

FRANCISCO MORA

El Yo clonado

Y OTROS ENSAYOS EN NEUROCIENCIA

Alianza Editorial

Francisco Mora

El Yo clonado

Y OTROS ENSAYOS EN NEUROCIENCIA

Alianza Editorial

Contenido

Prólogo

1. ¿Sirve el sueño para enfriar el cerebro?
2. El enigma del sueño que mueve rápidamente los ojos
3. Entre hombres, conciencia y delfines
4. ¿Por qué están siempre despiertos los delfines?
5. Las muchas mentes de la cara humana
6. Los laberintos cerebrales de las caras
7. Los espejos del cerebro
8. El chimpancé que se miró por primera vez en un espejo
9. Mi cuerpo y yo
10. El yo es tiempo codificado
11. El yo clonado
12. Los otros

Glosario

Bibliografía

Créditos

PRÓLOGO

Cada vez con más frecuencia la prensa diaria refleja el avance de los conocimientos sobre el cerebro. Y es por ello que la gente se da cuenta y reconoce que es con el cerebro, y sólo con él, que elaboramos y recambiamos las percepciones que tenemos acerca de nosotros mismos y de todo cuanto nos rodea, incluidos los otros. Este libro de ensayos es precisamente un reflejo de todo ello. En él se han recopilado doce ensayos que he esbozado a lo largo de los últimos años y que he completado para esta publicación. En realidad, gran parte del contenido de este libro es una respuesta a las inquietudes y preguntas formuladas por estudiantes universitarios de diversas disciplinas o por personas de muy diversa preparación cultural que han asistido a alguno de mis cursos o seminarios sobre el cerebro o bien mis propios alumnos del curso regular de Fisiología Humana en la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

Lo cierto es que estas inquietudes han girado en torno a preguntas como éstas: ¿Qué es el yo? ¿Sólo tienen yo los seres humanos? ¿No tienen yo los delfines de los que se dice que poseen un cerebro proporcionalmente tan grande como el del ser humano? ¿Es consciente el chimpancé de su propia existencia? ¿Piensan los chimpancés? ¿Tanto valor tienen los mecanismos capaces de mantener la temperatura constante del cuerpo independientemente de las fluctuaciones de la temperatura del medio ambiente? ¿Por qué tienen tanto significado para el ser humano las caras de los demás? ¿Por qué son inspiradoras de bondad, tristeza o alegría, o evocan esa reacción emocional de belleza o fealdad? ¿Por qué ha puesto la evolución tanto empeño en la elaboración de circuitos neuronales tan dispersos y diferentes con los que se leen los significados de las caras? El yo, «el mí mismo», centro de la vida de cada ser humano, ¿cómo es que no existe como una «entidad» única localizada en alguna parte del cerebro? ¿Cómo es eso posible cuando claramente yo me reconozco como yo, único y diferente? ¿Será posible algún día clonar el yo? ¿Cómo intuimos las intenciones de los otros? Muchas de las preguntas fueron de este tenor. Y precisamente las notas tomadas «en caliente» tras las charlas y coloquios con los alumnos han sido el núcleo central de estos ensayos. Después fueron reflexiones añadidas. El resultado final de todo ello, sin más pretensión, son estos ensayos que tal vez sirvan, ¡ojalá!, como lectura de interés en ese paréntesis de las vacaciones, sean éstas las de Navidad o las del verano.

Quizás resulte interesante señalar que los capítulos de este libro pueden leerse independientemente unos de otros, pues aun con temáticas, algunas muy cercanas,

fueron escritos en tiempos diferentes y con ocasiones o motivos diferentes e incluso, de hecho, en geografías diferentes. De ahí que haya también algunos de lectura más fácil que otros. Para ayudar en este sentido y en esta ocasión (al menos en los capítulos en los que se han utilizado en exceso términos que corresponden a estructuras anatómicas), he ampliado el glosario, pensando que fuera casi un apéndice del libro y que sirviera de acceso directo para ampliar y aclarar estos términos y también conceptos que, como tales, no están muy desarrollados en el texto.

Con todo, es verdad y debo decirlo, este libro lleva escondido un deseo. Aquel de lograr que mucha gente descubra que el interés y hasta la intriga de un relato no sólo está en una buena novela, sino en la propia naturaleza, y, particularmente, en la naturaleza humana. Porque es a partir de nosotros mismos, a la postre creadores de casi todo lo que nos rodea, que la ciencia produce argumentos e intrigas tan apasionantes como los que pueda concebir el novelista más avezado. Y con ello se descubra, además, que la ciencia es también cultura. Cultura como lo es la literatura y el teatro, o la pintura, la escultura y la música. Una nueva cultura si se quiere, pero llena de iluminación, refrescante y también genuina y verdaderamente humana. Y éste sí que es, más que un deseo, un empeño personal que además no debiera ser sólo mío, sino de todos los científicos, pues todos debiéramos considerar una obligación comunicar a la sociedad nuestros logros en los laboratorios. Y una vez más hago explícita la idea ya expresada por Colin Blakemore, prestigioso fisiólogo de Oxford, de que «ser científico no debiera consistir sólo en hacer una buena investigación y en ser honesto a la hora de comunicarla a otros científicos, sino que tendría que incluir también la responsabilidad de comunicarla de forma más amplia a la sociedad...», que la subvencionó, apostillaría yo mismo.

¿SIRVE EL SUEÑO PARA ENFRIAR EL CEREBRO?

Los seres humanos somos animales homeotermos, es decir, tenemos el cuerpo casi siempre caliente y con una temperatura constante. Y aun desnudos, en medio de la nieve, seguimos, durante bastante tiempo calientes (al menos en esas partes centrales del cuerpo que son la cabeza, la caja torácica y la cavidad abdominal). Esto se debe a que el cerebro posee un mecanismo capaz de generar y controlar el calor que produce nuestro organismo independientemente de la temperatura exterior. Ciertamente es que, como todo, este mecanismo tiene un límite, pasado el cual, si el cuerpo no produce suficiente calor para compensar el frío exterior, nos enfriamos y eventualmente sobreviene la muerte. Ya hace algunas decenas de miles de años que, para evitarlo, nuestros antecesores en la evolución (y también ahora, por supuesto, si se dieran las condiciones) buscaron refugio en las pieles, en una cueva o se sentaron alrededor de un fuego o simplemente tiritaron o comenzaron a dar saltos para que su cuerpo, a través de la contracción muscular, generara más calor.

Este mecanismo de control, ubicado en circuitos neuronales de áreas del cerebro profundo, se fue construyendo a lo largo de mucho tiempo, desde luego mucho antes de que el hombre apareciera sobre la tierra, hace de esto unos 200 millones de años. Fue entonces que los predecesores muy lejanos del hombre, los primitivos mamíferos, se refugiaron en la profundidad y la oscuridad de los bosques. Allí, el acúmulo de pequeñas mutaciones azarosas, en un proceso lento que duró más de 20 millones de años, dio lugar a este fenómeno del control autónomo de la temperatura corporal. Desde entonces, los descendientes de aquellos primitivos mamíferos —de hecho todos los mamíferos que pueblan hoy la tierra— tienen incorporado este termostato cerebral, gracias al cual su cuerpo se mantiene caliente ya sea de noche o de día, haga frío o calor.

Así de pronto puede parecer que es este un sistema de control útil pero muy puntual que sólo sirve para proteger al individuo ante situaciones de temperaturas extremas. Pero no es este el caso. La realidad es que poseer este mecanismo tiene unas consecuencias biológicas enormes para esa diversidad de especies, más de 4.700, que son los mamíferos, incluido, por supuesto, el hombre. De hecho, el control autónomo de la temperatura corporal dio lugar a ese fenómeno universal de irradiación de los mamíferos que permitió la ocupación por los mismos de prácticamente todos los nichos ecológicos de la tierra, sean éstos fríos o muy fríos, calurosos o muy calurosos. Lo cierto es que los mamíferos, gracias a este mecanismo, han podido habitar y sobrevivir, particularmente la

especie humana, en los rincones más inhóspitos del planeta. Por el contrario, los reptiles, anfibios, peces e invertebrados, que no poseen este mecanismo de termorregulación, han permanecido esclavos del nicho ecológico en el que nacieron. No pueden salir de él, pues su supervivencia depende de los cambios de temperatura de su medio ambiente y, con ello, de los lugares en los que supuestamente se pueden refugiar ante estos cambios. Todos sabemos que las serpientes o cualquier otro reptil se «paralizan» en invierno y «reviven» en verano, y ello se debe a que es la fuente de calor «externa» (el Sol) la que activa o desactiva el funcionamiento de su sistema nervioso y, consecuentemente, de su conducta. Los reptiles serían presa fácil de depredadores si cambiaran a un medio ambiente desconocido para ellos y en el que tras un cambio brusco de temperatura hiciese de pronto frío y ocasionara la «parálisis» de su conducta.

Fue en la espesura y la oscuridad de los bosques, al amparo y refugio en sus profundidades, muy probablemente como huida de esos voraces depredadores que fueron los dinosaurios, donde los primitivos reptiles-mamíferos a lo largo de bastantes millones de años desarrollaron un cerebro más grande, y junto a ello, o como consecuencia de ello, adquirieron esa capacidad de mantener un cuerpo constantemente caliente con independencia de la temperatura del medio. Y no sólo eso. También adquirieron muchas otras capacidades, entre ellas las de desarrollar los cuatro estadios de sueño de ondas lentas (también conocido como sueño No-REM) desde la etapa del sueño más superficial hasta el sueño más profundo (1-4), así como esa última etapa que llamamos sueño REM, el sueño de las ensoñaciones.

Parece, como acabo de señalar, que la regulación autónoma de la temperatura corporal y el sueño más profundo debieron aparecer aproximadamente en el mismo período evolutivo, el de la aparición de los mamíferos. Y una pregunta que para los fisiólogos siempre ha estado sobre el tapete de la mesa de observaciones, curiosidades y, por supuesto, experimentos, es la posible relación entre el sueño y la temperatura corporal. Y es que una serie de experimentos han sugerido la posibilidad de que una de las funciones del sueño, del sueño de ondas lentas, sea la de enfriar el cerebro. Efectivamente, durante el sueño No-REM el enfriamiento del cerebro se produce por un descenso de su actividad metabólica y, en consecuencia, de su temperatura. En los delfines, por ejemplo, que siempre están despiertos debido a que duermen con un hemisferio cerebral u otro alternativamente (con lo cual uno de ellos siempre está despierto), se ha comprobado que el hemisferio cerebral que duerme baja su temperatura y se enfría, cosa que no ocurre en el que permanece despierto. Esto parece debido al descenso del metabolismo y menor producción de calor de las neuronas y glía durante el sueño en ese hemisferio dormido.

Hay otras muchas observaciones añadidas que hacen muy interesante este fenómeno del enfriamiento del cerebro por el sueño. Por ejemplo, si una persona hace un ejercicio físico importante durante el día, aumentando tanto la temperatura de su cuerpo como la de su cerebro durante ese período (fenómeno fisiológico conocido como hipertermia), al

llegar la noche y entrar en sueño lento, la temperatura cerebral desciende acorde y proporcionalmente al aumento ocurrido durante la realización del ejercicio físico. Quizás lo más interesante de este fenómeno es que el descenso de la temperatura del cerebro no sucede de modo inmediato tras el ejercicio, sino que «espera» y se produce durante el período de sueño nocturno, es decir, integrándose en los ritmos o ciclos circadianos normales del organismo. Esto indicaría que el cerebro registra y guarda memoria de los cambios de temperatura del organismo ocurridos durante el día y los compensa por la noche. El mismo fenómeno se ha observado cuando el individuo aumenta la temperatura de su cuerpo no por un proceso activo como es el ejercicio físico, sino de modo pasivo, como puede ser el producido tras un baño de agua muy caliente. Si este baño se toma, por ejemplo, en una bañera, durante aproximadamente una hora o una hora y media, la temperatura del cuerpo aumenta acorde a ello y también, del mismo modo antes referido con el ejercicio, este aumento de temperatura se correlaciona significativamente con un aumento del período de sueño de ondas lentas durante la noche. Añadido a ello es la observación, bastante común, de que un aumento importante de la temperatura ambiente casi siempre va acompañado de adormilamiento, algo que experimentan de modo cotidiano quienes se meten en una sauna, sobre todo tras haber practicado algún ejercicio físico.

¿Es realmente una de las funciones del sueño recuperar la temperatura normal del cerebro? ¿Acaso, y aun a pesar de los datos que acabo de mencionar, no pudiera ser que el ritmo que siguen la temperatura y el sueño sean sólo ritmos paralelos pero sin interferencias el uno con el otro? No lo parece, pues todo indica que el sueño de ondas lentas y el control de la temperatura son procesos que comparten circuitos neuronales integrados. De hecho, este tipo de sueño produce un descenso del metabolismo y activa la pérdida de calor por aumento del flujo sanguíneo de la piel y el inicio de la sudoración. Esta integración tiene su base en los hallazgos encontrados en el área preóptica-hipotálamo anterior, que es un área del cerebro (el llamado sistema límbico o cerebro emocional) que alberga circuitos compartidos para ambos ritmos circadianos, el del sueño y el de la temperatura. El siguiente experimento ilustra cuanto digo. Si en esta área del cerebro se introduce un electrodo y a través de él se pasa una pequeña corriente eléctrica, el estímulo produce simultáneamente sueño de ondas lentas y pérdida de calor. Y el fenómeno contrario también ocurre. Es decir, si se destruye esta área del cerebro, el resultado es un insomnio permanente del animal al tiempo que sufre la pérdida de la capacidad de regular la temperatura de su cuerpo, quedando a merced de los cambios de la temperatura del medio ambiente. En otras palabras, el organismo ya no mantiene constante su temperatura, sino que se hace poiquilotermo; y consecuentemente, si hace frío se enfría y si hace calor se calienta, termorregulando, por tanto, como un pez o un reptil.

Parece claro, pues, que ambos sucesos, sueño y descenso de la temperatura del cerebro y del cuerpo, siempre se producen a la vez. Pero todo esto no nos explica que

una de las funciones específicas del sueño sea enfriar el cerebro para que, supuestamente, funcione mejor. Ésta es, por tanto, una interrogante científica que sigue sin ser contestada. Una observación que provee de cierto apoyo a esta hipótesis es aquella en la que en el pico del mediodía, a eso de las 12-2 de la tarde, se produzca un cierto descenso en la capacidad de atención. Ese descenso se puede acompañar de cierta somnolencia (es el tiempo de la siesta). Lo interesante es que estos fenómenos se acompañan de un descenso de la temperatura del cuerpo, lo que incluye, por supuesto, al cerebro. Es más, si dejamos espontáneamente que el sueño nos invada, pero sólo en esa fracción inicial de sueño de ondas lentas (10-15 minutos) y antes de entrar en el sueño REM (de ensoñaciones) despertamos, entonces comprobamos que este sueño es verdaderamente «reparador», pues permite recuperar la alerta y la atención, y que la capacidad de trabajo mental se equipare a los niveles de la mañana.

Con todo, lo que sí está claro es que el sueño es una función cerebral y conductual fundamental, al menos para la supervivencia de los mamíferos, puesto que sabemos perfectamente que sin los correspondientes períodos de sueño la conducta se vuelve errática y, finalmente, sobreviene la muerte. El sueño deviene así como una conducta o ausencia de conducta tan necesaria y esencial como la comida o la bebida, tres conductas que deben ser realizadas todos los días y si ello no ocurre se ponen en marcha mecanismos de compensación, de modo que, pasado un tiempo de privación, se bebe y come y se duerme más compensando los déficits que hubieran ocurrido. Y, además, con el sueño, y ante un período suficientemente largo de privación (poco más de dos semanas) sobreviene la muerte de no ponerse en marcha dichos mecanismos de compensación. Lo cierto es que el sueño aún sigue siendo un capítulo desconocido. Por ejemplo, los elementos compensatorios en el caso del agua y los alimentos son claros, es decir, la compensación consiste en ingerir agua y alimentos suficientes como para restaurar los déficits debidos a su privación. ¿Pero qué ocurre con el sueño? ¿Cuáles son los elementos básicos compensatorios para restaurar el déficit de sueño? ¿Qué procesos biológicos se producen durante el sueño que restauran ese déficit? Precisamente uno de esos elementos bien pudiera ser el enfriamiento del cerebro sobrecalentado durante el día, restaurando así su temperatura normal. Y es que el sueño, ya lo dijimos antes, produce un descenso en la producción de calor a través de la completa supresión de la conducta (inactividad de la masa muscular, que es una verdadera bomba productora de calor).

EL ENIGMA DEL SUEÑO QUE MUEVE RÁPIDAMENTE LOS OJOS

Hace unos 55 años que se descubrió que los mamíferos, incluido el ser humano, tienen cuatro o cinco episodios de un tipo especial de sueño dentro del sueño normal nocturno de las 7-8 horas. Es el sueño REM (sueño que se acompaña del movimiento rápido de los ojos, de ahí su nombre). Es éste un tipo de sueño marcado por una intensa actividad cerebral, movimiento de los ojos, profunda relajación de los músculos, pérdida del control de la temperatura corporal y ensoñaciones. De todo ello lo realmente sorprendente es la alta actividad neuronal que se produce en ciertas áreas del cerebro, en medio del sueño que se pensaba servía propiamente para descansar, cerebro incluido. Esto generó, desde el primer momento, un gran desafío en la concepción que hasta entonces se tenía de la fisiología del sueño. Y no era para menos. Máxime cuando a lo largo de bastantes años se creía que la actividad cerebral durante el sueño estaba muy reducida o incluso era inexistente. Desde entonces sabemos que el sueño REM es de alguna manera «un sueño paradójico» (que es como también se le conoce), pues aunque el animal está dormido, el cerebro mantiene una alta actividad tanto metabólica como neuronal. Y aun cuando se acompaña de una profunda relajación muscular, hay contracciones musculares esporádicas. Curiosamente también se producen en el hombre erecciones espontáneas y turgencia en el clítoris en la mujer. A todo esto sólo hay que añadir que es el tipo de sueño en el que aparecen las ensoñaciones, origen de tanto pensamiento y arte, desde el psicoanálisis hasta la literatura, la pintura y la música. De hecho, y en alguna medida, este tipo de sueño se ha convertido en una parte misteriosa e intrigante de la propia naturaleza humana.

Pero ¿qué características tiene el sueño REM? ¿Tienen sueño REM todos los mamíferos? ¿Dura en todos el mismo tiempo? El ser humano viene a tener unas dos horas cada noche de sueño REM (730 horas al año). Y, en general, existe una buena correlación entre el tiempo total que un animal dedica a dormir y la duración de su sueño REM. Animales como el murciélago, el armadillo, los hurones y otros que duermen entre 14 y 20 horas tienen más de tres horas de sueño REM. Frente a ellos, otros animales, como el conejo de indias, la oveja, el caballo o la jirafa, que duermen un total de tres a cuatro horas, apenas tienen media hora de sueño REM. Si a los casos anteriores añadimos el del delfín, dotado de un cerebro grande y que duerme unas 10 horas pero no tiene sueño REM, entonces comprobamos cuán amplio es el espectro en la duración de

este tipo de sueño.

Un factor que correlaciona bien con el tiempo de duración total del sueño REM es la seguridad de los refugios en que cada animal duerme y las características de su conducta. Así, en general, depredadores y animales con refugios seguros tienen grandes cantidades de sueño REM, como los leones o los tigres, e incluso el gato doméstico. Sin embargo, animales que son presas fáciles de caza y disponen de un mal cobijo, durante el sueño tienen muy poco sueño REM, así como muy poco tiempo de sueño total acompañado con despertares frecuentes y espontáneos, por ejemplo, el conejo, las gacelas y otros animales de pastoreo.

¿Sabemos qué funciones cumple este tipo de sueño que llamamos REM? ¿Qué actividad neuronal lo sostiene? Una observación inicial es aquella que correlaciona la cantidad de sueño REM y la maduración del cerebro con la que se nace. Animales que nacen bastante inmaduros para desenvolverse en el mundo, como es el caso del ser humano, dedican gran parte de tiempo al sueño REM y aun cuando es cierto que este tiempo disminuye de modo considerable al llegar a adultos, no lo es menos que el hombre sigue dedicando mucho tiempo a este tipo de sueño durante toda su vida. Lo cierto es que se ha querido ver una función muy importante del sueño REM en el desarrollo del cerebro. Esto se ha basado en ciertas observaciones experimentales consistentes en cubrir el ojo de un animal recién nacido, de modo que disminuya la entrada de luz en ese ojo durante sólo algunos días, tras los cuales se comprueba que se produce una reducción en el número de neuronas en las áreas visuales correspondientes a ese mismo ojo. Ello se debe a que hay períodos críticos durante el desarrollo del sistema visual que requieren de la luz constantemente para el normal desarrollo de las áreas y vías visuales. Es más, si un ojo es privado de luz durante el período «crítico» de desarrollo neonatal, se produce una reducción en el grosor de las capas del ganglio geniculado lateral inervado por el ojo cerrado. Y lo relevante de todo esto para el sueño REM es que si durante el período de privación de luz en ese ojo también se priva al animal, durante su sueño normal, de los períodos de sueño REM, se acentúa la reducción en ese grosor del ganglio geniculado lateral. Estos hallazgos sugirieron la posibilidad de que precisamente el movimiento rápido de los ojos, que se sabe ocurre espontáneamente durante el sueño REM, pudiera tener la función de mantener en actividad el sistema visual y prevenir con ello posibles anormalidades durante el desarrollo neonatal normal.

Una función que se ha sugerido para el sueño REM en el cerebro adulto es que los episodios de este tipo de sueño a lo largo de la noche es posible que desempeñen la función de responder mejor en una situación abrupta de despertar ante una situación o señal de peligro. Esta posibilidad se apoya en dos argumentos. Uno es que, aun dormido y en ausencia de entradas sensoriales, el cerebro del animal, durante el sueño REM, está muy activo, y consecuentemente debiera estar más preparado para responder conductualmente tras ser despertado. Y el otro es que, efectivamente, un animal despertado tras un largo período de sueño No-REM lo hace con cierto enlentecimiento o

embotamiento y, por tanto, poco apto para reaccionar rápidamente tras un despertar brusco. Parece evidente, por tanto, que despertar tras un período de sueño REM proveería de una cierta ventaja para la supervivencia.

Otra función del sueño REM es la de la consolidación de la memoria. Una de las teorías más actuales y debatidas acerca de una posible función del sueño REM sería la activación cerebral a diferentes niveles neurales para reprocesar lo aprendido y consolidar lo que se comenzó a memorizar durante el día. Ello presupone que las huellas iniciales de memoria dejadas por el aprendizaje se encuentran en el cerebro en un estado frágil hasta que se produzca un período de sueño posterior a este proceso. Hay una serie de experimentos que confirman estas ideas. Por ejemplo, si una persona tras aprender una determinada tarea es privada de sueño durante una noche, a la mañana siguiente se comprueba que apenas ha retenido en su memoria algo de lo aprendido. Esta función del sueño se ha atribuido al sueño REM. Sin embargo, es cierto que no hay ninguna evidencia que pruebe definitivamente que tal cosa es así. Y esto último se refuerza con los datos mostrando que personas a las que se les ha privado de sueño REM durante mucho tiempo no presentan déficits fisiológicos o cognitivos. Tal es el caso, hoy bien conocido, de millones de personas que no tienen sueño REM ni ensueños durante meses o incluso años (lo que se ha podido comprobar por la ausencia en los registros electroencefalográficos de las ondas características de este tipo de sueño o por la falta de tono muscular o el movimiento rápido de los ojos). Son los pacientes tratados farmacológicamente con antidepresivos inhibidores de la enzima MAO. En estas personas no se ha puesto de manifiesto ningún déficit de memoria a lo largo del período de tratamiento. Es más, personas con lesiones cerebrales en las que se ha comprobado que no entran nunca en sueño REM avalan cuanto acabo de señalar. Hay casos muy notorios, como el del paciente conocido como Y. H. en quien se demostró, tras un accidente con traumatismo cerebral, electroencefalográficamente que durante sus períodos normales de sueño no entraba nunca en períodos REM y aun así, sin embargo, mantenía una excelente memoria. Este paciente no sólo fue capaz de estudiar, sino que terminó, además, de modo exitoso su carrera de Derecho y se convirtió en un excelente abogado.

Y finalmente los ensueños. ¿Qué nos dicen hoy las Neurociencias sobre los ensueños? ¿Tienen éstos algún significado? El problema central para un acercamiento científico a los ensueños es que no pueden estudiarse mientras se producen, sino que sólo se pueden estudiar tras ser contados *a posteriori* por el sujeto que sueña. Y es de esta manera que los ensueños *per se* son floreados, elaborados y desvirtuados, ya que la persona que sueña, muy probablemente, al poner esos ensueños en palabras, los reinterpreta y en consecuencia, tiende a darles un sentido que originalmente pudieron no tener. Pero aun así está claro que durante los ensueños podemos oír y ver lo que no es audible o visible en la realidad, tener emociones fuertes que atan y achican nuestra poderosa racionalidad del día y pasar de ser villanos a héroes y de enanos a gigantes.

Por lo pronto, el análisis de las principales características de los sueños ya muestra la existencia clara de un fuerte componente emocional en los mismos. Estudios recientes muestran que la emoción que más frecuentemente se siente durante los ensueños es la ansiedad, seguida de la alegría y la euforia, y después de la cólera o la ira. Junto a ello destacan igualmente la pérdida del raciocinio y la memoria. Con estos datos podríamos preguntarnos ¿qué áreas del cerebro y qué mecanismos están activados para dar lugar a estas características de los ensueños? ¿Qué relación tiene la vívida emocionalidad y percepción en los sueños con la de la vigilia? Y, en tal caso, ¿qué relación hay entre las estructuras del cerebro que se activan durante la vigilia y aquellas otras que se activan durante los ensueños? ¿Podemos hoy, en términos neuronales, responder a algunas de estas preguntas?

