

FRANCISCO J. RUBIA



¿Qué sabes de tu cerebro?

60 respuestas a 60 preguntas



Francisco J. Rubia

¿Qué sabes de tu cerebro?

60 respuestas a 60 preguntas

temas 'de hoy

El contenido de este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del editor.

Todos los derechos reservados.

Colección: Tanto por Saber

© Francisco J. Rubia, 2006

© Ediciones Temas de Hoy, S.A. (T.H.),

2006 Paseo de Recoletos, 4. 28001 Madrid

www.temasdehoy.es

Primera edición: enero de 2006

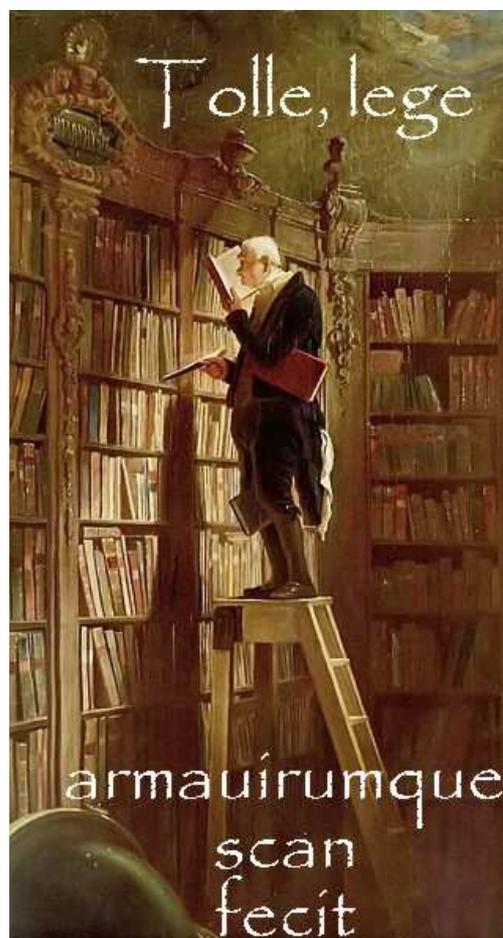
ISBN: 84-8460-505-1

Depósito legal: M. 49.530-2005

Compuesto en J. A. Diseño Editorial, S.L.

Impreso en Artes Gráficas Huertas, S.A

Printed in Spain



¿Qué sabes de tu cerebro?

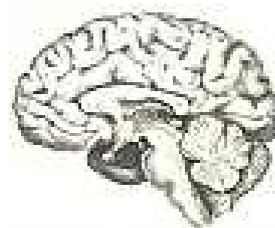
Francisco J. Rubia

Ediciones Temas de Hoy, S.A. (T. H.)

Colección: Tanto por Saber

Primera edición: enero de 2006

ISBN: 84-8460-505-1



¿Por qué soñamos?

¿Hay diferencias entre el cerebro del hombre y el de la mujer?

¿Tiene el cerebro un reloj interno?

¿Hay personas que huelen los colores?

¿Es verdad que usamos sólo un 10 por ciento de nuestra capacidad mental?

¿Son los zurdos más inteligentes que los diestros?

¿Qué es el sexto sentido?

¿Existe una inteligencia innata para la música?

Éstas son sólo algunas de las cuestiones que durante la historia de la humanidad han provocado innumerables teorías e investigaciones, algunas de ellas totalmente erróneas y otras cuya veracidad se ha demostrado posteriormente. Aunque todavía quede mucho por saber, en los últimos años la neurociencia ha experimentado grandes avances que nos ayudan a comprender cada vez más cómo se producen las distintas funciones y conexiones dentro de nuestra cabeza. Francisco J. Rubia, neurocientífico y especialista en la materia, desmonta algunos de los tópicos más comunes y nos ofrece la solución a 60 apasionantes preguntas sobre nuestro cerebro.



Francisco J. Rubia es catedrático de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid y también lo fue de la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, así como consejero científico de dicha Universidad. Estudió Medicina en las Universidades Complutense y Düsseldorf de Alemania. Ha sido subdirector del hospital Ramón y Cajal y director de su departamento de Investigación, vicerrector de Investigación de la Universidad Complutense de Madrid y director general de Investigación de la Comunidad de Madrid. Durante varios años fue miembro del Comité Ejecutivo del European Medical Research Council. Su especialidad es la Fisiología del Sistema Nervioso, campo en el que ha trabajado durante más de cuarenta años, y en el que tiene más de doscientas publicaciones. Es director del Instituto Pluridisciplinar de la

Universidad Complutense de Madrid, miembro numerario de la Real Academia Nacional de Medicina (sillón n.º 2) y vicepresidente de la Academia Europea de Ciencias y Artes, con sede en Salzburgo, así como de su delegación española. Es autor de los libros: *El cerebro nos engaña*, *La conexión divina*, *Percepción social de la ciencia* y *Manual de neurociencia*.

ÍNDICE*

Prólogo	11
Cuestiones básicas	15
1. ¿Qué es la inteligencia?	17
2. ¿Qué es la inteligencia emocional?	21
3. ¿Qué son las emociones?	24
4. ¿Qué sabemos hoy de la memoria?	28
5. ¿Cómo aprendemos?	32
6. ¿Qué son los reflejos condicionados?	36
7. ¿Por qué dormimos y por qué soñamos?	39
8. ¿Qué son los neurotransmisores?	43
9. ¿Qué es el sexto sentido?	46
Cerebro: evolución y estructura	49
10. ¿Por qué aparece el sistema nervioso en la evolución?	51
11. ¿Cuándo se formó nuestro cerebro actual?	55
12. ¿Es cierto que el cerebro humano es el más grande entre los cerebros de los animales?	58
13. ¿Es el cerebro el resultado final de una evolución hacia lo más complejo?	60
14. ¿Por qué tenemos mapas cerebrales?	63
15. ¿Están las funciones mentales localizadas en un lugar concreto del cerebro?	65
16. ¿Tienen los dos hemisferios cerebrales funciones diferentes?	67
17. ¿Hay diferencias entre el cerebro del hombre y el de la mujer?	69
18. ¿Tenemos dos cerebros en la cabeza?	72
Cerebro y entorno	75
19. ¿Es el mundo visual una ilusión?	77
20. ¿Cómo procesa el cerebro la información visual?	80
21. ¿Es cierto que los colores no existen en la Naturaleza?	85
22. ¿Cómo localizamos los sonidos en el espacio?	87
23. ¿Por qué olemos menos que, por ejemplo, los perros?	89
24. ¿Podríamos vivir sin dolor?	91
25. ¿Existen en el cerebro «neuronas de la abuela», que sólo responden a una cara determinada?	95
26. ¿Refleja fielmente nuestro cerebro la realidad exterior?	98
27. ¿Puede el entorno modificar las estructuras cerebrales?	105
28. ¿Sólo el hombre es capaz de crear cultura?	107
Cerebro y funciones mentales	109
29. ¿Es cierto que existen en el cerebro «centros de placer»?	111
30. ¿Es cierto que el cerebro tiene un reloj interno?	115
31. ¿Es innata nuestra capacidad lingüística?	119
32. ¿Existe una inteligencia innata para la música?	124
33. ¿Cómo y dónde surge la consciencia?	130
34. ¿Cuáles son las funciones de la corteza prefrontal?	137

* La paginación corresponde al libro original [Nota del escaneador].

Cerebro y cuerpo	141
35. ¿Qué influencia tienen las hormonas en la determinación del sexo y del cerebro?	143
36. ¿Qué es un «miembro fantasma»?	149
37. ¿Qué es el «esquema corporal»?	151
38. ¿Cómo realizamos nuestros movimientos?	154
39. ¿Son capaces las células nerviosas de multiplicarse?	158
Cerebro-psyque	163
40. ¿Qué sabemos de la relación cerebro-psyque?	165
41. ¿Tienen consciencia los animales?	169
42. ¿Cuándo se desarrolla el sentido del «yo»?	172
43. ¿Es la moral una facultad exclusivamente humana?	176
44. ¿Somos realmente libres?	180
Cerebro y clínica	185
45. ¿Qué es la «visión ciega»?	187
46. ¿Cuáles son las técnicas modernas de imagen cerebral?	189
47. ¿Qué nos aportan los resultados de lesiones cerebrales?	191
48. ¿Son las enfermedades mentales el resultado de trastornos neuroquímicos?	193
49. ¿Hay pacientes que no «ven» la mitad de su campo visual?	197
50. ¿Es posible que haya pacientes que no reconozcan la mitad de su cuerpo como suyo?	199
51. ¿Es cierto que hay personas que huelen los colores?	202
52. ¿Qué es el autismo?	206
53. ¿Qué es la esquizofrenia?	210
54. ¿Por qué algunos niños son hiperactivos?	214
55. ¿Qué es el estrés postraumático?	217
56. ¿Cómo es posible el fenómeno de la personalidad múltiple?	219
Cerebro y tópicos	223
57. ¿Es cierto que sólo usamos un 10 por ciento de nuestra capacidad mental?	225
58. ¿Es el consumo de droga un comportamiento anormal en el ser humano?	228
59. ¿Es verdad que los zurdos son más inteligentes que los diestros?	231
60. ¿Es la agresividad innata?	235
Glosario.....	239

PRÓLOGO

Es cierto que, en las últimas décadas, las neurociencias han avanzado notablemente. Pero también lo es que aún no se ha dado un paso gigantesco o, como diría Thomas Kuhn, un cambio de paradigma parecido al que significó, por ejemplo, *El origen de las especies* de Darwin en el siglo XIX para la biología.

Ahora bien, presentimos que este paso fundamental se está acercando y cuando llegue lo hará cambiando por completo la visión que tenemos del mundo y, sobre todo, de nosotros mismos.

Temas que hasta hace muy poco han sido objeto de otras disciplinas, como la consciencia, la voluntad, el yo, etc., están ahora en manos de especialistas en neurociencias y también en otras disciplinas, y los avances que se consigan en este terreno con ese trabajo multidisciplinar van a ser espectaculares pero, como he dicho, sobre todo porque van a descubrir que opiniones que teníamos de nosotros, de los demás y del resto del mundo son equivocadas.

Ante esta situación es importante que los conocimientos que hoy tenemos sean compartidos por el mayor número posible de personas. De esta manera se puede preparar el terreno para que el sobresalto ante los nuevos descubrimientos no sea tan grande y no se genere un rechazo que haga retrasar el avance científico. Espero que este libro contribuya a ello.

Que el conocimiento de las funciones mentales superiores del ser humano esté aún en mantillas es debido, muy probablemente, al hecho de que somos «dualistas *naif*», como algunos autores han dicho, es decir, que, estemos o no de acuerdo con Descartes en la separación de mente y cuerpo como dos entidades distintas, solemos partir de ella porque consideramos que el cerebro es un instrumento de una entidad a la que podemos llamar alma, mente, psique o simplemente «yo», pero que está al margen del funcionamiento del propio cerebro físico. Estoy convencido de que esta suposición de entrada ha contribuido al retraso en el estudio de las funciones mentales más humanas que antes mencioné.

Seguimos creyendo, aunque no lo confesemos, que es muy difícil entender cómo el pensamiento puede surgir de la actividad electroquímica de las células nerviosas, por lo que de ahí a diferenciar la mente del cerebro no hay más que un paso. Pero a esto hay que añadir nuestra tradición dualista cristiana, en la que el alma espiritual es la que gobierna el cerebro material, lo que ha supuesto toda una serie de obstáculos para haber acometido la tarea de estudiar científicamente esas funciones.

Y, sin embargo, también sabemos que la misma ingesta de alcohol demuestra que las funciones mentales no son ajenas a los efectos que esta droga tiene sobre el organismo humano, por no hablar de la cantidad de fármacos que ya tenemos a disposición para tener una influencia sobre esas funciones mentales. ¿Es que esas sustancias saltan la barrera que separa el cerebro físico del «alma», del «yo» o de «la mente»?

Afortunadamente, la situación está cambiando rápidamente. Temas como la consciencia, la comprensión de los demás, la supuesta libre voluntad, el propio concepto del «yo», y muchos otros, están siendo analizados desde las neurociencias y muy pronto obtendremos resultados (ya están comenzando a surgir), e irá afianzándose la convicción de que todas esas funciones son producto de la actividad cerebral, aunque aún no sepamos cómo.

Es curioso que no nos llame la atención que la digestión, por ejemplo, sea el resultado de la actividad del aparato digestivo, aunque nadie ha visto jamás «la digestión» como tal, y, sin embargo, ponemos en entredicho que los pensamientos o la mente sean el fruto de la actividad cerebral.

Sé muy bien que esta postura de identificar las funciones mentales como producto de la actividad cerebral es tachada peyorativamente de «reduccionismo», como si la ciencia no lo fuese por su

propia naturaleza. O ¿no es cierto que la investigación siempre se reduce a un campo determinado, lo más simple posible, para poder estudiarlo en profundidad?

También se argumenta que esa postura es «materialista». Los que afirman esto no sólo parten del dualismo, sino que acusan al otro de ser «dualista cojo», o sea, que en el planteamiento dualista de mente-cerebro se queda sólo con una parte: el cerebro. Se está comenzando a saber que la espiritualidad puede ser también el resultado de una parte del cerebro, por lo que la distinción entre espíritu y materia desaparece, al ser ambos un producto cerebral.

Aunque estemos aún muy lejos de comprender el funcionamiento de un órgano como el cerebro, con miles de millones de elementos y con un número de conexiones entre ellos incluso muy superior, lo que sabemos debería ser conocido ampliamente para que sirva de preparación a lo que se avecina, como antes dije. Éste es el principal motivo de haber reunido algunas de las preguntas que todos nos hacemos sobre el cerebro y sus funciones.

El libro no pretende responder de forma exhaustiva a todas las preguntas posibles, porque no sólo sería difícil, sino que superaría con mucho su tamaño actual. Pero sería suficiente si estimulase la curiosidad del lector y le condujese a interesarse más por estos temas, consultando otros libros que ampliasen sus conocimientos. Con esto, el autor se sentiría plenamente satisfecho.

Aunque sabemos que la postura dualista ha impedido durante siglos que dediquemos nuestros esfuerzos al estudio de las funciones mentales, tampoco es motivo para intentar suprimir esa forma de ver el mundo. Sería absurdo: el autor está convencido de que la visión dualista del mundo parte de alguna estructura cerebral, lo que explicaría que el dualismo aparezca en casi todas las mitologías, religiones, filosofías e ideologías. Sólo hay que pensar en la división entre el «yo» y el mundo que todos hacemos, aunque sabemos perfectamente que ese «yo» forma parte del mundo. Aún no podemos localizar esa función cerebral que nos permite la división de nuestro entorno y nuestros pensamientos en antinomias, como tampoco sabemos qué función tiene, pero son muchos los argumentos que indican que existe un «operador binario», como dijo Eugene d'Aquili, y que ese operador binario está en la base de nuestro pensamiento consciente.

