualquier modelo. Los defensores más intransigentes del modelo del sueño como consolidación-integración de memoria están de acuerdo en que el contenido de lo que se escribe en la memoria y de lo que se integra en ella tiene cierto valor a la hora de comprender el estado mental de un individuo. La cuestión consiste en saber hasta dónde llevarlo. Si bien hay un lugar para el análisis del contenido onírico tanto en psicoterapia como en lo relativo al crecimiento personal, no confío —y no hay base biológica para creerlo— en que la comprensión del estado mental de un sujeto se pueda lograr a través del análisis de sus sueños con diccionarios arbitrarios de símbolos.

La obsesión por el contenido específico de los sueños tiende a ocultar lo que tiene de verdaderamente importante el acto de soñar. Lo más útil de la «experiencia» de soñar —a diferencia de los procesos subyacentes— no es el contenido detallado de los sueños. No es tan decisivo que se sueñe con un cigarro habano y no con un zapato, o con el padre y no con la madre. En el acto de soñar lo más importante es que se nos permite experimentar un mundo en el que no rigen las reglas del estado normal de vigilia, donde la causalidad y el pensamiento racional y nuestros esquemas cognitivos centrales (las personas no se transforman ni se fusionan, los lugares deben permanecer constantes, la gravedad siempre actúa, por citar sólo algunos ejemplos, entre otros muchos) se desvanecen en medio de relatos extraños, raros e ilógicos. Y, mientras soñamos, aceptamos estas historias a medida que se van desplegando. En lo esencial, la experiencia de los sueños narrativos nos permite imaginar explicaciones y estructuras que existen fuera de la percepción que tenemos del mundo natural cuando estamos despiertos. En nuestra vida «despierta» puede que aceptemos las estructuras distorsionadas del mundo onírico o puede que seamos unos racionalistas recalcitrantes, o también mezclar ambas perspectivas —como la mayoría, de hecho, hacemos—, pero en todo caso la experiencia del sueño ha levantado el velo y nos permite imaginar un mundo en el que se

Capítulo 8

EL IMPULSO RELIGIOSO

En una pesadilla, me hallaba en la ciudad de Nueva Orleans para asistir al congreso anual de la Society for Neuroscience, que congrega a más o menos treinta mil investigadores del cerebro de todo el mundo. Era de noche y estaba sentado a la mesa de un restaurante con un grupo de colegas. Corría el vino, todos estaban contentos y hablaban cuando empecé a exponer mi teoría de la religión y la función neuronal. El camarero servía enormes platos humeantes de cigalas y langostas hervidas. Mientras proseguía con mi exposición durante más o menos un minuto, poco a poco me fui dando cuenta de que la mesa había quedado sumida en un extraño silencio. Detrás de mí, una figura alta, vestida con una túnica y cubierta con un capirote negro, aguardaba expectante con un molinillo de pimienta del tamaño de un misil Stinger. Me di lentamente la vuelta, al tiempo que ponía fin al rollo que les estaba soltando.

«¿Le gustaría acompañar esto con alguna especulación recién molida?»

Todas las cabezas se volvieron hacia mí. El ruido del restaurante poco a poco pasó de un murmullo sordo a ser, primero, un clamor y, luego, una fuerte carcajada cacofónica. Entonces empezó un ataque desternillante de risa y todos los comensales levantaron poco a poco sus dedos índices y señalaron hacia donde yo me encontraba. La barahúnda de la reunión pronto hizo cobrar vida a las cigalas hervidas en mi plato, que se pusieron tiasas y empezaron a mover sus pinzas hasta que, finalmente, se me echaron encima, desgarrándome la carne mientras entonaban el «In-a-gadda-da-vida, baby, no sabes que te quiero»*

*«In-A-Gadda-Da-Vida», lanzado en 1968, es un tema rock de diecisiete minutos de Iron Butterfly, incluido dentro del álbum del mismo título, que ocupa completamente la cara B. La letra es simple, y se oye sólo al principio y al final. El título de la canción era originalmente «In The Garden Of Eden» («En el Jardín del Edén»), pero, durante los ensayos y la grabación, el cantante Doug Ingle transformó las palabras en la frase sin

con voces cada vez más apagadas a medida que me encogía en el suelo.

No estoy solo. Los neurobiólogos se muestran reticentes a hablar de la función del cerebro y a reglón seguido de religión. Toda cultura humana tiene un lenguaje y una música, y nos agrada estudiar las bases neurobiológicas de estos fenómenos. Toda cultura humana tienen también una forma de matrimonio, y asimismo estudiamos las bases neurobiológicas del vínculo que une a la pareja. Y toda cultura humana tiene su religión. Las formas de religión varían enormemente —al igual que lo hacen la lengua y las costumbres matrimoniales—, pero la presencia de la religión en todas las culturas convierte a ésta en un universal intercultural. Hasta la fecha, aún no se ha encontrado una cultura que carezca de prácticas e ideas religiosas, y sin embargo, los científicos que estudian el cerebro en contadas ocasiones intervienen en discusiones sobre esta forma generalizada de comportamiento humano (quizá debido a un temor muy extendido a aquellas cigalas zombies cantarinas salidas del infierno).

Con aquella especulación recién molida en mano, abordemos estas cuestiones y consideremos algunas ideas religiosas procedentes de diferentes partes del mundo. Algunas de ellas se encuentran expuestas en *Religion Explained: The Evolutionary Origins of Religious Thought* [La religión explicada: los orígenes evolutivos de pensamiento religioso], un libro provocativo, escrito por el antropólogo cognitivo Pascal Boyer.

En todas partes acechan las almas invisibles de los muertos. Deben ser apaciguadas con ofrendas de comida y bebida o nos harán caer enfermos.

Sólo hubo una mujer en toda la historia que dio a luz sin necesidad de tener relaciones sexuales y por esa razón le rendimos culto.

Después de morir, volveremos a la Tierra en una forma superior o inferior, dependiendo de cómo hayamos seguido un conjunto de reglas en esta vida.

Hay un solo Dios Todopoderoso y Omnisciente que puede oír nuestros pensamientos más íntimos. Podemos rezar a nuestro Dios en un templo o en cualquier otro lugar.

Algunos árboles de ébano recuerdan las conversaciones que las personas han mantenido al cobijo de su sombra. Y pueden ser reveladas quemando una ramita del árbol e interpretando el dibujo que crea la ceniza caída en el suelo.

En nuestra aldea hay un chamán que baila hasta que el alma abandona su cuerpo y entra en la tierra de los muertos. Cuando regresa, trae mensajes de nuestros antepasados que se han convertido en dioses que todo lo ven.

Es probable que algunas de estas ideas provengan de tradiciones con las que estamos familiarizados y, en cambio, otras no. Esta pequeña colección de ideas ilustra en cierto modo la diversidad del pensamiento religioso intercultural. Algunos grupos tienen religiones con un solo dios, otras, en cambio, tienen muchos dioses, y algunas no tienen ninguno. En algunos casos, se atribuyen poderes fuera de lo común a figuras históricas o a objetos naturales, que entonces pasan a ser el centro de una particular atención. En otros, se pueden emplear rituales especiales para hablar con los seres divinos o con los muertos.

Hay mucha variedad al respecto, aunque no es infinita. Por ejemplo, no encontraremos una religión en la que haya un dios que todo lo ve y todo lo puede, pero que nunca interactúe con el mundo humano, ni tampoco una religión en la que los espíritus de los antepasados castiguen a los vivos por hacer lo que ellos quieren, ni una religión en la que los sacerdotes puedan ver el futuro, pero luego lo olviden antes de contárselo a alguien. Las religiones, como sucede con los sueños, son variadas; no obstante, aún se hallan circunscritas a un conjunto particular de límites narrativos y cognitivos.

Así, podemos preguntarnos por qué en todas las culturas hallamos alguna forma de religión (aunque no esté presente en todos los individuos). ¿Por qué, tal como expresa Boyer, «los seres humanos adquieren fácilmente cierta gama de nociones religiosas y las transmiten a los demás»? ¿Nuestros actuales conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro nos proporcionan alguna manera de explicar desde un punto de vista intercultural el predominio y las prácticas de la religión?

Si después de tomarme algunas cañas de cerveza, comienzo a pregun-

que frecuentan el mismo bar que yo, obtendré un tipo de respuestas que pueden resumirse como sigue:

La religión aporta consuelo, sobre todo al permitir que los seres humanos nos enfrentemos a nuestra naturaleza mortal.

La religión permite que mantengamos un particular orden social: establece reglas morales para la interacción con los demás.

La religión da respuesta a preguntas difíciles, como, por ejemplo, cuáles son los orígenes del mundo natural.

Todas estas ideas son consideradas válidas en cierta medida por la mayoría de las religiones que encontramos en las regiones más opulentas del mundo. Pero no siempre son aplicables en un sentido intercultural más amplio. Muchas religiones no aportan ningún tipo de consuelo: se preocupan ante todo de los espíritus malévolos que, si no son apaciguados continuamente, nos matarán, nos harán enfermar o enloquecer, destruirán las cosechas o harán que las partidas de caza resulten infructuosas. La mayoría de las religiones cuentan con un relato acerca del origen del mundo y con un mito acerca de la vida después de la muerte, pero no son universales. Las religiones no siempre prometen la salvación. En muchas culturas del mundo, los muertos están condenados a vagar eternamente por muy escrupulosa que haya sido su vida en la Tierra. Muchas sociedades tienen reglas comunes en lo que al orden social se refiere, pero en muchos casos se trata de normas por completo independientes de la práctica religiosa. En resumidas cuentas, aunque las explicaciones que he podido recabar en la barra del bar tienen cierta utilidad, no superan un examen intercultural. No responden a nuestra pregunta fundamental, ¿por qué toda cultura humana tiene una religión? De ahí que sea preciso adoptar un enfoque diferente.