¿Qué diferencia a nuestros ensueños irracionales de nuestra vida racional de cada día cuando estamos despiertos? Ya sabemos que durante el sueño que llamamos de ondas lentas la corteza cerebral está mayoritariamente inactivada, no así, sin embargo, durante el período REM o de las ensoñaciones. En este último período del sueño (sueño REM) algunas partes de la corteza cerebral, como la corteza cingulada anterior, la corteza prefrontal orbitaria y el núcleo central de la amígdala, se reactivan a niveles iguales o superiores a los que existen durante el período de vigilia. Es más, tanto la amígdala como la corteza prefrontal orbital medial forman parte de las estructuras o circuitos corticales que controlan o regulan las emociones. En contraste con esto último, en el sueño REM algunas otras partes de la corteza prefrontal (aquellas responsables tanto de la memoria a corto plazo, la atención, la planificación de nuestro día a día en el mundo, la coherencia a nuestras decisiones racionales) y del *locus coeruleus*, que bañan del neurotransmisor noradrenalina toda la corteza cerebral, se encuentran silentes. Todo esto nos da una idea acerca de los sustratos neurobiológicos que se suceden durante esta etapa del sueño y que justifican la alta prevalencia de los componentes emocionales de las ensoñaciones y la supresión de las funciones de la atención, la incoherencia temporal y espacial de los acontecimientos y el consecuente componente irracional y caótico que tienen los ensueños. Es más, durante el sueño REM parece existir una inhibición de la salida coordinada de información del hipocampo (que no de su actividad intrínseca), lo que impediría que las memorias de lugares y sucesos no se integraran con precisión en los ensueños.

Pero aun con todo, ¿qué mantiene esa actividad que aun cuando caótica e irracional, nos permite ser conscientes de ella en nuestros ensueños? Durante el sueño REM (pero no durante el sueño No-REM) se ha podido observar, mediante técnicas de magnetoencefalografía, que el cerebro tiene una actividad tálamo-cortical (40 ciclos) muy similar a la que tiene el cerebro despierto. Y es a esa actividad córtico-talámica a la que se le atribuyen los sustratos neurobiológicos de la conciencia. Sin embargo, las entradas sensoriales en el estado de sueño REM no se perciben, es decir, el cerebro no responde a ningún estímulo sensorial del mundo externo. Ello indica que durante el sueño REM y las

ensoñaciones el cerebro elabora su propio mundo como actividad intrínseca sin el mundo de las sensaciones.

Podríamos pensar, pues, que los ensueños son una «realidad» interna del cerebro producida simultáneamente por la actividad de algunos circuitos distribuidos (que codifican fundamentalmente para las emociones, como la amígdala y la corteza prefrontal orbitaria) y la inactivación de otros (como aquellos de la corteza prefrontal que dan coherencia y racionalidad) hecha consciente por la actividad, a su vez, de circuitos tálamo-corticales. De todo ello se desprende que los ensueños aparecerían no sólo como algo impredecible, caótico, irracional y estrafalario, sino bañados igualmente de un gran colorido emocional.

¿En qué queda, pues, la función del sueño REM? Si es posible que haya personas que sin sueño REM puedan aprender y memoricen y se comporten intelectualmente de una forma normal e incluso brillante, ¿puede todavía mantenerse la hipótesis de que éste, el sueño REM, el sueño de la ensoñaciones, tiene una función importante para el ser humano? Lo cierto es que se ha especulado sobre la posibilidad de que, de modo excepcional, la naturaleza pudiera haber conservado una función que fue útil en un momento de la evolución pero que ya no lo es. ¿Podría ser el sueño REM un residuo evolutivo? El sueño REM, pues, sigue siendo un gran misterio cuya función real, si la tiene, permanece escondida todavía en el cerebro.

ENTRE HOMBRES, CONCIENCIA Y DELFINES

Desde los mismos albores de la humanidad culta, los delfines han llamado la atención y despertado la curiosidad. Ya Aristóteles dejó registro, en su *Historia animalium*, de sus observaciones al indicar el cuidado especial que tienen estos animales con sus crías y al señalar la peculiaridad de un «pez» que respira como los animales que viven en tierra («el delfín —decía Aristóteles— ha sido visto durmiendo con su nariz por encima del agua y roncando») y se comunica con sus congéneres emitiendo sonidos especiales en el agua. Desde entonces, las observaciones hechas sobre los delfines han asombrado a las gentes y al mundo científico, pues han permitido aprender mucho acerca de la evolución y el cerebro, en particular de procesos como el sueño, el control de la respiración y la temperatura del cuerpo y, desde luego, acerca de los procesos de conductas complejas e inteligentes.

La historia evolutiva de los delfines y de algunos tipos de ballenas es ya de por sí muy interesante. Estos animales eran mamíferos terrestres hace unos 50 millones de años. El delfín, por ejemplo, hoy definitivamente animal marino, se cree que en ese tiempo (hace 50 millones de años) era un animal parecido al cerdo, o quizá una especie de vaca o ciervo corriendo por las praderas antes de su primera aventura en el mar. Esto nos viene a decir que el delfín, antes de su irreversible aventura marinera, ya había compartido con el resto de los mamíferos una historia evolutiva de casi 150 millones de años en tierra firme. De la reconstrucción evolutiva de estos animales se ha deducido que vivían y se alimentaban en las orillas de los mares. Con el tiempo, algunos de ellos se vieron forzados a buscar su alimento, plantas y vegetales, buceando en el mar, y cada vez en aguas más profundas. De ahí arrancaron hábitos de alimentación y estilos de vida que se convirtieron en un proceso esencial para su supervivencia. Después se sucedieron cambios genéticos azarosos que duraron más de 15 millones de años y durante los cuales esos animales terrestres de cuatro patas se convirtieron en los elegantes nadadores que hoy conocemos y que llamamos delfines. De hecho, también se sabe hoy que los hipopótamos, hace 50 millones de años, siguieron etapas evolutivas muy parecidas a las de los delfines, pero que en algún punto siguieron una dirección diferente, retornando y recuperando en parte su vida en tierra firme. La historia evolutiva de ese proceso, que hoy se puede trazar por los fósiles que han sido encontrados, es quizá la más extraordinaria sucedida en el reino animal.

La genética y la anatomía comparada de los delfines demuestra que estos animales,

siendo ya mamíferos marinos, es decir, viviendo ya permanentemente en el agua, todavía conservaron las patas durante mucho tiempo. El proceso posterior de pérdida de las patas y su conversión en aletas fue un proceso lento que comenzó con la transformación de las patas traseras, que se fueron atrofiando, aun manteniendo durante mucho tiempo los mismos elementos anatómicos óseos de sus predecesores terrestres (15 millones de años), y fue con el tiempo cuando terminaron por desaparecer. Esta pérdida definitiva de las patas ocurrió al parecer por saltos genéticos muy espaciados en el tiempo y que afectaron principalmente a la inhibición de la actividad de un gen llamado Sonic Hedgehog. Es este un gen que en los mamíferos terrestres es absolutamente necesario, durante el período embrionario, para el desarrollo de los miembros por debajo de la rodilla y el codo (pierna y antebrazo). Las investigaciones de la genética y la biología molecular actuales también han demostrado que otro gen, conocido como Hand2, que normalmente funciona como un interruptor que pone en marcha el Sonic Hedgehog, también está inactivado durante el desarrollo embrionario de los delfines. Esta historia refuerza la idea de cómo es el proceso evolutivo, es decir, muy pequeños cambios, acumulados a lo largo de un espacio de tiempo de millones de años, dan lugar a transformaciones anatómicas que, en principio, parecieran imposibles de explicar.

Y otro cambio que si no fue tan espectacular sí, desde luego, extraordinario, fue el que ocurrió en el cerebro de estos animales. Cambio que, según Jerison, se produjo como adaptación a un nicho ambiental marino específico. Por de pronto digamos que los delfines tienen un peso de cerebro muy grande en relación con el peso de su cuerpo. Su cerebro es, de hecho, cinco a seis veces más grande y pesado que el que les correspondería para el peso de su cuerpo comparado a la media de la relación cerebro-peso corporal de todos los mamíferos. Un fenómeno parecido al caso del hombre, que es de casi siete veces. Tanto es así que el coeficiente encefálico del delfín es muy similar al del ser humano. Lo interesante, sin embargo, es que los delfines alcanzaron su «desmesurado» peso de cerebro a través de un proceso evolutivo muy diferente al que siguió el hombre. A juzgar por los fósiles encontrados de los precursores de los actuales delfines y también otros tipos de cetáceos como las ballenas, éstos ya habían alcanzado su gran cerebro en el Mioceno, es decir, hace unos 15-20 millones de años. En contraste con ello, la evolución del cerebro humano hasta alcanzar un cerebro de peso similar (en relación con el peso del cuerpo) sólo ha durado unos dos millones de años, es, por tanto, muy posterior. Así pues, la historia evolutiva acumulada en los cerebros de ambas especies (delfines y hombres) y sus respectivos códigos de funcionamiento debieran ser, y lo son, necesariamente muy diferentes.

Y es que, efectivamente, aun poseyendo los cerebros del delfín y el hombre un peso muy similar (en relación con sus respectivos pesos corporales), ambas especies difieren, de modo considerable, tanto en la organización interna de sus anatomías como, consecuentemente, de sus funciones. Todo ello producto, sin duda, de las adaptaciones sensoriales y sensoriomotoras a dos medios tan diferentes como son el marino y el

terrestre. Un buen ejemplo es la evolución específica de los sistemas auditivos y productores de sonidos. El sentido del oído, en el caso del delfín, ha permitido una sofisticada capacidad de comunicación de estos animales y desarrollado esa función que llamamos ecolocalización; es decir, la capacidad de detectar objetos por su eco. Para ello, en los delfines se produjeron cambios anatómicos específicos, como el aumento del componente acústico del VIII par craneal y los colículos inferiores y, desde luego también, el aumento del tronco del encéfalo y el cerebelo comparado con sus congéneres terrestres. Junto a ello, los nervios ópticos de los delfines que salen de ambas retinas en su camino hacia el cerebro se cruzan completamente a nivel del quiasma óptico, de modo que el nervio óptico procedente del ojo derecho va enteramente al hemisferio izquierdo y lo contrario para el nervio óptico del ojo izquierdo. En otras palabras, toda la información visual procedente de cada uno de los ojos va enteramente al hemisferio contralateral. Esto no ocurre en el cerebro humano, donde las fibras del nervio óptico izquierdo (ojo izquierdo) se dividen en dos manojos, uno que va al hemisferio ipsilateral (izquierdo) —que son las fibras procedentes de la hemirretina temporal de ese ojo— y otro que pasa al hemisferio contralateral (derecho) —que son las fibras procedentes de la hemirretina nasal de ese mismo ojo izquierdo—. Es cierto que en el delfín hay una pequeña transferencia de información visual de cada ojo al hemisferio ipsilateral, pero esta información se transfiere a través de unas escasas fibras que cruzan el cuerpo calloso, por otra parte muy pequeño, y no a través del quiasma óptico. Precisamente, otra característica neuroanatómica y funcional del cerebro de los delfines es la casi total ausencia de cuerpo calloso, lo que implica la escasa comunicación que se realiza entre los dos hemisferios cerebrales. Se produce así una marcada diferencia anatómica del cerebro de ambas especies, delfín y humano, que se expresa en funciones tan dispares como, por ejemplo, la capacidad de los delfines de mover los ojos de forma independiente; es decir, que un ojo mire hacia abajo y adelante mientras que el otro ojo lo hace hacia arriba y hacia atrás, capacidad de la que carecen los mamíferos terrestres, incluido el ser humano, por supuesto.

Pero entre todas estas diferencias y características anatómicas y fisiológicas antes señaladas entre el cerebro del delfín y el del hombre destaca la organización de la corteza cerebral. Dicha organización es tan diferente, que el delfín sólo tiene cuatro capas bien definidas de neuronas frente a las seis capas clásicas de la corteza cerebral humana, y además carece de la diversidad neuronal regional que tiene la corteza cerebral humana. Este hecho ya indicaría con claridad la mayor complejidad anatómica y, por ende, funcional del cerebro humano. Otra característica de la corteza cerebral del delfín es que conserva la independencia de los dos hemisferios cerebrales, cosa que no ocurre en el ser humano. Ya lo hemos apuntado anteriormente al hablar de la casi completa ausencia de cuerpo calloso en los delfines. Pero lo más interesante de esta independencia hemisférica que tienen en sus cerebros es cómo ello se expresa de una manera extrema y casi chocante tanto en el control del sueño como de la temperatura corporal. Y es que hay

una completa lateralización de los patrones de sueño, de modo que cuando un hemiserebro duerme el otro está despierto y vigilante, algo así como la lateralización e independencia que describimos más atrás para el movimiento de los ojos. Lo mismo ocurre con el control de la temperatura del cerebro, de modo que el hemiserebro dormido desciende su temperatura hasta un grado centígrado con respecto al hemiserebro despierto. Esto es debido a que hay una reducción del calor metabólico producido por neuronas y glía durante el sueño de ondas lentas y como consecuencia se produce un descenso de la temperatura sólo en uno de los hemisferios. Al parecer, se trata en parte de cambios en la dinámica de un neurotransmisor, conocido como GABA, en ese mismo hemisferio cerebral. Por supuesto que el delfín, con un cerebro tan grande, no alcanza a tener, ni siquiera remotamente, las capacidades mentales humanas, pero sí tiene una cierta conciencia de sí mismo, de su yo, muy parecida a la que tiene el chimpancé. Lo que resulta verdaderamente extraordinario es que con cerebros tan diferentes como los del delfín y el chimpancé y viviendo, además, en nichos ecológicos tan dispares, ambos alcancen un estado de conciencia de su «yo» muy parecido.

Efectivamente, los delfines (*Bottlenose dolphin*) son capaces de reconocerse ante un espejo. Ya hace algún tiempo que se suponía esta capacidad en los delfines pero nunca fue posible demostrarlo por no tener estos animales las características anatómicas que les permitieran poder señalar las marcas no visibles directamente por sus ojos sobre sus cuerpos. Los experimentos más recientes parecen haber dejado claro que cuando a los delfines se les pone un espejo en la piscina y se les marca, como a los chimpancés, una parte de su cuerpo no directamente visible, los delfines se colocan delante del espejo mucho más tiempo que cuando no están las marcas y en posiciones, además, que indican que están observando las manchas extrañas sobre sus cuerpos, lo que se interpreta como que el delfín reconoce su propio cuerpo. Esto señala un alto grado de capacidad mental y explicaría que pudieran reconocer «las marcas» sobre sus cuerpos como «extrañas» y «ajenas». Este hecho, además, indica que el delfín ha alcanzado estos niveles de conciencia a través de un cerebro que es diferente en su citoarquitectura y organización e invita a pensar que estas capacidades pueden alcanzarse por vías diferentes y con sustratos neurológicos diferentes (aun cuando supongo que con una historia evolutiva muy similar, pues los delfines fueron, algunos millones de años atrás, animales terrestres).

¿POR QUÉ ESTÁN SIEMPRE DESPIERTOS LOS DELFINES?

El sueño de los delfines es quizá uno de los capítulos más curiosos de la Biología. Y es que los delfines están casi las 24 horas del día despiertos, nadando y vigilantes. ¿Acaso nunca duermen? Sí duermen. Un delfín, como aproximación, y durante las 24 horas del día, reparte la vigilia y el sueño de la siguiente manera: 14 horas las pasa completamente despierto y con los dos hemisferios alerta, y las 10 horas restantes, durmiendo. Diez horas de sueño que reparte alternativamente entre cuatro horas durmiendo el hemiserebro derecho (y seis horas despierto el izquierdo) y seis horas durmiendo el hemiserebro izquierdo (y cuatro horas despierto el derecho). ¿Quiere esto decir que el hemisferio izquierdo trabaja más y es más necesario para la supervivencia de estos animales que el derecho y por ello necesita también descansar más? ¿Tiene esto relación con el cerebro del ser humano, en el que el hemiserebro izquierdo es el «cerebro inteligente», y el hemiserebro derecho, el «menor» o más «pobre»? Apenas 12 minutos se ha podido registrar una actividad electroencefalográfica de sueño en ambos hemisferios (aun cuando interrumpida por períodos respiratorios) durante los que, al parecer, los delfines se encuentran permanentemente en superficie. Y esta característica es única en la naturaleza, es decir, la de mantener despierto un hemiserebro (derecho) mientras duerme el otro (izquierdo), y al revés. La consecuencia de todo ello es clara: los delfines siempre están despiertos y vigilantes.

A esta conducta de sueño del delfín se añade otra, todavía más curiosa. El delfín no entra nunca en la etapa de sueño más profundo, aquella que produce el sueño REM (tipo de sueño que conlleva relajación muscular y desconexión sensorial y motora completa del mundo que les rodea). El delfín sólo entra en sueño de ondas lentas en uno u otro hemisferio de forma alternante. Lo curioso es que aun durmiendo de modo alternante sus dos hemisferios, estos animales siempre están nadando y nunca muestran una conducta motora asimétrica, es decir, siempre nadan con ambas partes del cuerpo activas. Ello lleva a la idea de algo realmente único y diferente a cualquier otro animal terrestre: que aun durmiendo un hemisferio cerebral, los sistemas motores del delfín permanecen bilateralmente activos, por lo que mantienen un movimiento coordinado. De esto se deduce que en el delfín y durante el sueño tanto la actividad de parte de la corteza cerebral y del tálamo como la del tronco del encéfalo debe ser radicalmente diferente a la que ocurre en todos los mamíferos terrestres. Es más, en algunos tipos de delfines, como

el Commerson, la actividad motora se ha podido ver que es continua durante toda la vida del animal, desde su nacimiento hasta su muerte. A esta última especie de delfines nunca se les ha visto descansar en la superficie del agua, nadan constantemente y muy deprisa, de lo que se deduce que para desarrollar tal conducta tienen que tener tanto sus sistemas sensoriales como motores en alerta constante para no chocar contra ningún obstáculo.

Otro hecho curioso es que si al delfín se le mantiene bajo una situación de estrés continuado durante 60 horas y, por tanto, sometido a un período de privación de sueño en ambos hemisferios en ese tiempo, en el período de recuperación muestra un efecto rebote con una alternancia de sueño en ambos hemisferios bastante precisa. También se ha observado que si el estrés y la privación de sueño se realizan en uno solo de los hemisferios, siempre resulta en una compensación de sueño de ese mismo hemisferio y no del contrario. Con todo, hay observaciones muy recientes que muestran que los delfines son capaces de mantener una atención continua muy prolongada y que pueden permanecer sin dormir hasta cinco días sin que fallen sus capacidades para detectar obstáculos o alimentos, lo que pone de manifiesto un mundo «onírico» realmente único y diferente al de cualquier otro ser vivo. No se sabe bien qué ha llevado a los delfines a lo largo de la evolución a adquirir estas capacidades. Una explicación posible es que debido a que son mamíferos y, por tanto, tienen pulmones y no branquias como los peces, sólo pueden respirar sobre la superficie del agua y para ello necesitan estar casi siempre nadando y despiertos para poder acceder constantemente a dicha superficie.

Precisamente, la organización neural de la respiración en los delfines es otra de sus características diferenciales con respecto a los mamíferos terrestres. Los delfines tienen un sistema respiratorio que está bajo el control voluntario, lo que hace que se vuelvan conscientes, cada vez que aumentan sus niveles de dióxido de carbono (CO_2), de que tienen que subir a la superficie para respirar. Esto difiere claramente de los mamíferos terrestres, en los que al estar en su propio medio —es decir, con oxígeno siempre disponible—, la respiración y su control se han hecho automáticos e inconscientes. Que el sistema respiratorio de los delfines está bajo control voluntario tiene su más clara demostración en el hecho de que la anestesia y, por tanto, tener dormidos los dos hemisferios al mismo tiempo paraliza la respiración espontánea, por lo que es incompatible con la misma. Los delfines tienen una apertura en su dorso a través de la cual respiran. Esta apertura está cerrada por una especie de solapa de la piel que se abre y se cierra por control voluntario del animal. Lo cierto es que estos animales necesitan respirar cada muy poco tiempo, alrededor de cada minuto o minuto y medio. De manera que la única alternativa posible para dormir de modo más «relajado» (aun cuando siempre alternando el sueño sus dos cerebros) es reposar en la superficie del agua. De hecho, se les ha visto flotando durante al menos una hora. Estos hallazgos nos demuestran la existencia de un mamífero, en este caso el delfín, que no necesita de quietud, ni de falta de luz, ni poner a dormir todo el cerebro, ni necesita de ensoñaciones (que son las que proporcionan ese otro tipo de sueño que llamamos REM) para llevar

una vida fisiológica normal.

Pero el mundo onírico de los delfines tiene todavía muchas más curiosidades. Por ejemplo, los delfines hembras y sus crías, así como algunos otros cetáceos, no duermen durante los primeros meses tras el parto. Efectivamente, tras el nacimiento y durante las 24 horas del día los delfines recién nacidos nadan constantemente al lado de sus madres y son constantemente capaces, durante ese tiempo, de evitar obstáculos, mostrando claramente que están despiertos. Cuando los delfines recién nacidos nadan hacia la superficie para respirar a intervalos de tiempo muy cortos, de alrededor del medio minuto, la madre típicamente les fuerza a seguir sus movimientos y alcanzarla. La necesidad que tienen los delfines jóvenes de respirar muy frecuentemente les obliga a realizar constantes maniobras natatorias para alcanzar la superficie, lo que justificaría la necesidad de estar constantemente despiertos. Es interesante que en los delfines adultos el sueño siempre se acompañe del cierre del ojo contralateral a ese hemisferio (es decir, el ojo correspondiente al hemicerebro dormido). Sin embargo, a los delfines hembra, tras el parto y durante dos o tres meses, nunca o casi nunca se les ha visto con uno o los dos ojos cerrados, lo que sería indicativo de que durante todo ese tiempo apenas duermen. Lo mismo ocurre con los recién nacidos, que cierran un ojo raramente, al menos durante el primer mes tras el nacimiento. Todo esto es exactamente lo opuesto a lo que ocurre con cualquier otro mamífero que vive en tierra firme. Es bien conocido que los mamíferos recién nacidos en general (y particularmente los seres humanos), tras el parto, dedican más tiempo que los adultos al sueño. También sabemos que cualquier mamífero (aun cuando experimentalmente sólo se haya visto en ratas) privado completamente de sueño termina por morir a las dos o tres semanas. De todo ello se ha deducido que el sueño debe cumplir una función vital, reparadora. ¿Qué pasa, pues, con los delfines que no necesitan dormir tras el nacimiento? ¿Qué extraños mecanismos operan en el cerebro del delfín para que la falta de sueño no dañe su organismo?

Parece evidente que la naturaleza ha diseñado un nuevo experimento de enorme valor para los delfines, que ha calado hasta los genes. Lo que sí parece evidente es que no dormir tiene muchas ventajas para el cetáceo tanto adulto como recién nacido, entre ellas las de reducir las posibilidades de ser atacado por depredadores. Precisamente, los recién nacidos, presas fáciles, dedican todo su tiempo a nadar siempre alrededor de la madre, y a observar y seguir atentamente lo que ésta hace para protegerse.

LAS MUCHAS MENTES DE LA CARA HUMANA

¿Puede uno imaginarse la impresión que nos produciría mirarnos al espejo a los setenta años tras no habernos visto la cara desde que teníamos veinte? Claramente sufriríamos una impresión emocional no predecible. Ello se debería no sólo a la reacción emocional «psicológica» de haber envejecido, sino a algo más profundo y «físico». Se debería a que el cerebro no podría reconocer aquella imagen «extraña» de los setenta años como «uno mismo» porque en él, en el cerebro, seguiría estando guardada la imagen de cuando teníamos veinte años. El reconocimiento de la identidad de uno mismo a lo largo del tiempo requiere de una constante actualización y cambio en la anatomía y la fisiología del cerebro. Y eso es lo que ocurre en nosotros todos los días, cada mañana y cada vez, que vamos al lavabo y nos miramos al espejo. De hecho, los espejos son los testigos mudos y silenciosos que nos hacen conscientes del paso del tiempo. Y es que mirarnos al espejo es un ejercicio que practicamos todos, todos los días. Uno, al levantarse cada mañana va al cuarto de baño y tras encender la luz, lo primero que hace, la mayoría de las veces, es mirarse al espejo. Y es de este modo que, todos los días, cada persona no sólo reconoce en esa imagen del espejo su propio «sí mismo», sino que actualiza su cara y su cuerpo en su cerebro. Este proceso ocurre a lo largo de toda la vida, a todas las personas, incluso a aquellas que no tienen cuarto de baño y no miran su cara cotidianamente ni se asean todos los días porque la oportunidad de reconocerse en cualquier parte se alcanza en cualquier momento cada poco tiempo.

Esa mirada diaria en el espejo es una mirada constante, pues ocurre, aun cuando no se sea consciente de ello, mientras uno se lava la boca, se afeita, se maquilla o se peina. Ese proceso permite el registro cerebral de las arrugas y los rasgos de la cara, y la forma de los ojos y los propios gestos. Y es así, con el paso del tiempo, que uno actualiza, sin extrañezas ni sobresaltos, posibles pigmentaciones y manchas que se van acumulando, las canas que van apareciendo y hasta los cambios lentos, pero insidiosos, de la configuración anatómica de la cara misma. Y todas estas percepciones se incorporan a la memoria del cerebro que, de modo inconsciente, identifica, cambia, actualiza y reactualiza ese «sí mismo» a través del tiempo.