Cierto es que podemos también tener una visión holística de la realidad, pero sospechamos que nuestra capacidad lógico-analítica, que ha permitido el desarrollo de la lógica, la matemática y la ciencia en general, tiene una base dualista, mientras que la visión holística queda reducida a determinados, y así llamados, estados alterados de consciencia.

Mucho nos queda por recorrer en este tema de las funciones cerebrales, pero lo que hoy sabemos debe estar al alcance de todos aquellos que ya sospechan la importancia de los resultados que, cada vez en mayor cuantía, se van obteniendo.

Cuestiones básicas



1. ¿Qué es la inteligencia?

Existe una definición un poco cínica que dice que la inteligencia es aquello que miden los test de inteligencia. Esta definición se ha propuesto irónicamente para dar a entender, primero, que la inteligencia es un concepto difícil de definir y, segundo, para ridiculizar un poco los test que presumiblemente la miden. Precisamente por esos test se puede deducir que la inteligencia es una especie de cajón de sastre que alude a múltiples funciones cognitivas.

Se la ha relacionado con la rapidez en el aprendizaje porque, en nuestro lenguaje común, de una persona que aprende rápidamente se dice que es inteligente. Los conductistas dicen que la inteligencia es la respuesta adecuada a un estímulo. Pero se puede responder adecuadamente a un estímulo sin ser inteligente. Otros autores han considerado que la inteligencia capacita al que la tiene para salir airoso de una situación nueva o poco familiar, capacidad que estaría basada en la captación mental directa de significaciones y relaciones, sin necesidad de un aprendizaje ni de muchas pruebas.

Howard Gardner, psicólogo de Harvard, nos habla de múltiples inteligencias, a saber: la lógico-matemática, la espacial, la lingüística, la musical, la corporal, la interpersonal y la intrapersonal: es decir, apela a determinadas funciones del cerebro que están sustentadas en diferentes lugares de la corteza cerebral. Es probable que se puedan añadir algunas más dependiendo de la función que realice el cerebro, pero de esta manera se evita dar una definición global. Más que inteligencia, de esta manera se está hablando de facultades mentales o «ingenios», como decía el español Juan Huarte de San Juan en el siglo XVI.

Otros autores suponen que la inteligencia está formada por un conjunto de facultades como la atención, la capacidad de observación, la memoria, las habilidades sociales y muchas otras, con lo que se aproxima esta opinión a la ya expresada de Gardner. También se define como la capacidad de asimilar, guardar, elaborar información y utilizarla para resolver problemas, cosa que también son capaces de hacer los animales e incluso los ordenadores. En realidad, esta definición está simplemente describiendo lo que el cerebro humano y no humano realiza normalmente. Según este criterio, podría decirse que inteligente es aquel que plantea y resuelve los problemas mejor que la media de la población.

El filósofo José Antonio Marina habla de inteligencia creadora como la capacidad de dar una solución nueva y aceptable a un problema sin solución fija. Aquí se mezclan dos conceptos: el de inteligencia y el de creatividad, otro concepto difícil de definir aunque todos sepamos a qué se refiere.

Daniel Goleman habla de inteligencia emocional, que sería la capacidad de reconocer nuestros propios sentimientos y el de las personas con las que nos relacionamos. Aquí se alude también a una función cerebral, probablemente innata, que es lo que se llama «teoría de la mente», o sea, la capacidad que hace que adivinemos las intenciones de otros, lo cual sin duda ha sido importante

para la supervivencia, pero que le falta al autista, por lo que estos enfermos muy probablemente sucumbieron en el pasado cuando aún éramos cazadores recolectores.

Douglas Hofstatter, autor del libro *Godel, Escher, Bach, un eterno y grácil bucle*, dice que inteligencia es la capacidad de o sintetizar nuevos conceptos sobre la base de conceptos viejos que se toman y se reacomodan de nuevas maneras». Falta saber qué quiere decir con «sintetizar».

También se ha definido la inteligencia como la capacidad de adaptaci3n a circunstancias cambiantes e imprevisibles. Sin embargo, conocemos a muchas personas inteligentes y creadoras que están mucho menos adaptadas a su entorno que la inmensa mayoría del resto de la poblaci3n. No estoy muy seguro de que estas personas hubiesen podido sobrevivir en circunstancias muy adversas.

El psiquiatra Albert Rothenberg acun3 en 1976 el término «pensamiento janico» para designar aquel pensamiento que era capaz de referirse a conceptos contradictorios al mismo tiempo, es decir, concibiendo dos ideas opuestas como ciertas. El adjetivo «janico» hace referencia al dios romano Jano, que se caracterizaba por tener dos caras cada una de ellas mirando en direcci3n opuesta a la otra. Éste sera el pensamiento utilizado por Einstein y la causa de su creatividad. Rothenberg analiz3, para llegar a esas conclusiones, el pensamiento de cincuenta y cuatro premios Nobel. Este proceso de pensamiento se ha encontrado operativo en el arte, las ciencias y muchos otros campos. El pensamiento parad3jico es atribuido al pensamiento oriental, como en el taosimo.

También se habla mucho de inteligencia artificial, que es una manera de aplicar un concepto a los ordenadores, sin saber claramente en qué consiste ese concepto. La inteligencia artificial es la manera de lograr que una máquina haga lo que hasta ahora hacían mucho mejor los seres humanos. Y desde luego en cálculo, en memoria y en el manejo de cantidades inmensas de informaci3n, las máquinas hace tiempo que superaron al cerebro humano. Otra cosa es imitarlo en todo; de eso estamos aún muy lejos, si alguna vez conseguimos igualarlo.

En cualquier caso, podemos entender la inteligencia como la capacidad de relacionar conceptos o ideas dispares. Esto la relaciona con la memoria, pero son cosas diferentes. Existen muchas personas con una memoria fabulosa que no se caracterizan, sin embargo, por ser extraordinariamente inteligentes. Lo contrario también es cierto. La memoria es, sin duda, una ayuda importante, pero se debe tener una inteligencia para poder relacionar las ideas y los conceptos dispares. Un ordenador tiene una memoria superior al ser humano, pero no es una máquina inteligente en el sentido humano. Ideal, por tanto, es poseer una gran inteligencia unida a una gran memoria, como fue el caso de Pico della Mirandola en el siglo XV.

En resumen, podemos decir que la inteligencia es como un caj3n de sastre que puede referirse a numerosas facultades o capacidades del cerebro humano, pero que, desde el punto de vista neurofisiol3gico, es un término que pertenece más al lenguaje común que al lenguaje de esta rama de la ciencia.

2. ¿Qué es la inteligencia emocional?

La *inteligencia emocional* es el título de un libro publicado por Daniel Goleman que se convirtió en un bestseller en Estados Unidos y que también fue muy leído en el resto del mundo. La tesis parte de que existen personas que son muy capaces intelectualmente hablando, pero que emocionalmente son un auténtico desastre y sufren problemas de relación con otras personas o de otro tipo, siempre con respecto al control de las emociones.

Es sabido que la neurofisiología siempre ha preferido estudiar temas más fáciles y accesibles, como son el funcionamiento de la corteza cerebral o de los órganos de los sentidos. Pero existe todo un sistema más antiguo filogenéticamente hablando al que llamamos sistema límbico y que es responsable de nuestros afectos y emociones. Este sistema es también el que se encarga de las respuestas rápidas en situaciones de estrés, en donde es necesaria la protección del organismo y su supervivencia. Mucho peor estudiado ha sido el tema de algunas monografías recientes, como *El cerebro emocional*, de Joseph Ledoux.

El sistema límbico agrupa una serie de estructuras que están en relación, como hemos dicho, con emociones y afectos, pero también con la memoria y su almacenamiento, de manera que la decisión de qué se almacena en la memoria depende de este sistema. De ahí que los contenidos de la memoria que tienen una alta carga emocional se graben en la memoria con mayor intensidad que los que no la tienen. Somos capaces de recordar sucesos con alta carga emocional que sólo se produjeron una sola vez en la vida y, sin embargo, tenemos que repetir una y otra vez contenidos que queremos aprender pero que son áridos y sin ninguna relación con nuestro mundo emocional. Una de las estructuras del sistema límbico es el hipocampo, que está en relación con la memoria espacial y la transcripción de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo. Recientemente se ha comprobado con técnicas modernas de imagen cerebral que los taxistas londinenses tienen un hipocampo mayor que el ciudadano normal, muy probablemente por el ejercicio de orientación espacial que tienen que hacer a diario. Esta capacidad del organismo ha sido muy útil para saber dónde se encuentran los alimentos que han sido escondidos, para la localización de predadores o compañeros sexuales, o el lugar donde se encuentran las fuentes de alimentación.

Muy conocido en neurología es el caso de un paciente en Estados Unidos que fue operado para extraerle focos epilépticos con la extirpación de ambos hipocampos. El paciente, que ha pasado a la historia con sus iniciales H. M., ya no podía almacenar nada de lo que vivía durante el día. Al cabo de una hora aproximadamente todo desaparecía de su memoria. Lloraba siempre que le decían que un tío suyo muy querido había muerto, porque no recordaba que se lo hubieran dicho anteriormente.

Otra estructura límbica importante es la amígdala que le da a todo lo que vivimos un tinte emocional; aparte de esa función, también detecta las señales de peligro potencial para el organismo y desencadena respuestas del organismo que sirven para su protección.

En el sistema límbico se encuentran asimismo estructuras que son la base del placer y del displacer, sistemas importantes en nuestra vida cotidiana. Curiosamente, las estructuras cuya activación producen satisfacción, placer o gratificación son más numerosas que las que producen sensaciones desagradables. Es posible que esto explique por qué olvidamos con mayor facilidad las experiencias desagradables y conservamos la memoria de las agradables, que hacen que tengamos una actitud positiva ante la vida.

En cualquier caso, la definición de inteligencia emocional es muy difícil; en primer lugar, porque no sabemos todavía qué es la inteligencia, y sobre todo, si estamos hablando de una sola cosa. Y en segundo lugar, porque los intentos que el ser humano ha hecho a lo largo de la historia por controlar sus emociones no han dado resultado. Todo el sistema emocional trabaja de manera inconsciente y

sólo una pequeña parte se nos hace manifiesta. Los partidarios de esta nueva moda afirman que podemos, si nos esforzamos, controlar nuestras emociones, pero los resultados están aún por ver.

Desde el punto de vista de la neurofisiología, es importante que se haga hincapié en el hecho de que hasta ahora el sistema emocional ha sido tratado de manera despectiva o, al menos, no con la importancia que realmente tiene. El neurólogo norteamericano de origen portugués Antonio Damasio ha puesto énfasis en el hecho de que muchos de sus enfermos, cuando tienen lesiones en el sistema límbico, también se ven afectados en sus funciones mentales más elevadas. Esto no es de extrañar, ya que, desde el punto de vista evolutivo, la corteza cerebral no ha surgido de la nada, sino que se ha desarrollado a partir de estructuras cerebrales más antiguas, como lo son las que componen el sistema límbico.

3. ¿Qué son las emociones?

Son una respuesta evaluadora del organismo que supone una combinación de alerta fisiológica, que incluye la activación del sistema nervioso autónomo o vegetativo, una experiencia subjetiva, como amor, odio, ira, etc., y una expresión conductual o emocional, como las expresiones faciales que indican una emoción determinada.

La teoría periférica de las emociones, conocida como teoría de James-Lange (William James fue el padre de la psicología norteamericana y Carl Lange fue un fisiólogo danés), nos dice que la emoción se produce como consecuencia de los cambios que tienen lugar en el organismo, es decir, si existe un peligro, el ser humano puede huir corriendo y esto produciría la emoción de miedo. Con otras palabras, tenemos miedo porque corremos y no corremos porque tenemos miedo. La teoría alternativa es la teoría de Cannon-Bard, que dice que los estímulos que provocan emociones lo hacen simultáneamente con la inducción de cambios en el organismo.

Hoy día existe unanimidad en considerar que las emociones son vitales para nuestra actividad racional y que la falta de emocionalidad es tan nociva para la razón como su exceso. A esta conclusión se podía haber llegado simplemente observando que la corteza cerebral, sede de nuestras llamadas funciones superiores, entre las que se encuentra la razón, se desarrolló a partir de estructuras subcorticales que pertenecen a lo que se ha llamado «sistema límbico», o sistema de emociones y afectos. El hecho es que cuando un paciente tiene lesiones cerebrales que afectan a la emocionalidad de forma que resulte en un exceso o una falta, este hecho puede impedir la conducta racional. Por tanto, se ha pensado que las emociones pueden ser algo así como el cemento que une los diversos módulos mentales o los indicadores del contenido de la consciencia que es importante en un momento particular.

Las emociones son señales importantes para los congéneres. Expresan los estados de ánimo del individuo y, por tanto, son extraordinariamente relevantes para informar al otro sobre la situación anímica del compañero. Se trata, pues, de mensajes que cualquier mamífero, que dispone de un sistema límbico, es capaz de interpretar y que son utilísimos para la convivencia en sociedad. Es un lenguaje no verbal que compartimos con todos los mamíferos y que hace posible que nos entendamos con ellos, no con el lenguaje hablado, que sólo nosotros poseemos, pero sí con ese lenguaje ancestral que utilizan todos los mamíferos que nos han precedido en la evolución.

Las diversas emociones, como la ira, la rabia, los celos, el amor, el odio, y un largo etcétera, son adaptaciones que han servido para la convivencia y la vida social de los mamíferos.

Toda nuestra vida está basada en estas emociones y afectos y el organismo confía mucho más en ellos que en las elucubraciones de nuestra capacidad intelectual. En momentos de peligro o en situaciones de emergencia, el organismo confía en las respuestas emocionales, inconscientes, que protegen mucho mejor al organismo y son además más rápidas que cualquier otro pensamiento consciente y racional.

Si es cierto, como tantas veces se ha pensado, que nuestra capacidad racional está ahí para controlar nuestras emociones, entonces parece claro que no lo ha conseguido del todo, ya que la historia de la humanidad es una historia en donde las pasiones han tenido mucha más importancia que los raciocinios y la lógica. Una de las conclusiones a las que llegó el escritor húngaro Arthur Koestler fue que la humanidad es una especie de extravío en la evolución, porque ha desarrollado una corteza muy superior a las necesidades del cerebro de las emociones o cerebro límbico. Koestler habla de un rasgo paranoide en el ser humano que sería responsable de nuestra sangrienta y cruel historia. La guerra permanente de unos contra otros sería una característica fundamental de nuestra especie. Otro síntoma sería también la separación entre razón e instinto, que se expresa en el crecimiento de la ciencia y la tecnología y en el estancamiento de la moral. La causa estaría en el

conflicto entre lo que algunos llaman el «cerebro frío», cortical, y, por otro lado, el «cerebro caliente», el sistema límbico de instintos, pasiones, emociones y afectos. La tremenda explosión del tamaño del cerebro en la segunda mitad del Pleistoceno, hace aproximadamente 500.000 años, hizo que ambos cerebros no se coordinasen adecuadamente. MacLean llamó a este fenómeno «esquizofisiología», es decir, la dicotomía en la forma de funcionar de ambas partes del cerebro.