¿Entra en lo razonable imaginar que se pueda invocar una función del cerebro, que en general comparten los seres humanos de todo el mundo,

dad tan amplia de formas (incluido el ateísmo)? Conviene dejar bien claro en este punto qué es lo que buscamos. No estamos investigando una región del encéfalo, ni un neurotransmisor, ni un gen que de algún modo sea el responsable de algo que damos en llamar religión. Este nivel de análisis es improbable que dé frutos. Tampoco estamos buscando el modo de explicar ideas religiosas concretas en términos biológicos. Más bien nos preguntamos si hay algunos aspectos del funcionamiento del cerebro que, *por término medio*, facilitan que los seres humanos adquieran y transmitan el pensamiento religioso.

Trataré de convencer al lector de que nuestro cerebro se ha adaptado de manera particular a la creación de historias coherentes sin lagunas y que esta propensión relativa a la creación de relatos forma parte de lo que predispone a los seres humanos al pensamiento religioso. En el capítulo cuarto abordamos el tema de crear un precepto coherente a partir de fragmentos sensoriales. Recordemos que cuando exploramos una escena visual con minúsculos y rápidos movimientos de los ojos —el denominado movimiento sacádico—, el cerebro emplea algunos ardidés. No vemos, por ejemplo, una imagen que salta y al mismo tiempo que el fondo visual salta también; tampoco vemos, con cada movimiento sacádico, una escena que se desvanece brevemente hasta fundirse en el negro. Más bien, el cerebro capta la «película movida», que es el material en bruto que proviene de las órbitas oculares, lo edita descartando los movimientos sacádicos y llena retroactivamente esas lagunas en la escena visual en curso con imágenes que provienen del momento en que el movimiento sacádico ha terminado. Lo que percibimos parece continuo y fluido, pero en realidad es una narración construida de forma activa por el cerebro a fin de crear un relato sensorial coherente.

La creación de narraciones coherentes en el cerebro no se limita sólo a la manipulación de la percepción de nivel inferior, como sucede en el caso del movimiento ocular sacádico, sino que se extiende a los niveles perceptivos y cognitivos superiores. Esta función se halla presente, aunque es difícil de estudiar en el cerebro normal. A menudo se manifiesta con mayor claridad en los casos en que el cerebro ha sufrido cierto tipo de lesiones, como, por ejemplo, en el caso de personas que padecen amnesia anterógrada. Recordemos brevemente que estas personas no pueden formar

servan intactos recuerdos del pasado más distante. Cuando se le pregunta a un hombre hospitalizado que padece una amnesia anterógrada severa qué hizo ayer, no tiene recuerdos del día anterior que evocar. En muchos casos, el paciente construye una narración a partir de retazos de recuerdos anteriores y los junta hasta formar un relato coherente y detallado. «Me detuve a visitar —dirá— a mi viejo amigo Ned en su tienda y luego nos fuimos a almorzar a un puesto de comida rápida. Me tomé un bocadillo de cecina y unos pepinillos. Después fuimos dando un paseo hasta el parque para ver a los patinadores.» Este proceso, que se denomina técnicamente «fabulación», no es sólo un intento de guardar las apariencias. En casi todos los casos, los amnésicos se creen las fabulaciones que elaboran y actúan basándose en ellas como si fueran ciertas. La fabulación en la amnesia anterógrada no es un proceso sujeto al control de la voluntad, más bien es lo que el cerebro hace cuando se enfrenta a un problema que no puede empezar a resolver: elabora un relato a partir de los fragmentos de experiencia que puede sacar a colación; en gran medida, tal como los sueños narrativos se crean a partir de briznas de recuerdos.

El impulso que lleva a crear un relato coherente se manifiesta también en un grupo fascinante de pacientes con «cerebros divididos» (*split-brain*).^{*} Estas personas sufren una epilepsia severa e intratable, que ha podido ser controlada extirpándoles el cuerpo caloso y la comisura anterior, es decir, los haces de axones que en condiciones normales conectan los hemisferios derecho e izquierdo del encéfalo. La cirugía de división del cerebro, si bien se utiliza como último recurso, es un modo notablemente efectivo de controlar algunos tipos de ataques convulsivos. Mediante esta intervención quirúrgica, se desconecta la vía de comunicación directa entre la corteza cerebral derecha y la izquierda, pero cada lado de la corteza conserva en general un funcionamiento normal, y las partes inferiores (subcorticales) del cerebro continúan conectadas. No deja de ser sorprendente que cuando conocemos a alguien que ha sufrido esta intervención sea poco probable que percibamos que le pasa algo si mantenemos una conversación informal. Es preciso un examen cuidadoso, por lo general, empleando instrumentos especiales, para poner de manifiesto algo fuera de lo común.

En la década de 1960, Roger Sperry, del California Institute of Technology (el mismo destacado neurobiólogo cuyo trabajo sobre el desarrollo del sistema visual de la rana comenté en el capítulo tercero), inició el análisis de la percepción y la cognición en pacientes a los que se había practicado la intervención quirúrgica para separar los dos hemisferios cerebrales. Este estudio fue continuado en fecha más reciente por una serie de investigadores, entre ellos Michael Gazzaniga, de la Universidad de California en Santa Bárbara. En la mayoría de las personas —casi todos los diestros y casi la mitad de los zurdos—, la corteza izquierda se halla especializada en el pensamiento abstracto, el lenguaje —sobre todo en lo referente al significado de las palabras— y el cálculo matemático secuencial. La corteza derecha descuella en relaciones espaciales, la geometría, reconocimiento facial y en detectar el tono emocional del lenguaje, la música y las expresiones faciales. Hemos llegado a saber todo esto a partir de pacientes que sufrían lesiones cerebrales localizadas, así como gracias a los estudios realizados con seres humanos normales aplicando las técnicas contemporáneas de exploración, y obtención de imágenes del interior del cerebro mediante escáner.

Los pacientes que han sufrido la intervención quirúrgica para separar los dos hemisferios cerebrales son una oportunidad única en su género para ver de qué modo las cortezas cerebrales derecha e izquierda procesan la información por separado. En un célebre experimento, un paciente con el cerebro dividido fue colocado ante una pantalla diseñada de manera especial a fin de que la corteza cerebral izquierda recibiera sólo la imagen de la pata de un pollo (proyectada en el campo visual derecho, ya que su representación se invierte en el cerebro, de modo que la izquierda pasa a ser la derecha), en tanto que la corteza cerebral derecha veía un paisaje invernal cubierto por la nieve (fig. 8.1). Cuando se le pidió al paciente que escogiera una postal con una imagen que se ajustara a lo que veía, la corteza cerebral que controla el movimiento de la mano izquierda escogió una pala acorde con el tema de la nieve, mientras que la corteza izquierda, que controla la mano derecha, escogía una imagen de un pollo acorde con la imagen de la pata. Esto demostraba que cada lado de la corteza podía reconocer su imagen y hacer una asociación adecuada. Cuando se le preguntó al paciente por qué había escogido cada una de aquellas dos imágenes,

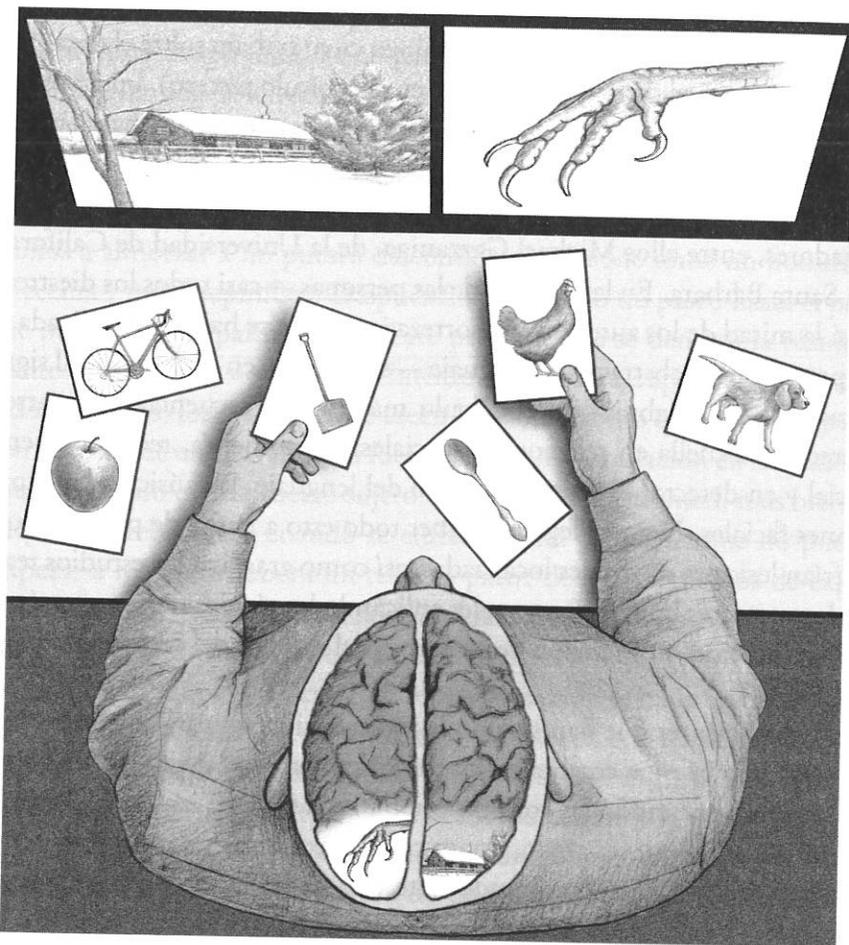


FIGURA 8.1. Un paciente con los dos hemisferios cerebrales separados recibe estímulos visuales independientes en cada hemisferio cortical. La pata de pollo en el campo visual derecho activa el hemisferio izquierdo, mientras que el paisaje nevado en el campo visual izquierdo activa el hemisferio derecho. Cuando se le pide al paciente que explique su elección de las imágenes relacionadas temáticamente, el resultado es una fabulación. Ilustración de Joan M. H. Tycko.

pues el derecho es mudo— y fue: «Bueno, es sencillo. La pata de pollo iba con el pollo y una pala era necesaria para limpiar el gallinero».