Este proceso no sólo ocurre gracias al espejo en el que nos reflejamos cada día, sino también gracias a esos otros cientos o miles de espejos más complejos que nos rodean y que son las personas que nos rodean. Los comentarios de los otros acerca de nuestra cara, nuestros gestos, nuestro cuerpo y andares, nuestra conducta y cómo pensamos, y el

cambio de todo ello con el tiempo son también, y de modo imperceptible, lo que actualiza nuestro cerebro sobre nosotros mismos. Los conceptos de joven o viejo, guapo o feo, arrugado o terso, desgarrado o esbelto, nacen de los demás, no de nosotros mismos.

Esto mismo sucede con las caras de los demás, de aquellos que vemos todos los días en el trabajo o en las reuniones sociales de los fines de semana. Nuestro cerebro actualiza e identifica y reconoce con sus cambios a las personas de su entorno, y con ello reactualiza y reconoce los suyos propios. Y es un hecho que si al cerebro no se le da la oportunidad de reactualizar constantemente la propia imagen o la de los demás entraría en un serio conflicto con la realidad social. De hecho, el reconocimiento de uno mismo y de los demás es el fundamento sólido, junto a la propia intimidad, de la vida social. Ayudaría a entender todo lo que digo recordar esa experiencia, que muchos hemos tenido alguna vez, de saludar a un compañero de colegio 30 años después de haberlo visto por última vez y no reconocerlo, porque se le ha ensanchado la cara, le ha crecido la barriga o ha perdido el pelo. Ante una situación así, esa reflexión tan simple de «parece otra persona», sin más consecuencia, si se realizara sobre «uno mismo» podría tener tintes esquizofrénicos.

En realidad, los otros son espejos, múltiples y diversos, en los que nos miramos todos los días. Nos reflejamos en los otros y aprendemos y cambiamos nuestro «yo» al reflejarnos en el espejo de los demás. Nuestro reflejo en los otros, como en el espejo físico del cuarto de baño todas las mañanas, nos permite vernos a nosotros mismos, porque refleja nuestra identidad. Yo soy yo y mi cuerpo cambiante de todos los días gracias en buena medida a los demás. Lo cierto es que el entorno social humano es un castillo de espejos. Y todo ello se debe, al menos en parte, a que nuestras caras, la de cada ser humano en el mundo, están representadas en esos otros cerebros.

Lo cierto es que las caras humanas, a través de las contracciones y relajaciones asincrónicas de sus 20-23 músculos, tienen una capacidad de expresión que son un verdadero código de comunicación. Código que tiene un sustrato neurobiológico, genético, complejo, que da fundamento básico a ese lenguaje facial y sirve, sobremanera, a la propia supervivencia del individuo y de la especie. Todo esto refiere en su aspecto más elemental a las expresiones de alegría, disgusto, sorpresa, tristeza, asco, rabia y miedo, que son universalmente reconocidas por los seres humanos, incluso por gentes de tribus muy remotas en las selvas amazónicas y que no han tenido contacto previo con el mundo occidental. Quiere ello decir que estos «retratos emocionales» vienen de algún modo ya bastante programados genéticamente y codificados en nuestros cerebros, y que no son el resultado de haber nacido en ninguna cultura concreta. Son gestos universales del ser humano y reconocidos por todos los seres humanos.

Los músculos de la cara tienen una característica que los diferencia del resto de los músculos del cuerpo y es que carecen de los receptores capaces de informar al sistema nervioso de su grado de acortamiento o estiramiento. En otras palabras, el «poseedor de

la cara» no sabe nunca la cara que está poniendo en cada momento. De ahí aquello tan común de «... si supieras qué cara has puesto cuando has dicho que...», «... pusiste una cara de sorpresa (o de miedo) que tenías que haberte visto en el espejo...». Todo esto también explica, por ejemplo, el duro y constante trabajo de un actor para aprender de modo consciente qué cara está poniendo en cada situación. Primero para él mismo ante el espejo y luego ante los demás, si quiere saber qué cara está poniendo en sus representaciones en el cine o el teatro y expresar adecuadamente frente al espectador un determinado sentimiento o una determinada conducta, o evocarlos en el público.

Nadie duda que las caras son una fuente de información sobre los demás y tampoco duda nadie que las caras y sus expresiones son la guía que nos permite una interacción social normal, y hasta tomar decisiones bastante acertadas con sólo «un vistazo» a una cara. El siguiente ejemplo es bastante ilustrativo de cuanto digo. En un estudio muy reciente se mostró a una serie de personas un número de fotografías pertenecientes a candidatos a ocupar un puesto en el Congreso de los Estados Unidos. La exposición de cada fotografía duró un segundo. Tras ello se les pidió que, a su juicio, indicaran la capacidad relativa de estas personas para ser elegidas. El resultado fue que predijeron correctamente el resultado de aquellas elecciones en un 70% de los casos. ¿Cómo es posible tal cosa, con sólo la mirada a una fotografía durante un solo segundo de exposición? Parece claro que lo que ocurre es una primera impronta emocional compleja que va más allá de la impresión de alegría o tristeza básica de la que antes hablábamos y que tiene un valor extraordinario como elemento predictivo. De ello debemos aprender el valor que tiene una primera impresión de las caras como moneda de intercambio y decisiones sociales. Es más, la gente normalmente suele ir más lejos de las inferencias generales que se pueden hacer sobre la apariencia de una cara y atribuirle a esa persona cualidades y capacidades, lo que les lleva, muchas veces, a hacer juicios irreflexivos y erróneos. Recordemos, por poner un caso notorio, aquel de Charles Darwin, quien debido a la primera impresión que le produjo su nariz al capitán Fitz-Roy —que le entrevistó para constatar sus cualidades personales y su capacidad para aguantar un viaje tan duro y prolongado—, estuvo a punto de no embarcar. No me imagino lo que hubiera podido ocurrir para la ciencia y el pensamiento humano de no haber emprendido Charles Darwin ese viaje en el *Beagle*.

Pero el complejo mundo de las caras, su reconocimiento y significado, representa una función suprema de supervivencia donde las haya, no sólo individual y de la especie, sino social. Y es que detectar una cara en la oscuridad, o entre la maleza de la floresta, y leer en ella un significado de bueno o malo, agresivo o placentero, ha debido tener una larga historia de millones de años. De ahí el valor emocional de la cara cuya lectura correcta nos puede salvar la vida y que, además, encontremos la mejor pareja para nuestra descendencia, que es, de nuevo, salvar de algún modo una mejor supervivencia de la especie. Socialmente, además, la lectura de las caras ha tenido un significado todavía más sobresaliente: expresar con finura los sentimientos más sofisticados y alcanzar con ello

éxitos o fracasos en las interacciones humanas.

LOS LABERINTOS CEREBRALES DE LAS CARAS

Las caras, la propia y la de los demás, son un universo que ocupa mucho espacio y tiempo de procesamiento en el cerebro. Hoy sabemos que en el procesamiento de detección de una cara participan, no ya como antes se creía, los circuitos corticales visuales y los somatosensoriales y motores (los homúnculos de Penfield, es decir, la sensibilidad al tacto y dolor y el movimiento de los músculos de la cara), sino también circuitos del cerebro emocional.

Por ejemplo, los estudios utilizando resonancia magnética nuclear han confirmado que en la corteza visual del cerebro humano y en la de los primates hay un área, el giro fusiforme, en la que existen neuronas que responden selectivamente a la visión de caras. De modo que junto a toda la red de áreas visuales y sus interconexiones capaces de elaborar en detalle la figura de una cara, hay nodos bastante selectivos, como es este giro fusiforme; donde se detecta, finalmente elaborada, la cara concreta. Es decir, nuestro cerebro posee una maquinaria neuronal altamente especializada para la percepción de las caras. Lo cierto es que la visión de una cara requiere del reclutamiento de muchos componentes perceptivos, de aprendizaje y memoria y, por supuesto, cognitivos. Piénsese que las caras son los únicos estímulos que requieren discriminación constante entre millones de ellas, pues todas comparten la misma estructura anatómica básica. Quizá las neuronas y circuitos de ese nodo que acabamos de mencionar, el giro fusiforme, tengan como función específica no sólo detectar una cara, sino iniciar el proceso diferencial, discriminando entre una cara y otra.

La corteza cerebral (frontal y parietal) por su parte contiene lo que se conoce como los homúnculos somatosensorial y motor de Penfield. En ellos está representada no sólo la sensibilidad de la cara, sino los movimientos que ésta realiza. Por su parte, el cerebro emocional, a través del cual la información visual adquiere ese color de «bueno» o «malo», posee circuitos que proveen de información muy difuminada e imprecisa, pero rápida, acerca de qué características tiene una determinada cara con un contenido emocional importante (peligro o placer) y desde allí, sin tomar apenas conciencia de esa percepción, la información corre por los circuitos de la conducta motora y se ejecuta la respuesta de escape o aproximación. También esta misma información alcanza, esta vez de modo más lento, otros circuitos corticales de más fina resolución tanto de identificación (a quién pertenece la cara, hombre, mujer, niño, viejo...) como en cuanto a asegurar la expresión emocional de esa cara (alegre o triste). De manera que la

información acerca de las caras lleva, simultáneamente, una vía rápida (probablemente la utilizada en casos de ataque o fuente de dolor; es decir, supervivencia del individuo) y otra ruta más «lenta» pero más crítica en la que se alcanza un detalle de la cara, aspecto este último de gran valor para los procesos cognitivos y de relaciones sociales.

Durante mucho tiempo se ha pensado que la exquisita capacidad del ser humano para detectar caras era una capacidad innata, es decir, ya inscrita en códigos cerebrales grabados en redes corticales asociativas y funcionantes casi nada más nacer. Esto permitía entender el fenómeno ampliamente referido por el que un recién nacido orienta su mirada preferentemente hacia las caras y no a cualquier objeto o forma que no sea una cara. Y es que, efectivamente, hoy se piensa que se nace con estos códigos cerebrales y que su función se desarrolla de modo muy rápido en relación con la detección de caras. De manera que estas redes neurales ya preorganizadas al nacimiento y tras la visión de la primera cara, se estructuran de modo preferente y selectivo para detectarlas. Algo así como lo que ocurre con el lenguaje. Nadie habla al nacer, pero con un desarrollo intraútero normal del cerebro y si, tras el nacimiento, el niño oye hablar en su entorno, en pocos meses los circuitos neuronales que codifican para el lenguaje se ponen en marcha. De las dos vías o rutas de procesamiento de las caras, que ya mencionamos anteriormente, se piensa que es la vía rápida la primera que utiliza el recién nacido para orientarse hacia las caras y no hacia otros estímulos del entorno y que es después, más lentamente, cuando se desarrolla y madura la vía lenta discriminativa.

Por otra parte, hoy sabemos que el reconocimiento emocional de las caras requiere de la actividad de muchos y complejos circuitos, tanto corticales como subcorticales. También es posible que unos circuitos estén involucrados más selectivamente que otros en el reconocimiento de las diferentes expresiones de la cara. Por ejemplo, la actividad de la amígdala se produce muy específicamente durante la presentación de fotografías o personas que expresen miedo. Es más, en enfermos con lesión de ambas amígdalas se produce una incapacidad para detectar expresiones emocionales de la cara y muy especialmente las de miedo. Igualmente, lesiones de otra área del cerebro, la ínsula, parecen implicadas en el reconocimiento de caras que expresan casi más selectivamente asco. Y también un área más, la corteza prefrontal, que se ha visto involucrada específicamente en la capacidad de detectar expresiones de rabia, pero no, por ejemplo, de placer o contento.

Por todo esto, y por la compleja interacción de códigos y neuronas y su dinamismo en el tiempo, así como por su significado profundo para el organismo, sostengo que no es posible un trasplante de cara «completo», quiero decir, un recubrimiento completo de los más de veinte músculos y piel del rostro, incluyendo ojos, nariz y orejas. Y pienso y lo sostengo, aunque ello suena a desafío intelectual, que creo que ello daría como resultado una enajenación mental en el individuo trasplantado. Aun asumiendo el más que dudoso éxito técnico del trasplante, una operación así representaría para la persona trasplantada mucho más que ponerle una máscara sobre su propia cara. De hecho, en el caso de la

máscara seguiría viva la cara de la persona representada en su propio cerebro, aun cuando oculta, lo que no ocurriría tras la destrucción de la cara vieja y el trasplante de la nueva. La nueva cara trasplantada representaría para el cerebro algo ajeno a lo que tiene construido en sus circuitos neuronales, tanto cognitivamente como, desde luego, emocionalmente, y que aun cuando la persona trasplantada se mirase todos los días al espejo, dudo mucho que el cerebro adulto (y menos aún el cerebro envejecido) pudiera cambiar su representación al grado de que la persona llegara a «identificar» su nueva cara con su propio yo. Sostengo que, a largo plazo, produciría una enajenación mental del individuo.

LOS ESPEJOS DEL CEREBRO

Cuando alguien que está sentado a nuestro lado se agacha y coge algo que se nos acaba de caer, ¿cómo sabemos que su intención es la de devolvérselo y no la de quedárselo y salir corriendo? ¿Qué nos permite predecir las intenciones de los otros? ¿Qué ocurre en nuestro cerebro para que tal cosa suceda y además tengamos cierta seguridad en esas predicciones?

Hasta hace relativamente poco la Neurociencia contestaba estas preguntas indicando que ante una situación como la descrita la información procedente de los órganos de los sentidos (lo que vemos, tocamos u oímos) alcanzaba el sistema límbico o cerebro emocional, donde, en función de lo previamente aprendido, se adquiere una primera impronta de «bueno» o «malo» inferida de los gestos de la cara y la postura del cuerpo de los otros, y que era luego, al pasar esta información a las áreas corticales de asociación de la corteza cerebral, cuando se adquiría finalmente ese sentimiento y razonamiento rápido e «intuitivo» que nos permitía conocer la intención del otro. Que este proceso se sigue en el cerebro parece evidente. Al tiempo, sin embargo, también parece que no es esta la historia completa. Y es que un nuevo actor ha entrado en escena y añadido nuevas piezas neurales a este rompecabezas. A ese nuevo actor se le ha denominado neuronas espejo. Se trata de grupos de neuronas que existen tanto en el cerebro de los primates como en el de los seres humanos, que activan ya no «recuerdos» y sucesos grabados en nuestro cerebro e impregnados de «bueno» o «malo», sino que responden ellas mismas, directamente, con su actividad «física», a la situación vista, reviviendo o copiando activamente en el sujeto que ve aquello que está sucediéndole al otro. Efectivamente, neuronas de ciertas áreas de la corteza cerebral (premotora) se activan cada vez que una persona realiza una acción voluntaria determinada, por ejemplo, coger una manzana. Eso ya lo sabíamos. Lo sorprendente es que también se activan neuronas similares en la corteza premotora de quien observa que esa otra persona coge la manzana. En otras palabras, nuestros cerebros poseen neuronas que se comportan como espejos, reflejando y reproduciendo las acciones de los demás. ¿Qué significado puede tener esto?

En el mono, el papel de estas neuronas puede estar limitado a predecir acciones motoras simples y dirigidas a un objetivo concreto. Por ejemplo, cuando un mono que observa a otro ve coger a este último una manzana, el observador activa en su cerebro neuronas que le mantengan en «rápida disposición» para poder coger también él mismo

algún trozo de ese mismo alimento. En los seres humanos, sin embargo, puede que el sistema de neuronas espejo alcance otros significados más mentales, más «cognitivos», como, por ejemplo, y ya lo hemos mencionado, «recrear y vivir en uno mismo» la intención de los demás. Algo así como tomar conciencia directa y personalmente de las acciones que realizan los otros, puesto que de hecho «está sucediendo en el propio cerebro del que lo observa». Es más, en una serie de experimentos se ha podido observar que las mismas neuronas que son activadas cuando el mono coge un trozo de fruta y se lo lleva a la boca también se activan, aun cuando con una actividad menor y posiblemente con un patrón de disparo diferente, cuando el mono deposita el trozo de fruta en un plato. De ello se ha deducido que estas neuronas no sólo responden a la mecánica del acto motor, sino que también, posiblemente, codifiquen la intencionalidad del acto motor. Lo interesante de estos experimentos es que los mismos patrones de activación neuronal se pudieron demostrar en el cerebro del mono que sólo es observador de esas dos conductas. De ser así, esto permitiría entender la «intuición» que, de forma directa y personal, tiene una persona de las intenciones de los otros.

Estos estudios han sido extrapolados al mundo de la emoción y los sentimientos. Y antes se pensaba, recreando un poco lo que acabo de decir para la corteza premotora, que «ver» y «oír» la expresión de dolor en el rostro y la voz de nuestro hijo, por ejemplo, alcanzaba, tras el procesamiento de esa información en áreas corticales visuales y auditivas, el cerebro emocional, en donde se evocaban recuerdos aprendidos y guardados de situaciones similares, y es con esos recuerdos y las percepciones sensoriales concretas y actuales con los que se elaboran en nuestra corteza cerebral el sentimiento y el pensamiento último que nos llevaban a sentir «casi» en carne propia, «casi» físico, el dolor que sentía nuestro hijo. Hoy, con las neuronas emocionales espejo, se ha especulado que lo que sentimos en esas circunstancias es «real» y fiel reflejo, en nosotros mismos, de lo que siente nuestro hijo sin el «casi». Pongamos esta vez un ejemplo más concreto. Sea éste el de una persona que se da un martillazo en un dedo delante de nosotros. Ante esta situación las «neuronas emocionales espejo» de nuestro propio cerebro activarían toda su maquinaria emocional de modo «directo» y casi simultáneo a la del otro que experimenta el dolor tras el martillazo. En otras palabras, y tomando de nuevo el primer ejemplo, tanto en el hijo como en el padre se produciría un dolor «real» y «físico».

En este sentido es interesante un estudio, utilizando resonancia magnética funcional, que pone de manifiesto que ciertas áreas de la ínsula anterior (un área del cerebro cuya actividad ha sido correlacionada con estados emocionales de desazón, angustia y dolor, área a la que incluso se le ha asignado un papel como «pequeño ordenador» capaz de «medir» grados de dolor e injusticia) son selectivamente activadas en una persona tanto cuando experimenta directamente dolor como cuando esta misma persona observa una expresión de dolor en otros. Si esta activación de la ínsula expresa con certeza la activación de neuronas espejo emocionales está claro que indica, como en los casos

anteriores, que los seres humanos pueden comprender las emociones e intenciones de los otros a través de mecanismos neurales directos, por los que estas emociones serían «reflejadas» físicamente en el cerebro del observador. Es posible que mecanismos de este tipo sean los que permiten ese tipo de relaciones interpersonales «rápidas» como aquellas en las que se alcanza un pronto desagrado entre personas. El hecho de que fenómenos similares también se hayan registrado en la corteza cingulada anterior, un área cuya actividad se ha visto relacionada con la integración de vías de información relativas a la recompensa o el placer que puede producir una conversación con «los otros», ha sugerido la existencia de neuronas espejo, que son las que permitirían el desarrollo de una pronta y fácil empatía.

Empatía quiere decir aproximación emocional. Significa un acercamiento al otro, lo que genera conocimiento (algo que indica que ese «otro» es parecido a mí y, por lo tanto, creo saber cómo piensa y siente) y seguridad. Y son curiosas las observaciones que indican que cuando la empatía nace entre dos personas, también nace o se dispara un resorte cerebral que hace que esas personas tiendan a imitarse mutuamente de modo casi automático. Este fenómeno se conoce como el efecto camaleón. Tanto más se tiende a imitar al otro cuanto más empatía se desarrolla. Y ello ha llevado a sugerir que la empatía se autorrefuerza a través de un proceso consistente en incorporar en uno mismo, «imitándolas», las expresiones corporales y faciales del otro. Precisamente también aquí se ha querido ver un papel de las neuronas espejo en tanto que la intencionalidad, en este caso «buena», mediada por estas neuronas, puede hacer vivir la «empatía» más desde dentro que simplemente inferida de las palabras o de los gestos de la cara y el cuerpo. Se ha sugerido, por ejemplo, que una red neural compuesta por neuronas espejo en la ínsula, en áreas del cerebro emocional (amígdala) y en la corteza cingulada anterior podría ser la base de la habilidad de los seres humanos para empatizar entre ellos.

Estas ideas han sido llevadas al aprendizaje y desarrollo cognitivo y emocional de los niños. Precisamente la imitación, a través de la vivencia interna neuronal «física» de lo que ve un niño, siempre se ha pensado que es la forma de aprendizaje más universal utilizada durante el desarrollo, pues permite, de una manera fácil y rápida, la adquisición de muchas habilidades y destrezas que de otra manera requerirían de un laborioso proceso mucho más difícil y complejo que el que se da en la realidad cotidiana del niño. Los estudios en Psicología del desarrollo han permitido ver que la imitación parece ser también central en el desarrollo de habilidades sociales fundamentales, como leer las expresiones de la cara y el cuerpo para poder entender la intención y los deseos de otras personas. Por eso se les ha querido asignar aquí un papel importante a las neuronas espejo, capaces de reflejar «internamente» y en consecuencia imitar por vía rápida la socialización y la empatía con los demás.

Se piensa que, precisamente, un mal funcionamiento de este sistema emocional de neuronas espejo bien pudiera estar implicado en la falta de relación interpersonal que ocurre en procesos como el autismo. El autismo o síndrome de Asperger es una

enfermedad que padecen algunos niños que acaso podría tener como sustrato a las neuronas espejo del sistema emocional. Por ejemplo, los niños con autismo no miran directamente a la cara de las personas, o bajan la cabeza o se vuelven de espalda cuando les presentan a alguien. También padecen ciertas limitaciones en su capacidad de empatizar, así como en la capacidad de intuir qué piensan o sienten los demás.

Las puertas se abren así a la posibilidad de que otras enfermedades o al menos algunos síntomas de esas enfermedades en las que claramente hay una rotura de la relación con los otros, como es el caso de la esquizofrenia, también pudieran tener su base en una mala función de las neuronas espejo.

EL CHIMPANCÉ QUE SE MIRÓ POR PRIMERA VEZ EN UN ESPEJO

Cuando a un niño de cuatro o cinco meses se le coloca ante un espejo, lo que hace es tratar de jugar con el otro niño que está frente a él y vocaliza, gesticula e intenta tocar al «otro» pero no alcanza a reconocer que ese niño del espejo es él mismo. Estas manifestaciones se hacen todavía más evidentes en niños con unos pocos meses más de edad. Por ejemplo, a los ocho meses el niño ya desarrolla la clara intencionalidad de contactar con el «otro» niño. Es más, si observa algo «extraño» en el niño del espejo, como por ejemplo una gran mancha de color rojo en su frente, no refiere con sus manos a su propia frente, sino a la frente del que hay frente a él.

Ya alrededor del año aparece una nueva fase exploratoria en la que mira con más atención los movimientos de «su amigo» e incluso avanza hacia los bordes del espejo y echa una mirada por detrás de él buscándolo para ver, de verdad, dónde está físicamente. Pero sigue sin reconocerse a sí mismo. Y así continúa hasta bien entrado el año y medio. Hasta entonces y aun cuando ya haya comenzado a caminar y balbucear muchas palabras y a inspeccionar el mundo de su inmediatez con enorme interés, lo hace como «un ser» sin identidad personal, sin conciencia de sí mismo. La conciencia de su «yo» queda todavía diluida en el mundo en el que vive.

A partir del año y medio algunos niños ya son capaces de autorreconocerse cuando se miran al espejo. Muchos otros necesitan llegar a la edad de los dos años y todavía otros requieren más edad para adquirir esta capacidad. A partir de los dos años o dos años y medio los niños que se miran al espejo, tras haber sido expuestos antes a esta experiencia, al abrir la boca ya no se dirigen con sus manos señalando la boca del niño que hay delante de él, sino que dirigen la punta de sus dedos a sus propios dientes o inspeccionan y tocan y escudriñan con detalle su propia cara, sabiendo que es suya y no la cara del espejo. Lo que ven lo refieren a sí mismos. Claramente esto es reflejo del reconocimiento de su propia identidad. Y es así como tras varias exposiciones, el niño registra en su cerebro su cara como equivalente a él mismo. Es más, si a un niño de dos años se le coge en brazos y sin que él se dé cuenta se le hace una marca en la frente con una pintura que ni huele ni moleste a la piel, al dejarlo en el suelo y ponerlo enfrente de un espejo, inspeccionará con enorme interés su propia cara y tocará en su propia frente la marca que hemos hecho. Está claro que el proceso de conciencia en el cerebro ha dado un salto cualitativo, aquel que va desde «el saber» del mundo que nos rodea (el

niño sabe, es consciente de lo que le rodea y por ello interacciona con el medio) a «saber» de «sí mismo». Ha comenzado la aventura del «yo».

Aun con todo, un niño no logra tener una memoria autobiográfica antes de los tres años. Muy poca gente recuerda algo de sí mismo antes de esa edad. Y es que las áreas del cerebro que registran los acontecimientos de los que tomamos conciencia no se desarrollan por completo hasta aproximadamente los tres años. Es curioso, sin embargo, que nuestro cerebro sí registra de modo inconsciente sucesos ocurridos antes de esa edad. Sucesos, además, que el niño será capaz de expresar en su conducta, aun cuando no lo haga con palabras. En este sentido es interesante lo que decía Squire (1998):

Por ejemplo, si una experiencia desagradable (como bien pudiera ser la mordedura de un perro) ocurre durante los dos primeros años de la vida de un niño, antes por tanto [de] que aparezcan en él los sustratos neurobiológicos para que se establezca la memoria declarativa a largo plazo (memoria consciente), la experiencia puede resultar en una fobia persistente a los perros pero nunca tendrá el cerebro de ese niño ningún registro «de memoria declarativa» de lo que realmente sucedió. En estas circunstancias, la presencia de «una memoria no declarativa» no conlleva la posibilidad de descubrir ningún recuerdo consciente ocurrido en los primeros dos años de la vida; lo inconsciente no puede volverse consciente.