En la regulación de las emociones juegan los neurotransmisores un papel fundamental. Se sabe que niveles bajos de serotonina están asociados con ansiedad, tanto en humanos como en otros animales. Y la dopamina actúa como un activador central; si se destruyen sus terminales, los animales pierden el deseo, la motivación, la adaptabilidad y la conducta exploratoria. Se ha sugerido que el papel de la dopamina no es tanto la producción de placer, como algunos experimentos con estimulación eléctrica de zonas ricas en dopamina habían supuesto, como una llamada de atención sobre aquellos sucesos que pueden producir recompensa, de forma que el animal aprenda a reconocerlos.

En el cerebro existe un sistema de fibras que discurre desde el cerebro medio hasta el sistema límbico y que se denomina sistema mesolímbico; sus neuronas contienen dopamina y se activa cuando, por ejemplo, un drogadicto está en la fase de carencia de cocaína. Este sistema conecta la corteza orbitofrontal, en el lóbulo frontal, con la amígdala y el núcleo accumbens, dos estructuras importantes del sistema límbico. La estimulación eléctrica del núcleo accumbens, por ejemplo, hace que las ratas se autoestimulen hasta la muerte porque ni comen ni beben, obsesionadas con apretar la palanca en su jaula que les procura esa estimulación eléctrica.

En el cerebro existen otras sustancias químicas importantes en la regulación de las emociones, como son los llamados péptidos opiáceos, sustancias como las encefalinas, las endorfinas y las dinorfinas, componentes parecidos a la morfina, pero producidos por el propio organismo. Juegan un papel complejo en la regulación de los lazos sociales y en el trastorno causado por el aislamiento social. Las endorfinas se producen en abundancia en situaciones de estrés y tienen un efecto analgésico. Son las responsables de que en esfuerzos extenuantes no se sienta dolor, que impediría la realización de ese esfuerzo, como ocurre en atletas de alto rendimiento.

4. ¿Qué sabemos hoy de la memoria?

La memoria es una forma de plasticidad, ya que los estímulos medioambientales pueden grabarse de forma más o menos indeleble en el sistema nervioso de personas adultas. Por tanto, puede decirse que la plasticidad existe también en el adulto y no sólo en organismos en desarrollo, si nos referimos a la memoria.

Si reflexionamos un poco, en seguida nos damos cuenta de que tienen que existir varios tipos de memoria. Hay una memoria operativa, que es la que nos permite recordar un número de teléfono hasta que lo marcamos, es decir, una memoria a muy corto plazo.

Es interesante subrayar que no responde al azar ni a la magia el hecho de que la mayoría de los números de teléfono tengan siete dígitos; en la memoria operativa podemos retener precisamente un número de siete unidades discretas de información. Para esta memoria operativa parece que el lóbulo frontal, o mejor la corteza prefrontal, es la región cerebral más implicada.

Como todos sabemos, existe asimismo una memoria a largo plazo que suele dividirse en memoria de procedimiento y memoria episódica. La memoria de procedimiento nos permite recordar los componentes de patrones de acción aprendidos. Sirve, pues, para almacenar los principios generales de una acción e ignora los detalles que acompañan a una situación específica. Por el contrario, la memoria episódica es la que se refiere a la capacidad de recordar lugares, hechos, números o circunstancias específicos. Esta diferencia entre los dos tipos de memoria implica que sus contenidos se almacenan también en lugares diferentes del cerebro. Por eso es posible perder la memoria episódica y conservar la memoria de procedimiento, como ocurrió en el caso del paciente conocido por las iniciales H. M. ya estudiado. Es la razón también por la que algunos amnésicos pueden aprender nuevas habilidades motoras (memoria de procedimiento), pero no saber que la han aprendido (falta de memoria episódica).

Hoy se entiende que existen al menos seis tipos de memoria diferentes:

—La memoria episódica, que algunas veces es denominada memoria explícita y que almacena hechos y sucesos, asociada al lóbulo temporal y especialmente al hipocampo.

—La memoria operativa, que hemos ya asociado con la corteza prefrontal.

—Lo que en inglés se denomina «priming», que relaciona las representaciones perceptivas ligadas a la corteza de los lóbulos occipital, temporal y frontal. Se trata de un cambio en la capacidad de identificar o producir algo como resultado de un previo contacto de ese algo. Un ejemplo de esto sería la presentación de una palabra o figura de forma subliminal, sin que el sujeto sea consciente de ello, y luego constatar que cuando al sujeto se le pide que diga alguna palabra o figura que se le venga a la mente, utiliza precisamente la que le fue presentada con anterioridad.

—El aprendizaje de habilidades motoras, que está ligado al estriado.

—El condicionamiento clásico, que hace que aprendamos relaciones entre los estímulos perceptivos y las respuestas motoras, que suele asociarse al cerebelo.

— El condicionamiento emocional, que relaciona los estímulos perceptivos con las respuestas emocionales, algo que se suele asociar a la integridad de la amígdala.

Algunos autores utilizan el término *memoria semántica* para el recuerdo de hechos, como por ejemplo la localización de ciudades.

Hay estudios que implican el hipocampo en la transferencia de información de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, ya que las lesiones de esta estructura hacen imposible esta transferencia, aunque se conserva la memoria operativa y la memoria de procedimiento. De la misma manera, las lesiones de la amígdala se acompañan de la imposibilidad de establecer

condicionamientos emocionales.

En el proceso del recuerdo se ha podido observar con modernas técnicas de imagen cerebral que se activa la corteza prefrontal derecha, por lo que se ha concluido, también por el resultado de lesiones en esas regiones, que el proceso del recuerdo está bajo el control ejecutivo de la corteza prefrontal.

El hipocampo es la estructura que es capaz de convertir la memoria a corto plazo en memoria a largo plazo que se almacenaría en las diferentes regiones de la corteza de acuerdo con la modalidad correspondiente, es decir, en la corteza visual las imágenes visuales, en la auditiva los sonidos, etcétera.

Algunos estudios realizados con modernas técnicas de imagen han mostrado que en el hemisferio izquierdo existen regiones diferentes para el proceso de palabras que se refieren a cosas distintas, como animales, personas o instrumentos. Se han registrado unas quince o veinte categorías diferentes, como resultado de estudios basados en lesiones a lo largo de la corteza occipital y temporal. Entre las categorías están las plantas, los animales, las partes del cuerpo, los colores, los números, las letras, los nombres comunes, los verbos, los nombres propios, las caras, las expresiones faciales, y las categorías referentes a alimentos como frutas y vegetales.

Así, existen pacientes que son capaces de nombrar seres vivientes y objetos, pero no animales.

En el caso de la memoria de procedimiento, también llamada implícita o no declarativa, está claro que se trata de un caso de plasticidad cerebral por el que es posible fijar en la memoria complicadas secuencias motoras que permiten la adquisición de nuevos hábitos o habilidades.

5. ¿Cómo aprendemos?

Se suele definir el aprendizaje como un cambio relativamente permanente de la conducta de un organismo como resultado de la experiencia. Los fenómenos básicos del aprendizaje tienen lugar a nivel de la sinapsis, por lo que cualquier tipo de sistema nervioso es capaz de aprender. Por eso en animales unicelulares que no tienen sinapsis no se ha demostrado ningún tipo de aprendizaje.

Un conocido tipo simple de aprendizaje es la habituación definida como aquel fenómeno por el que aprendemos a no reaccionar a un estímulo determinado y repetitivo. Es el caso, por ejemplo, del molinero que ya no oye el ruido que hace la rueda del molino. Este fenómeno de la habituación se da tanto en animales con un sistema nervioso simple-como en los primates.

Existe un tipo de aprendizaje descrito por el etólogo alemán Konrad Lorenz y conocido como *imprinting* en inglés, *prägung* en alemán e *impronta* en castellano, que consiste en que en algunas aves la exposición durante un período crítico, en el caso de los gansos de Lorenz inmediatamente tras salir del huevo, a una persona determinada hace que los pequeños gansos reconozcan a esa persona como la propia madre y la sigan a todas partes. Conocidas en todo el mundo son las fotos de Lorenz por las praderas de Seewiesen donde estaba el Instituto Max Planck en el que trabajaba, seguido de los pequeños gansos en fila india, obañándose juntos en un lago. Aquí una sola exposición hace que se modifique el comportamiento para el resto de la vida. La impronta ocurre espontáneamente y en ella no tienen lugar los mecanismos comunes de recompensa o castigo. A esta tendencia innata a retener determinada información en un período concreto de la vida se la llamó predisposición para el aprendizaje.

Otro caso típico de impronta es la que ocurre en aves canoras en las que una única exposición al canto de adultos hace que los pájaros jóvenes aprendan a cantar. Si se crían en aislamiento, nunca aprenden a cantar de adultos.

Hay un aprendizaje que llamamos social que es responsable de la transferencia de habilidades o información de un animal a otro, generalmente por imitación. Quizás el ejemplo más llamativo es el de los monos en Japón que aprendieron a lavar en el mar las batatas antes de comérselas para quitarles la tierra, un comportamiento que se extendió por todas las islas del archipiélago japonés. Este hecho ha servido para comparar este comportamiento con nuestro comportamiento cultural.

¿Qué ocurre en el cerebro cuando aprendemos?

Es sabido que las neuronas contactan entre sí gracias a que las terminaciones de una célula están muy cerca de la membrana de otra célula, formando lo que se llama una sinapsis. Como demostró claramente Ramón y Cajal, el contacto no es de continuidad, sino de contigüidad, lo que significa que el citoplasma de una célula no está en contacto con el citoplasma de la otra neurona, sino que existe un vacío, una hendidura entre una célula y la otra; este vacío o hendidura sináptica es atravesado por las moléculas de neurotransmisor que se encuentran agrupadas en ciertas vesículas en las terminaciones nerviosas de la célula que va a contactar a otra. Cuando la célula se excita, las vesículas se abren y descargan en la hendidura sináptica las moléculas de la sustancia química que sirve de neurotransmisor y estas moléculas reaccionan con los receptores para ellas que se encuentran en la llamada membrana postsináptica, es decir, en la membrana de la segunda célula. La reacción química que se produce hace que la permeabilidad de la membrana para determinados iones se modifique y entonces la célula se despolariza (el potencial de membrana se reduce), lo que significa que la probabilidad de que la célula descargue aumenta (a esto se le llama excitación), o que disminuya (lo que se denomina inhibición).

Ya desde el siglo pasado el italiano Tanzi había planteado la hipótesis de que el aprendizaje era debido a una modificación en las sinapsis, que parecía eran los lugares más apropiados para que la transmisión de información de una célula a otra fuese modificada por la experiencia. También

Ramón y Cajal planteó la hipótesis del aprendizaje por modificación de las sinapsis y a finales de los años cuarenta un canadiense, Donald Hebb, lo expresó claramente: cuando dos células descargan simultáneamente se establece una conexión más fuerte entre ellas, de forma que, por la descarga repetitiva, la conexión se hace cada vez más intensa. Al final, cuando una descarga, la otra también lo hace.

Esto, que no era más que una hipótesis, ha sido confirmado en células de un caracol de California por Eric Kandel, que recibió el Premio Nobel en el año 2000. También lo había supuesto Pavlov en Rusia con sus reflejos condicionados, donde la secuencia de una señal en principio indiferente para el animal, como el sonido de una campana, y un reflejo incondicionado, como la salivación cuando se le introducía al perro carne en la boca, terminaban asociándose, de forma que tras varios ensayos el animal salivaba solamente con el sonido de la campana.

Existen múltiples tipos de aprendizaje. Hemos hablado de los reflejos condicionados que fueron estudiados por Pavlov, un descubrimiento que ya todos conocíamos sin saberlo, es decir, que, por ejemplo, el olor de la comida o sus preparativos hacen que senos haga la boca agua si tenemos hambre; en nuestros animales de compañía el ruido que hace el plato de comida con el suelo es suficiente para que acuda presurosa y ansiosamente el animal hambriento. En estas respuestas es probable que el cerebelo esté implicado en relacionar las respuestas motoras con los estímulos y sucesos ambientales.

Se ha condicionado también el miedo utilizando, por ejemplo, en ratas la electrificación de la rejilla que sirve de suelo a la jaula donde se encuentran en el laboratorio. Si tras un tono se produce un electroshock, que va acompañado de un gran salto y susto en la rata, y esta conjunción se repite varias veces, al final el tono solo es capaz de generar un comportamiento que nosotros interpretamos como miedo. Este condicionamiento está mediado por la amígdala, una estructura que se encuentra en la profundidad del lóbulo temporal y que pertenece al sistema límbico.

En Estados Unidos Thorndike fue el primero que utilizó lo que luego se llamaría condicionamiento instrumental u operativo, colocando a un gato en una jaula y permitiendo que la utilización de una palanca por el animal tuviese como consecuencia que la jaula se abriera y le permitiese al animal acceder a un plato de comida. Posteriormente, Skinner ideó la jaula, que lleva su nombre, en la que ratas podían recibir comida o bebida accionando una palanca tras una señal luminosa o auditiva.

Otro aparato muy conocido de aprendizaje es el test de Morris, consistente en una piscina en la que hay una plataforma sumergida inmediatamente debajo del nivel del agua, pero invisible porque se hace opaco el líquido para impedir su visión. Las ratas tienen que nadar en esa piscina hasta que encuentran la plataforma y pueden descansar en ella. Los animales terminan guiándose por señales que se encuentran en la habitación para encontrar la plataforma. Se trata, pues, de un aprendizaje visuoespacial.

6. ¿Qué son los reflejos condicionados?

En 1904 un fisiólogo ruso, Iván Petrovich Pavlov, recibió el Premio Nobel por su contribución al conocimiento de la regulación nerviosa de la circulación y de las secreciones digestivas. Pero su fama no proviene de estos descubrimientos, sino de otros experimentos posteriores dedicados al estudio de la «actividad nerviosa superior», así llamada por él mismo.

Los reflejos condicionados estudiados por Pavlov se basaban en la observación de que si a un perro se le introduce una sustancia de naturaleza ácida en la boca, reacciona con un aumento de la secreción de saliva. A esta reacción Pavlov la denominó reflejo incondicionado o innato. Pero si antes de introducir la sustancia en la boca, carne por ejemplo, se le presentaba al perro otro estímulo, por ejemplo el sonido de una campana, si esta combinación se repetía durante varias veces, al final el perro reaccionaba al sonido de la campana sólo con un aumento de la salivación. Pavlov llamó al sonido de la campana estímulo condicionante y a la combinación temporal de ambos estímulos la denominó reflejo condicionado.