Pensemos detenidamente lo que sucede en este caso. El cerebro izquierdo mostraba la pata de pollo, pero no la escena de la nieve. Al confrontarle con la pala y el pollo construyó de manera retroactiva un relato

Michael Gazzaniga, en su libro titulado *The Mind's Past*,* del que se ha extraído este ejemplo, señala que «lo sorprendente de este hecho es que el hemisferio izquierdo es perfectamente capaz de decir algo similar a “mire, no tengo ni idea de por qué escogí la pala... deje de hacerme esta estúpida pregunta”. Y, sin embargo, no lo hace».

Otro ejemplo extraído del libro de Gazzaniga. Si, en un paciente con el cerebro dividido, el hemisferio derecho del cerebro —mudo— recibe la instrucción «vaya a dar un paseo», el sujeto sin decir palabra retirará la silla y se dispondrá a salir. Si en ese preciso instante se le pregunta qué está haciendo al cerebro izquierdo, que puede hablar, pero que no tiene conocimiento de la anterior instrucción, elaborará una respuesta en apariencia coherente que interprete la acción del cuerpo, como, por ejemplo: «Tenía sed y decidí levantarme para ir a beber agua» o «Me había dado un calambre en la pierna izquierda y necesitaba estirla». No es algo que se dé por casualidad en uno o dos pacientes cuyos hemisferios cerebrales han sido separados, la capacidad de la corteza izquierda para interpretar narraciones se ha observado con claridad en muchas situaciones diferentes en más de un centenar de pacientes cuyo cerebro ha sido dividido.

En todos los seres humanos, y no sólo en aquellos que han pasado por este tipo de intervenciones quirúrgicas, esta actuación de la corteza cerebral se manifiesta en el sueño narrativo. ¿Por qué tenemos sueños «narrativos»? Si el propósito subyacente de estos sueños es en realidad la consolidación y la integración de la memoria, entonces, ¿por qué razón no experimentamos sólo viñetas aisladas o destellos de memoria en lugar de un relato ilógico y extraño que se despliega como una narración? La respuesta es que la función de construir narraciones de la corteza cerebral izquierda no para ni siquiera mientras dormimos. Al igual que sucede con el sistema cerebral —como vimos en el capítulo primero—, diseñado para reducir la percepción de los movimientos autogenerados, siempre se halla activo, tanto si su función es relevante para una tarea concreta como si no. El investigador David Foulkes, especializado en los sueños, comenta a Andrea Rock en el libro de esta última, *The Mind at Night* [*La mente por la noche*]: «El intérprete —la función constructora de narraciones de la corteza del hemisferio izquierdo— realiza un trabajo de fabulación de relatos aún más

espectacular que el realizado durante la vigilia, porque el cerebro, mientras duerme, se halla activo, pero la materia de base con la que debe trabajar es muy distinta. Perdemos de vista nuestra identidad, el mundo que nos rodea y el pensamiento ya no está dirigido».

Con esto vengo a sugerir que la función de construcción narrativa siempre activa de la corteza izquierda fomenta el proceso de adquisición del pensamiento religioso a través de medios a la vez subconscientes y conscientes. Las ideas religiosas suponen en amplia medida explicaciones cuyo carácter es claramente no naturalista. Tanto si las ideas religiosas son consideradas por quienes las practican como «fe» o sencillamente como «conocimiento dado», comparten la propiedad de que infringen las estructuras y las categorías perceptivas y cognitivas que rigen la vida cotidiana. La corteza del hemisferio izquierdo nos predispone a crear relatos a partir de fragmentos de la percepción y la memoria. Las ideas religiosas se forman de manera análoga transformando las percepciones cotidianas, elaborando narraciones coherentes que salvan las diferencias de conceptos y entidades por lo demás dispares. Pascal Boyer sugiere que los conceptos religiosos más efectivos preservan todas las inferencias relevantes de una categoría cognitiva concreta, salvo aquellas que se hallan específicamente prohibidas por un aspecto especial cuyo carácter no es natural.

Sólo hubo una mujer en toda la historia que dio a luz sin necesidad de tener relaciones sexuales y por esa razón le rendimos culto.

Categoría: persona. Aspecto especial: nacimiento virginal.

Hay un solo Dios Todopoderoso y Omnisciente que puede oír nuestros pensamientos más íntimos. Podemos rezar a nuestro Dios en un templo o en cualquier otra parte.

Categoría: persona. Aspecto especial: omnipotente, omnisciente.

Algunos árboles de ébano recuerdan las conversaciones que las personas han mantenido al cobijo de su sombra. Y pueden ser reveladas quemando una ramita del árbol e interpretando el dibujo que crea la ceniza caída en el suelo.

Categoría: planta. Aspecto especial: recuerda las conversaciones.

El hecho de reunir preceptos e ideas dispares a fin de crear una narración coherente que infringe las categorías cognitivas y nuestra experiencia cotidiana cuando estamos despiertos es una función de la corteza del hemisferio izquierdo que subyace tanto a los sueños como a la creación y la difusión social del pensamiento religioso. Esta función actúa de modo subconsciente. No somos conscientes de las historias que hilvana la corteza del hemisferio izquierdo durante la vida que pasamos despiertos. No prestamos atención al hombre que hay detrás de la cortina.

En cambio, en nuestros sueños narrativos, tenemos la experiencia de extensas y prolongadas vulneraciones de la lógica, de la modalidad de relación y de la causalidad convencionales. En nuestros sueños vivimos experiencias cuyo carácter no es naturalista. Los sueños nos permiten conceptualizar sistemas y relatos que no están limitados por las categorías y las expectativas causales que rigen durante la vigilia nuestra vida convencional. En este sentido, el proceso subconsciente de creación narrativa se hace evidente a nuestra mente consciente.

De ahí que plantee como hipótesis que la creación narrativa que se realiza en la corteza del hemisferio izquierdo actúa en dos sentidos a la hora de fomentar el pensamiento religioso: de manera subconsciente, al realizar los saltos cognitivos que son la base del pensamiento no naturalista que infringe las categorías, las expectativas y la causalidad; y de manera consciente, a través de los sueños recordados, para crear una «plantilla» para el pensamiento no naturalista. En este sentido, no es un mero accidente que las prácticas rituales interculturales a menudo incorporen sueños, drogas alucinógenas, estados de trance, danzas, meditación y música. Todos estos aspectos de la práctica ritual, al alejarnos de la conciencia «despierta», proporcionan experiencias oníricas, no naturalistas, guiadas por la corteza del hemisferio cerebral izquierdo, y de este modo refuerzan el impulso religioso.

Conviene dejar bien claro lo que propongo en estas páginas. Si bien todas las culturas tienen en un grado u otro pensamiento religioso, en última instancia, éste es un fenómeno individual. En el marco de una cultura dada, los individuos difieren de manera considerable en lo que respecta a su religiosidad y algunos afirman que ni siquiera la tienen. No planteo que algunos individuos —o ciertos grupos culturales— sean portadores de una variación biológica, genética o epigenética que permita predecir

su predisposición al pensamiento religioso. Más bien sugiero que si bien en una escala individual la religión es una cuestión de fe personal en la que inciden determinados factores socioculturales, la herencia evolutiva que compartimos como seres humanos, tal como se refleja en la estructura y la función de nuestro cerebro, nos predispone como especie al pensamiento religioso en el mismo sentido que nos predispone en gran medida a otros universales culturales humanos, como el vínculo de pareja de larga duración, el lenguaje y la música.

La fe no es competencia exclusiva de la religión. Cuando John Brockman planteó a un grupo de científicos y académicos, a través de su página web www.edge.org, la pregunta: «¿Lo que creen ustedes es verdad aunque no puedan probarlo?», recibió un gran volumen de respuestas, aunque la mayoría no eran explícitamente religiosas, incluso de los ateos racionalistas más recalcitrantes. Hasta cierto punto, todos hemos estado dispuestos o al menos estamos muy predispuestos a creer en cosas que no podemos probar. El acto de fe es algo esencial a la función mental humana. Es un primer paso, y un paso importante, en la tarea de dar sentido a nuestro mundo.