Y es a partir de aquí que los niños comienzan una carrera imparable que les conduce a poner como referencia su «yo» ante todo cuanto les sucede en el mundo. Una referencia que, por otra parte, sólo parecen tener los seres humanos. ¿Pero es esto así? ¿Estamos los seres humanos tan solos en el mundo que sólo nosotros somos capaces de reconocer nuestra propia existencia? ¿Sólo nuestro cerebro y el de ningún otro ser vivo sobre la tierra posee esa capacidad? La verdad es que todos hemos oído hablar de las enormes capacidades cognitivas y emocionales de los chimpancés. Y desde los experimentos originales de Köhler en Tenerife, en las islas Canarias en 1913, mostrando cómo un chimpancé con ayuda de otros, apilaba unas cajas y se encaramaba a ellas para finalmente alcanzar con un palo unas bananas colgadas del techo, se han realizado muchos estudios con estos animales. Más tarde, el matrimonio Gardner, hacia 1966, mostró los talentos que poseen los chimpancés en relación con la comunicación simbólica y el lenguaje. Estudios más recientes nos han permitido ir conociendo la capacidad de los chimpancés para cooperar durante la búsqueda de comida —lo que incluye el reparto de la carne de mono a los que cazan en grupo—, para la protección y defensa del grupo y para utilizar herramientas para defenderse. También desarrollan una sofisticada «política» social mediante el establecimiento de reglas de conducta que todos respetan, o se castiga al que no lo hace, como por ejemplo la que utilizan para la lucha contra enemigos o en el cuidado de las crías ante un peligro. Pero nadie, nunca, pensó que ello llegara mucho más lejos. Los chimpancés siempre fueron considerados simplemente

animales y que como tales no poseían conciencia alguna de su identidad individual.

Fue en 1970 cuando Gordon Gallup mediante una serie de experimentos dejó bien establecido que los chimpancés son capaces de reconocerse a sí mismos como tales. Efectivamente, Gallup mostró en cuatro chimpancés diferentes y nacidos en la selva (dos hembras y dos machos), que tras varios días de mirarse a un espejo que les fue introducido en su jaula, podían autoexplorar partes de su cuerpo que sería imposible sin verse reflejados. Por ejemplo, con la ayuda del espejo, los chimpancés fueron capaces de sacarse trocitos de alimento de entre los dientes, manipular sus genitales, meterse el dedo en la nariz e inspeccionarlo después en la imagen reflejada y hacerse «caras» en el espejo. Señala Gallup: «en todos los casos está claro que hay una conducta dirigida a sí mismo, y que el yo es el referente a través de la reflexión del espejo». Es más, cuando a un chimpancé se le introduce por primera vez un espejo en su jaula su reacción inicial, que dura además varias horas, es la de establecer un contacto social con el chimpancé que ve delante de él como si fuera otro chimpancé y por ello gesticula y desarrolla una conducta agresiva. Esto dura unas ocho horas. Tras estas pocas horas, sin embargo, comienza a reconocer que aquel que ve en el espejo imita demasiado bien los movimientos que él mismo hace. Lo cierto es que al cabo de ese tiempo comienza a mirar al espejo con mucha más atención y a explorar simultáneamente su propio cuerpo. Posiblemente se ha descubierto a sí mismo. Descubrimiento, por otra parte, que tal vez no haya tenido ningún chimpancé antes, pues ningún chimpancé ha tenido la oportunidad de mirarse a un espejo en la selva y supongo que tampoco ha dispuesto del tiempo suficiente para observar su reflejo en una charca de agua.

Pero quizá el experimento definitivo que mostró este fenómeno del «yo» fue aquel en el que se durmió a los chimpancés con un anestésico en el quirófano, y bajo los efectos de esa anestesia completa se les hicieron dos marcas con pintura roja, una por encima de una de las cejas y otra en la mitad superior de la oreja del lado contrario a la ceja marcada, ambos sitios no visibles por el propio animal sin un espejo. En estos experimentos se tuvo mucho cuidado con que la pintura no oliese ni dejase sobre la piel escara alguna que les permitiera detectar la mancha por el olor o el tacto y, en su caso, sólo pudiese hacerlo por el sentido de la vista y a través del espejo. De hecho, los chimpancés fueron primero introducidos en sus jaulas, pero sin el espejo, y en ningún momento se observó que se tocaran las marcas, señal clara de que aquello no les molestaba en absoluto. Sin embargo, al introducir de nuevo los espejos en las jaulas y mirar su imagen reflejada, el cambio de conducta de los chimpancés fue sorprendente. Inmediatamente comenzaron a inspeccionar las marcas rojas sobre su ceja y oreja como cosas extrañas. Y, además, uno de los animales, tras tocarse las manchas con los dedos, miró éstos y los olfateó tratando claramente de investigar qué era aquello. Los bonobos (*Pan paniscus*), cuya capacidad mental y emocional parece ser superior a la de los chimpancés comunes (*Pan trogloditas*), desarrollan una conducta similar ante el espejo aun cuando nunca se ha realizado en ellos este tipo de experimento con las marcas en la

ceja o la oreja. Sí se ha comprobado que los bonobos ante un espejo desarrollan la misma conducta que los chimpancés, es decir, inspeccionan sus propios cuerpos ayudándose de la imagen reflejada en el espejo, como, por ejemplo, abrir la boca e inspeccionar sus propios dientes.

Ante todos estos experimentos de autorreconocimiento en los chimpancés no es fácil encontrar un significado certero para los mismos. Sí está claro, desde luego, que autorreconocerse en un espejo requiere la capacidad de que tu cuerpo sea objeto de tu propia atención y el reconocimiento, por tanto, de que ese cuerpo es «mío» y no «de otro». Y esto conlleva además la asunción de identidad entre lo que se ve y uno mismo. En esencia, esto querría decir que para el que se refleja en el espejo «ese del espejo soy yo mismo». Esto último ya permitiría deducir que el chimpancé tiene «yo». La cuestión aquí, ahora, es ésta: ¿Posee el chimpancé un «yo» similar al del ser humano, es decir, la capacidad de introspección consciente, lo que incluye saber de sus propios pensamientos privados y tener percepciones y emociones y sentimientos parecidos a los de los seres humanos? No lo parece. La observación de la conducta de estos animales y la comunicación que se puede establecer con ellos ya nos predice que no. Pero si la respuesta es no, ¿qué nivel de conciencia «antropoidea» alcanza entonces el chimpancé con esa capacidad de reconocimiento de su propio cuerpo? Muchos investigadores admiten que esa capacidad alcanza sólo a tener eso; es decir, a tener una conciencia del propio cuerpo y en ningún caso acceso a ningún otro estado mental siquiera aproximado a los que tiene el ser humano. El chimpancé poseería algo que se ha denominado «hipótesis de identidad visuoquinestética». Esta hipótesis propone que el reconocimiento de uno mismo en el espejo no requiere autoconciencia o ser consciente de experiencias mentales propias. Este tipo de capacidad es algo que se desarrolla a través de la observación del movimiento de nuestros brazos y piernas, y la identidad de ese movimiento con uno mismo a través de tocarnos a nosotros mismos y ser tocados por otros, pero nada más. Sin duda, esto sería un primer atisbo, elemental, de la propia conciencia. Algo así como unos «primeros pasos» en ser conscientes y diferenciarnos del mundo que nos rodea. Y esto es coherente con las observaciones hechas en los niños, que ya describimos al principio, que entre los 18 y los 24 meses de edad son capaces de reconocerse a sí mismos en un espejo, pero todavía son incapaces de tener conciencia de su autonomía mental y alcanzar con ello una identidad mental y una conciencia del «yo». Morín lo dice de un modo muy gráfico:

Para mí creer que la autoconciencia existe en alguien sólo porque puede reconocer su cara en un espejo es algo así como pensar que alguien que puede balbucear «yo hablo un poco de francés» puede escribir una novela de 900 páginas en la misma lengua.

En esta línea de pensamiento se encuentra Povinelli, una autoridad reconocida en la conducta de los chimpancés y para quien la capacidad de reconocerse en un espejo no

implica la capacidad de introspección o de ser capaces éstos de leer o tener conciencia de sus propios estados mentales, léase tristeza, alegría o pena, por ejemplo, y aún menos reconocer en otros chimpancés (o personas) estos mismos estados mentales. Povinelli en una serie de estudios demostró que los chimpancés no son capaces de entender ningún tipo de conducta de una manera, digamos «psicológica», en el sentido de captar el significado que puede tener un gesto específico y concreto, como, por ejemplo, señalar algún objeto e indicar con los ojos una intención determinada, ni tampoco entender la diferencia entre una conducta accidental y otra intencionada. Las propias palabras de Povinelli creo que son definitorias por sí mismas. Dice Povinelli:

Aun cuando los chimpancés aprenden fácilmente a cooperar entre ellos, nuestros resultados ofertan dudas razonables sobre su capacidad de apreciar el estado mental de sus compañeros. Nuestras investigaciones sugieren que el autorreconocimiento en chimpancés y los niños de año y medio o dos años está basado en el reconocimiento de la propia conducta, no de un estado psicológico del «yo». Cuando los chimpancés y los orangutanes se ven en un espejo, crean una relación equivalente entre las acciones que ellos ven en el espejo y su propia conducta. Cada vez que se mueven, la imagen del espejo se mueve con ellos. Los chimpancés concluyen que todo aquello que es verdad para la imagen del espejo es también verdad para sus propios cuerpos y viceversa. De este modo los chimpancés pueden pasar el test del espejo correlacionando marcas coloreadas sobre la imagen del espejo con marcas sobre sus propios cuerpos. Pero el chimpancé no concluye «Ése soy yo». En vez de ello el animal concluye «Ése es como yo».

Todo esto nos llevaría a concluir que el proceso evolutivo que ha llevado a la verdadera conciencia y con ella a alcanzar las capacidades no sólo de saber de mí mismo y mis propios pensamientos, sino a saber que también los demás los tienen, es la humana. Apostilla finalmente Povinelli:

Los seres humanos, sin embargo, no hemos borrado el conjunto de nuestras conductas básicas como primates. Nuestra nueva conciencia de la dimensión mental de nuestra conducta arrancó de los circuitos neurales ya existentes pero alterando definitivamente nuestra comprensión de nuestra propia conducta y la conducta de aquellos que nos rodean. Otras especies, incluyendo a los chimpancés, pueden ser simplemente incapaces de razonar acerca de estados mentales aun a pesar de nuestra insistencia en creer que los tienen. Lo que los chimpancés, con mucha paciencia por su parte, han llegado a enseñarme a lo largo de muchos años, es que «no son niños con pelos en la piel». Y aun cuando Gallup y yo estamos de acuerdo que pasar el test del espejo revela la presencia de un tipo de auto-concepto, diferimos en la naturaleza y perspectiva de ese concepto. Gallup cree que los chimpancés poseen un entendimiento psicológico

de sí mismos. Por el contrario, yo creo que los antropoides poseen una representación mental explícita de la posición y movimiento de sus propios cuerpos que podría llamarse «concepto autoquinético del yo».

Frente a estas reflexiones de Povinelli, Gallup, el descubridor de las capacidades de autorreconocimiento de los chimpancés, sostiene que reconocerse en un espejo bien pudiera indicar cierto grado de conciencia, lo que implicaría cierto grado de conocimiento de su propio estado mental y también entender que «otros» congéneres pudieran tener esas mismas capacidades. Pienso que con ello Gallup, aun cuando no dicho expresamente, admitiría que los chimpancés tienen un cierto grado de «yo consciente» o, si se quiere, un «yo elemental». En cualquier caso, hay quienes piensan que la capacidad de autorreconocerse que tienen los antropoides conlleva, también, siquiera sea en un nivel elemental, la capacidad de ver esas mismas características en «los otros». Es decir, si «yo» tengo una determinada experiencia y soy consciente de ella (autorreconocerme en el espejo), es posible que pueda intuir que esa misma experiencia la tengan otros. Y, en un sentido negativo, es interesante el gran número de experimentos que han demostrado que los monos, que no son capaces de reconocerse en un espejo tampoco son capaces de desarrollar una conducta de empatía en situaciones de conflicto con los otros monos. Pero quizá todavía más interesantes sean las observaciones realizadas en los propios seres humanos que, a raíz de un traumatismo o una esquizofrenia, tienen dificultades en reconocerse ante un espejo y, paralelamente, también tienen serios problemas en su capacidad de inferir lo que otros están pensando. Y, añadido a ello, están las observaciones realizadas en niños autistas, quienes tienen problemas en su capacidad de autorreconocerse y también son deficientes en su capacidad para inferir lo que otras personas están sintiendo o pensando. Y todavía más, los niños autistas carecen de la capacidad de la empatía, es decir, de la capacidad de acercarse emocionalmente a los demás. Todas estas observaciones avalarían las reflexiones de Gallup frente a las de Povinelli. Sin embargo, la realidad es tozuda y golpea con sus hechos cualquier reflexión o hipótesis. Y yo me quedo con aquella última conclusión de Povinelli cuando señala que «los chimpancés pueden ser sencillamente incapaces de razonar acerca de estados mentales aun a pesar de nuestra insistencia en creer que los tienen».

Como nota en este debate podríamos añadir que otros antropoides, como los orangutanes, parecen poseer esta misma capacidad de autorreconocimiento. Sin embargo, antropoides como, por ejemplo, el gibón carecen de ella y no está claro en el caso del gorila y, desde luego, tampoco en otros muchos tipos de monos, entre los que se incluyen varios tipos de macacos, lemures, monos ardilla, tamarindos o capuchinos, y diversas especies de babunes. Ninguno de ellos, con un espejo en sus jaulas, desarrolló, a lo largo de un tiempo de entre dos y tres semanas, este tipo de conducta. Incluso hay algún experimento recogido en la literatura científica en el que los monos tuvieron un espejo en su jaula por un largo período de varios meses e incluso un año. En tan largo período de tiempo estos monos nunca cejaron en su intento de pelear y agredir al mono

reflejado en el espejo, al que, evidentemente, no reconocían como ellos mismos, sino como «otro mono» ajeno y diferente.

A lo largo de la historia de estos experimentos y durante mucho tiempo se pensó que esta capacidad de autorreconocimiento era única para chimpancés y orangutanes, y, desde luego, para el ser humano. Sin embargo, de modo relativamente reciente, se ha podido demostrar, por ejemplo, que los delfines, que poseen un coeficiente encefálico muy alto, son capaces de autorreconocerse en un espejo. Y también los elefantes, que igualmente tienen un alto coeficiente encefálico, poseen esta capacidad. En estos últimos animales se ha demostrado conclusivamente que, al igual que se hizo con los chimpancés, cuando se les hace una marca en la frente, que no es visible para ellos a menos que se vean reflejados en un espejo, cuando tal oportunidad llega, apuntan con su trompa aquella mancha tan extraña que les ha salido en la frente.

En la capacidad de reconocerse a uno mismo parece que participa de un modo importante la actividad de la corteza cerebral derecha. Al menos esto es lo que se infiere de algunos experimentos. Por ejemplo, si a una persona se le pide que apriete un botón tras lo cual aparece en una pantalla la fotografía de una cara que bien puede ser de ella misma o la cara de alguien que sea conocido y familiar, entonces se comprueba que si aprieta el botón con la mano izquierda identifica su propia cara mucho antes que las caras de otras gentes conocidas, cosa que no ocurre cuando aprieta el botón con la mano derecha. Esto es debido a que cuando la persona aprieta el botón con la mano izquierda, la información de la cara que aparece en pantalla va más directamente al cerebro derecho (cruce contralateral de la información) y sugiere que es el cerebro derecho el que trabaja y reconoce principalmente la propia cara. Hay otros experimentos que refuerzan estas ideas y van más allá, al demostrar, además, que dentro de esa corteza cerebral derecha la corteza prefrontal en particular desempeña un papel sobresaliente. Así, pacientes con daños de esta área del cerebro que no tienen problemas para reconocer en fotografías a otras personas, no son capaces de reconocerse a sí mismos en fotografías ni en su reflejo en el espejo. Lo más interesante de estas observaciones quizá sea el hecho de que estos pacientes también parecen tener dificultades en reconocer estados mentales en otras personas. Todo esto conduce y refuerza la idea original de Gallup, cuando indicaba que el reconocimiento de uno mismo, aun a niveles muy primitivos como bien pudiera ser el caso del chimpancé, lleva asociado el reconocimiento de estados mentales en los otros. Y, en este sentido, es curioso que precisamente los gorilas que parecen tener un menor desarrollo de la corteza prefrontal también manifiesten una menor capacidad en el reconocimiento de sí mismos. De hecho, los cerebros de los gorilas no sólo son más pequeños en aquellas áreas cerebrales que han sido involucradas en la inteligencia social, sino que incluso son menos lateralizados anatómicamente que los de los chimpancés y los orangutanes. Lo cierto es que en los seres humanos la corteza prefrontal, particularmente la corteza prefrontal derecha, parece participar en el autorreconocimiento, autoevaluación, memoria autobiográfica, introspección y estados mentales de uno mismo

y de los demás.

MI CUERPO Y YO

El mundo del ser humano, nuestro verdadero mundo más cercano e íntimo, siempre se organiza alrededor de eso que llamamos yo. Yo pienso, yo hablo, yo siento, yo como y yo amo. Yo y mi dignidad. Yo y mi tristeza. Y amamos y matamos por ese yo (nuestro o del otro) que ensalzamos o denostamos sin descanso. Ambiciones y frustraciones de ese yo frente al yo de los demás. El yo como referencia inmaculada que mueve el mundo.

¿Qué es, pues, el yo? ¿Dónde se encuentra o cómo se representa en el cerebro, ese último fogón donde se cocina todo? La verdad es que muchos compartíamos esa idea de que nuestro propio yo es un todo irreductible, y que como tal debe existir en algún lugar de nuestros cerebros en el que convergen todas nuestras percepciones, sentimientos y pensamientos, y donde se deciden nuestras futuras acciones. Pero esta idea no es correcta. Hoy sabemos que el yo es una serie de procesos mentales producidos por circuitos neuronales diferentes distribuidos en muchas áreas diferentes del cerebro. Por tanto, la alternativa es aceptar que el yo no es una entidad indivisible tipo «todo o nada», sino que, por el contrario, es una entidad que emerge gradualmente como resultado del desarrollo del cerebro y de la interacción del individuo con el mundo. Es más, el yo puede disecarse en muchos elementos o componentes cognitivos o neurobiológicos que pueden ser estudiados por separado. La Neurociencia cognitiva se encuentra en el pórtico de este nuevo capítulo.

Ya David Hume acertó al indicar que nadie, cuando reflexiona profundamente, en un sesudo proceso de introspección sobre su yo, lo encuentra por ninguna parte, y, de hecho, ya Karl Popper apuntó que «De Hume a nuestros días la existencia del yo se ha considerado como algo muy problemático». Y es que cuando alguien hace el experimento de pensar sobre sí mismo, se da cuenta de que, al final y en el mismo fondo de esa búsqueda, todo lo que encuentra son un «pasado» de recuerdos, percepciones, cosas y personas, emociones y sentimientos con «él» como referencia, pero ese «él» queda en un vacío inaprehensible. ¿Qué es, pues, el yo me sigo preguntando? ¿Un «algo» que engarza recuerdos, percepciones, emociones, sentimientos y conducta? ¿Una colección memorizada y siempre actualizada de esos recuerdos, sentimientos, percepciones y acciones?

Para la Neurociencia cognitiva lo escrito por David Hume en su *Tratado sobre la naturaleza humana*, hace más de doscientos años, sigue siendo una introducción iluminadora. Decía Hume:

Algunos filósofos se figuran que lo que llamamos nuestro yo es algo de lo que en todo momento somos íntimamente conscientes; que sentimos su existencia, y su continuidad en la existencia, y que, más allá de la evidencia de una demostración, sabemos con certeza de su perfecta identidad y simplicidad... Desgraciadamente, todas estas afirmaciones son contrarias a la experiencia misma abogada en su favor; no tenemos idea alguna del YO de la manera que aquí se ha explicado. En efecto, ¿de qué impresión podría derivarse esta idea? Es imposible contestar a esto sin llegar a una contradicción y a un absurdo manifiesto. Y sin embargo, ésta es una pregunta que habría necesariamente que contestar si lo que queremos es que la idea del YO sea clara e inteligible. Tiene que haber una impresión que dé origen a cada idea real. Pero el yo o persona no es ninguna impresión, sino aquello a que se supone que nuestras distintas impresiones e ideas tienen referencia. Si hay alguna impresión que origine la idea del YO, esa impresión deberá seguir siendo invariablemente idéntica durante toda nuestra vida, pues se supone que el YO existe de ese modo. Pero no existe ninguna impresión que sea constante e invariable. Dolor y placer, tristeza y alegría, pasiones y sensaciones se suceden una tras otra, y nunca existen todas al mismo tiempo. Luego la idea del YO no puede derivarse de ninguna de estas impresiones, ni tampoco de ninguna otra. Y en consecuencia, no existe tal idea... En lo que a mí respecta, siempre que penetro más íntimamente en lo que llamo MÍ MISMO tropiezo en todo momento con una u otra percepción particular, sea de calor o frío, de luz o sombra, de amor u odio, dolor o placer. Nunca puedo atraparme a MÍ MISMO en ningún caso sin una percepción, y nunca puedo observar otra cosa que la percepción. Cuando mis percepciones son suprimidas durante algún tiempo: en un sueño profundo, por ejemplo, durante todo ese tiempo no me doy cuenta de MÍ MISMO, y puede decirse que verdaderamente no existo. Y si todas mis percepciones fueran suprimidas por la mente y ya no pudiera pensar, sentir, ver, amar u odiar tras la descomposición de mi cuerpo, mi yo resultaría completamente aniquilado, de modo que no puedo concebir qué más haga falta para convertirme en una perfecta nada...

Hume señala finalmente:

No existe un solo poder del alma que permanezca inalterable, siquiera por un momento. No existe en ella con propiedad ni SIMPLICIDAD en un tiempo, ni IDENTIDAD, a lo largo de momentos diferentes, sea cual sea la inclinación natural que nos lleve a imaginar esa simplicidad e identidad.

Me parece imposible añadir nada más fresco, actual e inteligente sobre el yo. Entonces, ¿qué hemos aprendido del «yo» desde entonces? Y si el yo se elabora en nuestro cerebro, como parece serlo, ¿qué sabemos de ese yo en el cerebro? Sí sabemos, o creemos saber ya, que el yo es enteramente un constructo del cerebro y no es, como

postularon Popper y Eccles en su concepción dualista, «un ente» en constante interacción con el cerebro. Popper decía:

El cerebro no posee el yo más bien a la inversa. Y es que el yo es el programador activo del cerebro (que es un computador), y el yo es el ejecutante cuyo instrumento es el cerebro. Como decía Platón, la mente es el timonel y no, como sugerían David Hume y William James, la suma o el haz o la corriente de sus experiencias y, como el timonel, observa y emprende la acción al mismo tiempo. Actúa y sufre, evoca el pasado y planea y programa el futuro; espera y dispone. En rápida sucesión, o a la vez, contiene deseos, planes y esperanzas, decisiones acerca del modo de actuar, así como una conciencia viva de ser un yo activo, un centro de acción. Además, en gran medida, debe su carácter de yo a la interacción con otras personas, otros yo.

Lo cierto es que la Neurociencia, la Neuropsicología y el pensamiento científico han comenzado ya reconociendo que el cuerpo, nuestro organismo, y en él particularmente nuestra cara, son aspectos físicos que constantemente dan soporte a nuestro «yo». No son el yo, por supuesto, pero sí son esa constancia renovada de todos los días que da continuidad e identidad a eso que conocemos como yo. Porque está claro que ciertas enfermedades del cerebro indican a los que las padecen que «sus manos o sus piernas, por ejemplo, no son tuyas». Y de ahí nacen preguntas elementales como ésta: ¿qué nos permite saber que nuestras manos y nuestros brazos son nuestros y no de otro? O más allá, ¿qué me hace estar seguro que mis intenciones y actos son míos y no de otro, que mis pensamientos me pertenecen y son generados por mí mismo y no me vienen impuestos desde fuera y por otros? El yo como referencia del propio cuerpo es un proceso cerebral muy complejo. Tan complejo, que aun eliminando en el cerebro elementos sustanciales y constituyentes de ese yo, como son, por ejemplo, la pérdida de la sensación y el movimiento y la propia conciencia de una parte del cuerpo, el yo sigue íntegro y refiriendo a lo que queda del cuerpo. Por ejemplo, pacientes con lesiones en la corteza parietal posterior derecha (áreas 5 y 6 de Brodmann), que dan lugar a la pérdida de la sensación y el movimiento del lado izquierdo del cuerpo, no reconocen su brazo o su pierna izquierda como suyos. De hecho, estos pacientes no son conscientes de la existencia de la parte izquierda de su cuerpo. Es más, personas que padecen este síndrome, producido por una hemorragia, un tumor o una lesión traumática, y conocido como «síndrome de negligencia contralateral», pueden utilizar el brazo normal para tratar de expulsar el brazo izquierdo paralizado fuera de la cama, insistiendo en que es algo extraño y que no les pertenece. Lo curioso es que, aun padeciendo lo aberrante de este proceso, estos enfermos siguen hablando de «su yo» y sabiendo perfectamente quiénes son y teniendo su memoria personal intacta. Su yo se resiste a perderse o diluirse, aun a pesar de haber perdido esa referencia importante que es parte de su propio cuerpo.