La importancia de estos descubrimientos no radica en los hechos, ya conocidos desde tiempos inmemoriales, sino en que para Pavlov estos hechos demostraban que el sistema nervioso era modificable con la experiencia, lo cual es importante tanto para el aprendizaje como para la memoria. El único problema se planteó cuando la doctrina oficial en la antigua Unión Soviética quiso generalizar este tema a todas las funciones mentales y decir que éstas podían reducirse a reflejos condicionados.

Parece ser que otros experimentos realizados por Pavlov fueron de gran importancia para operaciones realizadas en seres humanos. Pavlov había enseñado a sus perros a reaccionar con salivación presentándoles previamente la figura de un círculo. En los mismos perros desarrolló también reflejos condicionados aversivos, cuando, tras la presentación de una elipse, el perro recibía un electroshock. Luego fue igualando los ejes de la elipse de forma que la elipse cada vez era más parecida a un círculo. En un momento determinado los perros, incapaces de discriminar entre el círculo y la elipse, entraban en una especie de neurosis experimental, como así la llamó Pavlov, caracterizada por nerviosismo e intranquilidad en los animales, que no sirvieron durante meses para ningún experimento más. Pues bien, la extirpación de la corteza prefrontal en estos animales hacía que la neurosis experimental desapareciera.

En el segundo Congreso Internacional de Neurología en Londres, en 1935, los doctores Fulton y Jacobsen, de la Universidad de Yale, presentaron unas monas que habían sido enormemente agresivas y que ahora eran dóciles e inofensivas como perritos falderos. A estos animales también les había sido extirpada la corteza prefrontal.

Estos hechos impresionaron a un neurólogo portugués, Egas Moniz, que propuso la operación en humanos con la sección de las conexiones de la corteza prefrontal con el tálamo, lo que se llamó leucotomía. Efectivamente, la leucotomía, que luego practicó Freeman en Estados Unidos llamándola lobotomía, convertía a los pacientes irascibles y a los neuróticos obsesivos, pero también a esquizofrénicos y depresivos, en personas pasivas como si fueran zombis. Desgraciadamente, la personalidad de estos enfermos cambiaba también. De esto ya se tenían noticias por el célebre Phineas Gage en Estados Unidos, del que hablamos en el apartado sobre moral.

Egas Moniz fue el primer investigador portugués que recibió un Premio Nobel en 1949, pero, desgraciadamente, murió parálítico como consecuencia de un atentado de un psicópata que le disparó en su consulta, al parecer, uno de los enfermos a los que había lobotomizado.

7. ¿Por qué dormimos y por qué soñamos?

Dormimos un tercio de nuestro tiempo a la edad de veinticinco años, dos tercios cuando somos niños pequeños y un cuarto en la tercera edad. El reloj biológico que controla el ciclo vigilia-sueño tiene más de 500 millones de años.

Cuando estamos despiertos o dormidos, millones de células nerviosas están activas recibiendo o emitiendo información. Pero no sólo recibiendo información sensorial o enviando información a los músculos responsables de las diferentes posturas, sino regulando la temperatura corporal, por ejemplo, o la respiración, la digestión o los ensueños.

No se sabe para qué sirve el sueño. Se especula con la conservación de energía, ya que el «termostato» del organismo se baja durante la noche. Otros autores dicen que es un restaurador tanto físico como mental. Otros, que durante el sueño se consolidan contenidos de memoria que se aprendieron durante el día.

La privación del sueño tiene efectos nocivos sobre el organismo. Se utilizaba como tortura en tiempos romanos y en la Edad Media. Reduce también el sistema inmunológico, con lo que el organismo se hace más frágil para enfermedades (desde el resfriado hasta enfermedades más graves). Las ratas sin dormir a las dos o tres semanas mueren. Se ha encontrado que la adenosina que se utiliza como transmisor en el tálamo y en otras estructuras cerebrales aumenta con cada hora de vigilia. La adenosina es inhibitoria de sistemas que normalmente llevan a la alerta, por lo que aumenta a medida que se acumula la probabilidad del sueño.

Algunas culturas han considerado los ensueños como una puerta abierta a la comunicación con un mundo distinto al mundo real y que su acceso suponía una fuente de información, de orientación o de visión del futuro; pero también una manera de comunicarse con los antepasados o con los dioses.

Freud pensaba que los ensueños, como todos los sucesos mentales, tenían un significado, pero que había que descifrarlo en lo que se llamó interpretación del sueño. El lenguaje utilizado es el lenguaje del inconsciente, que es irracional y que expresa deseos inconfesables para el yo consciente. Son procesos inconscientes asociativos que no están unidos por la lógica. Freud distinguía el contenido manifiesto y el contenido latente. Los ensueños se olvidan fácilmente porque están sometidos a la censura durante la consciencia. El pensamiento asociativo, a diferencia del lógico, está cargado emocionalmente.

La visión cognitiva de los ensueños nos dice que reflejan preocupaciones y metáforas que se expresan en el pensamiento consciente. Los ensueños son otra forma de pensamiento. Por eso a veces se pueden solucionar problemas durante el sueño.

David Foulkes piensa que los ensueños expresan las preocupaciones ordinarias en un lenguaje que tiene una gramática particular. Otros autores piensan que los ensueños no tienen ningún significado. Los ensueños más vívidos y emocionantes suelen tener lugar durante el sueño REM (del inglés «Rapid Eye Movements», o sea, movimientos oculares rápidos).

Al parecer, durante el sueño no REM el hipocampo vuelve a representar lo que ha aprendido durante el día y a activar partes importantes de la corteza para consolidar los contenidos de la memoria. Durante el sueño REM parece que el flujo es en dirección contraria, o sea, que la actividad fluye desde la corteza al hipocampo para borrar memorias antiguas del hipocampo que ahora están completamente consolidadas en la corteza. Lo que sí está claro es que tras un aprendizaje intenso aumenta la duración del sueño REM.

Como para entrar en el sueño REM es necesario pasar por diferentes estadios de sueño no REM, es imposible privar a las personas exclusivamente del sueño no REM, porque también se las priva

del sueño REM. Ahora bien, sí que es posible privar o dotar a un sujeto del sueño REM exclusivamente. Si así se hace durante un tiempo, al cabo de ese período de privación del sueño REM la persona sueña durante mayor tiempo del normal con sueño REM, como si tratase de recuperar el sueño perdido.

Algunos autores han rechazado las hipótesis de Freud, que atribuye al sueño la producción de imágenes y sucesos vividos por el sujeto como fruto de la actividad aleatoria de determinadas estructuras cerebrales. Luego, el cerebro intenta darle a ese conjunto de vivencias una explicación coherente.

Se ha especulado con la posibilidad de que se pueda aprender durante el sueño. Esta hipnopedía, como así se llama esta capacidad, no ha sido demostrada hasta hoy y, a pesar de numerosos experimentos, no se ha conseguido enseñar nada a nadie durante el sueño.

La base neuroquímica del sueño no está aún aclarada, pero en ella intervienen los neurotransmisores noradrenalina, serotonina y acetilcolina. El científico norteamericano J. A. Hobson, que ha dedicado todas sus investigaciones al estudio del sueño y el ensueño, plantea que existen tres sistemas de neurotransmisores implicados tanto en la vigilia como en el sueño y el ensueño: un sistema que utiliza como neurotransmisor la serotonina y que tiene su base, sus células, en los núcleos del rafe, en la línea media del tronco del encéfalo; un sistema que utiliza el neurotransmisor noradrenalina con neuronas en el núcleo llamado *locus coeruleus* (del latín: núcleo azul), situado también en el tronco del encéfalo; y un sistema que utiliza como neurotransmisor la acetilcolina y cuyas neuronas se encuentran en la base del telencéfalo.

Todas estas neuronas proyectan a muchas regiones cerebrales. El sistema de serotonina y noradrenalina sería responsable de la focalización de la atención, importante en el trabajo perceptivo y cognitivo; sería, por así decir, el sistema racional. El sistema colinérgico sería el sistema caótico, creativo, que pondría en contacto redes neuronales de la corteza junto con la percepción y la memoria.

Según Hobson, durante el ensueño el sistema serotonina-noradrenalina estaría inactivo, pero el sistema de acetilcolina estaría hiperactivo. Por el contrario, durante la vigilia, el sistema activo sería el serotoninérgico y noradrenérgico.

8. ¿Qué son los neurotransmisores?

Son sustancias químicas que las células nerviosas utilizan para comunicarse entre sí. La célula nerviosa, cuando es excitada, produce un potencial eléctrico, llamado potencial de acción, que se propaga a lo largo de su prolongación más larga o axón. Este axón, en sus terminaciones más finas, contiene vesículas llenas del neurotransmisor químico. Cuando el potencial eléctrico llega a esas terminales, las vesículas vacían su contenido en la hendidura sináptica, pequeña distancia que separa unas células de otras. El neurotransmisor reacciona con los receptores que se encuentran en la membrana postsináptica, es decir, la membrana de la célula diana. Así, esa membrana, dependiendo de la reacción química, se hace más permeable para determinados iones, pudiendo aumentar (excitación) o disminuir (inhibición) la probabilidad de descarga de esa célula diana.

Los neurotransmisores cerebrales más conocidos e importantes en el cerebro son la noradrenalina, la dopamina, la serotonina y la acetilcolina. Es curioso que Hipócrates de Cos (460-377 a. C.) dijera que existían en el organismo cuatro «humores»: la bilis amarilla, la bilis negra, la sangre y el humor viscoso o flema, y que el equilibrio entre estos humores garantizaba la salud y el desequilibrio producía la enfermedad. Pues bien, aunque hoy conocemos más de cuatro neurotransmisores y muchos otros péptidos que actúan como moduladores en las sinapsis, es indiscutible que el equilibrio entre los cuatro neurotransmisores mencionados es garantía de salud y su desequilibrio, causa de enfermedad, sea esta orgánica o psíquica, que también es orgánica, es decir, producida por una disfunción cerebral.

No se puede decir de un neurotransmisor que sea excitador o inhibidor, porque depende del receptor con el que se une. Así, por ejemplo, la acetilcolina es excitadora en la transmisión neuromuscular, o sea, que hace que se exciten las fibras musculares con la consiguiente contracción del músculo, pero inhibidora en el músculo cardíaco, produciendo una disminución de la frecuencia cardíaca.

Aparte de los neurotransmisores mencionados, también están el glutamato, GABA (abreviatura del inglés *gamma-aminobutyric acid*, o «ácido gama-amino-butírico» en castellano) y la glicina, como sustancias muy utilizadas en el sistema nervioso central.

Generalmente, una vez que se han vertido estas sustancias en la hendidura sináptica, hay que eliminarlas para que no sigan ejerciendo su efecto y suelen ser reabsorbidas en su totalidad o en parte por las terminales nerviosas que las almacenaban, o disociarlas para privarlas de su efecto sobre las células diana. Cuando se reabsorben en parte, suelen ser resintetizadas en las terminales.

Las sustancias químicas que tienen el mismo efecto sobre los receptores que los propios neurotransmisores se llaman agonistas, y las que bloquean ese efecto, antagonistas. Se conocen en neurofarmacología numerosas sustancias que actúan como agonistas o antagonistas y, de esta forma, se puede tener una influencia sobre determinadas disfunciones que generan enfermedades del sistema nervioso, como la enfermedad de Parkinson.

La acción de un neurotransmisor sobre una sinapsis no suele ser suficiente para modificar de forma significativa el estado de la célula diana. Se ha calculado que en las motoneuronas, o sea, en las neuronas de la médula espinal que inervan los músculos periféricos, son necesarias cincuenta sinapsis activas y del mismo signo (excitador o inhibidor) para modificar el estado de la célula diana.

Se han encontrado células capaces de liberar hasta diez sustancias químicas diferentes, lo que complica enormemente la comprensión de esta neurotransmisión cuando se trata de entender la función de determinadas células o grupos de células.

9. ¿Qué es el sexto sentido?

Se suele usar este término vulgarmente para la detección de sucesos, sensaciones o pensamientos de otras personas, sin que se sepa cómo se han detectado. Rupert Sheldrake utiliza este término para la posesión de la capacidad de detección por algunos animales de los campos electromagnéticos.

En efecto, muchos animales pueden detectar campos eléctricos artificiales, aunque se conoce bastante poco de la base sensorial de sus comportamientos. Algunas bacterias, por ejemplo, se orientan de acuerdo con la posición de un magneto en el laboratorio. Esta orientación se debe a la presencia en estos animales de cristales de magnetita, que también están presentes en el abdomen de abejas y en la retina de palomas.

En la naturaleza existen peces eléctricos, como la raya, que producen electricidad para paralizar a las presas, aunque estos animales no tienen un sentido para la electricidad; pero otros peces sí, como algunos tiburones europeos que son capaces de detectar sus presas, aunque se encuentren enterradas en la arena gracias a las distorsiones de los campos eléctricos locales. Estos animales poseen sensores para los campos eléctricos en la superficie del cuerpo, sobre todo cerca de la cabeza.

Otros peces, como los mormíridos, generan sus propios campos eléctricos y también poseen sensores para las modificaciones eléctricas del entorno.

Las habilidades navigatorias de algunos animales siempre han sorprendido al hombre; entre tanto, se sabe que muchos utilizan una brújula solar para su orientación y otros, como las palomas, detectan los débiles campos magnéticos terrestres. Otros pájaros migratorios han desarrollado la capacidad de orientación gracias a los planos de luz polarizada en la puesta del sol, cuando comienzan su viaje, así como por la posición de las estrellas en el firmamento durante la noche. El saltamontes de playa se orienta con el sol como compás durante el día, pero en las noches de luna lo hace con ella.

Algunas tortugas y ballenas utilizan los campos magnéticos para orientarse. El fondo del mar tiene depósitos de lava que, probablemente, son usados por las ballenas como señales magnéticas durante su migración.

Generalmente son utilizadas otras señales, aparte de las magnéticas, para la orientación; así, por ejemplo, muchas aves migratorias utilizan también señales visuales, acústicas y químicas, en este último caso, diferenciando los distintos niveles de concentración de determinadas sustancias.

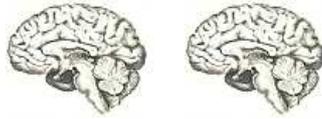
Se ha denominado al fenómeno de la telepatía el «séptimo sentido». Telepatía es un concepto utilizado por vez primera por el científico de Cambridge H. Meyers para caracterizar la presunta capacidad de algunas personas de leer los pensamientos de otras, no importa a qué distancia se encuentren. Se han realizado innumerables experimentos que apuntan en esa dirección y que han convencido también a muchos científicos de su existencia.

Una de las personas que más han estudiado este tema es Rupert Sheldrake, que está convencido de la existencia de los llamados «campos morfogenéticos», que unirían a unas personas con otras de forma desconocida e invisible. Suele poner como ejemplo el hecho de que en Inglaterra los paros (tipo muy común de pájaro) aprendieron en muy poco tiempo a levantar la tapadera de aluminio que cubre las botellas de leche para beberla y que este aprendizaje se extendió rápidamente por toda Inglaterra. Para Sheldrake, esto se debió a la utilización de sus presuntos campos morfogenéticos.