Entonces, ¿por qué razón, sobre todo en Estados Unidos, las ideas científicas y las religiosas a menudo han acabado conduciendo a una guerra cultural? Una razón tal vez sea que muchos científicos no han sido lo bastante humildes al hablar de su especialidad. La investigación científica ha socavado la base sobre la que se sostenían algunas ideas religiosas concretas (como el Diluvio universal, la datación de la antigüedad de la Tierra en seis mil años o la creación de Eva a partir de la costilla de Adán de las que habla la Biblia en el judeocristianismo). Para algunos científicos, estos hallazgos bastan para autorizar el rechazo general hacia el creyente y la fe religiosa. Pero, hablando en términos científicos, ¿hay justificación para hacerlo? Aunque los textos religiosos particulares sean en sus detalles falsables, el núcleo de principios de muchas religiones (la fe en un Dios, en la existencia de un alma inmortal) no lo son. La ciencia *no puede probar o refutar* las ideas centrales que subyacen a la mayor parte del pensamiento religioso. Cuando los científicos pretenden haber invalidado sin pruebas estos principios fundamentales de la fe religiosa, no hacen ningún favor ni a la ciencia

Por parte de la religión, a menudo ha habido una intolerancia similar hacia el pensamiento científico. Fundamentalistas de muchas religiones, cristianos, musulmanes, hebreos o hindúes, por nombrar sólo a algunos, han insistido en una interpretación rígida y literal de los textos sagrados. Para estas personas, el rechazo de la ciencia es como un dato conocido, y cuanto más firme es este rechazo, tanto mejor, porque lo consideran una oportunidad para demostrar la fuerza de su sentir religioso. «Tengo fe y creo en esto con todo mi corazón, y nada de lo que podáis decir o hacer va a cambiar mi fe.» Los intentos de reconciliar las interpretaciones literales de los textos sagrados con las observaciones del mundo conducen a menudo a proposiciones improbables. Por ejemplo, una exposición en el Museo de la Creación de Petersburg, en Kentucky, mostraba parejas de dinosaurios que avanzaban por la rampa, ¡para embarcar en el Arca de Noé!

Son muy pocos los ámbitos de la ciencia que exasperan a la mayoría de los fundamentalistas. La química y las matemáticas son áreas que pasan ampliamente sin plantear problemas. La física no inspira acalorados debates en las reuniones de los consejos escolares (aunque esto es algo que puede cambiar). La biología evolutiva, en cambio, se lleva la mayor parte de la vehemencia. No es sólo que la biología evolutiva contradiga los relatos de la Creación tradicionales, como el que se narra en el libro del Génesis. También se ha supuesto que si se aceptaba la idea de que la vida se ha desarrollado sin necesidad de la intervención divina, de ello se seguía de manera inexorable el deber de rechazar todos los aspectos del pensamiento religioso. Quienes han llevado esta línea de argumentación a los extremos sostienen que, si se rechaza el pensamiento religioso, los códigos morales y sociales degenerarán y entonces todo lo que quedará será sólo «la ley de la selva». Los fundamentalistas religiosos se imaginan que quienes no comparten su particular credo son incapaces de llevar vidas morales.

La tragedia es que estas suposiciones sencillamente no son ciertas. Se puede ser una persona de fe y seguir aceptando una imagen científica del mundo, en la que se incluyan también los preceptos de la biología evolutiva (y se puede ser un ateo o un agnóstico y una persona escrupulosamente moral). Sólo la religión *fundamentalista* es incompatible con la ciencia. Por fortuna, muchos de los líderes religiosos han aceptado la idea de que las nociones científicas y las ideas religiosas no son mutuamente excluyen-

Buda estaba equivocado, entonces el budismo deberá cambiar. En marcado contraste con las enseñanzas fundamentalistas cristianas, los obispos católicos de Inglaterra, Escocia y Gales afirmaron que «no debemos esperar encontrar en las Escrituras una exactitud científica plena o una precisión histórica completa». Para ellos, la Biblia es verdad en aquellos pasajes en que se habla de la salvación del ser humano y del origen divino del alma, pero al mismo tiempo afirman que «no debemos esperar una exactitud total [...] en otros asuntos laicos». (Estas citas han sido extraídas del libro *The Gift of Scripture* [*El regalo de las Escrituras*], publicado en el Reino Unido por la Catholic True Society.) El Vaticano ha afirmado en esencia que el modelo científico consensuado de la evolución es válido, aunque sólo explica la parte biológica de la humanidad, no el misterio espiritual. Sólo cabe reconocer que es de lo más razonable que se puede decir.

Todos creemos en cosas que no podemos demostrar. Estas ideas no demostradas que en última instancia están sujetas al experimento o a la observación constituyen la «fe científica». Aquellos que no pueden serlo, constituyen la fe religiosa. Estos dos modos de pensar no son mutuamente excluyentes, como a algunos líderes religiosos fundamentalistas y a ciertos científicos les gustaría que creyéramos. Más bien son como las dos ramas de una misma corriente cognitiva. Nuestro cerebro ha evolucionado para hacernos creer.

Capítulo 9

EL POCO INTELIGENTE DISEÑO DEL CEREBRO

La hostilidad hacia la biología evolutiva ha sido un rasgo característico de algunos sectores del panorama político y religioso de Estados Unidos durante muchos años, aunque en casi todos los demás países la cuestión ha sido mucho menos polémica. La mayoría de las adscripciones religiosas y en realidad casi todos los líderes de la comunidad cristiana han hecho las paces con los principios básicos de la evolución, a saber, que toda la vida presente hoy en la Tierra deriva de un antepasado de unos 3.500 millones de años de antigüedad, y que los seres vivos cambian poco a poco a través de un proceso aleatorio de mutación genética parejo a un proceso de selección natural. En realidad, el papa Juan Pablo II así lo puntualizó en un discurso que pronunció ante la Academia Pontificia de las Ciencias titulado «La verdad no contradice la verdad». En aquel discurso dijo: «Hoy, casi medio siglo después de la publicación de la encíclica —refiriéndose a una epístola solemne que el papa Pío XII escribió en 1950 y en la que decía que no había oposición entre la evolución y la doctrina de la fe—, el nuevo conocimiento ha conducido al reconocimiento de la teoría de la evolución como algo más que una hipótesis».

Pero los cristianos fundamentalistas son partidarios de una lectura literal del libro del Génesis, y durante muchos años han tratado de hacer que esta manera de interpretar la Biblia sea enseñada en las escuelas públicas de Estados Unidos. A medida que estos intentos eran desautorizados por repetidas sentencias de los tribunales de justicia amparadas en la separación entre Iglesia y Estado establecida por la Constitución, surgió una nueva estrategia para conseguirlo que recibió el nombre de «creacionismo científico». Un grupo de cristianos fundamentalistas estadounidenses trataron de afirmar que un cuidadoso examen de los registros biológicos y geológicos apoyan el relato del Génesis: que la Tierra tiene una antigüedad de seis mil años, que todas las especies fueron creadas de manera simultánea, y que las

Diluvio de la época de Noé. Pero esta argumentación también fracasó. No sólo era imposible reunir pruebas para sostener estas afirmaciones en términos científicos, sino que, por decirlo con las palabras que escogió el biólogo evolucionista Jerry Coyne, «los tribunales de justicia de Estados Unidos supieron descubrir con meridiana claridad los alzacuellos de los clérigos bajo las batas de laboratorio» y revocaron la enseñanza del creacionismo pretendidamente científico en las escuelas.

En la década de 1990, se ideó una nueva estrategia. Reconociendo que las referencias explícitas a la religión siempre serían rechazadas por los tribunales de justicia, un grupo de académicos cristianos fundamentalistas dio un paso hacia atrás y trató de idear una teoría que pusiera en tela de juicio la biología evolutiva, pero que pareciera al mismo tiempo razonable desde un punto de vista científico. Este movimiento, del así llamado «diseño inteligente», no trata de reunir pruebas que apoyen puntos tan obviamente insostenibles en términos científicos como una antigüedad de seis mil años para la Tierra o el Diluvio de Noé u otros aspectos del relato del Génesis. De hecho, cuando hablan dirigiéndose al mundo en general, los partidarios del diseño inteligente se guardan mucho de mencionar a Dios o la religión. Más bien afirman que las criaturas vivas son demasiado complejas e inteligentes para haber surgido sólo por mutación aleatoria y selección natural. Estas formas, según ellos afirman, son demasiado elegantes y complejas, y por tanto tienen que ser obra de un diseñador inteligente sin especificar. Esta manera de pensar admite el cambio paulatino de los seres vivos y acepta tanto los cambios en el registro fósil como en las relaciones genéticas entre los organismos vivos, pero pone en tela de juicio el mecanismo que dirige este cambio.

El quid de la cuestión es que el diseño inteligente pretende pasar por una teoría científica, pero no lo es. El papa Juan Pablo II dio de lleno en la cuestión cuando ofreció la siguiente definición: «Una teoría es una elaboración metacientífica diferente de los resultados aportados por la observación, pero consistente con ellos. A través de ella, se pueden relacionar una serie de datos y hechos independientes e interpretarlos en una explicación unificada. La validez de una teoría depende de si puede ser o no refutada. Es continuamente puesta a prueba por los hechos; allí donde no pueda seguir explicándolos, demuestra sus limitaciones y su inadecuación, y debe ser repensada» (discurso pronunciado ante la Academia Pontificia de

La evolución es una teoría. Puede ser falseada por una serie particular de hallazgos, como, por ejemplo, el esqueleto de un homínido que fuese datado como perteneciente al Jurásico. El diseño inteligente, en cambio, no. Descansa en una inferencia subjetiva acerca del diseño que no se halla sujeta a una observación o a un experimento que puedan invalidarla o no. No es de extrañar que, pese a los abundantes fondos aportados por algunos grupos religiosos y políticos, el movimiento del diseño inteligente no haya aportado ningún trabajo de campo ni experimento de laboratorio en defensa de sus afirmaciones. Sí se escriben libros, se presentan artículos y se publican, incluso se construyen modelos matemáticos... toda la parafernalia de la ciencia se halla presente, pero en el centro no hay ni una pizca de ciencia.