¿Qué sabemos más allá de estos datos empíricos, acerca de mi identidad, de mi «yo»,

con mi propio cuerpo? ¿Cómo sé yo que mi cuerpo es mío? ¿Qué sabemos de las bases cerebrales de esa conciencia asociada a esa propiedad de pertenencia constante en nuestras vidas y que me dice que las manos de mi cuerpo son «mías», como lo es «mi nariz» o «mi pierna»? Al parecer, somos capaces de distinguir nuestro cuerpo de otros objetos porque en nuestro cerebro ocurre una convergencia o acoplamiento entre patrones especiales y diferentes de información polisensorial. Por ejemplo, hay una convergencia en diferentes áreas del cerebro entre lo que es la posición de una determinada parte del cuerpo proporcionada por receptores de las articulaciones (nuestro sentido interno consciente de la posición de los miembros, propioceptores) y la información visual y táctil que tenemos de los mismos. Esta convergencia de información sólo ocurre en el cerebro en referencia a partes de nuestro propio cuerpo, pero no a objetos que están en el mundo alrededor y fuera de nosotros. Esto ha llevado a pensar que esa integración visual, táctil y propioceptiva consciente es un elemento esencial en la base neurológica que señala la referencia del cuerpo como de «mí mismo». En el caso concreto del síndrome de negligencia contralateral, también conocido como somatoparafenía, el paciente puede incluso insistir que su propio brazo ha sido reemplazado por el de otra persona o que ese miembro es falso. Todo esto es coherente con la idea de que identificar el propio cuerpo (cualquier parte del mismo) con uno mismo depende de esa integración de información sensorial múltiple que acabamos de señalar. En un «reduccionismo duro» incluso se podría decir que el sentimiento que se tiene de que diferentes partes del cuerpo me pertenecen a mí y no a otro se puede disecar, puesto que se registra en esa convergencia polisensorial consciente en áreas muy concretas y específicas del cerebro.

En una variedad de este síndrome de negligencia contralateral hay pacientes que padecen una lesión cerebral que resulta en parálisis de un brazo, y que declaran que su brazo paralítico no es de ellos y sugieren que tal vez sea el brazo de un amigo o del médico que le está preguntando. Cuando a uno de estos pacientes se le pregunta ¿qué es esto? (señalando el médico los dedos de la mano del paciente), el paciente puede contestar: «sus dedos» (refiriéndose a los dedos del médico). Y si esta contestación se le cuestiona al enfermo y se le reitera: «mírelo usted bien esta vez, pues le estoy señalando los dedos de “su mano”», el paciente puede contestar: «son los dedos de la mano de usted». En otra conversación se le dijo al paciente (señalando su mano): «suponga que yo le digo que ésta es su mano». Y el paciente contestó: «pues no le creería porque yo veo claro que ésta es su mano de usted». Dice el médico: «mire aquí está su mano derecha, y aquí está su mano izquierda. Ahora, ¿qué es esto?» (cogiendo y levantando su mano izquierda). Y el paciente contesta: «el dorso de su mano de usted».

Todos estos episodios extraídos de la literatura médica y neuropsicológica ponen claramente de relieve que no existe en el cerebro un sistema de localización único y especial en el que, como en un teatro, se represente el yo físico y en el que se integre el reconocimiento de todas las partes del cuerpo y la posición o dinámica de esas partes. Al

contrario, diferentes partes del yo físico parecen estar representadas de modo diferente en áreas diferentes del cerebro. Y todo esto además refuerza la idea de que no es el cuerpo en su conjunto la referencia del yo, sino que son partes de ese cuerpo las que ese «yo» referencia. Los dos casos anteriores son un buen ejemplo de ello. Es más, lesiones en áreas diferentes del cerebro producen síndromes distintos en los que el paciente sigue siendo «él», aunque algunas partes de su cuerpo no sean ya «él».

EL YO ES TIEMPO CODIFICADO

El yo global, ese que referíamos todos como «único» e indivisible, ese que parece recogido en un último rincón de nuestros cerebros, donde sentimos, pensamos y hablamos con nosotros mismos y que seguimos llamando alma, y de donde arrancan nuestras penas y alegrías, nuestras frustraciones y agresiones, nuestras quejas o bendiciones a los demás, y las satisfacciones más personales sigue siendo elusivo. Por de pronto, la Neurociencia actual apuesta por la idea de que el yo no existe como una «entidad» localizada en alguna parte física del cerebro, sino que es un conjunto de funciones múltiples distribuidas en circuitos neuronales a lo largo y ancho de ese cerebro. Funciones, por otra parte, integradas a cierto nivel de representación neural que hace que los seres humanos alcancen una «conciencia» de su individualidad expresada en la conducta.

Precisamente este mecanismo que llamamos yo, contrariamente a lo que se podría pensar, no es privativo del ser humano. Todos los mamíferos tienen también su «yo», esto es, tienen unidad como organismo, sólo que sin la «conciencia» de los seres humanos proporcionada por su enorme corteza cerebral. Como decía Churchland:

La representación del yo puede estar distribuida muy ampliamente a lo largo y ancho de muchas estructuras cerebrales coordinadas sólo sobre la base de «cuando se necesiten» y organizadas de una manera muy lábil. Vemos la lenta emergencia y elaboración del yo de los niños y el trágico fracaso o desaparición de estas capacidades en pacientes con demencia.

Lo que referimos como el «Yo», «ese suntuoso y magnífico enigma» como lo llama Llinás, no es sino un estado mental particular que genera el cerebro. Según Llinás, lo subjetivo está generado por una actividad constante en un sistema tálamo-cortical activado en la vigilia que relaciona los estímulos sensoriales del mundo externo con la actividad cerebral interna (memoria). Señala Llinás: «Este proceso une, en una fracción de tiempo, los componentes fracturados de la realidad externa e interna en un único constructo que es lo que llamamos el «sí mismo». Para la creación del yo parece imprescindible el diálogo entre la actividad de dos «ruedas» tálamo-corticales. Una, constituida por los núcleos intralaminares no específicos y la corteza cerebral (núcleos máximamente activos durante la vigilia) y la otra por el así llamado complejo ventrobasal talámico. Esta última rueda provee al cerebro de la información sensorial del mundo

externo que lo engarza con la actividad del mundo interno. La primera rueda sólo «gira» durante la vigilia, la segunda está constantemente activa. Por eso para dar vida al «yo» se requiere estar despierto, que es cuando la primera rueda está funcionando. Cuando existe el Yo hay engranaje entre las dos ruedas activas. O si se quiere, como reitera Llinás: «Hay unión entre el mundo interno y el externo, luego soy».

Acorde con todo lo dicho hay pacientes con lesiones de los núcleos no específicos o intralaminares del tálamo que como consecuencia no son conscientes de las entradas sensoriales del mundo externo, aun cuando éstas, de hecho, entran al cerebro. De modo que aun cuando en estos enfermos las entradas sensoriales a través de los órganos de los sentidos son procesadas normalmente por las correspondientes áreas del tálamo (complejo ventrobasal) y la corteza cerebral, no pueden responder a los estímulos del mundo que les rodea. Se ha roto el diálogo entre las dos ruedas talámicas y el individuo queda desconectado del mundo externo. Estas hipótesis sugieren que el sistema talámico no específico genera una actividad interna imprescindible para alcanzar la conjunción con las representaciones del mundo sensorial externo y la actividad cerebral interna.

El yo, por tanto, es un constructo cerebral que da unidad al ser humano en conexión con el mundo y que no tiene sólo una realidad «interna», sino que su realidad aparece cuando esta actividad interna se acopla a la actividad generada por el mundo externo. Esto podría explicar, lo que tantas veces hemos señalado, que todo individuo, privado completamente de los estímulos sensoriales del mundo externo, alcanza la enajenación mental muy pronto.

Y aún todos los seres vivos y en el cerebro de todos los mamíferos, incluso con el nivel más «rudimentario» que se quiera, existen estas dos ruedas talámicas, pues todos «saben» que han sido atacados o mordidos (como identidad no confundida con el entorno) y todos reaccionan como identidad «única y diferente» ante los ataques. En este caso, un «yo» de los animales primitivo y no consciente de sí mismo. Y ésa es la diferencia con el yo humano. Porque si hay un distintivo claro entre cualquier ser vivo y el ser humano es la conciencia de ese yo en el hombre. Es la conciencia que le hace a ese yo saber que existe. «Yo pienso (pienso en mí mismo), luego existo». Sin esa autoconciencia no seríamos capaces de hablar de nosotros mismos, recordar nuestro pasado autobiográfico, y menos proyectarlo al futuro.

En esa idea de un yo distribuido en funciones codificadas en amplios territorios cerebrales, Joseph LeDoux ha reforzado esa concepción del «yo distribuido» apuntando que tiene como base toda una serie de patrones de conexiones sinápticas. En esencia, ese patrón determina qué neuronas se conectan con cuáles y dónde o en qué áreas del cerebro y con qué tipo de conexión sináptica, más fuerte o más débil. LeDoux viene a decir que si algún día fuésemos capaces de conocer y determinar el patrón de conexiones en los cerebros de cada persona estaríamos en disposición de conocer las características principales de su yo. LeDoux basa sus disquisiciones sinápticas sobre hechos concretos. Por ejemplo, la disposición de ciertas personas a tener miedo ante ciertos estímulos, ese

«yo sé que tengo miedo», viene determinado en parte por el patrón de conexiones sinápticas que se han establecido en amígdala e hipocampo desde el nacimiento, como producto del desarrollo y debido a determinantes genéticos y a una exposición a determinadas situaciones del medio ambiente social. Ese «yo tengo miedo», como cualquier otro aspecto cognitivo, se debería, por tanto, a conexiones sinápticas específicas en áreas del cerebro específicas.

Decir algo tan concreto como «recuerdo perfectamente a María» tiene para LeDoux un patrón de conexiones sinápticas establecidas en el hipocampo y en la corteza cerebral. Pocos discuten ya que aprender y memorizar tiene su base neurobiológica en el cambio del patrón de conexiones sinápticas del cerebro. Pues bien, de esos cambios sinápticos en todo el cerebro es de donde arranca un yo constantemente recableado, cambiado y actualizado. ¿Y acaso, en su base, no somos un yo siempre cambiante en función de esos aprendizajes y memorizaciones y en relación con nuestra interacción con el mundo? ¿Soy yo, ahora, el yo de mi adolescencia aun sabiendo que aquel niño era yo? ¿Cómo nace o se establece en mi cerebro ese conocimiento y sentimiento de unicidad y singularidad de mí mismo a lo largo del tiempo? Es decir, ¿qué me permite decir que yo, ahora, no soy aquel niño, pero al mismo tiempo decir que aquel niño soy yo? Posiblemente los recuerdos engarzados, como las cuentas de un rosario, en un hilo o flujo de información constante y dinámico que se retroalimenta constantemente en el cerebro. Y es así que los recuerdos se almacenan en patrones de conexiones sinápticas que se evocan por flujos de códigos de funcionamiento que todavía hoy desconocemos.

Sin duda, el problema es cómo emerge el yo integrado, el yo único y singular, ese producto referencial, desde ese mundo de conexiones sinápticas en múltiples y diferentes áreas del cerebro.

En el terreno cerebral concreto y medible, las técnicas de imagen cerebral están analizando la actividad de redes neuronales que se han visto relacionadas con el yo. Así, por ejemplo, la capacidad de reconocer nuestro yo requiere críticamente de la actividad de la corteza prefrontal y en ella de la activación de redes neuronales fundamentales para procesos relacionados con la evocación de episodios autobiográficos y la capacidad de juzgarse y evaluarse a uno mismo. Con todo, la memoria acerca de uno mismo que pareciera tan central al reconocimiento de mi identidad personal, de mi «yo» a lo largo del tiempo («Yo cuando niño hice esto o aquello», «Recuerdo una vez que...», «Y me dijo esto o aquello. Y me emocioné»), no parece ser independiente de otras memorias no autobiográficas o si se quiere no parece que existan sustratos neuronales específicos y diferentes entre aquellos que refieren al yo y los que refieren a los no-yo en la corteza prefrontal. Sí se ha visto, sin embargo, que otras áreas del cerebro, como el lóbulo temporal derecho o la corteza cingulada anterior, así como la ínsula anterior, particularmente del cerebro derecho, tienen una mayor activación y especificidad cuando los recuerdos refieren al yo. Todo esto quiere decir que la actividad de la corteza prefrontal es crítica, pero menos específica que la de estas otras áreas del cerebro, en lo

que refiere a recuerdos del «mí mismo».

El resumen de todo ello es que con los estudios actuales de imagen, tanto en personas sanas como en pacientes, no se alcanza a saber que existan áreas comunes del cerebro que alberguen los distintos aspectos que componen lo que conocemos como «yo». Algunos autores han sugerido que debemos simplemente considerar la existencia de interacciones complejas entre diferentes sistemas cerebrales dedicados no sólo a la construcción del yo, sino que también participan en la elaboración de procesos mentales no relacionados con el yo. La emergencia de la «mismidad» en el cerebro sigue siendo tan elusiva como siempre. Una idea interesante es la de Pinker, quien ha propuesto que la mente humana representa el mundo en sus partes y sus relaciones, mientras que la eterna filosofía concibe conceptos holísticos que no pueden ser reducidos. Señala Pinker:

El «yo» no es una combinación de partes del cuerpo o estados cerebrales o bits de información, sino una unidad de «uno mismo» a lo largo del tiempo, un único locus que no está en ninguna parte en particular.

Un añadido, que creo es interesante, a estas reflexiones es señalar que la activación de las redes neuronales distribuidas que codifican para el yo participan igualmente en esa elaboración cerebral que nos permite «intuir» los estados mentales de los otros (teoría de la mente). Y al menos a un nivel elemental esto lo justifican los recientes hallazgos que demuestran que áreas cerebrales involucradas en esa elaboración de «uno mismo» y el conocimiento de los demás comparten, al menos en parte, las mismas regiones cerebrales. Tal es el caso para la corteza prefrontal medial y la corteza cingulada anterior, cuya actividad aumenta ante la evocación de frases o pensamientos en los que participa el yo, como, por ejemplo, «Yo me enfado con facilidad», y las que refieren a los otros, como «Tu necesitas agua».

Precisamente éstas son dos áreas del cerebro cuya disfunción ha sido relacionada con el autismo. Lo cierto es que un niño autista no sólo tiene problemas en reconocer pensamientos y sentimientos en los demás, sino también en reconocer tales estados mentales consigo mismo. Es más, pacientes con demencia producida por atrofia frontotemporal bilateral (y también izquierda o derecha) sufren un cambio muy marcado de su «yo». En esos cambios alteran su forma de pensar general no sólo con respecto a otras personas, sino hasta sus propias ideologías firmes y bien establecidas hasta entonces, tanto políticas como religiosas. Esto último parece que se produce de modo más marcado en pacientes con lesiones fronto-temporales derechas. De ello se ha deducido que las regiones prefrontales son cruciales para el mantenimiento de aquellos rasgos personales duraderos e identificadores del «yo».

Sin duda, la elaboración del yo es un proceso funcional integrado y distribuido por áreas y circuitos de ambos hemisferios cerebrales, izquierdo y derecho. Pero no es menos cierto que componentes de ese yo se han visto referidos principalmente a uno u otro hemisferio. Así, el hemisferio izquierdo parece ser crítico en el reconocimiento de

nuestra propia cara y también en el conocimiento autobiográfico, en las creencias personales, en el reconocimiento de nuestro yo, y con él de las intenciones y propósitos personales frente a las intenciones de los demás. Junto a ello algunos otros aspectos del yo se han visto referidos al hemisferio derecho y en él a la corteza parietal lateral.

Y todo esto, en buena medida, se debe a Roger Sperry, quien comenzó y culminó una de las experiencias más bizarras de la historia de la Neurociencia en el ser humano. Sperry estudió pacientes con el cerebro dividido, es decir, con sus dos hemisferios, derecho e izquierdo, separados por una sección completa del cuerpo calloso, y demostró que el mundo consciente de estos enfermos se divide de hecho en dos, o si se quiere, fue capaz de demostrar que estos pacientes tienen dos almas, dos yo, el yo del cerebro izquierdo y el yo del cerebro derecho. De tal manera que lo que conoce el «yo» de su cerebro izquierdo no lo sabe el «yo» de su cerebro derecho y al contrario. El propio Roger Sperry dijo en una conferencia:

Todo lo que hasta ahora hemos visto indica que la destrucción del cuerpo calloso que conecta los dos hemisferios ha dejado a estas personas con dos mentes separadas, esto es, dos esferas separadas de conciencia (dos «yo» en realidad), puesto que lo que conoce el hemisferio derecho parece enteramente fuera del conocimiento del izquierdo.

Lo que claramente desafió, ya entonces, esa unidad del yo en el cerebro humano señalada por algunos filósofos como una necesidad «trascendental».

A todo esto Michael Gazzaniga, discípulo sobresaliente de Sperry, añadió que aun cuando en una persona sana tanto el hemisferio izquierdo como el derecho, ambos, contribuyen a crear esa entidad que llamamos «yo», el hemisferio izquierdo, que es el hemisferio verdaderamente «pensante», pareciera tener «más peso» en esas redes referenciales que llamamos yo, en tanto que el hemisferio derecho «reactivo» podría ser mejor en detectar a «los otros». Lo cierto es que en el cerebro izquierdo residen, en un porcentaje muy alto de personas, los circuitos que codifican para el habla, siendo también el hemisferio que escribe y es hábil para las matemáticas e hila los pensamientos en una secuencia lógica, de ahí que se le conozca como el «hemisferio dominante», en tanto que al hemisferio derecho se le conoce como el «hemisferio menor», porque no habla ni apenas escribe, aunque posee funciones relevantes propias.

Después de todo esto, se llega a la conclusión final de que, al igual que los propios procesos mentales, el yo «único» de cada persona es un constructo siempre cambiante pero hecho sobre el funcionamiento de circuitos neuronales distribuidos y utilizando códigos de tiempo en ambos hemisferios cerebrales. Códigos que reclutan la información requerida en cada momento y para cada situación almacenada en áreas múltiples y diferentes del cerebro. Por eso, el yo no es el mismo cuando discutimos sobre experimentos en el laboratorio o sobre un negocio en las empresas que cuando jugueteamos socialmente con un chico o una chica en una fiesta. El yo siempre se

recompone alrededor de cada situación y cada mañana tras el sueño. Y así también el yo muere definitivamente. No como lo hace el cuerpo que permanece tras la muerte un cierto tiempo con la apariencia del individuo que fue cuando vivo, sino que se evapora y se diluye y desaparece de inmediato tras la muerte, en ese océano inmenso e innominado que es el cementerio de los tiempos pasados. Precisamente porque el «yo» es eso, tiempo codificado. El «misterio», pues, de esa referencia que llamamos «yo» permanece. Seguimos todavía con aquello que dijo Llinás: «El yo es un estado funcional del cerebro y nada más, y nada menos».

EL YO CLONADO

¿Estaremos entrando en un mundo como aquel que pintaba Aldous Huxley en su libro *Un mundo feliz* cuando escribió:

El óvulo bokanowskyficado rebrota, se reproduce, se segmenta y resultan de ocho a noventa y seis brotes y cada uno se convertirá en un embrión perfecto y cada embrión en un adulto de perfecta talla. Es decir, que se producen noventa y seis seres humanos de lo que antes se formaba uno... seres idénticos, no por grupos de dos o tres, como en los viejos tiempos vivíparos, cuando los óvulos se dividían accidentalmente, sino por docenas, por veintenas a la vez... hombres y mujeres en serie... ¡noventa y seis seres idénticos trabajando en noventa y seis máquinas idénticas!... Gammas en serie, deltas uniformes, epsilones invariables. Millones de gemelos idénticos, el principio de la producción en masa aplicado por fin a la Biología... ¿Instrumentos más eficaces de la estabilidad social?

Ciertamente no. Pero es verdad que en nuestros días, y a la luz de las nuevas tecnologías en Biología molecular, la gente se pregunta e imagina la posibilidad de perpetuarse a lo largo del tiempo. No como una realidad actual pero sí como una realidad futura, algo que empieza a parecer que está casi al alcance de la mano. De hecho, ya hay personas que gracias a sus fortunas, y aun con la incertidumbre total que es el futuro, han dejado congelados sus cuerpos o algunas de sus células con la esperanza de que algún día puedan retornar a la vida y ser entonces, con nuevas tecnologías, curados o renacer clonados.

Y la pregunta ahora más directa es ésta: ¿Se puede clonar el yo? Porque lo que resulta más que evidente es que cuando se habla de clonar a un ser humano, a lo que propiamente se hace referencia y en lo que se está pensando no es simplemente en el cuerpo, sino en la posibilidad de dar continuidad al «yo», al «mí mismo»; es decir, dar continuidad a mi identidad mental y con ella a mis pensamientos y sentimientos hacia los demás y en el mundo. ¿Es eso posible o lo será alguna vez? Digámoslo con claridad: No es posible. La esperanza de que renazca un ser humano concreto con la personalidad, los recuerdos, los pensamientos y los sentimientos que dejó en el momento de su muerte no será posible nunca por clonación. Entre otras cosas, porque el ser humano, cada ser humano, se construye por un camino «único» e irrepetible. Hoy sabemos que aquellas palabras de James Watson, premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1962 y autor, junto

con Francis Crick, del modelo de la estructura de la molécula de la herencia, el ADN, son erróneas cuando indicó que:

Estábamos acostumbrados a pensar que nuestro destino estaba escrito en la estrellas. Ahora sabemos que en una gran medida nuestro destino está escrito en nuestros genes.

Porque hoy sabemos que nuestro destino no está escrito en ninguna parte. Los seres humanos tenemos un destino abierto que se construye día a día, minuto tras minuto, en un juego de intercambio dinámico entre nuestros genes y nuestro entorno físico, emocional y social. La vida de un ser humano, clonado o no, es absolutamente única y construida a través de un proceso constante e irreversible de cambio en el tiempo y en el espacio y nunca repetible.

Con todo, es verdad que los avances en genética molecular vislumbran la posibilidad de que llegaremos a ser capaces de clonar seres humanos, aun cuando en el momento actual todavía no se puede asegurar y no está claro, además, que pueda atravesar los problemas éticos que todo ello presenta. Es evidente, sin embargo, que ante una posible clonación, los códigos genéticos que construyen el cuerpo de un ser humano trabajarían «casi» por igual que en el embrión que construyó el cuerpo original, de manera que el clon desarrollaría un cuerpo casi idéntico al primero (al menos hasta los 30 años de edad, que es cuando termina ese programa genético de crecimiento del organismo). Eso no hace falta experimentarlo, pues ya lo sabemos todos. Seres humanos clónicos son una realidad que ya existe paseándose por la Gran Vía madrileña. Son los gemelos univitelinos monocigóticos, que de hecho son casi idénticos e indistinguibles para el común de las gentes e incluso muchas veces para sus propios amigos (aun cuando menos, sin embargo, para los padres que pueden saber quién es cada uno con sólo hablar con ellos unos pocos segundos). Precisamente éste es el núcleo de estas consideraciones, pues mientras que los cuerpos son casi idénticos, no son tanto así sus cerebros, y con ello, por supuesto, el producto del funcionamiento de los mismos expresado en pensamientos, sentimientos y conducta, que son genuinos e individuales para cada uno de los gemelos. ¿Por qué es esto así si en ambos clones su genoma, el sustrato molecular heredado de los padres, es idéntico? ¿Acaso el cerebro no es un órgano más del cuerpo, como lo es el hígado o el corazón? Ciertamente no y en ello radica el que no se podrá nunca conseguir un ser humano clonado con un yo idéntico a otro. Esto se debe a que el cerebro es un órgano plástico y siempre cambiante en su física y en su química, en su bioquímica, anatomía y funcionamiento a lo largo del tiempo. Cada ser humano, cada cerebro, cambia constantemente en relación con su interacción con el medio que le rodea, haciéndolo genuinamente único y diferente, aun a pesar de poseer los mismos genes que otro ser humano.

Todo aquello que signifique aprendizaje, memoria y olvido cambia el cableado cerebral, formando y reforzando nuevas conexiones neuronales o debilitando y

eliminando las viejas previamente formadas. En realidad, el cerebro, en sus cimientos básicos, se construye siguiendo órdenes dadas por los códigos heredados y anclados en última instancia en los arcanos del tiempo. Pero estos códigos, ya incluso desde su funcionamiento inicial en el propio claustro materno, son modulados por el medio ambiente, creando así una diversidad de conexiones genuinas para cada cerebro. Al final, cada cerebro se parece a otro como los árboles de un bosque, que aun siendo todos de la misma especie y en la lejanía parecer iguales, de cerca, en las pequeñas ramas e incluso en ramas principales, son todos diferentes. Esto ocurre también en los seres humanos clónicos, los gemelos univitelinos. El cerebro de ambos clones en su interacción con el medio ambiente está operando constantemente bajo la orquestación de los mismos genes que tenemos en nuestras células cerebrales, pero lo hacen de modo diferente en cada clon. La sinfonía que toca esa misma orquesta suena diferente en el cerebro de cada clon. Eso significa bioquímicamente la síntesis de proteínas diferentes que al ser insertadas en los puntos de contacto de estas mismas células cerebrales hacen que cambien las señales (propiedades) de sus contactos. Estos cambios moleculares se pueden evocar, reforzar o perder variando en una u otra dirección las conexiones ya existentes y creando así nuevas memorias, potenciando las ya existentes o debilitando y perdiendo las memorias que ya existían en ese cerebro según las experiencias propias y diferentes. Es de esta manera que ese tráfico de moléculas (bioquímica) da lugar a cambios en la estructura (anatomía) y ésta a la función (fisiológica) del cerebro en un proceso constante e incesante que se expresa en la conducta de todo ser vivo. Está claro, pues, que aprender, memorizar, olvidar, significa precisamente eso: cambiar constantemente el cerebro. ¿Y acaso aprender y memorizar (sea ello nuevos conceptos e ideas, patrones morales o sociales o sentimientos) no es la esencia de nuestro ser y estar en el mundo? De hecho, el ser humano, en su esencia, es lo que aprende y memoriza.