Desde luego, la telepatía es quizás el fenómeno paranormal más aceptado, debido a la experiencia de muchas personas de haber tenido alguna vivencia que apuntaba en esa dirección.

Según Sheldrake cualquier persona tiene esa capacidad, que podría entrenarse para hacerla manifiesta. Este científico es también de la opinión de que los animales poseen asimismo estas facultades, como repetidamente se ha informado de animales domésticos, por ejemplo, perros y gatos que «adivinaban» lo que sus amos deseaban o pensaban. En esto habría que objetar que no sabemos con detalle cómo se manifiesta el lenguaje límbico, es decir, el lenguaje de gestos y expresiones emocionales que estos animales pueden captar, precisamente porque poseen, al igual que nosotros, un sistema límbico. Puede ser que esta ignorancia nuestra sea la culpable de que atribuyamos a la telepatía los fenómenos de comunicación entre animales y humanos tan conocidos.

Cerebro: evolución y estructura



10. ¿Por qué aparece el sistema nervioso en la evolución?

Parece claro que el sistema nervioso surge debido al movimiento. Esto se deduce del hecho de que los animales invertebrados, los tunicados, a los que se considera como los más cercanos a los vertebrados porque poseen notocordio, tubo neural, hendiduras faríngeas y una larga cola, en su estado larval (en el que se asemejan a renacuajos) tienen un sistema nervioso que luego desaparece cuando el animal se fija al sustrato y permanece inmóvil. Es decir, que en el estado larval son considerados como cordados, filo al que pertenecen los vertebrados, por tanto, el hombre.

La gran mayoría de los tunicados se denominan ascidias, que son sésiles, es decir, permanecen siempre en el mismo lugar, cuando son adultos, mientras que en el estado larval son móviles. Rodeados por una túnica (de ahí su nombre), algunas veces son arrojados a la playa y, cuando se tocan, sueltan un chorro de agua que tenían en su interior. De ahí que en inglés se les llame *sea squirts*, que puede traducirse como «chorros de agua del mar».

Se piensa que hace muchos millones de años los ancestros de los tunicados actuales maduraron sexualmente mientras estaban aún en el estadio de larvas y que estas larvas «adultas» serían las que evolucionaron hacia los vertebrados actuales. A este fenómeno se le ha llamado pedomorfosis, es decir, la maduración en el estadio de larva, un fenómeno que se ha observado asimismo en tiempos modernos en otros animales.

Los tunicados ilustran mejor que nada por qué necesitamos un cerebro: para movernos en un entorno cambiante y conseguir alcanzar metas que puedan mejorar nuestra existencia. Necesitamos, pues, una base de datos o memoria de lo ocurrido anteriormente y que nos permita hacer predicciones sobre el futuro para poder guiar las acciones que conduzcan a las metas que puedan mejorar nuestra existencia. El movimiento va ligado al sistema nervioso central, ya que éste es un órgano que vive de la elaboración de información y la mejor manera de conseguir información del entorno es explorándolo, y para eso el movimiento es necesario.

Según lo que dijimos anteriormente, los cerebros serían máquinas de predicción del futuro que utilizan la información recogida en experiencias pasadas para predecir aquellos sucesos futuros que son relevantes para la supervivencia. Este otro aspecto que incluye el movimiento es ya más elaborado y característico de sistemas nerviosos evolucionados.

Esta función es el denominador común no sólo de los seres vivientes, sino también de los robots fabricados por la mano del hombre. Necesitamos saber lo que ocurre a nuestro alrededor y encontrar un sentido a lo que experimentamos para poder predecir el futuro y también para tomar decisiones. Y para saber mejor lo que ocurre en el entorno, insisto, el movimiento es fundamental.

Por otro lado, la separación que solemos hacer entre percepción y movimiento o acción es artificial y producto de un pensamiento dualista al que tenemos cierta tendencia y que nos hace ver el mundo dividido en antinomias. Pero la realidad es que la percepción y el movimiento no pueden separarse. Hay autores que han llegado a decir que la percepción es una acción simulada.

En fisiología es muy conocido el experimento realizado por Held y Hein el año 1963 en la Universidad Brandeis de Massachussets (Estados Unidos). Colocaron a dos gatitos de corta edad, y que habían sido criados en absoluta oscuridad, en una especie de noria, de forma que uno de ellos al dar la vuelta movía al otro, que estaba recostado en una cesta. Como entorno, alrededor de la noria, se colocó un cilindro con paredes blancas y barras negras verticales. El gatito que movía la noria desarrolló una corteza visual normal, mientras que el gato pasivo, que era movido por el primero, no lo hizo. Estos experimentos mostraron que el movimiento es necesario para una percepción visual correcta.

Hay que tener en cuenta que cualquier movimiento hace que se exciten numerosos receptores sensoriales de la piel, los músculos, los tendones y las articulaciones. Esta información, que se llamó reaferencia, vuelve al sistema nervioso central y sirve para que se pueda comparar el movimiento que se ha pretendido realizar con el que se ha realizado realmente. Para ello se necesitan en el sistema nervioso central estructuras que reciban dos tipos de información: una copia eferente de las órdenes que el sistema nervioso central envía a los músculos, y, por otro lado, la reaferencia, es decir, la información de los receptores que se han activado durante el movimiento. Puede ocurrir, por ejemplo, que el movimiento tenga que ser corregido porque encuentre algún obstáculo en el entorno que no permita su realización. En ese caso, los receptores y sus reaferecias informan a esas estructuras comparadoras de que el movimiento realizado no coincide con el movimiento planificado (señal de error). Entonces, la estructura comparadora se encargaría de corregir el movimiento, por ejemplo, para poder superar el obstáculo del entorno.

Fueron muy interesantes también los experimentos realizados con monos en los que se registraron neuronas en el lóbulo frontal que se activaban cuando el animal realizaba un movimiento determinado, por ejemplo, llevarse un cacahuete a la boca, como si esas neuronas codificasen determinados patrones de movimiento. Pero lo curioso fue observar que esas mismas neuronas también se activaban cuando el mono observaba el mismo movimiento realizado esta vez por el experimentador. Se supone que estas neuronas, que han sido bautizadas con el nombre de «neuronas especulares», muestran que el cerebro es capaz de simular acciones para predecir las consecuencias y poder luego elegir entre ellas la más apropiada. Es una hipótesis, naturalmente.

La anticipación en el sistema motor es fácil de constatar con algo que todos conocemos. Si cuando bajamos una escalera que tiene seis escalones pensamos que sólo tiene cinco, al dar el último paso el pie se encuentra con un vacío, en vez del suelo firme que espera encontrar. El resultado es que nos llevamos un susto mayúsculo que debemos a alguna estructura comparadora que había previsto, desde el punto de vista de las órdenes motoras, que sólo había cinco escalones y había adecuado el movimiento a esa falsa información.

11. ¿Cuándo se formó nuestro cerebro actual?

El cerebro humano es el resultado de millones de años de evolución, un proceso lento y sometido a avatares que bien podían haber dado al traste con esa evolución, de manera que casi puede decirse que estamos en la tierra de pura casualidad. ¿Qué hubiera ocurrido, por ejemplo, si no hubieran desaparecido los dinosaurios por la caída de un meteorito en la península de Yucatán hace 65 millones de años?

Los creacionistas, sobre todo en Estados Unidos, creen a pies juntillas las leyendas bíblicas de la creación del mundo, de manera que para ellos este tema no constituye ningún problema. Pero las leyendas bíblicas no dejan por ello de ser mitos cosmogónicos, con los que todos los pueblos de la tierra han tratado de explicar el origen de nuestro planeta.

Sin embargo, hoy sabemos que hace unos seis millones de años, lo que no es casi nada comparado con la edad del universo, compartimos un antecesor común con los chimpancés, es decir, con el primate no humano que más cerca está de nosotros desde el punto de vista evolutivo.

Los resultados de las últimas investigaciones apuntan a que el *Homo sapiens*, nuestra especie, los humanos modernos, aparecieron en las sabanas del África oriental aproximadamente hace unos 150.000 años y poco a poco fueron poblando el planeta. Las ramas evolutivas que habían surgido del *Homo erectus* hace aproximadamente unos 500.000 años fueron desapareciendo. La más cercana a nosotros, el *Homo sapiens neanderthalensis*, se bifurcó de un predecesor común con nosotros hará unos 200.000 años y ambas familias coexistieron en Europa unos 10.000 años.

Esto plantea algunos problemas que están sin resolver. Por ejemplo, la cuestión de por qué sobrevivió nuestra especie sobre todas las demás, y muy especialmente sobre el Hombre de Neandertal. Nuestro cerebro es más grande que el de las demás familias de homínidos que nos precedieron, a excepción precisamente del Hombre de Neandertal, que, al parecer, poseía un cerebro algo mayor que el nuestro y que desapareció hace unos 32-35.000 años. Habría que añadir que no existe una relación directa entre tamaño cerebral, inteligencia y comportamiento.

Hay hipótesis para casi todos los gustos. Algunos piensan que fue el lenguaje el responsable, ya que multiplicó la capacidad de comunicación de nuestra especie y esto fue importante para la caza en común. Otros piensan que la desaparición fue repentina, debida quizás a alguna catástrofe, pero esto parece improbable porque habría afectado también al *Homo sapiens*. Algunos autores piensan que hubo alguna mutación que mejoró las capacidades del *Homo sapiens*; pero también hay quien piensa que fueron aniquilados por nosotros. Lo curioso es que no existe prueba alguna de que ambas especies se hubiesen mezclado.

En cualquier caso, el cerebro que hoy tenemos es el mismo que tenía el Hombre de Cro-Magnon hará unos 30.000 años, luego se trata de un cerebro de un hombre que era cazador recolector y que creó una cultura que tiene poco que ver con la cultura nuestra actual. La explosión cultural que tuvo lugar en esa época nos habla también de un cerebro distinto al de las especies de Hornos anteriores. Me refiero a la aparición del arte, la tecnología y la religión, lo que probablemente le faltaba al *Homo sapiens neanderthalensis*.

Por tanto, hay que tener en cuenta que si el cerebro del hombre moderno surgió en interacción con un entorno totalmente distinto al entorno que hoy tenemos, las estructuras mentales que hoy poseemos son herederas de una época muy anterior a la nuestra, lo que habría que considerar cuando estudiamos esas estructuras. Pero también hay que tener en cuenta que el cerebro es más plástico de lo que hemos creído hasta ahora y que esto explicaría por qué, a pesar de su antigüedad, hemos podido desarrollar una técnica que nos permite observar lo que ocurre en Marte con el mismo cerebro que el del Hombre de Cro-Magnon.

12. ¿Es cierto que el cerebro humano es el más grande entre los cerebros de los animales?

No. El cerebro del cachalote pesa 8.500 gramos frente a los 1.450 del hombre, y el del elefante pesa 5.000 gramos. Habría que plantearse entonces la pregunta: ¿es cierto que el cerebro del hombre es el más grande de los cerebros animales en relación con el tamaño del cuerpo? Sí, con algunas excepciones. El cerebro de los reptiles aumenta más en relación con el cuerpo que el cerebro de los mamíferos. Pero, además, la relación no es siempre la misma. Así, por ejemplo, el cerebro de los mamíferos es mayor que el de otros vertebrados con el mismo peso; y el cerebro de los monos es mayor que el de otros mamíferos con el mismo peso; también es cierto que los mamíferos pequeños tienen un cerebro relativamente mayor que los mamíferos grandes.

También el hombre pierde en esta comparación con mamíferos muy pequeños. Así, el cerebro humano supone un 2 por ciento del peso corporal, aproximadamente, pero el cerebro de la musaraña es el 4 por ciento de su peso corporal, es decir, el doble que en el hombre. Lo mismo ocurre con monos pequeños, como los monos capuchinos, que tienen un cerebro mayor que el del hombre en relación con su peso corporal.

Asimismo se ha querido establecer la primacía del hombre frente a otros animales por lo que respecta a la corteza cerebral, sede de las funciones superiores intelectivas. Pero esto tampoco es cierto. Por lo que respecta a su estructura, es difícil, si no imposible, diferenciar la corteza cerebral del hombre de la de otros mamíferos, mirada bajo el microscopio.

Sabido es que la corteza está fuertemente plegada para aumentar su superficie dentro del cráneo. Pues bien, se ha pensado que la corteza cerebral del hombre sería la más plegada, y con ello la que mayor superficie ocuparía; pero esto tampoco se ha podido constatar, puesto que tanto la corteza cerebral de los elefantes, como la de los delfines y la de las ballenas está mucho más plegada que la del hombre.

13. ¿Es el cerebro el resultado final de una evolución hacia lo más complejo?

El hecho de no encontrar en el reino animal ningún cerebro tan complicado como el nuestro ha hecho siempre pensar que la evolución partía de lo más simple y se dirigía siempre hacia lo más complejo, concepto hasta ahora defendido por muchos biólogos. Detrás de esta concepción está la noción de progreso, que surge en el siglo XVIII, sosteniendo que el futuro es siempre mejor que el presente. Este concepto fue imperante durante todo el siglo XIX.

El sociólogo Auguste Comte (1798-1857) fue quien planteó diversas etapas, cada una de ellas más desarrollada y mejor para el ser humano. También en este siglo, con la teoría de la evolución de Darwin, se supuso que la evolución de las especies era un proceso que se desarrollaba siempre hacia una mayor complejidad. Tanto Herbert Spencer (1820-1903) como Carlos Marx (1818-1883) están impregnados de esta idea de progreso aplicada sobre todo a la realidad social.

Del siglo XIX es también la teoría de la ortogénesis de Karl Wilhelm von Nägely (1818-1891), que afirmaba que la evolución biológica tenía una dirección predeterminada, teoría que tuvo mucha influencia en su tiempo y hasta los inicios del siglo XX, como se ve en la obra del padre jesuita Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955). Es decir, desde sus comienzos la teoría de la evolución se entendió como un proceso que afecta a los organismos y que hace que con el tiempo se desarrollen siempre en dirección hacia una mayor complejidad, terminando en la corona de la creación, que sería el ser humano. Pero precisamente la teoría de la evolución da al traste con cualquier tipo de creacionismo. Para Teilhard de Chardin, que intentaba integrar los nuevos conocimientos científicos con la religión y que al aceptar la evolución fue visto por el Vaticano como una amenaza para la integridad de la fe (le prohibieron enseñar e incluso hablar en público sobre temas religiosos), la evolución era un proceso que no sólo tenía una dirección predeterminada, sino que avanzaba hacia el llamado «punto Omega», es decir, Cristo. Influenciado por la obra del filósofo francés Henri Bergson (1859-1941) *La evolución creadora*, Teilhard de Chardin intentó que los descubrimientos en biología estuviesen de acuerdo con la doctrina católica. Finalmente, defraudó tanto a unos como a otros.