Cabe preguntarse si la meta del movimiento del diseño inteligente es en realidad hacer ciencia legítima que ponga en tela de juicio la teoría de la evolución o más bien consiste meramente en elaborar una visión del creacionismo lo bastante diluida para que tenga visos de ser científica y con ello se gane un lugar en la mesa de debate y pase desapercibida al radar de los tribunales de justicia. Si bien los que proponen el diseño inteligente se cuidan mucho de no mencionar la religión en los debates o las vistas públicas, cuando en cambio se dirigen a un auditorio cristiano fundamentalista, la imagen de conjunto resulta profundamente distinta. Phillip E. Johnson, de la Universidad de California, en Berkeley, y uno de los fundadores del movimiento del diseño inteligente, dijo en una entrevista que se le realizó el 10 de enero de 2003 ante los micrófonos de la American Family Radio: «Nuestra estrategia ha sido cambiar el tema un poco de modo que pudiéramos llevar la cuestión del diseño inteligente, que de hecho significa la realidad de Dios, ante el mundo académico e introducirla en las escuelas». William Dembski, del Seminario Bautista Teológico del Sur, otro de los defensores más conocidos de esta corriente, ha declarado que «el diseño inteligente abarca fácilmente la naturaleza sacramental de la realidad física. En realidad, el diseño inteligente es sólo el Logos de la teoría del Evangelio de san Juan, expuesto en la lengua de la teoría de la información» (*Touchstone: A Journal of Mere Christianity*,

Vale decir que el rostro que muestra públicamente el diseño inteligente ha sido hábilmente elaborado para que dé la impresión de ser una teoría científica legítima, sin lazos que la vinculen a un programa religioso específico. Otorga justificación a los políticos y a los miembros del consejo escolar, que de este modo pueden adoptar un tono de imparcialidad y afirmar que debemos presentar a nuestros estudiantes los dos bandos de este fascinante debate científico. Por ejemplo, en el mes de marzo de 2002, el senador republicano por el estado de Pensilvania Rick Santorum afirmó: «Los defensores del diseño inteligente no tratan de enseñar religión a través de la ciencia, sino que tratan de establecer la validez de su teoría como una alternativa científica al darwinismo». En el mes de agosto de 2005, el presidente George W. Bush intervino afirmando que ambas posiciones debían ser enseñadas «de manera adecuada [...] de modo que los ciudadanos puedan comprender de qué trata el debate».

Si creemos que la vida fue diseñada por una fuerza inteligente —ya sea el Dios judeocristiano, los ángeles, el Dios del islam o aun los extraterrestres—, entonces el cerebro humano, la supuesta sede de la razón, la moralidad y la fe, se convierte en el elemento decisivo para demostrar la existencia de este supuesto diseño inteligente. Al fin y al cabo, esta masa de tejido con sus 1,40 kilos de peso puede resolver problemas de reconocimiento, categorización, interacción social, así como otras muchas cuestiones que repetidamente desconciertan a los superordenadores más sofisticados del mundo, que han sido diseñados y programados por equipos de ingenieros electrónicos e informáticos de un talento extraordinario. ¿Eso, acaso, no nos lleva a suponer que el cerebro fue diseñado por un ingeniero aún más habilidoso?

Los defensores del diseño inteligente plantean dos argumentos principales. En primer lugar, tal como hemos visto, pretenden que los seres vivos no pueden haber surgido a través de una evolución de tipo darwinista porque cuentan con estructuras que son «irreductiblemente complejas». Esto significa que si elimináramos alguno de los componentes de una de estas estructuras como, pongamos por caso, un canal iónico o el flagelo de una bacteria, no sólo quedaría parcialmente inutilizada, sino

ginar —alegan— que estas estructuras surgen de un cambio aleatorio y de una selección gradual, si las formas intermedias dejan de funcionar y se malogran? En segundo lugar, sostienen que la mutación aleatoria y la selección natural no pueden generar información nueva y que, por tanto, no pueden producir la «complejidad específica» necesaria para la adaptación al entorno. En su opinión, sólo un agente inteligente puede sortear estos problemas.

Especialistas en la evolución molecular y la teoría de la información —ámbitos en los que no soy precisamente un experto— han rebatido estas afirmaciones con exquisita minuciosidad (véase el capítulo dedicado a las «Lecturas y recursos adicionales» al final de este libro). Para mí, una de las pruebas más convincentes en contra de la afirmación de la existencia de una complejidad irreductible es que una meticulosa observación revela que la complejidad no tiene nada de irreductible. Por ejemplo, en las bacterias más recientes, el flagelo —la estructura semejante a un látigo que poseen las bacterias y que al hacerlo girar les permite desplazarse a través de los líquidos— es más complejo que el flagelo de las bacterias más antiguas. En muchos casos, las estructuras complejas como el flagelo surgen cuando los genes que median otras funciones —como, por ejemplo, el bombeo iónico— se duplican aleatoriamente en el genoma y entonces una copia del gen duplicado acumula mutaciones que le permiten adoptar una nueva función (como un componente del flagelo).

La afirmación según la cual la «complejidad específica» no puede surgir por mutación aleatoria y selección natural es un argumento especioso. La crítica supuestamente procedente de la teoría de la información, según la cual no se puede generar nueva información a través del proceso evolutivo, sólo sería válida si el proceso evolutivo tuviera por objetivo coincidir con un patrón dado aparte. Y éste no es el caso. El proceso evolutivo no consiste en construir estructuras complejas especificadas previamente, como los ojos, los riñones o el cerebro. No tiene meta alguna. La única fuerza impulsora de la evolución es el éxito reproductivo y las cuestiones correlativas de selección del parentesco y el éxito reproductivo de la propia prole. Si la construcción de estructuras complejas acrecienta la aptitud reproductiva, entonces puede que surjan, aunque si el hecho de destruir estructuras complejas aumentara a su vez la aptitud reproductiva, enton-

bilidad (tal como sucede cuando los ojos del pez cavernícola dejan de ser funcionales).

Entonces, ¿en qué lugar deja todo esto al movimiento del diseño inteligente? En lo fundamental, deja a sus defensores afirmando algo así como «*mirad a ese ser vivo. ¿No es demasiado fabuloso para no haber sido activamente diseñado?*». El bioquímico Michael Behe adoptó esta línea de argumentación cuando desde las páginas de opinión de *The New York Times* defendió el movimiento del diseño inteligente. En un artículo publicado el 7 de febrero de 2005, afirmaba: «La fuerte presencia del diseño nos permite formular un argumento de una sencillez desarmante: si parece, anda y grazna como un pato, entonces, en ausencia de pruebas convincentes de lo contrario, está justificado concluir que se trata de un pato. No se debe pasar por alto el diseño por el mero hecho de que sea demasiado obvio». A Behe le hubiera gustado que el diseño inteligente fuera la explicación por defecto de la estructura biológica, dejando que el peso de la prueba que lo refutara corriera a cargo de la explicación rival (fig. 9.1).

Cabe preguntarse, además, si las pruebas en biología a favor del diseño inteligente son tan evidentes. En mi opinión, el cerebro, el caso crucial en que podría probarse, es en muchos sentidos y aspectos una verdadera pesadilla como diseño. Vamos a repasarlo un poco. Cuando comparamos el cerebro humano y el de otros vertebrados, resulta evidente que el cerebro humano se ha desarrollado principalmente por aglomeración. Así, la diferencia entre el cerebro de un lagarto y el de un ratón no pasa por un rediseño completo; más bien, el cerebro del ratón resulta básicamente ser el mismo que el del lagarto con algunas cosas añadidas que se le han apilado encima. Y de manera análoga, el cerebro humano es básicamente el cerebro del ratón con aún más elementos adicionales amontonados encima. Así es como llegamos a tener dos sistemas visuales y dos sistemas auditivos (uno antiguo y otro moderno) embutidos en nuestra cabeza. El cerebro se ha construido como un cucurucho de helado con nuevas bolas apiladas en cada etapa de la evolución de nuestro linaje.

El diseño accidental es aún más evidente en la escala celular del cerebro. Las neuronas se encargan de integrar y propagar las señales eléctricas. Sin embargo, desde casi todos los puntos de vista, las neuronas realizan mal esa función. Propagan las señales con lentitud (un millón de veces más

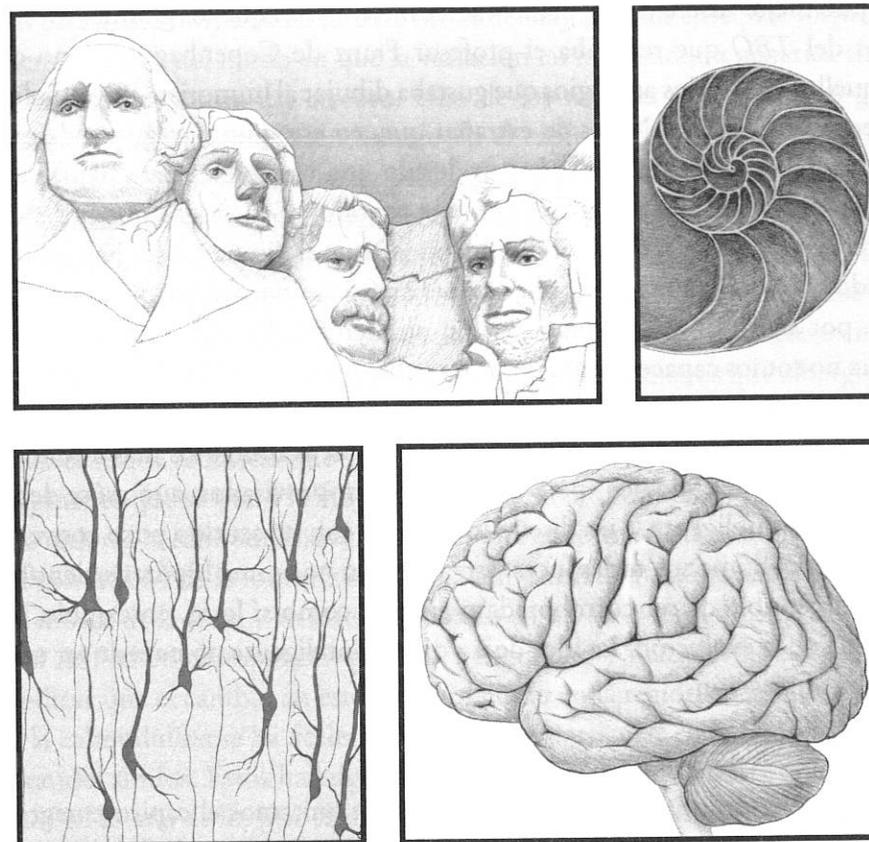


FIGURA 9.1. ¿Todos estos elementos ponen de manifiesto la obra de un diseñador inteligente? A los defensores de esta teoría les gusta utilizar las figuras de los presidentes de Estados Unidos esculpidas en la roca del monte Rushmore (arriba, a la izquierda) para ilustrar algo que podríamos considerar diseñado de forma inteligente, aunque sin mediar ningún experimento concreto. De ahí pasan luego a afirmar que las pruebas de la existencia de un diseño inteligente son igualmente evidentes en las estructuras biológicas como, por ejemplo, el caparazón compartimentado de un nautilus (arriba, a la derecha, en una sección transversal), las neuronas de la corteza cerebral (abajo, a la izquierda) y el cerebro en su conjunto (abajo, a la derecha). Ilustración de Joan M. K. Tycko.