El cerebro es el órgano que posee en mayor grado ese ingrediente básico de la vida que llamamos variabilidad; es decir, aquello que produce la diferencia entre individuos y que ha sido, de hecho, el motor del propio proceso evolutivo. Esa variabilidad es lo que hace que cada ser humano, con el mismo genoma o diferente, se construya como un ser abierto al mundo e individualmente cambiante. Ciertamente, ambos clones vendrían al mundo con los mismos códigos heredados y expresados en las redes neuronales de sus cerebros. Pero es cierto también, como he señalado antes, que esos códigos construyen el cerebro y lo hacen funcionar de modo diferente a cualquier otro sólo dependiendo de la interacción concreta de cada individuo con el medio que le rodea, sea cultural, familiar o social.

Y es que hoy sabemos que el medio ambiente, a través de la información que nace en los sistemas sensoriales (visión, oído, tacto, dolor, gusto, olfato) y de neurotransmisores específicos y vías específicas activa (a través de ciertas proteínas quinasa que trasladan al núcleo de la célula) genes que codifican para la síntesis de proteínas importantes para el crecimiento de nuevas conexiones sinápticas de las neuronas. Ello tiene como

consecuencia final cambios en la función de circuitos neurales que codifican para funciones específicas. Tan es así que incluso a un nivel tan elemental como es una neurona *in vitro*; es decir, aislada en una placa en cultivo, si se hacen ocho copias de ella (clones que, por tanto, portan el mismo genoma) las ocho desarrollarán morfologías diferentes con ramas dendríticas y arborizaciones distintas. Y ello justifica el que entre los casi ocho millones de seres humanos que pueblan la tierra no haya dos personas idénticas. Y tampoco, por supuesto, son iguales los gemelos monocigóticos (con el mismo genoma), «clones naturales», debido a que tienen cerebros diferentes, construidos de modo diferente por un medio ambiente siempre diferente y cambiante. Estas observaciones debieran tener un impacto importante cuando consideramos y tratamos de entender qué es un ser humano y lo que significa un clon.

Por ejemplo, en imágenes obtenidas por resonancia magnética nuclear de tres pares de cerebros de gemelos idénticos se ha podido constatar que existen diferencias anatómicas importantes en los cerebros de cada pareja de gemelos. También, con esta misma tecnología, se ha estudiado una muestra de cerebros de ocho gemelos idénticos. La investigación se centraba en la morfología concreta de sus cortezas cerebrales y se pudo ver que existían diferencias significativas entre ellas. Y en muchos otros estudios algunas de las diferencias cuantitativas y particularmente significativas en gemelos iguales sanos fueron encontradas en el tamaño de los ventrículos cerebrales, en el lóbulo temporal, en ambos hipocampos (derecho e izquierdo) (menor tamaño) y en el volumen total de sustancia gris en el lóbulo temporal izquierdo. De todo ello se puede concluir, de modo definitivo, que existen diferencias consistentes y sustanciales en la estructura del cerebro entre los cerebros de gemelos monocigóticos idénticos. Lo interesante de todo esto es que (y no podría ser de otra forma) hay diferencias cerebrales funcionales entre cada par de gemelos. Esto último se demostró en otro estudio utilizando la técnica del PET y comprobando que cuando los gemelos iguales realizan un mismo test de memoria, en aparentemente las mismas condiciones, cada hermano activa algunas áreas cerebrales que son diferentes entre ellos. Esto indica claramente las diferencias tanto anatómicas como funcionales del cerebro de gemelos idénticos. Lo mismo ocurriría con los cerebros de seres humanos artificialmente clonados.

Y esto no sólo es así en la fisiología, sino también en la patología cerebral. Y si no ¿por qué dos gemelos univitelinos, monocigóticos, idénticos y, por tanto, portadores de los mismos genes, uno puede ser esquizofrénico o padecer la enfermedad de Alzheimer y el otro no? Simplemente porque la llave, el determinante para que esos genes expresen una enfermedad, la tiene el medio ambiente. Y el medio ambiente es muy complejo. No se trata sólo de todo aquello que significa el trato emocional y los sentimientos en el ambiente familiar o en el colegio, o el estrés en el puesto de trabajo, o el tabaco, la sal, el café o el alcohol u otras drogas que podamos ingerir, ni incluso el ejercicio físico o el tipo o patrón de la ingesta de alimentos, o someterse a un proceso de aprendizaje nuevo y exigente todos los días. Es infinitamente más complejo que todo eso. Incluye toda una

serie de factores y elementos que desconocemos y que influyen, y a veces poderosamente, en el individuo y en su desarrollo a lo largo de toda la vida, desde antes del nacimiento, con las incidencias del propio parto, hasta después, en la infancia, pubertad, adolescencia, juventud y edad adulta o durante el proceso de envejecimiento.

Y todo esto que refiere a los gemelos iguales se puede extrapolar a los seres humanos iguales (clónicos) que se pudieran obtener de la célula adulta de un individuo. Es decir, a aquellos seres humanos que pudieran crecer y desarrollarse a partir de una célula por ingeniería genética, esto es, un clon de uno mismo. Acaso todo esto, potencialmente posible, ¿no plantearía infinidad de problemas, aparte los éticos en extremo importantes, de orden cultural y social? Imaginemos que, en efecto, un multimillonario decidiera, con las técnicas genéticas más avanzadas disponibles, clonarse a sí mismo, a partir de una célula adulta de su propio organismo. Pero sigamos imaginando y supongamos que lo hiciera no una vez, sino diez veces, y obtener así diez clones de él mismo. La reproducción clónica tendría la herencia genética del individuo del que procede, ya lo sabemos. Y también serían estos clones muy parecidos físicamente entre sí, eso es evidente. Pero aun siendo psicológicamente diferentes, como ya hemos señalado, ¿podrían plantearse problemas personales y hasta sociales por el hecho de que hubiera varios seres humanos de apariencia idéntica?

Y de esto, que aparentemente no sirve más que para hacer un ejercicio mental utópico y visionario, han surgido preguntas que de hecho están entrando en la filosofía de la ciencia actual y que tal vez no sean tan banales. Por ejemplo, ante un mundo nuevo de posibles políticas de clonación y ante el ejemplo anterior en el que al clonar una célula obtuviésemos diez copias idénticas y aparecieran diez individuos de apariencia idéntica y yo fuera uno de los clones, ¿se vería mi sentido de la individualidad desafiado ante la posibilidad de que existieran otros seres humanos casi idénticos y que yo, además, supiera que procedemos y tenemos un genoma idéntico? ¿Que sucedería si al entrar en una cafetería encontrásemos a alguien sentado a una mesa que fuera idéntico a nosotros? ¿Nacería la duda de «quién soy yo» frente a quién pudiera ser ese «otro» con su cuerpo idéntico a mí mismo?

Estas preguntas ya han sido contestadas por algunos pensadores, que han adelantado la idea de que tal situación no se vería como una amenaza a la individualidad o al yo, puesto que ante una situación tal ya habría unos parámetros sociales, culturales y hasta personales indicando y aceptando que «el yo», la individualidad, está determinada por mucho más que la apariencia personal o el genoma de la persona.

Lo cierto es que para mucha gente «el sí mismo», el «yo», tiene un valor único e irreemplazable representado de alguna manera por esa «carcasa» que nos envuelve y que es nuestro propio cuerpo. De ahí que la clonación humana podría disminuir el valor intrínseco de ese yo y el respeto que sentimos por él, puesto que, de alguna manera, podría dar lugar a la idea de que las personas podrían ser vistas como reemplazables. Pero, de nuevo, ¿acaso no tendríamos aceptado ya en esos tiempos futuribles que cada

persona, y su identidad, viene representada por su cerebro y no por su genoma o su apariencia corporal? ¿Acaso no habríamos ya asumido que cada ser humano —lo que incluye pensamientos, sentimientos, decisiones y libertad y las relaciones que se forman con otras personas— es única y genuina y que ningún ser humano podría nunca quedar reemplazado por un clon suyo aun con los mismos genes?

Llevada la ciencia ficción más lejos, todavía se podría seguir especulando con ese mundo futuro teórico e imaginar si niños clonados tendrían un valor como seres humanos distintos (o de menor valor) simplemente por ser clonados y no nacidos a través de la reproducción sexual clásica. Lo que viene a recordar el sentimiento que muchos millones de seres humanos de raza blanca han tenido a lo largo de la historia sobre otros seres humanos, esta vez de raza negra, en el sentido de considerarlos «menos personas» por ser de esa raza, ante la total falacia científica. Y cuántas y cuántas injusticias y muertes se han sucedido bajo esas diferencias de «cuerpos» que no de cerebros y «mentes». ¿Podría volver a repetirse la historia de blancos y negros esta vez entre seres clonados y no clonados?

¿Y ese otro capítulo que forma ya parte del debate en la Neuroética más candente en el que se especula sobre la posibilidad de utilizar algún día la clonación para crear seres humanos de cualidades excepcionales? Todos hemos leído sobre la congelación de células, progenitoras o no, de premios Nobel con la esperanza de que en un futuro se pudieran utilizar para obtener seres humanos de superiores capacidades. Capítulo especulativo y erróneo donde los haya en sus presupuestos biológicos, pues ya existen muchos ejemplos de hijos de Premio Nobel sin ninguna cualidad intelectual destacable, que son los más, aun cuando también los haya con talentos excepcionales e incluso que llegaran a obtener el premio Nobel como sus padres, como por ejemplo la hija de Marie y Pierre Curie o de Arthur Kornberg.

Y un capítulo futuro más a debate. Ya sabemos con certeza que ningún ser humano podrá nunca ser clonado y repetido como persona. Pero ¿podría algún día salir a debate la posibilidad de que ante un matrimonio en el que su hijo de cinco años con una enfermedad terminal vaya a morir, el médico pudiera plantearles el reemplazar a su hijo por clonación? Ciertamente, tanto médicos como padres sabrían perfectamente que este niño que va a morir nunca podría volver a ser reemplazado con un clon, pero también es cierto que el nuevo niño clonado sería tan idéntico al otro en su cara y cuerpo que bien pudiera hacer renacer la emoción perdida de los padres. ¿Podría este nuevo niño de igual apariencia que el fallecido, con el amor y el cariño renovado de los padres, reemplazar emocionalmente a aquel otro ya perdido? Las puertas se abren a un mundo nuevo de perspectivas impredecibles.

LOS OTROS

Es muy común, le ocurre a casi todo el mundo, sacar conclusiones rápidas sobre las características psicológicas de una persona que nos acaban de presentar sólo con ese fogonazo emocional que se realiza al mirar su cara y observar gestos. Ya en el siglo XVIII David Hume (1711-1776) en su *Tratado sobre la naturaleza humana* señalaba esa primera impronta al indicar que «la simpatía es tan importante, que de ella depende en cierto modo nuestro juicio sobre la conducta de otras personas». Es más, en ese mismo siglo Johann Kasper Lavater (1741-1801) escribió un libro sobre la fisonomía o el arte de determinar el carácter de las personas a partir de las características y forma de la cara (ojos, nariz, mentón, etc.) que tuvo mucha influencia social y muchos seguidores en aquellos tiempos. De hecho, hay anécdotas ilustrativas como aquella contada por Charles Darwin en su autobiografía en la que relata que su nariz casi le costó el poder realizar el viaje que hizo en el *Beagle* alrededor del mundo, ya que el capitán Fitz-Roy, quien le hizo la entrevista para juzgar sobre sus características personales y sus capacidades psicológicas para hacer un viaje tan duro, juzgó, inicialmente, a causa de la conformación de su nariz, que Darwin no era precisamente la persona más adecuada para ello.

La capacidad que tenemos los seres humanos para reconocer en los otros seres humanos estados mentales requiere de un largo proceso de aprendizaje tras el nacimiento. De hecho, estas capacidades nacen tiempo después de aquellas otras que permiten a un niño autorreconocerse en un espejo. Un niño no sabe que es él, y no otro niño, el que ve en un espejo antes de los 18-24 meses. Y es mucho tiempo después, a los 36-48 meses, cuando puede empezar a reconocer tristeza o alegría en otras personas. Al parecer, esta secuencia está muy sólidamente establecida, de modo que es siempre tras la aparición del autorreconocimiento cuando se produce la capacidad para reconocer estados mentales en los demás. Precisamente esta última etapa es la que apuntaba Povinelli que ya no aparece como tal en los chimpancés. Lo cierto es que cuando, joven o adulto, una persona reconoce claramente que los otros son como nosotros mismos, es decir, que tienen pensamientos y emociones semejantes a las nuestras, ello lleva aparejada la capacidad de aproximarse a los demás y con ello predecir sus respuestas y sus intenciones. En la adquisición de estas capacidades, al parecer, desempeña un papel especial, aun cuando no exclusivo, la actividad de la corteza cerebral derecha y en ella áreas muy concretas, como la corteza prefrontal y la corteza cingulada anterior como, por cierto, ya vimos también para el reconocimiento de muchos de los ingredientes de

esa entidad que llamamos yo. Tan es así, que lesiones en esta corteza cerebral derecha dificultan seriamente la capacidad de estos pacientes para, en una conversación, apreciar y detectar el humor, la emoción y las expresiones faciales y juicios sociales de los interlocutores. De hecho, las lesiones de la corteza cerebral derecha son más incapacitantes que las de la izquierda (que es el hemisferio dominante) en el reconocimiento específico de ciertos estados mentales y emocionales en los otros. Es más, en el desarrollo de esas capacidades y en el proceso de esas funciones tiene un papel especialmente relevante la corteza prefrontal medial derecha que, precisamente, se activa no sólo cuando una persona piensa sobre sí misma o en cosas relacionados con uno mismo, sino también cuando piensa en cosas sobre los demás.

La Neurociencia comienza a desentrañar las áreas del cerebro que se activan durante las relaciones personales y poco a poco se adentra en el conocimiento de cómo se elabora en el cerebro la empatía o el desagrado, la intencionalidad, la responsabilidad y la culpabilidad, la bondad y el altruismo o la alegría y la tristeza. Es decir, aspectos del ser humano que hasta hace bien poco sólo eran foco de estudio en disciplinas como la Psicología y la Filosofía. Lo cierto es que la percepción de las intenciones que detrás de su cortina de pensamiento tienen los otros y, con ellos, sus estados mentales y emocionales, requiere de unos atributos cerebrales que son, al parecer, únicos de la especie humana. Por supuesto que los animales, y en particular los chimpancés, poseen la capacidad emocional de «leer» algunas intenciones básicas de sus congéneres, expresadas de alguna manera en el lenguaje corporal, como son las de atacar o huir, pero no de «leer» los estados mentales que tienen otros chimpancés o el propio ser humano. Esto último parece ser sólo, como digo, privativo del hombre.

Efectivamente, la capacidad que tienen los seres humanos de «imaginar», «comprender» o «intuir» lo que los otros están sintiendo o pensando y adelantar con ello cuáles son sus intenciones es, sin duda, fundamental para toda interacción social. Es lo que se conoce como teoría de la mente. Estas capacidades son las que permiten prejuzgar cómo los demás pueden reaccionar en respuesta a una determinada acción nuestra y poder predecir con ello las consecuencias de nuestras acciones. Estudios recientes parecen indicar que un circuito entre la corteza orbitofrontal (en particular las áreas 9 y 10 de Brodmann), la amígdala y el surco temporal superior es especialmente relevante para la elaboración de estas funciones.

La convergencia de la Sociología cognitiva con la Neurociencia, particularmente en estudios de pacientes con determinadas lesiones cerebrales, y también con el estudio de personas sanas utilizando técnicas de imagen cerebral, nos debe aportar conocimientos acerca de qué circuitos neuronales son el sustrato de las relaciones interpersonales. Por supuesto que nos encontramos al inicio de este capítulo, pero es cierto también que ya sabemos, como creo haber señalado antes, que la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal medial, la corteza cingulada anterior y la posterior, la parte más anterior de la corteza temporal y diferentes áreas parietotemporales participan con sus circuitos

interconectados y distribuidos en la elaboración de esos procesos.

Por ejemplo, se ha especulado con que las neuronas de diversas áreas específicas y concretas de la corteza prefrontal se encienden y apagan como bombillas en un árbol de Navidad reclutando y activando circuitos neuronales específicos, que son el sustrato de una determinada conducta de interacción personal. Esto incluye la capacidad de hacer inferencias sobre el pensamiento y el estado emocional de la persona con la que hablamos y, también, sobre el grado de empatía con el que se desarrolla esa relación. Un buen ejemplo de cuanto digo son los resultados de un estudio en el que, utilizando resonancia magnética funcional, se ha comprobado que una parte de la corteza orbitofrontal se activa preferentemente en relaciones en las que las personas están siendo halagadas o, por el contrario, acusadas de algo. Y todos sabemos que en una conversación, y en el desarrollo de la misma, se alcanzan momentos de halago y gratitud que se pueden alternar con momentos de desagrado y seguirse, de nuevo, de momentos de alegría y recompensas verbales. Y es que, en efecto, la corteza prefrontal parece participar en esa activación siempre cambiante y alternante de bombillas (neuronas) que se encienden y apagan, de «castigos y recompensas» que se obtienen durante las conversaciones con los otros. Para reforzar estas ideas están los estudios indicando que personas con lesiones muy pequeñas de esta área del cerebro suelen mantener conversaciones relativamente «rígidas», poco cambiantes y ajustadas a esa flexibilidad emocional que requiere una conversación normal. Además, esa «rigidez» también explica que muchos de estos enfermos mantengan un discurso ajeno al «del otro» y sin entrar plenamente en respuestas y preguntas (emocionales o incluso lógicas) del otro. Aspecto que en la mayoría de los casos pasa por «normal» en el infinito arco de variables y connotaciones de una conversación.

Estudios de Neuropsicología, junto con una resolución cada vez más detallada de las técnicas de imagen, van correlacionando áreas cada vez mejor delimitadas de la corteza prefrontal con la conducta y los procesos mentales. Este es el caso, por ejemplo, de áreas en la parte más anterior del polo frontal. Al parecer, esta zona de la corteza prefrontal se activa bastante selectivamente cuando una persona hace juicios o toma decisiones que refieren a su esfera «íntima» personal o de su más inmediato entorno afectivo, como puede ser el caso de un hijo. Sin embargo, esta parte del cerebro no se activa cuando esta misma persona toma decisiones o hace juicios similares pero que afectan a otras personas ajenas a su entorno personal o familiar. Sin duda, estos hallazgos son sobresalientes para progresar en esa disección que la Neurociencia cognitiva actual realiza para conocer las neuronas y los circuitos que codifican para funciones cada vez más específicas.

Uno de esos capítulos más sobresalientes en el momento actual sobre las relaciones interpersonales y el cerebro, y del que apenas conocemos algo, es aquel de la empatía. La empatía, que es uno de esos ingredientes de gran valor que presiden las interacciones personales, es todavía una incógnita en cuanto a sus pilares cerebrales. No cabe duda de

que la empatía tiene un poderoso componente emocional y cognitivo. De hecho, las emociones son, en sí mismas, un lenguaje de comunicación. Pero en el mundo de las relaciones personales las emociones tienen, además, sus propias características definitorias. Por ejemplo, hay reacciones emocionales que son de valor por sí mismas independientes de un determinado contexto. Por ejemplo, la compasión que inspira la expresión triste de la cara de un niño, reacción emocional que, por otra parte, es transcultural, o la alegría inocente que expresa un niño ante un estímulo gratificante mínimo. La tristeza o la alegría es reconocida por todos los seres humanos y genera respuestas como las que consisten en buscar y dar amparo y ayuda. Son, además, reacciones de clara relación interpersonal y que ayudarían a entender y acercarse a los otros. Sin duda, la empatía es la expresión en la conducta de una actividad muy selectiva tanto de circuitos neurales localizados en el cerebro límbico como de circuitos distribuidos en las áreas de asociación de la corteza cerebral. Pero también es verdad que estamos muy lejos de conocer mínimamente los entresijos, en redes y códigos neurales, de esa actividad. Lo cierto es que de ese juego neuronal interactivo nace ese «adhesivo social» tan poderoso que llamamos empatía y que la Neurociencia cognitiva se esfuerza en desentrañar con sus estudios.

GLOSARIO

Para una ampliación de este glosario remito al lector a la consulta del *Diccionario de Neurociencia*, Francisco Mora y Ana María Sanguinetti, Alianza Editorial, Madrid, 2004.

activación: En Neurofisiología Clínica refiere a la producción y registro de una actividad anormal latente u oculta en el EEG mediante técnicas de estimulación como pueden ser la luz, el sonido o agentes químicos o eléctricos.

actividad motora espontánea: En Fisiología Psicológica refiere a las deambulaciones espontáneas cuantificadas de un animal.

agnosia: Incapacidad o pérdida de la facultad de reconocer cosas o personas. Puede ser total o parcial y puede referir a cada uno de los sentidos. Existen, por tanto, agnosias visuales, táctiles, etc., dependiendo de la localización del daño o lesión cerebral. Las agnosias pueden ser muy específicas y referir no sólo a los sentidos, sino a la ideación o simbolismo (agnosia ideacional) o a la posición o localización de los objetos.

agnosia táctil: Incapacidad para el reconocimiento de objetos mediante el tacto, con una o ambas manos, sin que exista defecto en la sensibilidad táctil. Se relaciona con la lesión del lóbulo parietal posterior o del giro poscentral del hemisferio dominante.

agnosia visual: Incapacidad de reconocer visualmente un objeto a pesar de tener el ojo y las vías visuales intactas. Parece debida a la inhabilidad de combinar los componentes de la imagen visual en una percepción completa. Se asocia con lesiones de la corteza extraestriada e inferotemporal.

Alzheimer, enfermedad: Demencia progresiva y crónica de comienzo presenil (entre los 50-60 años) que se manifiesta por una pérdida de la memoria, confusión, desorientación, delirio y demencia final. Puede acompañarse de alucinaciones y excitación. De modo más o menos rápido (3, 5, 10 años) conduce a la muerte. Anatomopatológicamente se caracteriza por la aparición de una atrofia cerebral, degeneración neurofibrilar, placas neuríticas seniles, depósitos de β -amiloide y degeneración granulovacuolar.

ambio: Conjunto de elementos no genéticos, cambiantes, que rodean al individuo y que, junto con el genoma, conforman el desarrollo y construcción del ser humano o pueden determinar la aparición de una enfermedad.

amígdala: Estructura cerebral en forma de almendra formada por un conjunto de núcleos de características histológicas diferentes. Está situada en el seno del lóbulo temporal. Forma parte, junto al hipotálamo, séptum, hipocampo y otras estructuras del sistema límbico, de los circuitos que participan en la elaboración de la emoción y motivación, y en el control del sistema nervioso autónomo o vegetativo.

Anatomía: Ciencia que estudia la estructura y morfología de un organismo y sus diversas partes.

aprendizaje: Proceso que realiza un organismo con la experiencia y con el que se modifica permanentemente su conducta. Está íntimamente asociado a los procesos de memoria. Conlleva cambios plásticos en el cerebro que hoy se creen relacionados con la actividad sináptica.

área cortical: Superficie delimitada de la corteza cerebral tipificada por sus características histológicas y (no siempre) por su función. Se distinguen las áreas corticales sensoriales, motoras y de asociación. Brodmann, sobre una base anatómica e histológica (citoarquitectura), distinguió la corteza humana en 11 regiones y 52 áreas, respectivamente.

área motora: Parte de la corteza cerebral más anterior al surco precentral o de Rolando y que se corresponde con el área 4 de Brodmann. De esta área nace el haz piramidal motor, responsable de los movimientos voluntarios.

área prefrontal: Área de asociación cortical, en el lóbulo frontal anterior al área premotora y que corresponde con las áreas 9, 10, 11 y 12 de Brodmann.

área preóptica: Refiere a la parte más anterior del hipotálamo alrededor del III ventrículo, lo que incluye los núcleos preópticos lateral y medial. Se supone que está relacionada con los mecanismos de control de la ingesta de agua, temperatura y sexualidad.

áreas de Brodmann: Mapa de áreas de la corteza cerebral, descritas por Brodmann en 1909. En base al patrón citoarquitectural la corteza queda dividida en 11 regiones principales y 52 áreas menores, cada una con su nombre. Dichas áreas fueron numeradas por Brodmann según el orden en el que sucesivamente las fue estudiando. Estas áreas no se corresponden con funciones específicas y, además, áreas diferentes comparten igual función. Las 52 áreas menores son las siguientes:

1. Área intermedia poscentral. Corteza somatosensorial.
2. Área caudal poscentral. Corteza somatosensorial.
3. Área rostral poscentral. Corteza somatosensorial.
4. Área gigantopiramidal. Corteza motora.
5. Área preparietal.
6. Área frontal agranular. Corteza premotora.
7. Área parietal superior.
8. Área frontal intermedia.
9. Área frontal granular.
10. Área frontopolar.
11. Área prefrontal. Corteza límbica.
12. Área frontal microcelular.
13. Ínsula posterior.
14. Ínsula anterior.
15. Ínsula ventral.
16. Ínsula olfatoria.