El biólogo evolutivo y profesor en Harvard Stephen Jay Gould (1941-2002) se enfrentó duramente con las teorías de Teilhard de Chardin y le acusó incluso de haber participado en el engaño del hombre de Piltdown. Recordemos que en 1912 un médico y paleoantropólogo aficionado, Charles Dawson, afirmó haber encontrado en la cueva de Piltdown en Inglaterra un hueso de quijada y un cráneo; el hueso se parecía más al de un mono y el cráneo, al de un ser humano y se supuso que estos restos tenían unos 500.000 años de antigüedad. Resultó que el cráneo pertenecía a un hombre que había muerto quinientos años antes y la quijada era de un mono que había muerto hacía poco tiempo.

Gould insistió en la contingencia y el azar que ha dominado todo el proceso evolutivo; el ser humano, más que la culminación de un proceso dirigido hacia él, es un accidente, como lo fue la extinción de los dinosaurios según la teoría del físico Luis Álvarez (1911-1988) y de su hijo Walter, geólogo, ambos de la Universidad de California, que aseguran que hace 65 millones de años un meteorito de unos 10 km de diámetro y a una velocidad de 25 km/segundo cayó cerca de la península del Yucatán en México y provocó un «invierno nuclear», acabando con numerosas especies animales, entre ellas con los dinosaurios.

No existe, pues, ningún fin predeterminado en la evolución, sino una serie de accidentes que han llevado a lo que hoy conocemos, pero si la cinta de la evolución pudiese rebobinarse, muy

probablemente no nos encontraríamos con los mismos resultados. Además, según Gould, no existe sólo un desarrollo hacia lo más complejo, sino también hacia lo más simple.

Así que determinados cambios geológicos, como erupciones volcánicas, desplazamiento de continentes, los impactos sobre la tierra de meteoritos y los cambios climáticos, han conseguido que la supervivencia de especies que nos han precedido haya sido una cuestión de azar. Por tanto, estos hechos están en contra de los argumentos a favor de una determinada dirección en la evolución. Mal que nos pese, esta supuesta dirección simplemente no parece existir.

En esta lucha por la supervivencia, nuestro cerebro seguramente ha jugado un papel decisivo, pero para asegurar esa supervivencia del organismo que lo alberga y no como órgano dedicado a la especulación filosófica.

Aparte de esto, el cerebro es el resultado de millones de años de evolución y se compone de muchas funciones diversas que han mostrado ser útiles para la adaptación al entorno. No es, pues, una estructura creada de golpe y completa, sino más bien una colección de retales que se han reunido a lo largo del tiempo en un solo órgano.

Así, por ejemplo, se calcula que el ojo que refleja imágenes externas se ha inventado unas cuarenta o sesenta veces, independientemente una de otra, a lo largo de la evolución.

14. ¿Por qué tenemos mapas cerebrales?

Desde sus comienzos, la corteza cerebral de los mamíferos generó mapas que reflejaban el entorno. Aunque fue el anatomista italiano Marcello Malpighi (1628-1694) el primero que observó la corteza cerebral con un microscopio, se considera que fue Emmanuel Swedenborg (1688-1772) el que primeramente evaluó el papel funcional de la corteza. Le atribuyó la sensación, la percepción, la comprensión y la voluntad, así como el movimiento. También sugirió que había mapas topográficos de las funciones motoras y una representación de los músculos de la cara en la corteza, adelantándose así en más de un siglo al neurólogo inglés John Hughlings Jackson (1835-1911).

Jackson observó en la década de 1860 que en los enfermos epilépticos, que sufrían ataques focalizados, las contracciones musculares seguían un orden determinado, comenzando por los músculos que más se utilizaban, como por ejemplo en la cara los músculos de la boca, en las manos los que controlaban los movimientos del pulgar y del índice y en el pie los que controlaban los movimientos del dedo gordo. De ahí dedujo primero que había un orden y que este orden correspondía a un lugar en el mapa topográfico de la corteza, y segundo, que los músculos que más se utilizaban tendrían una mayor representación en la corteza, confirmándose ambas cosas posteriormente.

Había que esperar basta que los médicos alemanes Gustav Fritsch (1838-1927) y Eduard Hitzig (1838-1907) lo confirmaran con estimulación eléctrica de la corteza motora en perros.

Posteriormente fueron descubiertos mapas somatosensoriales y, en la década de 1970, Michael Merzenich, Jon Kaas y otros encontraron al menos cuatro mapas de la superficie corporal en monos. Pero lo más interesante fue la demostración de que estos mapas no eran fijos, sino plásticos, es decir, que con el uso se agrandan las representaciones de las partes del cuerpo más utilizadas. También se han descrito múltiples mapas visuales, auditivos, espaciales, etc.

Se ha planteado la pregunta de por qué poseemos mapas en la corteza. Una razón podría ser la economía del cableado. Si las representaciones no fueran topográficas, se requerirían conexiones más largas y costosas. Por otra parte, se ha creído que la expansión del tamaño, organización y número de mapas estaría relacionada con la elaboración de experiencias conductuales. Probablemente uno de los primeros mapas sería aquel que recogiera la información espacial de dónde se encuentran las fuentes de alimentación, o dónde se encuentran los alimentos escondidos por el propio animal, o dónde se encuentran las parejas sexuales.

Para mí, la función más importante de los mapas sería conseguir independizar al organismo de su entorno, de forma que los movimientos, verdadera causa de poseer un sistema nervioso, puedan preprogramarse sin necesidad de recurrir a los estímulos externos. De esta manera, el organismo se independiza del medio de la misma manera que creó un medio interno constante para sus células, como postuló el fisiólogo francés Claude Bernard (1818- 1878).

15. ¿Están las funciones mentales localizadas en un lugar concreto en el cerebro?

Por lo que hemos dicho sobre la localización de algunas características de la visión, parece que sí. Ahora bien, la discusión entre localizacionistas y no localizacionistas es una discusión inútil y algunos autores se inclinarán por decir que el cerebro está organizado en módulos independientes que han surgido a lo largo de la evolución en respuesta a un requerimiento determinado, y otros dirán que la información en el cerebro está ampliamente distribuida en asambleas de neuronas, por lo que es imposible la localización de las funciones mentales.

Sin embargo, es cierto que existen ciertas lesiones en el sistema visual que pueden acabar con una característica de la visión, como la forma o el movimiento, sin lesionar las otras. Y, además, esto está en relación con la localización y función de determinadas estructuras cerebrales más o menos delimitadas en la corteza cerebral y que han sido confirmadas posteriormente por técnicas de imagen cerebral.

El lingüista norteamericano Jerry Fodor, basándose en la doctrina de los frenólogos, que en el siglo XIX pensaban que todas las funciones mentales tenían una localización precisa en la corteza y que por medio de la palpación del cráneo podría averiguarse su desarrollo en los individuos concretos, postuló la modularidad del cerebro de forma tajante. Denominó estos módulos «cognitivos» y debían tener las siguientes características: 1) ser específicos para cada campo, como la percepción de los colores o la orientación en el espacio; 2) ser innatos, es decir, programados genéticamente; 3) estar conectados de forma fija, o sea, que las funciones cognitivas específicas estarían producidas por mecanismos neurona-les también específicos; 4) ser autónomos, es decir, independientes de otros módulos y sistemas cerebrales; y 5) no ser disociables, o sea, que no podían ser reducidos a procesos más simples.

Esta concepción de los módulos cerebrales es demasiado estricta y se supone que los puntos 2, 3 y 5 son falsos. Estas funciones mentales son muy plásticas y pueden estar sometidas a influencias externas, sobre todo, culturales.

16. ¿Tienen los dos hemisferios cerebrales funciones diferentes?

Esos parece; desde luego, anatómicamente no son simétricos, el hemisferio izquierdo es ligeramente mayor que el derecho en los humanos. Se puede inyectar en la arteria carótida un anestésico, amital sódico, un barbitúrico de acción rápida que si se inyecta en la carótida izquierda puede anular temporalmente las funciones del hemisferio izquierdo y lo mismo en el lado contralateral. Con este método se ha podido ver que todos los que utilizan la mano derecha y la mayoría de los zurdos utilizan el hemisferio izquierdo para las funciones lingüísticas; que un 15 por ciento de los zurdos utiliza el hemisferio derecho para estas funciones y que aproximadamente un 5 por ciento utiliza ambos hemisferios.

De la misma manera se ha encontrado que el amital sódico tiene una influencia sobre el estado de ánimo del sujeto de experimentación, de forma que las inyecciones en el lado izquierdo tienden a producir depresiones y las inyecciones en el lado derecho euforia. Estos resultados se interpretan en el sentido de que las funciones relacionadas con los estados de ánimo están también lateralizadas.

Con este método y con otros parecidos se ha podido encontrar que el hemisferio izquierdo es más apto para el lenguaje, las matemáticas, las operaciones lógicas y el proceso de secuencias seriadas de información. También existe una tendencia hacia las actividades motoras y el proceso de detalles visuales finos. Por el contrario, el hemisferio derecho es más fuerte en el reconocimiento de patrones, de caras, de relaciones espaciales, la ideación no verbal, el estrés y los componentes emocionales del lenguaje, así como el proceso en paralelo de muchos tipos de información. También parece estar especializado en la percepción de la relación figura-fondo, mientras que el izquierdo es mejor en la percepción focalizada. También es más importante para la percepción musical, ya que algunos compositores que tuvieron un derrame cerebral en el hemisferio izquierdo quedaron incapacitados para el habla, pero no para la composición musical. Se puede decir que el hemisferio derecho procesa la información de forma global, holística, mientras que el izquierdo lo hace de forma local, pormenorizada.

Los datos que se han obtenido con las modernas técnicas de imagen cerebral indican que esta división no es tan tajante como en algunos casos se refiere. Es evidente que muchos de estos resultados se han obtenido en pacientes con cerebro escindido, es decir, con sección del cuerpo calloso (200 millones de fibras que unen ambos hemisferios) y de la comisura anterior. En circunstancias normales, la transferencia de información entre ambos hemisferios es muy importante en la persona normal.

17. ¿Hay diferencias entre el cerebro del hombre y el de la mujer?

Los estudios realizados sobre la lateralización hemisférica de funciones cerebrales se han centrado de manera especial en el lenguaje y en las habilidades visuoespaciales. Por tanto, es en estas funciones donde se han encontrado diferencias entre los comportamientos de hombres y mujeres.

Se sabe que por término medio las niñas comienzan a adquirir el lenguaje un mes antes que los niños, y que ya a la edad de once años son mejores en test que requieren una habilidad verbal. Estos test se basan en el lenguaje receptivo y productivo, además de implicar tareas complejas como analogías y escritura creativa.

Por otra parte, los niños aventajan a las niñas en el razonamiento visuoespacial, en aquellos test que implican transformaciones espaciales internas, como son los que contienen recuerdo de formas, geometría, aprendizaje en laberintos y lectura de mapas. Se suele decir que este hecho explicaría por qué los hombres son mejores que las mujeres en test matemáticos y por qué hay más jugadores de ajedrez masculinos.

No pueden descartarse los factores culturales. Así, se ha argumentado que, en sociedades cazadoras recolectoras, la caza realizada principalmente por el hombre ha hecho que se desarrollaran más las habilidades visuoespaciales, mientras que la mujer, al permanecer en la aldea al cuidado de la prole y ocupada en tareas recolectoras, habría desarrollado más el lenguaje. Esto son, como es lógico, especulaciones.

En otro orden de cosas se conoce que, en comparación con los hombres, las mujeres sufren menos de trastornos afásicos, y también se ha podido mostrar que los hombres diestros son más proclives que las mujeres a que su hemisferio izquierdo sea el dominante, es decir, el que posee el lenguaje. Estos datos apuntan a una mayor lateralización del lenguaje en las mujeres. Como el lenguaje ocupa regiones cerebrales que están dedicadas a la orientación en el espacio externo, esto explicaría la menor habilidad visuoespacial en la mujer. O, con otras palabras, que la asimetría cerebral sería más pronunciada en hombres que en mujeres.

Se ha argumentado que los resultados de estos test pueden indicar simplemente que las diferencias se deban a la utilización de diversas estrategias cognitivas. Por ejemplo, las mujeres serían más proclives a utilizar estrategias verbales que a usar la imaginación visual. Dado que se ha comprobado que algunas diferencias en habilidades espaciales tienen un componente genético, se ha pensado que las diferencias mencionadas se encuentren ya en los cromosomas.

El papel de las hormonas sobre las funciones mentales es bien conocido. La testosterona, por ejemplo, en aves y mamíferos, es clave para la aparición de las asimetrías anatómicas de estructuras cerebrales relacionadas con el sexo. Y los niveles altos de estrógenos en hembras suelen ir asociados a rendimientos inferiores en tareas espaciales de aprendizaje.

Desde el punto de vista anatómico, es evidente la existencia de diferencias estructurales en los cerebros del hombre y de la mujer. Un determinado núcleo del hipotálamo es 2,5 veces mayor en el hombre que en la mujer y es responsable del comportamiento sexual masculino, aparte de poseer el mayor número de células sensibles a los andrógenos en todo el cerebro.

Por otro lado, el cuerpo caloso, banda de millones de fibras que unen un hemisferio cerebral con el otro, es más grande en la mujer que en el hombre. Otra de las uniones entre los hemisferios, la comisura anterior, también es mayor en la mujer. Se ha especulado con que este hecho explicaría la mayor consciencia por parte de la mujer de sus emociones, ya que el hemisferio derecho, o mejor el hemisferio no dominante, está considerado como más sensible desde el punto de vista emocional, y estaría, gracias al mayor cuerpo caloso, mejor conectado con el hemisferio dominante.

18. ¿Tenemos dos cerebros en la cabeza?

En realidad, lo que tenemos es un cerebro con dos hemisferios que, a primera vista, parecen iguales. Pero desde hace aproximadamente unos 150 años se ha empezado a saber que desde el punto de vista funcional son distintos.

Todo comenzó cuando un médico francés a mitad del siglo XIX descubrió que uno de sus pacientes, que había perdido el habla, tenía una lesión en el hemisferio izquierdo. Posteriormente, se llamó hemisferio dominante al hemisferio que poseía el lenguaje. Hoy se sabe que entre un 90 y un 95 por ciento de las personas diestras tienen localizado el lenguaje fundamentalmente en el hemisferio izquierdo.

Ya en el siglo XX, la separación por neurocirujanos de los dos hemisferios por sección del cuerpo calloso y la comisura anterior, en casos de epilepsia farmacorresistente, ha permitido el estudio separado de las funciones de ambos hemisferios. Estos estudios han permitido la afirmación de que el hemisferio dominante, generalmente el izquierdo, como hemos dicho, es más analítico, lógico, preciso y sensible al tiempo, mientras que el no dominante es más holístico, global, sintético y más relacionado con el espacio, la percepción sensorial y las emociones.