minúscula (de cero a mil doscientos impulsos por segundo), filtran señales a sus vecinas y, por término medio, sólo un 30 por ciento de las veces propagan con éxito las señales a sus puntos de destino. Las neuronas del cerebro en su condición de dispositivos eléctricos son en extremo ineficientes.

De ahí que, tanto si consideramos sus sistemas como sus células, el ce-

tejido mejor diseñado del planeta se asemeje más a aquellos grandes inventos del *TBO* que realizaba el profesor Franz de Copenhague o uno de aquellos complejos artilugios que gustaba dibujar al humorista Rube Goldberg (1883-1970). No es de extrañar que, en este punto, algunos defensores del diseño inteligente hayan dejado una vía abierta para batirse en retirada. Michael Behe escribía en este sentido: «Son rasgos que nos sorprenden por su rareza en un diseño, puede que el diseñador los haya colocado allí por alguna razón (por razones artísticas, por variedad, para lucirse, por algún propósito práctico aún no identificado o por alguna razón que no somos capaces de adivinar) o puede que no». Dicho de otro modo, si a primera vista los sistemas biológicos parecen impresionantes, tiene que ser el resultado de un diseño inteligente. Si, al examinarlos más a fondo, estos sistemas biológicos parecen artilugios improvisados, aun así se debe al diseño inteligente, a un diseño inteligente con un sentido poco convencional del humor. A todas luces, esta posición no es una hipótesis científica susceptible de ser corroborada o falsada, como sí lo es, en cambio, la teoría de la evolución. La idea de un diseño inteligente no pasa de ser una mera afirmación.

¿Y qué sucede cuando, por decirlo así, le quitamos el capirote negro? Al fin y al cabo, disponemos de las secuencias completas de los genomas tanto del ser humano como del ratón, del gusano o de la mosca de la fruta. ¿Y que nos dicen? Exponen aún con mayor fuerza los argumentos en favor de la evolución. ¿Le gustaría ver los genes duplicados colaborando al desarrollo de nuevos rasgos complejos? Ahí los tiene. ¿Y qué sucede con los genes invalidados —los pseudogenes— que han mutado hasta el punto de que ya no cumplen la función de codificar proteínas? Comprobémoslo. ¿Genes en los que las mutaciones se han acumulado a través de la evolución de la especie hasta dar lugar a nuevas funciones? No hay problema.

Hace sólo unos pocos años que disponemos de las secuencias completas de estos genomas y son muchas las cosas que aún no sabemos acerca del modo en que los genes dirigen la estructura y la función de los tejidos y de cómo su expresión puede responder a claves medioambientales. El conocimiento del que disponemos de las interacciones entre genes y en torno a

en un estadio muy inicial. Ello no obstante, hay algunos ejemplos sorprendentes acerca del modo en que la variación en la estructura genética subyace a la estructura del cerebro. Uno de los mejores ejemplos es el gen ASPM (que ya hemos mencionado en el capítulo tercero). Recordemos que este gen, que se encarga de codificar una proteína en el huso mitótico —una estructura útil en la organización de los cromosomas durante la fase de división celular o mitosis—, parece determinar cuántas veces las células madre corticales se dividen antes de que se vean forzadas a convertirse en neuronas corticales. En consecuencia, este gen tiene un papel clave en la determinación del tamaño de la corteza. Los seres humanos que alberguen ciertas mutaciones en el gen ASPM serán microcefálicos. Puede también que el lector recuerde que una parte importante de esta proteína es un segmento que se une a la molécula mensajera calmodulina y que la región de unión a la calmodulina se halla presente en forma de dos duplicados en el gen ASPM de la lombriz intestinal, en veinticuatro duplicados en el de la mosca de la fruta y en setenta y cuatro en los seres humanos. El análisis del ASPM en chimpancés, gorilas, orangutanes y macacos ha permitido indicar que el cambio en este gen sobre todo en la región en la que se une a la calmodulina se ha acelerado de manera particular en la familia de los grandes simios. Estos hallazgos sugieren de forma convincente que el gen ASPM es uno de los principales determinantes de la evolución del tamaño de la corteza. En algunos años más no tendremos ya que especular sobre los genes que sirven de base a la evolución de la estructura del cerebro, vamos a poder acceder a ellos.

Así, a la vista de la información genómica, que respalda de una forma tan convincente la evolución, inclusive la del cerebro, ¿hasta dónde van a retroceder en su postura sobre este punto quienes defienden el diseño inteligente? Behe señalaba una vía de escape: imaginemos que un diseñador inteligente ensamblara algunos organismos sencillos hace muchísimo tiempo y luego, lavándose las manos de todo aquello, dejara que la evolución se hiciera cargo. De este modo, aún es posible que hayamos evolucionado a partir de un antepasado común a los chimpancés y a los ratones, a las moscas y a los gusanos, pero sólo gracias a un diseño inteligente que concluyó hace más de seiscientos millones de años. Al afirmar que tanto la creación por medio de un diseño inteligente como la evolución por selec-

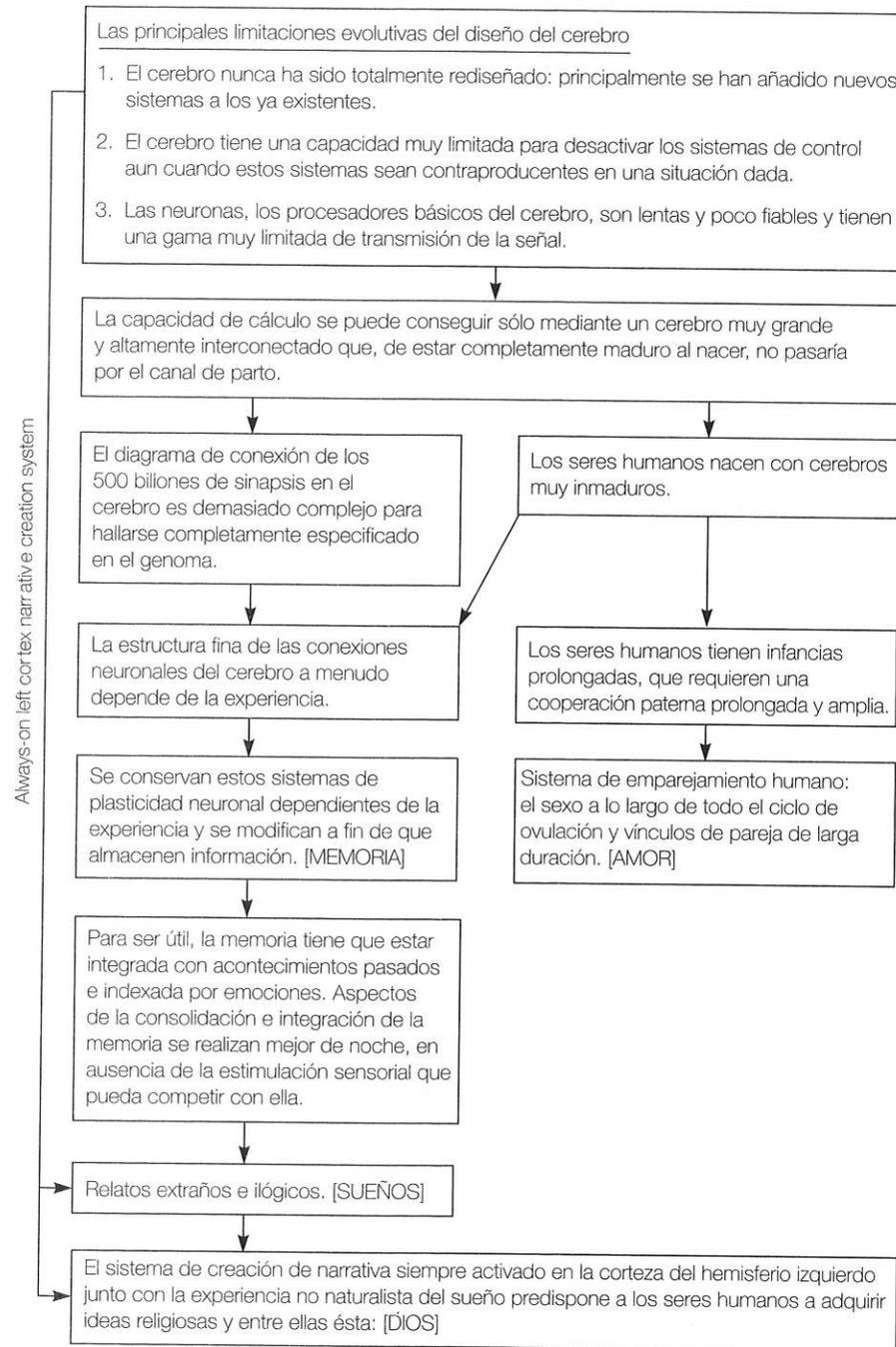


FIGURA 9.2. Amor y memoria, sueños y Dios: una tabla que condensa los principales argumentos del libro.

tables debido a su sentido poco convencional del humor, Behe ha logrado hacerse con un pequeño espacio inexpugnable. Esta formulación es un ejemplo inatacable de retórica, aunque desde esa postura tampoco se puede emprender nada ni despotricar contra nadie. Huelga decir que no es falsable y que, por tanto, no se trata de una auténtica teoría científica. No es extraño que otros muchos militantes del movimiento del diseño inteligente —pienso en concreto en William Dembski y Phillip E. Johnson— no quieran ceder tanto terreno y sigan sosteniendo la idea de que la teoría de la evolución darwinista no puede generar nada útil.