17. Área estriada. Corteza visual primaria.
18. Área occipital. Corteza visual secundaria.
19. Área preoccipital.
20. Área temporal inferior. Corteza visual inferotemporal.
21. Área temporal media. Corteza visual inferotemporal.
22. Área temporal superior. Corteza auditiva.
23. Área cingular ventral posterior. Corteza límbica.
24. Área cingular ventral anterior. Corteza límbica.
25. Área subgenual.
26. Área ectosplenialis.
27. Área presubicularis.
28. Área entorinal. Corteza límbica.
29. Área retrolímbica granular.
30. Área retrolímbica agranular.
31. Área cingular dorsal posterior.
32. Área cingular dorsal anterior.
33. Área pregnual, tenia tecti.
34. Área entorinal dorsal.
35. Área peririnal.
36. Área ectorinal.
37. Área occipitotemporal.
38. Área temporopolar. Corteza límbica.
39. Área angular.
40. Área supramarginal.
41. Área auditoria. Corteza auditiva.
42. Área paraauditoria. Corteza auditiva.
43. Área subcentral.
44. Área opercular.
45. Área triangular.
46. Área frontal media.
47. Área orbital.
48. Área postsubicular.
49. Área parasubicular.
50. Área gustatoria.
51. Área piriforme.
52. Área parainsular.

áreas visuales de la corteza cerebral: Sobre la base de estudios funcionales y de conexiones, las áreas visuales de la corteza cerebral han sido subdivididas en más de 25 áreas diferentes. Las principales incluyen:

- V1: Área visual estriada primaria (se corresponde con el área 17 de Brodmann).
- V2: Área visual situada alrededor de la V1 de la que recibe información.
- V3: Área visual que recibe información de la V2 y proyecta a su vez a la V4 y la V5.

V4: Área visual situada entre los bordes de la corteza temporal, occipital y parietal.

V5 o MT (medial temporal): Área visual situada en la corteza temporal medial.

MST (medial superior temporal): Situada en el lóbulo temporal en su parte medial y superior.

arquitectura neural: Conformación de las estructuras, neuronas y fibras de conexión con las que está construido el SNC. En el cerebro adulto es equivalente a Neuroanatomía.

asomatognosia: Incapacidad para reconocer, diferenciar o integrar las distintas partes del esquema corporal asociada frecuentemente a lesiones del lóbulo temporal. Es una agnosia referida al reconocimiento del propio cuerpo.

atención: Proceso neuropsicológico que dispone para seleccionar entre varios estímulos a aquel al que responder.

autismo: Desorden de la conducta consistente en la incapacidad para establecer relaciones interpersonales y en la comunicación, lenguaje y desarrollo simbólico.

autoconsciencia: Estado en el hombre que le permite reconocimiento del yo y su pensamiento. Los mecanismos cerebrales que permiten la autoconsciencia son desconocidos. Recientemente ha sido propuesta la hipótesis neurobiológica del «barrido cortical» que va de corteza frontal a corteza temporal con una duración de 12 mseg. Este barrido, producido por los circuitos tálamo-corticales, sería la base de la consciencia o integración de toda la actividad cortical del individuo.

cartografía cerebral: Diferentes técnicas para la elaboración de mapas de la estructura y función del cerebro. Abarca toda la metodología de neuroimagen que permite combinar imágenes estructurales (CT y MRI) y funcionales (EEG-MEG, PET y otras) del cerebro.

cerebelo: Es un órgano situado posteriormente al bulbo y la protuberancia. Es una estructura derivada del rombencéfalo. En él se distinguen la parte intermedia o vermis y los dos hemisferios cerebelares. Consta de una corteza cerebelar y núcleos profundos. La corteza contiene cinco tipos básicos de neuronas. Desempeña un importante papel en el control de la actividad motora voluntaria, tanto en la planificación del acto motor como en la corrección del mismo durante su realización.

cerebro: En la actualidad es un término no claramente definido y consensuado. En general refiere a toda aquella parte del SNC que está contenida en la caja craneana, excluido el tronco del encéfalo (mesencéfalo, puente y bulbo) y el cerebelo.

cerebro emocional: Concepto genérico de delimitaciones anatómicas y funcionales imprecisas. Refiere a aquel conjunto de áreas cerebrales a las que se les supone formando circuitos que codifican el mundo personal de la emoción (placer, rabia, agresividad, etc.) y la motivación (ingesta de agua y alimentos, actividad sexual, etc.). Éstas incluyen: giro del cíngulo, giro parahipocámpico, hipocampo, amígdala, séptum, núcleo accumbens, hipotálamo y corteza orbitofrontal).

cerebro escindido: Procedimiento quirúrgico consistente en la separación de los dos hemisferios cerebrales. Tras la sección del cuerpo caloso, la comisura anterior y otras fibras de conexión se interrumpe la transferencia de información interhemisférica.

cerebro-mente, problema: Problema antiguo de la Filosofía que refiere a la naturaleza del cerebro y la mente. Las Neurociencias han entrado recientemente en esta polémica.

circuitos neuronales: Conjunto de neuronas y conexiones que interconectadas entre sí codifican una función o parte de una función.

circuitos sinápticos: Sinapsis que forman parte de circuitos locales en una zona bien definida del cerebro o de un ganglio. En invertebrados se pueden estudiar circuitos sinápticos en determinados ganglios articulando vías de entrada y salida a dichos circuitos.

coeficiente de encefalización: Relación entre el peso real del cerebro (expresado en gramos) de un determinado mamífero y el peso de cerebro esperado para ese mismo mamífero si se le comparara con un estimado obtenido de relacionar peso de cerebro-peso de cuerpo de una amplia muestra de todos los tipos de mamíferos vivientes.

cognoscitivo, proceso: Proceso mediante el cual se tiene conocimiento de un acontecimiento del mundo interno (personal) o externo (sensorial).

complejo ventrobasal del tálamo: Concepto basado en criterios fisiológicos. Serie de núcleos cuyas neuronas responden a estímulos de receptores somáticos mecánicos (tacto, presión, vibración y movimientos articulares), aun cuando también responden a sensibilidad térmica y dolorosa. En general, el complejo ventrobasal corresponde a los núcleos ventral posterolateral y ventral posteromedial.

colículo inferior: Tubérculo cuadrigémino inferior. Núcleo par del cerebro medio que recibe aferencias auditivas y proyecta hacia A1 a través del núcleo geniculado medial y el colículo superior.

comunicación neuronal: Proceso de comunicación y transmisión de información entre neuronas utilizando un código determinado.

conducta humana: Yela ha definido la conducta humana como «toda acción intencional del hombre en el mundo». Con las siguientes notas específicas según Laín: 1. Libre albedrío, 2. Simbolización, 3. Inconclusión, 4. Ensimismamiento, 5. Vida en lo real. En Neurobiología se entiende por conducta humana «toda aquella serie de actos motores voluntarios realizados por el individuo humano y que los distingue de aquellos de los animales».

consciencia: Estado de un animal o persona que le permite el desarrollo de una conducta de interacción con el mundo externo y reconocimiento del «yo».

convergencia: Hecho mediante el cual una neurona recibe terminales sinápticas de muchas otras neuronas que convergen en ella. Este concepto tiene múltiples acepciones (visión, zoología, evolución, etc.).

corteza cerebral: Capa neuronal de la superficie externa cerebral del hombre y organismos superiores. En el hombre su superficie total es de unos 2.200 cm² y su espesor oscila entre 1,3 y 4,5 mm, con un volumen de 600 cm³. El tejido cerebral del hombre contiene unas 3×10^9 neuronas. Típicamente se diferencian seis capas, que existen en más del 90 % del total de la corteza. Estas capas, de superficie a profundidad, son las siguientes: capa molecular o plexiforme, piramidal externa,

granular externa, piramidal interna, granular interna y fusiforme. Filogenéticamente esta estructura de seis capas aparece en los mamíferos y se denomina neocorteza o isocorteza. Más antigua filogenéticamente es la allocorteza, que posee una estructura de tres capas y a la que pertenecen el *archipallium*, *paleopallium* y rinencéfalo.

corteza cingulada: Parte medial de la corteza cerebral que forma parte del sistema límbico y se relaciona con los mecanismos cerebrales relacionados con los procesos de emoción y motivación.

corteza de asociación: Áreas de la corteza cerebral no directamente relacionadas en el procesamiento de información primaria sensorial y motora. Son áreas polisensoriales y multifuncionales.

corteza frontal: Refiere a toda la corteza del lóbulo frontal, lo que incluye todo el polo anterior de los hemisferios cerebrales desde la cisura de Rolando.

corteza inferotemporal: Área del lóbulo temporal que forma parte de la vía de procesamiento de la información visual. Las neuronas de esta área responden solo a objetos o formas complejas, como caras, manos u objetos no comunes.

corteza prefrontal: Corteza de asociación situada en la parte más rostral del lóbulo frontal. Su definición y límites neurofisiológicos vienen dados por las proyecciones del núcleo dorsomedial del tálamo. Se subdivide en diversas otras áreas: corteza prefrontal orbitaria y dorsal (en el primate) o medial dorsal y orbitaria (en la rata). Entre las muchas funciones en las que participa se encuentran el control del mundo emocional a través del sistema límbico, memoria operativa o funcional (*working memory*), programación o planificación del acto motor voluntario y de actos a realizar en un inmediato futuro y función inhibitoria de influencias tanto externas como internas.

corteza premotora: Área de la corteza que se corresponde con el área 6 de Brodmann. Se encuentra situada rostral o anterior al área motora primaria (área 4 de Brodmann) con la que está íntimamente conectada. Se cree que se relaciona con la programación cortical de los movimientos voluntarios.

corteza visual no estriada: Corteza visual que por definición se encuentra fuera de la corteza visual primaria (V1) o estriada. Se corresponde principalmente con las áreas 18 y 19 de Brodmann. En ella se encuentran neuronas con múltiples y diferentes campos receptivos visuales.

cuerpo calloso: Comisura entre los dos hemisferios cerebrales. Banda de fibras nerviosas que van de un lado del cerebro al otro y comunican los hemisferios cerebrales integrando sus funciones y permitiendo a las neuronas de los dos hemisferios sincronizar su actividad.

Darwin, Charles Robert (1809-1882): Pensador y naturalista británico. Creador junto a Wallace de la teoría de la evolución. Los conceptos de esta teoría y su posterior elaboración han influido poderosamente en el entendimiento de la anatomía y función del sistema nervioso. Entre sus muchas obras destacan *El origen del hombre*, *Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo* y *Sobre el origen de las especies por vía de la selección natural*.

dendrita: Parte ramificada de la neurona donde se realizan sinapsis. Desde éstas la información es transmitida al cuerpo neuronal para ser integrada. Otto Deiters las describió en 1865 (prolongaciones protoplasmáticas). El nombre dendrita se debe a Camilo Golgi.

DNA: Siglas del inglés con las que se abrevia el ácido desoxirribonucleico (ADN).

Eccles John Carew (1903-1997): Fisiólogo australiano, discípulo de Charles Sherrington. Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1963, compartido con los británicos Alan L. Hodgking y Andrew F. Huxley por sus trabajos sobre la neurotransmisión nerviosa. Autor de múltiples trabajos y libros. Entre sus obras más conocidas destacan: *El yo y su cerebro*, escrito en colaboración con Karl Popper, y *Evolución del cerebro: Creación del Yo*.

ecolocalización: Método de percepción sensorial que permite a ciertos animales orientarse, detectar obstáculos y alimentos, y comunicarse entre sí por medio de la emisión de una amplia gama de sonidos de alta y baja frecuencia (en el delfín entre 15 y 130 KHz) y el análisis auditivo direccional, muy sensible, de los ecos que vuelven.

emoción: Reacción conductual y subjetiva producida por una información proveniente del mundo externo o interno (memoria) del individuo. Se acompaña de fenómenos neurovegetativos. El sistema límbico es parte importante del cerebro relacionado con la elaboración de las conductas emocionales.

encefalización: Concepto que refiere a la evolución y elaboración de las partes superiores del encéfalo. Ello conlleva aumento de la complejidad del procesamiento de la información y del control comportamental. Este principio también se aplica a los invertebrados. En general, el concepto de encefalización refiere al aumento general del tamaño y la complejidad de las conexiones del encéfalo a medida que se asciende en la escala de los vertebrados. El cerebro y el cerebelo son las estructuras que mayormente expresan este proceso, que alcanza su mayor expresión en el hombre.

Fisiología: Ciencia que estudia las funciones de los organismos vivos, así como los órganos individuales, tejidos y células de los que se componen.

funciones cerebrales (concepto genérico): En particular refiere a las funciones adscritas a varias o a cada una de las partes en las que se ha podido subdividir anatómicamente el cerebro.

GABA (ácido gamma-aminobutírico): Aminado ácido ampliamente distribuido en el SNC, particularmente en la corteza cerebral, que desempeña el papel de neurotransmisor inhibitorio.

gen: Unidad básica de la herencia. Corresponde a un segmento de la molécula de DNA. En Bioquímica el término gen es equivalente al de cistron, que refiere, con más precisión, al segmento de la molécula de DNA que codifica para la formación de una cadena polipeptídica completa.

giro cingulado: Giro o área situada en la superficie interna de cada hemisferio cerebral entre el surco cingulado y el surco del cuerpo calloso. Se extiende desde la región subcallosa y sigue por delante de la rodilla y del cuerpo calloso para continuarse con el giro parahipocámpico en el lóbulo temporal. Forma parte del llamado sistema límbico.

Participa en los circuitos que codifican funciones relacionadas con la emoción y la motivación.

giro fusiforme: Giro o circunvolución situado en los lóbulos occipital y temporal (en la cara basal del hemisferio cerebral).

hemisferio cerebral: Cada uno de los dos grandes lóbulos anterodorsales del telencéfalo del cerebro de los vertebrados, incluyendo la sustancia blanca y los ganglios basales.

hemisferio dominante: Hemisferio cerebral responsable de la capacidad lingüística, categorización y simbolización. Es también responsable del control de las extremidades (mano, brazo y pierna) usados en los movimientos de habilidad. Usualmente es el del lado izquierdo.

hemisferio menor: Es el hemisferio no lingüístico, usualmente el derecho.

hipocampo: Circunvolución situada en la región anteromedial del lóbulo temporal, que resulta de la internalización, en los mamíferos, de un córtex arcaico desarrollado en reptiles y mamíferos primitivos. Esta archicorteza se compone principalmente de dos estructuras: el giro o fascia dentada y el cuerno de Ammon. Consta de tres capas (molecular, granular y polimorfa). Forma parte del sistema límbico. Estructura fundamental en el registro de diferentes tipos de memorias.

hipotálamo: Estructura localizada por debajo del tálamo y por encima del quiasma óptico y de la silla turca, que participa en la regulación de los sistemas neurovegetativo y endocrino. Forma parte fundamental de los circuitos de control neural de la ingesta de alimento, agua, sexualidad y temperatura. Se encuentra integrado por agrupaciones neuronales o núcleos. Clásicamente se distinguen el hipotálamo anterior o quiasmático, el hipotálamo medio o infundibular y el hipotálamo posterior o mamilar.

hipótesis: Uno de los tres pilares del método científico (observación, hipótesis y experimentación). Proposición o enunciado teórico que puede ser comprobado experimentalmente y que está sujeto a posible contraensayo por posterior observación y experimentación.

homeotermia: Capacidad de mantener el cuerpo constantemente caliente con independencia de cuál sea la temperatura del medio ambiente.

homúnculo de Penfield: Representación de la apariencia que tendría un ser humano si las diferentes partes de su cuerpo estuvieran desarrolladas proporcionalmente a la superficie de las áreas corticales sensoriales y/o motoras de la corteza cerebral.

lesión: Destrucción de una zona de tejido nervioso causada experimentalmente [lesión electrolítica, corriente eléctrica, lesión neuroquímica (neurotoxinas, ácido kainico, eboténico, etc.)] o espontáneamente (heridas, golpe o enfermedad).

lóbulo de la ínsula: Lóbulo situado en el fondo de la cisura de Silvio. Tiene una forma triangular y se encuentra delimitado por el surco circular de los lóbulos frontal, parietal y temporal. Posee dos partes, una posterior o *girus longus* y una anterior en la que se encuentran los giros breves.

magnetoencefalografía (MEG): Procedimiento basado en el registro dinámico de los campos magnéticos débiles que se generan por los movimientos de cargas eléctricas cerebrales y que pueden ser registrados. Es un método complementario al EEG que

tiene la ventaja de que dichos campos magnéticos no son filtrados por el cráneo tan potentemente como las ondas de los registros encefalográficos.

mente: Es un concepto impreciso que refiere al conjunto de atributos de la persona durante la experiencia consciente, como pensar, sentir y la misma consciencia del yo. Para muchos pensadores y científicos actuales, su naturaleza es material y refiere a la expresión de la función cerebral. Para otros, muy pocos hoy, su naturaleza es espiritual no-material.

naturaleza humana: Todo el espectro de predisposiciones y conductas que caracterizan la especie humana. En esencia, y en lo que refiere a las Neurociencias, este concepto se centra en si ésta es material y espiritual o sólo material.

nervio óptico: Segundo par craneal. Está constituido por los axones de las neuronas ganglionares de la retina. Forma el quiasma óptico y pasa a través del tracto óptico hasta los ganglios geniculados laterales y colículo superior en el tálamo.

Neurociencia: Disciplina que estudia el desarrollo, estructura, función, farmacología y patología del sistema nervioso.

Neurociencia cognitiva: Ciencia que refiere al estudio de los mecanismos biológicos y sustratos neurales de los procesos mentales y sus manifestaciones conductuales.

neurona: Término que refiere a la célula nerviosa completa, lo que incluye el cuerpo celular y sus prolongaciones (dendritas y axón). Es la unidad morfofuncional básica del sistema nervioso.

Neuropsicología: Disciplina que estudia los procesos psicológicos sobre la base de y en correlación con los procesos neuroanatómicos, neuroquímicos y neurofisiológicos del cerebro. En la práctica esta disciplina se ocupa del estudio psicológico (déficits) de las personas con daño cerebral de diverso origen (traumático, posquirúrgico, etc.).

pensamiento: Potencia o facultad de imaginar, considerar o discurrir. Uso de programas lógicos para responder a cuestiones sobre la información que llega desde los órganos de los sentidos o desde fuentes internas.

plasticidad: Cambios producidos en el sistema nervioso como resultado de la experiencia (aprendizaje), lesiones o procesos degenerativos. La plasticidad se expresa como modificación de las sinapsis, proliferación dendrítica o axonal y cambios en las densidades o dinámica de los canales iónicos.

plasticidad sináptica: Aumento o disminución de la cantidad de sinapsis, fuera del programa genético, dependiendo de la eficiencia funcional y activaciones que tengan.

poiquilothermia: Capacidad de ciertos animales y vegetales para variar su temperatura de acuerdo con los cambios de la temperatura ambiente. Son los llamados animales de sangre fría (peces, anfibios y reptiles).

Popper, Carl (1902-1994): Fisiólogo británico de origen austriaco (nació en Viena). Catedrático de Lógica y Metodología de la Universidad de Londres, fue miembro de la Royal Society, del Institut de France, de la Accademia Nazionale dei Lincei y otras instituciones. Entre sus libros, relacionados específicamente con el problema cerebromente, destacan sus diálogos con John C. Eccles, publicados en el libro *El yo y su cerebro*.

prefrontal: Parte de la corteza cerebral frontal por delante del área premotora (área 6 de Brodmann).

premotor: Refiere al área 6 de Brodmann en la corteza frontal.

propiocepción: Concepto acuñado por Sherrington para expresar la «capacidad de percibir la posición de las extremidades en el espacio y la de detectar la fuerza de los movimientos y la resistencia que se opone a éstos».

propioceptor: Órganos sensoriales que registran el estiramiento y la velocidad de contracción y tensión muscular de los músculos esqueléticos del organismo. Su función está relacionada con la actividad motora. Se encuentran localizados en músculos esqueléticos, tendones y articulaciones. Son sensores inconscientes.

quiasma óptico: Punto de entrecruzamiento o decusación de los dos nervios ópticos en su trayecto desde la retina hacia el cerebro formando los dos tractos ópticos.

red neuronal biológica: Refiere a las interconexiones entre neuronas que codifican para una determinada función.

REM: Abreviatura anglosajona utilizada para el sueño REM (*Rapid-Eye-Movements*). Es una etapa del sueño que se asocia con movimientos oculares y pérdida profunda del tono muscular. El EEG aparece desincronizado y existe activación simpática. En este período ocurren frecuentemente los sueños.

resonancia magnética nuclear: Método no invasivo utilizado tanto experimentalmente en animales como en clínica humana y que permite el diagnóstico de procesos cerebrales anormales. Se basa en la capacidad de ciertos átomos, como el hidrógeno y el fósforo, para comportarse como magnetos. Ante un campo magnético poderoso externo estos magnetos nucleares pueden orientarse conformando una determinada línea de fuerza. La liberación posterior de estas fuerzas conlleva liberación de energía y ésta puede ser detectada y utilizada para reconstruir una imagen del cerebro o áreas del cerebro.

resonancia magnética funcional: Técnica de RM sensible a los cambios de flujo sanguíneo cerebral asociado a la actividad neuronal. Usa las propiedades paramagnéticas de la desoxihemoglobina endógena como marcador.

retina: Parte más anterior u externa del sistema visual. Histológicamente se distinguen varias capas situadas entre el epitelio pigmentado (más profundo) y las fibras del nervio óptico. De profundidad a superficie estas capas son: capa de fotorreceptores (segmentos externo e interno), capa nuclear externa, capa plexiforme externa, capa nuclear interna, capa plexiforme interna, capa de neuronas ganglionares, capa de fibras o axones ganglionares (nervio óptico). Contiene cinco tipos básicos de neuronas: fotorreceptores (conos y bastones), neuronas bipolares, neuronas horizontales, neuronas amacrinas y neuronas ganglionares.

sensación: Percepción consciente de un estímulo físico o químico con sus características de espacialidad, temporalidad, modalidad e intensidad.

sentimiento: Percepción consciente de las emociones. Son el añadido específicamente humano a las emociones.

sistema distributivo o distribuido: Hipótesis global del funcionamiento de la corteza

cerebral según la cual una determinada función no es propiedad de un sustrato anatómico localizado en la misma, sino una propiedad de la actividad dinámica en el sistema. Este sistema consiste en múltiples conexiones entre subunidades columnares de la corteza cerebral multiubicadas a lo largo de la misma. Constituyen el nivel más alto de la integración-convergencia-divergencia entre distintas regiones del SNC. Son características de las funciones superiores de los sistemas motor y sensorial y de muchos sistemas centrales.

sistema límbico: Concepto genérico de delimitaciones anatómicas y funcionales imprecisas. Refiere a aquel conjunto de áreas cerebrales a las que se les supone formando circuitos que codifican el mundo personal de la emoción (placer, rabia, agresividad, etc.) y la motivación (ingesta de agua y alimentos, actividad sexual, etc.). Éstas incluyen: giro del cíngulo, giro parahipocámpico, hipocampo, amígdala, séptum, núcleo accumbens, hipotálamo y corteza orbitofrontal.

somatoparafrenia: Trastorno del esquema corporal en el cual el paciente cree que el miembro contralateral afectado por una lesión hemipléjica no le pertenece o pertenece a otra persona.

Sperry, Roger Wolcott (1913-1994): Neurobiólogo estadounidense. Destacó su investigación sobre la especialización funcional de los hemisferios cerebrales a través del estudio de cerebros escindidos. Investigó asimismo las funciones de percepción visual. Junto a su compatriota D. H. Hubel y al sueco T. N. Wiessel, recibió en 1981 el Premio Nobel de Fisiología y Medicina «por sus trabajos sobre el cerebro, los cuales han revelado que cada hemisferio cerebral tiene su mundo consciente propio». Autor de *Science and moral priority: merging mind, brain and human values*.

sueño de ondas lentas: Sueño profundo caracterizado por un EEG progresivamente de menor frecuencia y mayor amplitud. Predominio de actividad parasimpática.

sueño, estadios: Cada ciclo de sueño pasa por cinco estadios en función del tipo de actividad cerebral que representa el EEG. Durante los estadios 1 al 4 se va produciendo una disminución progresiva de la actividad de ondas cerebrales, pasando desde un ritmo alfa hasta un ritmo delta. Los estadios 1 y 2 ocupan el 50% del tiempo, y los estadios 3 y 4, un 25%. El quinto estadio es el del sueño paradójico o REM, y ocupa el restante 25%.

sueño REM: Sueño paradójico en que se producen movimientos oculares rápidos (de ahí su nombre: *Rapid-Eye-Movements*). Se asocia con períodos de desincronización del EEG y presenta en general bajo voltaje y rápida frecuencia, similar a la que se registra en el estado de vigilia. Hipotonía muscular. En este período se presentan más frecuentemente las ensoñaciones. Es el quinto estadio del sueño y ocupa aproximadamente un 25% del mismo.

tálamo: Estructura subcortical diencefálica, que se subdivide en tres partes: epitálamo, tálamo ventral y tálamo dorsal. El epitálamo, situado en el piso del diencefalo, está constituido por la habénula y su comisura, la glándula pineal y la comisura posterior (está relacionado con el sistema límbico). Las funciones y conexiones del tálamo ventral son poco conocidas. El tálamo dorsal, por el contrario, es la gran masa

talámica en la que recala toda la información que asciende a la corteza en forma general difusa o específica. También recibe aferencias corticales. Los núcleos pueden clasificarse en núcleos de proyección no específicos (aquellos que proyectan a toda la corteza cerebral), núcleos de proyección cortical específicos o núcleos de relevo sensorial específicos (aquellos que proyectan a las áreas específicas de la corteza cerebral) y núcleos específicos de asociación (aquellos que proyectan a áreas corticales de asociación).

termorregulación: Control homeostático de la temperatura corporal.

tomografía axial computerizada (TAC): Imagen que se obtiene por la síntesis por computadora de los datos arrojados por la transmisión en un plano de una fina radiación X de forma circular, que se mide en el lado opuesto al de la emisión por medio de un contador de centelleo.

tomografía por emisión de positrones (PET): Imagen tomográfica que utiliza radioisótopos de átomos que emiten positrones. La colisión de estos positrones con los electrones de carga negativa produce emisión de rayos gamma cuyo rastreo mide y analiza un sistema computerizado.

tronco encefálico (tronco cerebral, tallo cerebral): Porción del sistema nervioso situada inmediatamente por encima de la médula y que comprende el bulbo, el puente y el mesencéfalo.