Esta división de funciones se puede observar también de manera clara en las lesiones. Dado que los sentimientos de miedo, de pesimismo, son más fuertes en el hemisferio derecho, cuando los pacientes sufren lesiones en el hemisferio izquierdo son invadidos por la tristeza, el desconsuelo y el pesimismo, probablemente por la supremacía del hemisferio derecho. Si las lesiones son en el hemisferio derecho, los pacientes se sienten más eufóricos y a veces muestran una gran indiferencia a la enfermedad, llegando incluso a negarla completamente (anosognosia).

Otra de las funciones que suele estar localizada en el hemisferio derecho es el reconocimiento de caras conocidas. Lesiones en la conjunción del lóbulo temporal con el occipital en la base del cerebro se acompaña de lo que en clínica se ha llamado prosopagnosia (del griego *proso*pon, que significa «cara» y *agnosia*, «no conocer»), es decir, la incapacidad de reconocer caras familiares. Este déficit llega tan lejos a veces que algunos pacientes no reconocen siquiera su propia cara reflejada en un espejo. Como ya indiqué en otro lugar (Rubia, 2000), esta capacidad de reconocer caras familiares de la propia especie es importante para la supervivencia de la especie y muy probablemente sea una característica innata, es decir, que la hemos heredado de nuestros ancestros. Lo mismo se ha podido mostrar en otros animales cercanos evolutivamente a nosotros.

Habría que decir que los resultados obtenidos en enfermos con el cerebro escindido no pueden ni deben extrapolarse al cerebro intacto sin grandes reservas. No podemos ni debemos olvidar que, en circunstancias normales, ambos hemisferios están conectados por unos 200 millones de fibras. Experimentos realizados con ayuda de modernas técnicas de imagen cerebral han mostrado que la tajante separación de funciones que se hizo en el pasado no corresponde exactamente a la realidad. La idea que hoy tenemos es, más bien, que cualquier información que llega al cerebro discurre por vías distintas y complementarias, cada una de ellas encargada de una parte de la información. Luego el resultado final es la suma de ambas.

A veces, cuando se toma una decisión, el hemisferio parlante no sabe por qué se ha hecho y se inventa una historia plausible. Muy conocido es el experimento que se hizo con un grupo de mujeres a las que se les dio a elegir un par de medias de nailon entre toda una serie de ellas. Cuando fueron interrogadas sobre por qué habían escogido un determinado par, todas dieron explicaciones racionales relativas al color, la textura o la calidad. El problema era, sin embargo, que todos los pares de medias eran exactamente iguales. A veces se tiene la impresión de que el hemisferio izquierdo se encarga de darle a todos nuestros comportamientos una justificación racional.

Cerebro y entorno



19. ¿Es el mundo visual una ilusión?

Eso parece. Pensemos que se generan dos imágenes en las dos retinas y que están distorsionadas, son muy pequeñas y además invertidas. Adicionalmente, el poder de resolución del ojo es limitado y no uniforme, ya que, fuera del lugar de mayor agudeza visual (la fovea, donde se concentra el mayor número de receptores y donde, por tanto, existe el mayor poder de resolución), el poder de resolución es bajo; la retina es prácticamente ciega para los colores. El ojo se está, además, moviendo constantemente de un punto a otro en el campo visual, entre tres y cuatro veces por segundo, lo que crea un montón de nuevas imágenes.

Luego la pregunta es: ¿cómo es posible con esta información fragmentada y discontinua que tengamos la impresión de una consciencia sin solución de continuidad del entorno? Por cierto, éste es uno de los temas más difíciles de responder y más llamativos de la consciencia, a saber, su continuidad. El filósofo norteamericano Daniel Dennett afirma que la consciencia es discontinua, pero que el cerebro hace que nos parezca continua.

Por otra parte, todos sabemos la importancia de la atención para la percepción de cualquier modalidad sensorial. Si no atendemos, no vemos, por ejemplo. Es la base de cualquier truco de prestidigitador, desviar la atención del sujeto y de esa manera hacer movimientos que éste no percibe, sobre la base de que la mano es más rápida que el ojo,

Es muy curioso el fenómeno que se ha llamado «percepción amodal», es decir, la percepción de cosas que no se ven, por ejemplo, la visión de un perro entero tras una valla, aunque sólo vemos trozos de él cortado por las tablas de la valla. Es la percepción de algo que está fuera de la visión. Este fenómeno nos muestra la aportación que el cerebro hace a los estímulos que recibe del exterior.

Pero quizás lo más importante sea constatar que muchas de las cosas que vemos son creaciones del cerebro. Las llamadas ilusiones ópticas son numerosas y nos están diciendo a gritos que el cerebro ve lo que quiere ver, por lo que somos incapaces de captar lo que solemos llamar «la realidad».

Comencemos por el ojo; el ojo en realidad es ciego, y lo mismo puede decirse sobre el oído, que es sordo, y así de todos los sentidos. Estos órganos están especializados en recibir determinadas energías (luminosas, mecánicas, etc.) y lo que hacen es simplemente traducir estas energías al lenguaje que el cerebro entiende, es decir, a potenciales eléctricos y señales químicas. El cerebro no entiende de energías físicas, sino sólo del lenguaje que sabe comprender. En otras palabras, los estímulos del entorno hablan un lenguaje incomprensible para el cerebro. Sin esos traductores no entenderíamos nada de lo que pasa «ahí afuera». El cerebro se encuentra herméticamente cerrado al entorno físico.

Dos mundos distintos, el externo y el interno, están comunicados gracias a los traductores que son los receptores de nuestro organismo, pero en realidad esos dos mundos son independientes. Nosotros vivimos en un mundo interno, como en un invernadero, cerebral, como si fuera un castillo al que sólo le llegan noticias del exterior mediante mensajeros que hablan nuestro idioma. Por eso, la realidad que el cerebro construye no es, no puede ser, la realidad exterior, sino una simulación, simulación que lleva además la impronta que el propio cerebro le ha impuesto y que, por tanto, no es un reflejo) fiel de esa realidad exterior.

Además, ese trabajo que realiza el cerebro es totalmente inconsciente para nosotros, para ese «yo» que, al parecer, también es una construcción cerebral. Vivimos, pues, en un mundo totalmente artificial. Por eso pensamos que lo único verdaderamente existente es esa realidad que el cerebro proyecta como una película al exterior, suplantando la verdadera realidad, a la que no tiene acceso.

Visto así, las ilusiones cerebrales no es que sean falsas, sino todo lo contrario, ya que la única realidad que nos concierne es la creada por el propio cerebro; por eso, para el cerebro son realidades, aunque no coincidan con la «realidad» que otros sentidos perciben.

Otra consecuencia de estas elucubraciones es que la proyección al exterior no es ningún mecanismo patológico, ni siquiera extraño o raro, sino un mecanismo fundamental que es utilizado normalmente por el cerebro para suplantar la «realidad» por la realidad cerebral.

Si la proyección es un mecanismo normal que utiliza el cerebro, entonces los frutos de nuestra imaginación se proyectarán hacia fuera sin problemas, tal y como lo hacemos con nuestros dioses, demonios, monstruos y demás personajes imaginarios a los que tan a menudo les damos patente de realidad.

En conclusión, tendremos que tener en el futuro un cuidado exquisito para no dar crédito a tantas cosas en las que hoy creemos, empezando por la propia realidad cerebral, que también, con estas especulaciones, convertimos en objeto de análisis.

20. ¿Cómo procesa el cerebro la información visual?

De todos los sentidos, la visión es el más desarrollado en primates y especialmente en humanos, ocupando aproximadamente un 60 por ciento de toda la corteza cerebral. Ha sido también el sentido más estudiado y del que lógicamente sabemos más.

Entre las funciones que más llaman la atención está el mantenimiento de la constancia de los objetos, a pesar de que nos movamos y que aparezcan mayores o menores en nuestra retina; otra función sorprendente es que veamos los objetos en tres dimensiones, cuando en realidad se reflejan en la retina sólo en dos; y, por supuesto, que veamos los objetos derechos, aunque se proyecten en la retina invertidos, gracias al cristalino, que actúa igual que una lente.

La razón por la que el sistema visual ha sido, hasta ahora, el más estudiado de todos los sentidos es la facilidad con que se pueden cuantificar los estímulos y seguirlos por las vías anatómicas y núcleos hasta la corteza, en el lóbulo occipital.

Uno de los resultados de estos estudios fue constatar que la información visual es procesada en líneas paralelas. Veamos qué ocurre con la información. La luz atraviesa el cristalino, que invierte las imágenes y las proyecta sobre la retina en el fondo del ojo, donde se encuentran millones de fotorreceptores que captan esa luz y la transforman en señales eléctricas. Estas señales son comunicadas a una segunda capa de células llamadas bipolares que, a su vez, comunican esa información a las células ganglionares, cuyos axones forman el nervio óptico, que abandona el ojo para dirigirse al quiasma óptico, en la base del cráneo, donde una parte cruza al lado contrario. Luego, las fibras se dirigen al núcleo talámico llamado «cuerpo geniculado lateral».

Hay células ganglionares con grandes cuerpos celulares (magnocelulares o M), especializadas en cambios de luz y que envían información a la corteza sobre movimiento, localización, tamaño y relaciones espaciales de lo observado. También hay otras células con cuerpos celulares más pequeños (parvocelulares o P), que están especializadas en el color y en el alto contraste y envían la información a la corteza, a determinadas áreas implicadas en el reconocimiento de objetos.

El área de la corteza visual primaria ha recibido el nombre de V1 y el área V2 del hemisferio izquierdo recibe información del campo visual derecho, y viceversa.

La superficie del área V1 es como un mosaico en el que existen divisiones que corresponden a cada punto de la retina y del campo visual y que contiene células que corresponden a todas las posibles orientaciones de los estímulos.

Desde el área V1, que ha sido comparada con una oficina postal, se distribuye la información a través del área V2 a las áreas V3, V4 y V5. Las lesiones en el área V1, que generalmente ocurren por derrame cerebral, tienen como resultado la incapacidad de conseguir informaciones visuales de forma consciente. Las áreas V3, V4 y V5 se encargan de diferentes aspectos de la información visual. Así, el área V5, también llamada MT (de mediotemporal), es la que más se activa cuando los estímulos visuales se mueven. Si se lesiona esta área, la consecuencia es el síntoma conocido como acinetopsia, es decir, la incapacidad de distinguir formas que se mueven, sin perder la percepción del color o de la forma. El paciente con este trastorno se encuentra totalmente desvalido en su entorno. Si quiere echar un líquido en un vaso, no sabe cuándo parar porque no ve cómo el líquido sube en el vaso y si sale a la calle, corre peligro de ser atropellado, ya que cualquier automóvil tan pronto está lejos como cerca. Es como si el mundo se hubiese convertido en un tebeo.

El área V4 reacciona de forma óptima cuando los estímulos son de color, por lo que cuando se lesiona surge el síntoma de la acromatopsia, es decir, la incapacidad para percibir colores; los pacientes lo ven todo gris o blanco y negro. V3 se encarga de la visión de las formas. Curiosamente, estos enfermos tampoco pueden soñar en color ni recordar hechos pasados en color.

En realidad, en el macaco se han podido registrar treinta y dos áreas visuales diferentes, cada una de ellas encargada de un aspecto de la visión y que ocupan aproximadamente un 50 por ciento de

toda la superficie cortical de este animal.

La distinción que hicimos entre la vía M y la vía P hacia la corteza sigue desde V1 a otras áreas de elaboración más complicada, por ejemplo, cuando la información se divide en dos vías: una, dorsal, que se dirige desde el lóbulo occipital hacia el lóbulo parietal, que es la vía M y que lleva información sobre dónde se encuentran los estímulos visuales; se la llama la vía del «dónde»; y otra vía, la vía P, que se dirige desde el lóbulo occipital hacia el temporal y que está en relación con lo que son los estímulos visuales; por eso también se la denomina la vía del «qué».

Desde la retina, la vía que llega a la corteza occipital sólo es una entre otras. Se han encontrado al menos diez regiones diferentes a las que llega la información que procede de la retina, aparte de la corteza visual primaria. Estas vías llevan la información, pero no alcanzan la consciencia, lo que explica el fenómeno de la «visión ciega», a la que nos referiremos más adelante.

Otra de las funciones que el cerebro realiza es la transformación de una imagen en dos dimensiones, como la que se proyecta en la retina, en una de tres dimensiones, como solemos verlas. La profundidad es otra construcción cerebral.

La división de la imagen en sus diversos componentes: forma, color, movimiento, etc., significa que el cerebro tiene luego que recomponer esa imagen fracturada, por lo que tendrá que unir todos los componentes; ahora bien, no existe ningún lugar donde esa imagen esté localizada, sino que la imagen completa es el resultado de la activación de las distintas áreas cerebrales que se encargan de los distintos componentes de la visión. Es probable que cuando queremos recordar esa imagen, la activación de una sola de las características de la imagen haga que surja la imagen completa, gracias a las conexiones de unas áreas con otras en el cerebro. En otras palabras: cuando vemos, separamos las diferentes características de lo observado y lo llevamos a las áreas correspondientes, para luego, en el proceso del recuerdo, volverlo a juntar todo. Esto se demuestra en pacientes que han perdido, por lesiones cerebrales, la capacidad de unión de distintas características visuales.

La cuestión que se ha planteado es que si no existe ningún lugar donde todas estas características converjan, entonces la unión tendría que realizarse, si no en el espacio, en el tiempo. Se supone que la descarga temporal simultánea de las diversas neuronas en las distintas regiones cerebrales es la base de la creación de la imagen conjunta.

Lomo hemos visto, la visión de la forma y la visión del movimiento pueden, por lesiones, fallar de forma independiente. Se ha informado de pacientes que tienen lesiones que les impiden ver el movimiento, pero no la forma, y viceversa. Hay pacientes que sólo pueden ver un objeto cuando se mueve. También se han encontrado pacientes que muestran una disociación entre el reconocimiento de objetos artificiales, es decir, elaborados por la mano del hombre, y objetos naturales, aunque generalmente lo que falla en la mayoría de los casos es el reconocimiento de los objetos y sucesos naturales. Curiosamente, puede fallar el reconocimiento de instrumentos musicales por su forma, pero no cuando se les oye.

21. ¿Es cierto que los colores no existen en la Naturaleza?

Es cierto. La Naturaleza no conoce más que distintas longitudes de onda, pero tanto la modalidad (oír, ver, etc.) como la cualidad (color, forma en la visión, o el tono y el volumen en la audición) son una construcción de nuestro cerebro y dependen de la organización espacial de las estructuras que procesan esos estímulos, es decir, de su topología en el cerebro.