Quizá el problema sea el asombro, que genera entusiasmo. En realidad, lo más sorprendente es que exista un tejido como el del cerebro humano, que nos confiera nuestra propia condición de seres humanos. No es de extrañar que, para algunos, al considerar y reflexionar sobre el imponente concepto de una mente en el cerebro, se vean llevados a abrazar una explicación religiosa, basada en la fe, no verificable, no falsable, en lugar de una hipótesis científica, basada también en la fe, pero demostrable y refutable. En este punto, lo interesante es que si bien hay muchas formas de malinterpretarlo, el grupo del diseño inteligente lo ha entendido justo al revés. Los aspectos trascendentes de nuestra experiencia humana, las cosas que afectan a nuestra esencia emocional o cognitiva, no nos han sido otorgadas por un Ingeniero Supremo. No se trata de los últimos rasgos de diseño de un cerebro impecablemente elaborado. Más bien, a cada momento, a cada paso, el diseño del cerebro ha sido una combinación improvisada, una mezcla efectiva aunque poco elegante, un pastiche. Las cosas que tenemos en más alta estima en nuestra experiencia como seres humanos —el amor, la memoria, sueños y una predisposición al pensamiento religioso (fig. 9.2)— son el resultado de una aglomeración particular de soluciones *ad hoc* que se han ido amontonando a lo largo de millones de años de historia evolutiva. No es que tengamos pensamientos y sentimientos fundamentalmente humanos *pese* al diseño improvisado, poco elegante, feo, chapucero pero funcional del cerebro, tal como lo han ido modelando los giros y las vueltas de la historia evolutiva, sino que precisamente los tenemos *gracias a* esa historia.

Epílogo

LO QUE QUEDA EN MEDIO

En la función del cerebro hay una multitud de temas fascinantes que no he contemplado en este libro, entre otros, el lenguaje, el envejecimiento del cerebro y sus enfermedades, los fármacos psicoactivos, la hipnosis y el efecto placebo. Todos estos temas forman un material espléndido y me ha costado un inmenso esfuerzo de autocontrol temático evitar que este libro se convirtiera en un enorme volumen. Pero lo más importante es que creo que a estas alturas el lector ya habrá discernido que muchas de las explicaciones que la biología actual puede ofrecer sobre la función superior del cerebro son más bien incompletas. Hay, no obstante, unos pocos ejemplos preciosos en los que la explicación en términos de moléculas y células proporciona una comprensión casi completa de algo que vivimos en nuestra experiencia. Uno de mis favoritos es el hallazgo de que las personas equiparan la sensación que causa percibir, ya sea a través de la piel o la boca, los pimientos rojos de cornetilla con la sensación de picante y de calor. De entrada podríamos imaginar que es un mero ejemplo de lenguaje metafórico que ha surgido en unas pocas culturas. No es así: toda cultura en la que los seres humanos están expuestos a la capsaicina, el principio activo de los pimientos rojos, caracterizan la sensación como «picante», sugiriendo una base biológica. Tal vez se podría decir que el paladar consiste en neuronas sensibles a la temperatura y también en algunas neuronas sensibles a la capsaicina, y que ambos tipos se proyectan hacia el mismo lugar del encéfalo, que, al activarse, da la sensación de «calor-picante». Pero resulta que esta explicación tampoco es muy acertada. El quid de la cuestión está en que existe una familia de receptores de la capsaicina y los compuestos afines que se sitúa en las terminaciones nerviosas que se hallan en la boca (y en otros lugares como la piel). Se trata de los receptores de vanilloides (los vanilloides son la clase de sustancias químicas en que se hallan incluidas la capsaicina y los compuestos afines), que se activan tanto en

dando lugar a sensaciones similares para unos y otros estímulos. En este caso, la experiencia que se da en el nivel del comportamiento se explica casi por entero a partir de la molécula receptora individual. Este hecho pone de manifiesto la razón por la que, si nos tomamos un té caliente después de una comida picante, el té parece quemar: la capsaicina y lo que hace entrar en calor han hiperactivado el receptor. Y, en efecto, no sólo se explica de este modo el calor ligado a los pimientos picantes, una situación análoga sucede con una familia de receptores denominados receptores del frío-mentol, que dan lugar a la asociación intercultural entre frescor y el principio activo de la menta.

Por desgracia, la mayoría de las explicaciones biológicas de la experiencia y el comportamiento no son tan claras y concisas. Por ejemplo, en el capítulo quinto hablé del aprendizaje y la memoria. Sabemos que si tuviéramos un agujero en el hipocampo no podríamos almacenar nuevos recuerdos de hechos y acontecimientos. También sabemos que esto parece requerir un proceso químico localizado en las sinapsis del hipocampo por medio del que determinados patrones de actividad neuronal dan como resultado la activación de los receptores de glutamato del tipo NMDA. La activación de este receptor, a su vez, pone en movimiento una serie de pasos químicos que hacen que estas sinapsis activadas sean más fuertes o más débiles, y las mantienen así durante mucho tiempo, un fenómeno que recibe el nombre, respectivamente, de potenciación (LTP) y depresión (LTD) sináptica a largo plazo. Sabemos, además, que este fenómeno molecular parece servir de base al proceso de la memoria declarativa, porque la inyección en el hipocampo de fármacos que impiden la activación de los neuroreceptores de glutamato de tipo NMDA hace que a los animales les resulte imposible almacenar nuevos recuerdos de acontecimientos y hechos.

A primera vista, la explicación da la impresión de ser bastante completa, pero no lo es. Y lo que falta es *lo que queda en medio*. ¿Cómo puede ser que cambiando la fuerza de ciertas sinapsis en el circuito hipocámpico se dé lugar a recuerdos de hechos y acontecimientos, tal como se recuerdan en la conducta? Disponemos de una explicación molecular sobre cómo las sinapsis se debilitan o se hacen más fuertes. En el nivel conductual, podemos demostrar que el hecho de interferir en este proceso molecular —y

ria. Pero la comprensión de los pasos que intervienen es casi inexistente: a los científicos que estudiamos el cerebro nos queda, en medio, una laguna grande, horrible y penosa. Por desgracia, el problema que plantean las fases intermedias no se limita sólo al aprendizaje y la memoria, se dan lagunas similares entre las moléculas y el comportamiento en otros fenómenos cognitivos y perceptivos complejos.

No quiero terminar dando una visión desalentadora. La ciencia que investiga el cerebro ha hecho enormes avances en la identificación de los puntales moleculares y celulares de la conducta y la experiencia. En la mayoría de los casos, aun se dispone de una explicación sin lagunas que va desde las moléculas hasta la conducta, al tiempo que ofrece una comprensión de nivel medio de los sistemas y los circuitos. Pero hablemos de un ejemplo en el que parece posible hallar el santo grial del científico que investiga el cerebro: una explicación completa, sin lagunas, de un proceso superior en el cerebro. En este caso, el proceso es una forma particular de aprendizaje que comporta el control de los músculos oculares.

La tarea de aprendizaje a la que aquí me refiero es análoga a la del célebre perro de Pavlov. El lector recordará que el perro de Pavlov no daba ninguna respuesta particular al sonido de una campana y que por puro reflejo salivaba cuando se le presentaba un trozo de carne. Después de muchas experiencias en las que se hizo sonar la campana antes de darle la carne, el perro aprendió a asociar estos dos estímulos, de modo que el sonido de la campana por sí solo hacía que el perro salivara. Los psicólogos denominaron a esta sencilla forma de aprendizaje «condicionamiento clásico». Se trata de un tipo de memoria no declarativa. Ahora bien, si en el laboratorio nos hacen escuchar a nosotros una campana (o se la hacemos escuchar a una rata, o a un conejo, o a un ratón), no mostraremos ninguna forma particular de respuesta conductual. En cambio, si se nos echa un soplo de aire directamente a los ojos, parpadaremos por puro reflejo. Lo hacemos sin pensar, sólo sucede, al igual que cuando el médico nos golpea la rodilla con un martillo para hacernos levantar la pierna durante un examen físico. Si, no obstante, se presenta durante más o menos medio segundo el sonido de una campana y al final de escuchar este tono nos

pana con el soplo de aire, al igual que el perro de Pavlov hizo con la carne y la campana. Esto significa que después de emparejar muchas veces el soplo con el sonido de la campana, cerraremos el ojo en respuesta al sonido, ya que el párpado se cerrará cuando cabe esperar el soplo de aire. Esta forma de aprendizaje, que se denomina «condicionamiento asociativo del párpado», requiere de manera absoluta que el sonido prediga la llegada del soplo de aire. Si la experiencia se basara en sonidos solos o incluso en sonidos y soplos de aire, pero producidos sin sincronizarlos, no aprenderíamos. Una vez que hemos aprendido esta respuesta —se trata de un proceso por completo subconsciente que excede a nuestro control consciente—, resulta imposible no parpadear cuando oímos la campana.