BIBLIOGRAFÍA

- ADOLPHS, R.; TRANEL, D.; DAMASIO, H. y DAMASIO, A. (1994): «Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala». *Nature* 372, 669-672.
- AGNATI, L. F.; AGNATI, A.; MORA, F. y FUXE, K. (2007): «does the human brain have unique genetically determined networks coding logical and ethical principles and aesthetics? From Plato to novel mirror networks». *Brain Res. Rev.* 55, 68-77.
- AMODIO, D. M. y FRITH, C. D. (2006): «Meeting of minds: the medial prefrontal cortex and social cognition». *Nature Reviews Neuroscience* 7, 268-277.
- ANDERSON, S. W.; BECHARA, A.; DAMASIO, H.; TRANEL, D. y DAMASIO, A. R. (1999): «Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex». *Nature Neurosci.* 2, 1032-1037.
- ARISTÓTELES (1990): *La historia de los animales*. Akal Ediciones.
- ARROW, H. (2007): «The sharp end of altruism». *Science* 318, 581-582.
- ASERINSKY, E. y KLEITMAN, N. (1953): «Regularly recurring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep». *Science* 118, 273-274.
- BALYTER, M. (2005): «Expression of endorphin gene favors in human evolution». *Science* 310, 1257.
- BLAKEMORE, S. J. (2008): «The social brain in adolescence». *Nature Neurosc. Rev.* 9, 267-277.
- BOTVINICK, M. (2004): «Probing the neural basis of body ownership», *Science* 305, 782-783.
- BRAYNE, C. (2007): «The elephant in the room-healthy brains in later life, epidemiology and public health». *Nature Neurosc. Rev.* 8, 233-238.
- BROCK, D. W. (2002): «Human cloning and our sense of self», *Science* 296, 314-316.
- BURNS, T. y ENGDAHL, E. (1998): «The social construction of consciousness Part 2: Individual selves, self-awareness, and reflectivity». *Journal of Consciousness Studies* 5, 166-184.
- CALDER, A. J. y YOUNG, A. W. (2005): «Understanding the recognition of facial identity and facial expression». *Nature Neurosc. Rev.* 6, 641-651.
- CAMILLE, N.; CORICELLI, G.; SALLET, J.; PREDAT-DIEHL, P.; DUHAMEL, J.-R. y SIRIGU, A. (2004): «The involvement of the orbitofrontal cortex in the experience of regret». *Science* 304, 1167-1170.
- CHURCHLAND, P. S. (2002): «Self-representation in nervous system». *Science* 296, 308-310.
- (2002): *Brain-Wise. Studies in Neurophilosophy*. MIT Press, Cambridge,

- Massachusetts.
- CONWAY, M. A.; TURK, D. J.; MILLER, S. L.; LOGAN, J.; NEBES, R. D.; MELTZER, C. C. y BECKER, J. T. (1999): «A positron emission tomography (PET) study of autobiographical memory retrieval». *Memory* 7, 679-702.
- COUZIN, J. (2006): «Genomes throw kinks in timing of vhip-human split». *Science* 312, 985 y 986.
- DARWIN, Ch. (2005): *The Darwin Compendium*. Barners and Noble Books Publ., Nueva York.
- DE VEER, M. W. y VAN DEN BOS, R. (1999): «A critical review of methodology and interpretation of mirror self-recognition research in nonhuman primates». *Animal Behavior* 58, 459-468.
- DE WAAL, F. B. M. y LANTING, F. (1997): *Bonobo. The forgotten Ape*. University of California Press, Los Ángeles.
- (2005): «How animals do business». *Scientific American*, abril, 55-61.
- DELGADO, J. M. y MORA, F. (1998): «Emoción y motivación. Sistema límbico». En: J. M. Delgado; A. Ferrús; F. Mora y F. Rubia (eds.), *Manual de Neurociencia*. Síntesis, Madrid, 891-911.
- DENNIS, C. (2005): «Branching out». *Nature* 437, 17-19.
- DUNCAN, J. y OWEN, A. M. (2000): «Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands». *Trends in Neuroscience* 23, 475-483.
- EAGLEMAN, D. M. (2004): «The where and when of intention». *Science* 303, 1144-1146.
- EDITORIAL NATURE (2000): «Why do we sleep?». *Nature Neurosci.* 3, 1225.
- EKMAN, P. (1982): «Emotion in the human face». Cambridge University Press, Nueva York.
- GALLAGHER, H. L. y FRITH, C. D. (2003): «Functional imaging of «theory of mind»». *Trends in Cognitive Sciences* 7, 77-83.
- GALLUP, G. G., jr. (1970): «Chimpanzees: Self-recognition». *Science* 167, 86-87.
- (1997): «On the rise and fall of self-conception in primates». *Annals of the New York Academy of Sciences* 818, 73-84.
- GARFIELD, J. L.; PETERSON, C. C. y PERRY, T. (2001): «Social cognition, language acquisition and the development of the theory of mind». *Mind and Language* 16, 494-541.
- GELDER, B. D. (2006): «Towards the neurobiology of emotional body language». *Nature Neurosc. Rev.* 7, 242-249.
- GILLIHAN, S. J. y FARAH, M. J. (2005): «Is self special? A critical review of evidence from experimentl psychology and cognitive neuroscience». *Psychol. Bull*, 131, 76-97.
- GISOLFI, C. V. y MORA, F. (2000): *The hot brain*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- GRIFFIN, D. R. (1992): *Animal Minds*. The University of Chicago Press, Chicago.
- GROSS, C. G. (2000): «Coding for visual categories in the human brain». *Nature Neurosci.* 3, 855-856.
- GUNTER, Ch. (2005): «The chimpanzee genome». *Nature Publ. Group*.

- HAGER, E. (2005): «Baby dolphin's don't sleep». Nature Sciencecentral.com.
- HARMER, C. J.; THILO, K. V.; ROTHWELL, J. C. y GOODWIN, G. M. (2001): «Transcranial magnetic stimulation of medial-frontal cortex impairs the processing of angry facial expressions». *Nature Neurosci.* 4, 17-18.
- HART, A.; WHALEN, P.; MCLNERNEY, S.; FISCHER, H. y RAUCH, S. (2000): «Differential response in the human amygdala to racial outgroup versus ingroup face stimuli». *Neuroreport* 11, 2351-2355.
- HAUSER, M. D. (2000): *Wild Minds: What animals really think?* Henry Holt, Nueva York.
- y KRALIK, J. (1997): «Life beyond the mirror: a reply to Anderson and Gallup». *Anim. Behav.* 54, 1568-1571.
- HECKER, B. (2007): «How do whales and dolphins sleep without drowning?», *Scientific American*. Online 20, 11.
- HERRMANN, E.; CALL, J.; HERNANDEZ-LLOREDA, M. V.; HARE, B. y TOMASELLO, M. (2007): «Humans have evolved specialized skills of social cognition: the cultural intelligence hypothesis». *Science* 317, 1360-1366.
- HICKOK, G. y POEPEL, D. (2007): «The cortical organization of speech processing». *Nature Neurosc. Rev.* 8, 393-402.
- HILL, R. S. y WALSH, Ch. A. (2005): «Molecular insights into human brain evolution». *Nature* 437, 64-67.
- HOBSON, J. A. (2005): «Sleep is of the brain, by the brain and for the brain». *Nature* 437, 1254-1256.
- HSEE, C. K. y HASTIE, R. (2006): «Decision and experience: why don't we choose what make us happy?», *Trends in Cognitive Sciences* 10, 31-359.
- HUME, D. (1992): *Tratado de la naturaleza humana*. Tecnos, Madrid.
- IACOBONI, M. y DAPRETTO, M. (2006): «The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction», *Nature Neurosc. Rev.* 7, 942-951.
- JERISON, H. J. (1973): *Evolution of the Brain and Intelligence*. Academic Press, Nueva York.
- (1976): «Paleoneurology and the Evolution of Mind». *Scient. Am.* 234, 90-101.
- JOHNSON, M. H. (2005): «Subcortical face processing». *Nature Neurosc. Rev.* 6, 766-774.
- JOHNSON, S. C.; BAXTER, L. C.; WILDER, L. S.; PIPE, J. G.; HEISERMAN, J. E. y PRIGATANO, G. P. (2002): «Neural correlates of self-reflection». *Brain*, 125, 1808-1814.
- KANDEL, E. R. (1967): «Cellular studies of learning». En G. C. Quarton *et al.* (eds.), *The Neuroscience*. Rockefeller Univ. Press, Nueva York, pp. 666-689.
- (2007): *En busca de la memoria*. Katz Editores.
- KANWISHER, N. (2006): «What's in a face?», *Science* 311, 617-618.
- KEENAN, J. P.; FALK, D.; GALLUP, G. G. Jr. (2003): *The Face in the Mirror: The search for the origins of consciousness*. Harper Collins Publishers, Nueva York.
- ; NELSON, A.; O'CONNOR, M.; PASCUAL-LEONE, A. (2001): «Self-recognition and the

- right hemisphere». *Nature* 409, 305.
- KIRCHER, T. y DAVID, A. S. (2003): «Self consciousness: An integrative approach from philosophy, psychopathology and the neurosciences». En T. Kircher, A.S. David (eds.), *The Self in Neuroscience and Psychiatry*. Cambridge, RU, Cambridge University Press.
- ; SENIOR, C.; BULLMORE, E.; BENSON, P. J.; SIMMONS, A.; BARTELS, M. y DAVID, A. S. (2000): «Towards a functional anatomy of self-processing: effects of faces and words». *Cognitive Brain Research* 10, 133-144.
- ; SENIOR, C.; BULLMORE, E.; BRAMMER, M.; BENSON, P. J.; SIMMONS, A.; BARTELS, M., y DAVID, A. S. (2001): «Recognizing one's own face». *Cognition* 78, B1-B15.
- KJAER, T. W.; NOWAK, M.; LOU, H. C. (2002): «Reflective self-awareness and conscious states: PET evidence for a common midline parietofrontal core». *NeuroImage*, 17, 1080-1086.
- KNOBLICH, G. (2002): «Self-recognition: body and action». *Trends in Cognitive Sciences* 6, 447-449.
- KOCH, Ch. y GREENFIELD, S. (2007): «How does consciousness happen?». *Scientific American Magazine*, 10, 76-83.
- KÖHLER, W. (1989): *Experimentos sobre la inteligencia de los chimpancés*. Debate, Madrid.
- (1927): *The mentality of apes*. Hartcourt, Brace and Company, Nueva York.
- KOLB, B. y WHISHAW, I. Q. (1986): *Fundamentos de Neuropsicología Humana*. Labor, Madrid-Barcelona.
- LABAR, K. S. y CABEZA, R. (2006): «Cognitive neuroscience of emocional memory». *Nature Neurosci. Rev.* 7, 54-64.
- LEDOUX, J. (1996): *The Emotional Brain*. Simon and Schuster, Nueva York.
- (1999): *El cerebro emocional*. Ariel, Barcelona.
- (2003): *The synaptic self*. Penguin Group (USA), Nueva York.
- ; DEBIEC, J. y MOSS, H. (eds.) (2003): «The self from soul to brain». *Ann. New York Acad. Sci.* 1001.
- LLINÁS, R. (2001): *I of the vortex*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- LOGOTHETIS, N. K.; PAULS, J. y POGGIO, T. (1995): «Shape representation in the inferior temporal cortex of monkeys». *Current Biology* 5, 552-563.
- LYAMIN, O.; PRYASLOVA, J.; LANCE, V. y SIEGEL, J. (2005): «Continuous activity in cetaceans alter birth». *Nature* 435, 1177.
- MAHOWALD, M. W. y SCHENCK, C. H. (2005): «Insights from studying human sleep disorders». *Nature* 437, 1279-1285.
- MATSUZAWA, T. (2003): «From chimpanzees to the human mind». *Science* 300, 2034-2035.
- McCABE, K.; HOUSER, D.; RYAN, L.; SMITH, V. y TROUARD, T. (2001): «A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange». *PNAS* 98, 11832-11835.
- McCONNELL, A. y LEIBOLD, J. (2001): «Relations among implicit association test,

- discriminatory behavior and explicit measures of racial attitudes». *J. Exp. Social Psychol.* 37, 435-442.
- McGINTY, D. y SZYMUSIAK, R. (1990): «Keeping cool: a hypothesis about the mechanisms and functions of slow-wave sleep». *TINS* 13, 480-487.
- MILLER, E. K. (2000): «The prefrontal cortex and cognitive control». *Nature Reviews Neuroscience* 1, 59-65.
- MITCHELL, R. W. (1993): «Mental models of mirror-self-recognition: Two theories». *New Ideas in Psychology* 11, 295-325.
- (1997): «Kinesthetic-visual matching and the self-concept as explanations of mirror-self-recognition». *Journal for the Theory of Social Behaviour* 27, 18-39.
- (2002): «Subjectivity and self-recognition in animals». En: M. R. Leary y J. P. Tangney (eds.), *Handbook of Self and Identity*. Guilford Press, Nueva York, pp. 567-595.
- MOLL, J.; DE OLIVEIRA-SOUZA, R.; BRAMETI, I. E. y GRAFMAN, J. (2002): «Functional Networks in emotional moral and non-moral social judgments», *Neuroimage* 16, 696-703.
- MORA, F. (ed.) (1995): *El problema cerebro-mente*. Alianza Editorial, Madrid.
- (ed.) (1996): *El cerebro íntimo*. Ariel, Barcelona.
- (ed.) (2000): *El cerebro sintiente*. Ariel, Barcelona.
- (2003): *El sueño de la inmortalidad*. Alianza Editorial, Madrid.
- (2004): *¿Enferman las mariposas del alma?* Alianza Editorial, Madrid.
- (ed.) (2004): *Esplendores y miserias del cerebro*. FSCH, Madrid.
- (2005): *Continuum, ¿cómo funciona el cerebro?* Alianza Editorial, Madrid.
- (2005): «Control y regulación de la temperatura corporal». En: J. A. F. Tresguerres (ed.), *Fisiología humana*, 3.^a ed., pp. 1066-1077.
- (2006): *Los laberintos del placer en el cerebro humano*. Alianza Editorial, Madrid.
- (2007): *Neurocultura*. Alianza Editorial, Madrid.
- (2008): *El reloj de la sabiduría*. Alianza Editorial, Madrid.
- y SANGUINETTI, A. M. (2004): *Diccionario de Neurociencia*. Alianza Editorial, Madrid.
- y — (2004): «Genes, medio ambiente y enfermedad». En: J. M. Segovia de Arana y F. Mora (eds.), *Ochoa y la medicina Clínica*, Farmaindustria Serie Científica, Madrid, pp. 15-22.
- MORIN, A. (1993): «Self-talk and self-awareness: On the nature of the relation». *The Journal of Mind and Behavior* 14, 223-234.
- (2002): «Right hemispheric self-awareness: A critical assessment». *Consciousness and Cognition* 11, 396-401.
- (2003): «Let's Face It. A review of The Face in the Mirror: The Search for the Origins of Consciousness». *Evolutionary Psychology* 1, 161-171.
- MORRIS, R. G. M. (1996): «Learning, memory and synaptic plasticity: cellular mechanisms, network architecture and the recording of attended experience». En: *The lifespan development of individual: Behavioural, Neurobiological and*

- Psychological perspectives*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 139-160.
- MUKHAMETOV, L. M. (2007): «Sleep in marine mammals». *Exp. Brain Res.* 8, 227-238.
- ; SUPIN, A. Y. y POLYAKOVA, J. G. (1977): «Interhemispheric asymmetry of the electroencephalographic sleep patterns in dolphins». *Brain Res.* 134, 581-584.
- NELSON, R. J. y TRAINOR, B. C. (2007): «Neural mechanisms of aggression». *Nature Neurosci. Rev.* 8, 536-647.
- NIELSEN, T. A. y STRENTSTROM, P. (2005): «What are the memory sources of dreaming?», *Nature* 437, 1286-1289.
- OLEKSENKO, A. I. (1992): «Unhemispheric sleep deprivation in bottlenose dolphins». *J. Sleep Res.* 1, 40-44.
- PADOA-SCHIOPPA, C. y ASSAD, J. A. (2006): «Neurons in the orbitofrontal cortex encode economic value». *Nature* 441, 223-226.
- PELEG, G.; KATZIR, G.; PELEG, O.; KAMARA, M.; BRODSKY, L.; HEL-OR, H.; KAREN, D. y NEVO, E. (2006): «Hereditary family signature of facial expression». *PNAS* 103, 15921-15926.
- PENNISI, E. (1999): «Chimps in the wild show stirrings of Culture». *Science* 284, 2070-2076.
- PILCHER, H. (2005): «What the chimp means to me». *Nature* 437, 20.
- PINKER, S. (1997): *How the mind Works*. Norton, Nueva York.
- PLOTNIK, J. M.; WAAL, F. B. M. y REISS, D. (2006): «Self-recognition in an Asian elephant». *PNAS* 103, 1073-1074.
- POPPER, K. R. y ECCLES, J. C. (1980): *El Yo y su cerebro*. Labor Universitaria, Barcelona.
- POVINELLI, D. (1998): «Animal self-awareness: a debate. Can animals empathize? Maybe not». *Scientific American* 67, 72-75.
- (1995): «The unduplicated self.» En P. Rochat (ed.), *The Self in Early Infancy*. Amsterdam, North-Holland-Elsevier, pp. 161-192.
- y VONK, J. (2003): «Chimpanzee minds: Suspiciously human?», *Trends in Cognitive Sciences* 7, 157-160.
- PROFILE, B. L. (2006): «Brain makes waves with claims of recent human evolution». *Science* 314, 1871.
- RAMNANI, N. y MIALL, Ch. (2004): «A system in the human brain for predicting the actions of others». *Nature Neurosci.* 7, 85-90.
- REISS, D. y MARINO, L. (2001): «Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: a case of cognitive convergence». *PNAS* 98, 5937-5942.
- RIDGWAY, S. H. (2006): «Dolphin continuous auditory vigilance for five days». *J. Exp. Biol.* 209, 3621-3628.
- (2002): «Asymmetry and Symmetry in Brain Waves from Dolphin Left and Right hemispheres: Some observations after Anaesthesia, during quiescent hanging behavior, and during visual obstruction». *Brain Behav. Evol.* 60, 265-274.
- RIZZOLATTI, G.; FOGASSI, L. y GALLESE, V. (2001): «Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action». *Nature Review Neurosci.* 2,

- 661-670.
- ; — y — (2006): «Mirror neurons, a special class of cells in the brain, may mediate our ability to mimic, learn and understand the actions of others». *Scientific American* 295, 30-37.
- ROBBINS, R. W. (2005): «The nature of personality: Genes, culture and national character». *Science* 310, 62-63.
- ROLLS, E. T. (2007): *Emotion explained*. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra.
- ROSS, J. A. (2002): «The self: from soul to brain». *J. Consciousness studies* 10, 67-85.
- ROWE, A. D.; BULLOCK, P. R.; POLKEY, Ch. E. y MORRIS, R. G. (2001): ««Theory of mind» impairments and their relationship to executive functioning following frontal lobe excisions». *Brain* 124, 600-616.
- SAPER, C. B.; SCAMMELL, T. E. y LU, J. (2005): «Hypothalamic regulation of sleep and circadian rhythms». *Nature* 437, 1257-1263.
- SAXE, R. y KANWISHER, N. (2003): «People thinking about thinking people. The role of the temporo-parietal junction in «theory of mind»». *NeuroImage* 19, 1835-1842.
- SCHWARTZ, D. y COLLINS, F. (2007): «Environmental biology and human disease». *Science* 316, 695-696.
- SCIENCE 296, 314-316.
- SEKIGUCHI, Y.; ARAI, K. y KOHSHIMA, S. (2006): «Sleep behaviour: sleep in continuously active dolphins». *Nature* 441, 9-10.
- SHULER, M. G. y BEAR, M. F. (2006): «Reward timing in the primary visual cortex». *Science* 311, 1606-1609.
- SIEGEL, J. M. (2008): «Do all animals sleep?», *Trends in Neuroscience* 31, 208-213.
- (2005): «Clues to the functions of mammalian sleep». *Nature* 437, 1264-1271.
- SILK, J. B. (2006): «Who are more helpful, humans or chimpanzees?», *Science* 311, 1248-1249.
- SIMON, H. A. (1990): «A mechanism for social selection and successful altruism». *Science* 250, 1665-1668.
- SINGER, T.; SEYMOUR, B.; O'DOHERTY, J. P.; STEPHAN, K. E.; DOLAN, R. J. y FRITH, Ch. D. (2006): «Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others». *Nature* 439, 466-469.
- SPERRY, R. W. (1983): *Science and moral priority. Merging mind, brain and human values*. Columbia University Press, Nueva York.
- STAFNE, G. M. y MANGER, P. R. (2004): «Predominance of clockwise swimming during rest in Southern Hemisphere dolphins». *Physiol. Behav.* 82, 919-926.
- STICKGOLD, R. (2005): «Sleep-dependent memory consolidation». *Nature* 437, 1272-1278.
- SUDDATH, R. L.; CHRISTON G. W.; FULLER TORREY, E.; CASANOVA, M. F. y WEINBERG D. R. (1990): «Anatomical abnormalities in the brains of monozygotic twins discordant for schizophrenia». *N. Engl. J. Med.* 322, 789-794.
- SWARTZ, K. B. (1997): «What is mirror self-recognition in nonhuman primates, and what is it not?». En: J. G. Snodgrass y R. L. Thompson (eds.), *The Self Across*

- Psychology: Self-recognition, self-awareness, and the self-concept*. New York Academy of Sciences, Nueva York, pp. 65-71.
- TODOROV, A.; MANDISODZA, A. N. y HALL, C. C. (2005): «Influences of Competence from faces predict election outcomes». *Science* 308, 1623-1626.
- TOMASELLO, M. (2000): *The cultural origins of Human Cognition*. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- ; CALL, J. y HARE, B. (2003): «Chimpanzees understand psychological states – the question is which ones and to what extent». *Trends Cognitive Sci.* 7, 153-156.
- TSAO, D. Y.; FREIWALD, W. A.; TOOTELL, R. B. H. y LIVINGSTONE, M. S. (2006): «A cortical region consisting entirely of face-selective cells». *Science* 311, 670-674.
- TURK, D. J.; HEATHERTON, T. F.; MACRAE, C. N.; KELLEY, W. M. y GAZZANIGA, M. S. (2003): «Out of Contact, Out of Mind: The Distributed Nature of the Self». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1001, 1-14.
- ; —; KELLEY, W. M.; FUNNELL, M. G.; GAZZANIGA, M. S. y MACREA, C. N. (2002): «Mike or me? Self-recognition in a split-brain patient». *Nature Neuroscience* 5, 841-842.
- WAAL, F. B. M. (1999): «Cultural primatology comes to age». *Nature* 399, 635-636.
- WARNEKEN, F. y TOMASELLO, M. (2006): «Altruistic helping in human infants and young chimpanzees». *Science* 311, 1301-1303.
- WEISS, R. (2006): «Elephants recognize own image in mirror, study says». *The Washington Post, Nation and World*, 31 de octubre.
- WHITEN, A.; GOODALL, J.; MCGREW, W. C.; NISHIDAS, T.; REYNOLDS, V.; SUGIYAMA, Y.; TUTIN, C.E.G.; WRANGHAN, R. W. y BOESCH, C. (1999): «Cultures in Chimpanzees». *Nature* 399, 682-685.
- WINSTON, J. S.; STRANGE, B. A.; O'DOHERTY, J. y DOLAN, R. J. (2002): «Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces». *Nature Neuroscience* 5, 277-283.
- WOOD, J. N. y GRAFMAN, J. (2003): «Human prefrontal cortex: Processing and representational perspectives». *Nature Neurosc. Rev.* 4, 139-147.
- WRIGHT, A. F.; CAROTHERS, A. D. y CAMPBELL, H. (2002): «The BioBank UK study». *The Pharmacogenomics Journal* 2, 75-82.
- WYNNE, C. D. L. (2001). «The soul of the ape». *American Scientist* 89, 120-122.
- YOON, J. H.; DÉSPÓSITO, M. D. y CARTER, C. S. (2006): «Preserved function of the fusiform face area in schizophrenia as revealed by fMRI». *Psychiatry Research Neuroimaging* 148, 205-216.
- ZIMMER, C. (2005): «The neurobiology of the self». *Scientific American* 293, 92-101.

Edición en formato digital: 2014

© Francisco Mora Teruel, 2008
© Alianza Editorial, S. A. Madrid, 2014
Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 15
28027 Madrid
alianzaeditorial@anaya.es

ISBN ebook: 978-84-206-8941-8

Está prohibida la reproducción total o parcial de este libro electrónico, su transmisión, su descarga, su descompilación, su tratamiento informático, su almacenamiento o introducción en cualquier sistema de repositorio y recuperación, en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, conocido o por inventar, sin el permiso expreso escrito de los titulares del Copyright.

Conversión a formato digital: calmagráfica

www.alianzaeditorial.es

Índice

Prólogo	4
1. ¿Sirve el sueño para enfriar el cerebro?	6
2. El enigma del sueño que mueve rápidamente los ojos	10
3. Entre hombres, conciencia y delfines	15
4. ¿Por qué están siempre despiertos los delfines?	19
5. Las muchas mentes de la cara humana	22
6. Los laberintos cerebrales de las caras	26
7. Los espejos del cerebro	29
8. El chimpancé que se miró por primera vez en un espejo	33
9. Mi cuerpo y yo	41
10. El yo es tiempo codificado	46
11. El yo clonado	52
12. Los otros	58
Glosario	62
Bibliografía	74
Créditos	82