Numerosos laboratorios en todo el mundo han trabajado durante largo tiempo para comprender el modo en que se produce esta simple forma de aprendizaje, y hasta la fecha se han realizado muchos avances. Por ejemplo, sabemos que el soplo de aire activa un pequeño grupo de neuronas en una parte del cerebro denominada oliva inferior (sí, así se la denomina, los primeros anatomistas que fueron quienes le dieron ese nombre eran proclives a dejar volar su imaginación). Cuando en un conejo activamos de manera artificial este lugar del cerebro con un electrodo, éste sustituirá al soplo de aire durante el aprendizaje. El sonido de la campana, por otro lado, activa un grupo de células en el tronco del encéfalo que dan lugar a un conjunto de axones que reciben el nombre de fibras musgosas. De un modo análogo a lo que hicimos en el caso del soplo de aire, podemos sustituir el tono de la campana durante el aprendizaje por una activación eléctrica artificial de estas fibras musgosas. Así, para almacenar el recuerdo del condicionamiento asociativo del párpado, las señales del sonido de la campana y las señales del soplo de aire tienen que encontrarse en algún lugar del cerebro, y cuando llegan juntas —no así si lo hacen por separado— tienen que producir un cambio en el circuito neuronal que en última instancia causa un parpadeo en respuesta al sonido de la campana.

La figura E.1 muestra de qué modo ocurre. Las dos señales, la del sonido y la del soplo de aire, son recibidas en el cerebelo (la mancha en forma de pelota de béisbol que cuelga de la parte posterior del encéfalo y que es importante para la coordinación motora). En particular, estas señales excitan una clase de neuronas en forma de abanico que se conocen con el

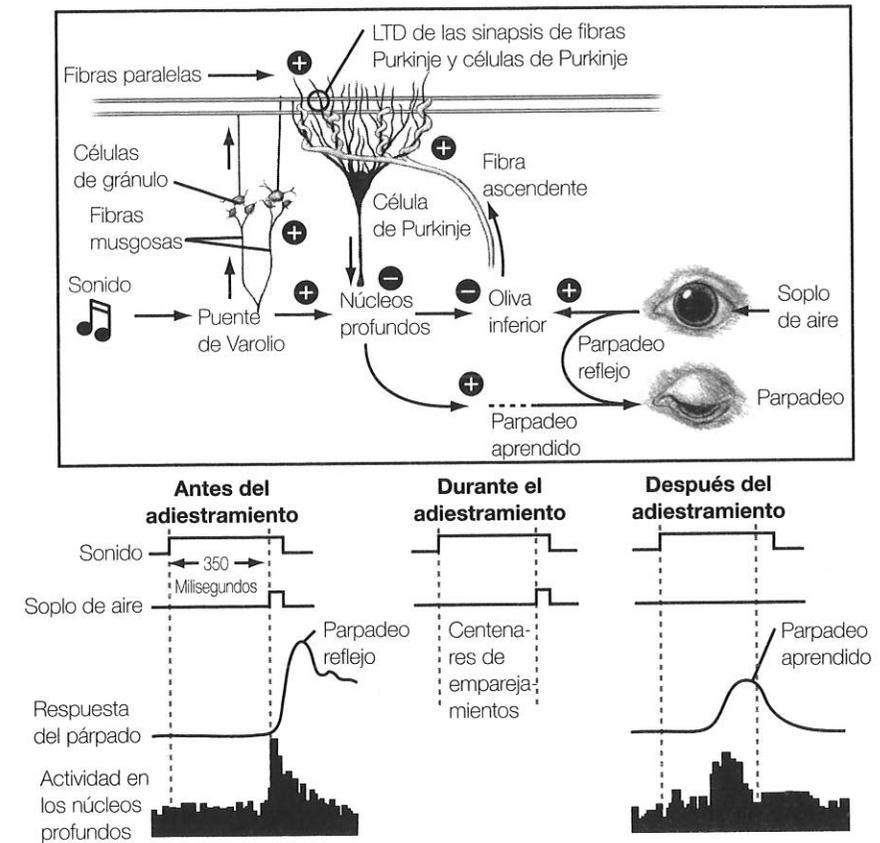


FIGURA E.1. Explicación propuesta en el nivel del circuito para una forma sencilla de aprendizaje, denominada «condicionamiento asociativo del párpado». Véase el texto de este epílogo para más detalles. Después de repetidos emparejamientos de un sonido y un soplo de aire, el animal aprende que el sonido precede al soplo, y de manera refleja parpadea como respuesta al oír sólo el sonido. Se considera que el emparejamiento sonido-soplo produce depresión de la sinapsis excitadora entre las células de Purkinje y las fibras paralelas. Esto da como resultado, en última instancia, un aumento en la actividad impulsada por el sonido de la campana en los núcleos profundos y es esta actividad la que dirige el parpadeo aprendido. *Esquema adaptado a partir de D. J. Linden, «From molecules to memory in the cerebellum», Science, n.º 301, 2003, págs. 1682-1685. Ilustración de Joan M. K. Tycko.*

directamente a través de las fibras ascendentes; en cambio, la señal del sonido de la campana llega de manera indirecta: las fibras musgosas excitan las células granulares o gránulos del cerebelo y los axones de las células granulares, conocidas con el nombre de fibras paralelas, a su vez, excitan

se activan juntas, como ocurre cuando se emparejan el sonido de la campana y el soplo de aire, y esta circunstancia se repite muchas veces, el resultado es una disminución duradera de la fuerza de estas sinapsis excitadoras entre fibras paralelas y células de Purkinje, que son activadas por el sonido de la campana. Esto recibe el nombre de depresión sináptica cerebelar a largo plazo o LTD cerebelar.

Resulta que sabemos muchas cosas sobre las alteraciones moleculares que sirven de base a la depresión sináptica cerebelar a largo plazo. Los cambios en el lado postsináptico que se producen al activar la internalización de los receptores de los neurotransmisores, haciéndolos de este modo inasequibles a la unión con el neurotransmisor —que en este caso es el glutamato— en la superficie de la célula, debilitan las sinapsis. Entendemos ciertos pormenores de este proceso con un grado de detalle molecular tedioso. Por ejemplo, la principal forma del receptor de glutamato en esta sinapsis se compone de una cadena de 883 aminoácidos y el paso molecular decisivo a la hora de desencadenar la internalización del receptor es la transferencia de un grupo fosfato de una enzima denominada proteincinasa C al aminoácido número 880, que resulta ser una serina.

¿Cómo pasamos entonces de la LTD cerebelar a un parpadeo aprendido como respuesta a un sonido? Cuando la sinapsis de fibras paralelas es deprimida a consecuencia del emparejamiento sonido-soplo de aire, produce menos excitación de las células de Purkinje. A su vez, éstas se activan menos. Dado que las células de Purkinje son inhibitorias, las células que reciben contactos de sus axones están menos inhibidas y por tanto se activan más en respuesta a las señales sonoras. Todo esto sucede en un lugar concreto denominado «núcleo cerebelar interpuesto», donde las observaciones de la actividad neuronal han permitido mostrar que, cuando los conejos aprenden la asociación soplo de aire-sonido, el ritmo de activación en el intervalo entre el inicio del sonido y el inicio del soplo aumenta de manera gradual. Y es más, la estimulación artificial de la parte apropiada del núcleo interpuesto puede dar lugar al parpadeo de los ojos.

Ahora bien, se trata de un modelo y, con futuros experimentos, algunas partes resultarán ser incompletas o incluso erróneas. Sin embargo, lo apasionante de esta explicación es que no se olvida de dar cuenta de lo que hay en medio. Se trata de uno de los realmente pocos ejemplos en el cerebro

en una sinapsis, hasta el comportamiento superior, en este caso, una forma de memoria no declarativa. El rédito viene de la voluntad de estudiar un comportamiento que es simple (memoria relativa a reglas y procedimientos) en contraposición a uno en el que aún resulta demasiado difícil captar lo que está en medio (como, por ejemplo, ocurre con el problema de la memoria de hechos y acontecimientos).

El santo grial de las explicaciones biológicas completas de la conducta no está aún a nuestro alcance, pero está empezando a aflorar a partir de algunos fenómenos simples. Los neurobiólogos somos optimistas por naturaleza, pero todo apunta a creer que nuestro nivel de comprensión seguirá aumentando con rapidez. Además, es muy probable que al elaborar explicaciones completas —desde las moléculas hasta las conductas, pasando por los circuitos neuronales— para algunas formas simples de aprendizaje como, por ejemplo, el condicionamiento asociativo de los párpados dará pie a la formulación de algunos principios e intuiciones generales que luego será posible aplicar a fenómenos más complejos.

Así, la próxima vez que oigamos a algún insensato congresista despotricar acerca de «cómo esos científicos de cabeza altiva, en sus torres de marfil, se gastan el dinero de los contribuyentes para averiguar cómo aprende a parpadear un conejo», podremos remitirle de inmediato un correo electrónico en el que le expondremos con exactitud que esta línea de investigación es tan decisiva precisamente porque nos lleva a comprender la base molecular de la cognición y de las enfermedades que afectan a la memoria: se trata de un paso en la conquista de la próxima gran frontera científica.