El cerebro tiene que estar informado de las propiedades de los estímulos del entorno para poder discriminarlos. Estas propiedades o características son la modalidad, la cualidad, la intensidad del estímulo, su estructura temporal y el lugar de procedencia. Respecto a la intensidad, cuanto mayor sea ésta, mayor es también el efecto sobre las células nerviosas, despolarizándolas o hiperpolarizándolas, siempre en relación con la intensidad. Estos efectos se traducen luego en el número de potenciales de acción por unidad de tiempo (frecuencia, ya que la amplitud del potencial de acción es siempre la misma) que se propagan por las terminaciones de las neuronas hasta el sistema nervioso central. Ahora bien, la relación entre la intensidad y la descarga no suele ser lineal. Aparte de ello, muchos receptores se adaptan al estímulo y descargan con el mismo estímulo cada vez menos frecuente. Por tanto, la codificación de la intensidad no es perfecta.

El comienzo y el final de un estímulo también se codifica con el comienzo y el final de una descarga, aunque una respuesta puede durar más que el estímulo que lo ha provocado. Por eso no son indicadores fiables.

El lugar donde un estímulo es procesado es importante en el cerebro. El cerebro interpreta como audición lo que se elabora en las zonas de la corteza dedicadas a la audición, y lo mismo con los otros sentidos. Esto es fácil de demostrar estimulando eléctricamente esas regiones.

El ser humano puede diferenciar más de un millón de matices de colores diferentes. Los receptores en la retina para esta visión cromática son tres tipos de conos: para la región azul-violeta (420 nanómetros de longitud de onda del espectro), para la región verde (530 nm) y para la región amarillo-rojo (560 nm). Los rangos de sensibilidad de estos distintos receptores se solapan. Nuestra visión de los colores proviene, pues, de la combinación de la actividad de estos tres receptores.

Otra característica importante de la visión cromática es el contraste de los colores, es decir, el principio de los colores complementarios; dentro de nuestra sensación cromática hay contrastes entre el verde y el rojo y entre el amarillo y el azul, contrastes que provienen de la forma de responder de las células ganglionares de la retina. Este antagonismo es importante para la identificación de los diversos colores.

Al final de todo, el cerebro atribuye un determinado color a la actividad de los receptores, que responden a una determinada longitud de onda y a la respuesta de todas las células que hay hasta que llega la información a la corteza visual. Pero una longitud de onda no tiene por qué transformarse en el cerebro en un color determinado. No existe una correlación clara entre ellos. A lo largo de un día, la composición espectral cambia y, sin embargo, somos capaces de reconocer los colores bajo luminosidades muy distintas. Esto, que se llama constancia de los colores, es otra de las facultades del cerebro que es importante para nuestra percepción cromática.

22. ¿Cómo localizamos los sonidos en el espacio?

Esta es, probablemente, la más importante de las funciones que realiza el aparato auditivo, ya que nos permite saber dónde se encuentra la fuente sonora, que puede ser de enorme utilidad para evitar un peligro e incluso para salvar la vida.

Hay animales en los que la localización de los sonidos en el espacio ha tenido un desarrollo extraordinario, como es el caso de la lechuza, que es capaz de localizar sus presas con una enorme precisión y en la oscuridad de la noche. Este animal suele habitar cerca de los seres humanos y se aloja en un granero o capitel de una iglesia, pero también en los huecos de los árboles o de algunas paredes o en el hueco de una chimenea.

En sus vuelos nocturnos, la lechuza caza pequeños mamíferos como los ratones de campo o campañoles, aunque también puede cazar pájaros como gorriones o estorninos.

Al ser cazador nocturno, la lechuza confía casi exclusivamente en su oído, lo que se ha demostrado con el siguiente y curioso experimento. En una habitación grande se colocó a la lechuza en un soporte en plena oscuridad. Luego se ató un papel a la cola de un ratón con una cuerda de varios centímetros de longitud. La lechuza siempre se lanzaba sobre el papel y no sobre el ratón, que no estaba muy lejos, por lo que los investigadores concluyeron que la información auditiva era la señal crítica que permitía a la lechuza la localización de la presa.

¿Cuáles son las señales que utiliza la lechuza para una localización auditiva en el espacio tan extraordinaria? Dos son estas señales: la intensidad del sonido y las señales temporales. Las diferencias de intensidad entre un oído y otro, lo que se denomina la diferencia interaural de intensidad, le permite a la lechuza la localización de los sonidos en el plano vertical. Por otro lado, las diferencias interaurales en el tiempo también son útiles, sobre todo para la localización de los sonidos en el plano horizontal. Un sonido localizado a la derecha, por ejemplo, del animal llega antes al oído derecho que al izquierdo y esas diferencias temporales, que se denominan disparidades temporales, son traducidas en el cerebro en distintos lugares de origen del sonido.

Ambas señales son utilizadas por el animal para generar un mapa neuronal e interno del mundo auditivo externo; con ayuda de este mapa, es capaz de orientarse perfectamente ante una fuente de sonido determinada.

En la lechuza, como en otros animales nocturnos, a la información auditiva se le une la información visual, por lo que ambos sentidos colaboran en la localización de la fuente sonora.

Algo parecido ocurre en el ser humano. Nuestra capacidad de orientación respecto a los sonidos que provienen de nuestro entorno se debe a ambos tipos de señales y también al hecho de que, al menos en la visión diurna, este sentido colabora con la audición en la detección de los sonidos en el espacio. Personas que han tenido una lesión en un oído, de forma que no son capaces de percibir ningún sonido por él, no pueden escuchar música en estéreo, lógicamente, y también tienen grandes dificultades en la localización de los sonidos en el espacio exterior. Generalmente se ayudan con la vista para suplir las deficiencias irreversibles que para la detección de sonidos en el espacio supone el haber perdido la audición en un oído.

23. ¿Por qué olemos menos que, por ejemplo, los perros?

No creo que nadie lo sepa. Pero está claro que a lo largo de la evolución, y probablemente por razones de economía cerebral, hemos ganado en muchas cosas, pero perdido en otras. No poseemos esa cualidad que hace que roedores y otros mamíferos tengan tan desarrollado el sentido del olfato. Pero pensemos que algunos de esos animales no tienen la visión que tienen los primates, por ejemplo.

Es cierto que no olemos como los perros, pero ahí va el siguiente ejemplo referido por el neurólogo neoyorquino Oliver Sacks: se trata de un estudiante de medicina de veintidós años de edad que soñó una noche que era un perro y que se encontraba en un mundo pleno de olores. Cuando despertó siguió en ese mundo, sorprendido también de cómo había aumentado la visión de los colores, pudiendo percibir docenas de diversos tipos de marrón que antes no podía percibir. Pero lo que más le llamó la atención fue su capacidad olfativa, hasta el punto de que podía distinguir a sus amigos por el olor, pero también las calles, las tiendas, etc., ¡y todo esto en Nueva York!

Hay que decir que este estudiante había ingerido drogas: cocaína, PCP —fenciclidina o polvo de ángel— y, sobre todo, anfetaminas. Este aumento de la capacidad olfativa, llamado hiperosmia, puede darse también en algunos estados paroxísticos y cuando existe un exceso de dopamina, como ocurre en algunos pacientes con el síndrome de Gilles de la Tourette, caracterizado por múltiples tics vocales y motores que comienzan antes de los dieciocho años de edad.

Pero lo interesante de este caso es que, al parecer, nuestra microsmia (capacidad olfativa reducida) no es más que el resultado de una inhibición y que cuando ésta falta podemos oler de forma parecida a como lo hacen algunos animales que nos han precedido en la evolución.

Tanto en los humanos como en animales encontramos un órgano conocido como vomeronasal por estar en contacto con el vómer, una laminilla ósea vertical de la parte posterior e inferior del tabique nasal, descubierto a comienzos del siglo XIX por Jacobson y que sirve para percibir las feromonas. Ahora bien, a diferencia de los animales, este órgano no cumple ninguna función en el ser humano, al contrario de lo que afirman algunos autores.

Las feromonas son moléculas químicas volátiles que llegan a este órgano por el aire y que juegan un papel importante en el comportamiento de los animales en los que el órgano vomeronasal es plenamente funcionante. Este órgano aparece en los anfibios y está presente en todos ellos, así como en los mamíferos. Cuando una hembra está en celo, determinadas moléculas volátiles son captadas por los machos gracias a ese órgano, que también es capaz de captar moléculas no volátiles que emanan, por ejemplo, de los órganos sexuales de la posible pareja. El «marcaje» del territorio de muchos mamíferos con la orina tiene esa función precisamente, es decir, que sea percibido por otros animales y provoque determinadas conductas.

24. ¿Podríamos vivir sin dolor?

Desde luego, si observamos el sufrimiento profundo de pacientes con dolores crónicos, la primera pregunta que se nos viene a la mente es ésta. Pero no debemos olvidar que el dolor es una señal de alarma esencial para el organismo y su supervivencia. Al nivel reflejo produce movimientos que nos hacen huir de la fuente de estímulos nocivos para el organismo. Si nos lesionamos alguna parte del cuerpo, el dolor nos lleva a mantenernos en reposo y nos avisa de enfermedades. Los griegos le llamaban el perro guardián y ladrador, porque avisaba siempre que había alguna emergencia.

Si tenemos alguna enfermedad en la médula espinal que consiga interrumpir las informaciones dolorosas que ascienden en la médula hacia el cerebro, como la siringomielia, que se acompaña de pérdida de la sensación dolorosa y de la sensación térmica, podemos encontrar pacientes con quemaduras en las extremidades que no han notado por falta precisamente de esa información.

También se han referido personas que nacen sin las sensaciones dolorosas y que están en permanente peligro de destruirse a sí mismas. Suelen morir jóvenes. Una vida con dolores crónicos e intensos es una maldición, pero también lo es una vida sin dolor.

El organismo tiene varios mecanismos para suprimir el dolor. Es conocido que cuando se frota la región de la piel cercana a una lesión, el dolor puede mitigarse. Esto se debe a la excitación de fibras cutáneas gruesas que tienen un efecto inhibitorio en la médula espinal sobre las neuronas que transmiten el dolor. También explica el efecto analgésico de la acupuntura, puesto que el movimiento de las agujas hace que se estimulen las fibras gruesas que transmiten información desde la piel y éstas, a su vez, inhiben la transmisión del dolor a nivel de la médula espinal.

Se sabe igualmente que atletas, soldados y víctimas de torturas, a pesar de terribles lesiones, no sufrieron dolor; esto es porque las situaciones de estrés, bajo emociones fuertes o incluso la voluntad simple de suprimir el dolor hacen que éste desaparezca o disminuya de intensidad. Existen varias estructuras en el cerebro cuya estimulación eléctrica hace que disminuya el dolor, como la corteza prefrontal, que tiene una función reguladora del dolor, o la sustancia gris periacueductal en el tronco del encéfalo, pero también se conoce que el cerebro produce sustancias propias que sirven de analgésicos, como son las endorfinas, llamadas así por ser parecidas a la morfina, pero producidas endógenamente por el cerebro. Estas sustancias producen, aparte de analgesia, sedación, euforia, depresión respiratoria y otros efectos periféricos en el organismo.

Probablemente desde los sumerios (3500-4000 años a. C.) se conocen las propiedades analgésicas del opio que se consigue de la «adormidera», es decir, del fruto de la amapola (*Papaver somniferum*). En la década de los setenta del siglo XX, se descubrió la presencia en el sistema nervioso de receptores opioides con los que reaccionan tanto las sustancias exógenas como endógenas cerebrales. Son las llamadas endorfinas, las encefalinas y las dinorfinas, tres familias de péptidos, que se unen a los receptores opioides que existen en el organismo, produciendo analgesia. Estas sustancias opioides tienen también sus antagonistas, como la naloxona y la naltrexona, que son capaces de suprimir el efecto analgésico de los opioides.

La presencia de péptidos opioides en los organismos se remonta a los animales unicelulares, en los que se ha podido demostrar que allí existen sustancias precursoras de los opioides, por lo que la presencia de estas sustancias es tan antigua como los primeros animales, aunque no se conozca cuál es su función en estos organismos tan simples. Ahora bien, se sabe que estas sustancias participan no sólo en el dolor, sino también en funciones como la ingesta de alimentos, la regulación de la temperatura corporal, el aprendizaje y otras funciones.

Aún más recientemente, se han encontrado receptores en el cerebro también para los cannabinoides, que son las sustancias activas del hachís y de la marihuana. Actúan uniéndose a los

receptores correspondientes y liberando dopamina, que es el neurotransmisor cerebral que se encuentra en varias vías nerviosas del cerebro, algunas de ellas responsables del sistema de recompensa cerebral.

También se han encontrado receptores parecidos en el sistema inmunológico o sistema de defensa del organismo.

El dolor no tiene ningún centro en el sistema nervioso central, sino que la sensación dolorosa es el resultado de la interacción de varias estructuras cerebrales que son responsables, cada una de ellas, de aspectos parciales del dolor. Pero para que esa percepción dolorosa sea molesta es necesaria la corteza prefrontal en humanos, porque para calmar el dolor algunos neurocirujanos han interrumpido las conexiones de esta corteza con otras regiones del sistema límbico y el dolor seguía percibiéndose, pero no era molesto ni desagradable para el paciente. Al parecer, para percibir *el* dolor y reconocerlo como aversivo es necesaria la integridad de la circunvolución cerebral llamada «giro cingulado», especialmente su parte posterior, y su comunicación con la corteza parietal. El origen de este nombre es *cingulum*, que en latín era la Landa de tela que el atleta se colocaba alrededor de la cabeza para evitar que el sudor le molestase en los ejercicios. Esta circunvolución rodea en la parte interna del hemisferio cerebral al cuerpo calloso, que está formado por doscientos millones de fibras que unen un hemisferio con otro. Mientras que las regiones anteriores del giro cingulado son responsables de las respuestas vegetativas al dolor, como la aceleración del latido cardíaco o la sudoración, las regiones posteriores están en contacto con las áreas somatosensoriales y le dan a las señales que provienen del cuerpo el sello emocional.

Por esta razón, en el pasado los neurocirujanos intentaban, en casos de dolor insoportable, atajarlo con la sección de las conexiones entre el lóbulo frontal y el cíngulo. Los pacientes seguían percibiendo el dolor, pero no era molesto. La corteza prefrontal tiene una función reguladora del dolor y se la hace responsable de que, por ejemplo, el faquir en la India no sienta dolor cuando se acuesta en una tabla llena de clavos.

Si el dolor persiste, se graba de alguna forma en la memoria y puede seguir molestando al enfermo aunque la causa haya desaparecido. Es lo que ocurre en dolores crónicos, generalmente insoportables, que ocurren en las hernias de disco y que siguen molestando al enfermo aun cuando esta hernia haya sido curada satisfactoriamente. En estos casos, los analgésicos no suelen tener efecto alguno y hay que tratar al paciente con métodos psicoterapéuticos.

25. ¿Existen en el cerebro «neuronas de la abuela», que sólo responden a una cara determinada?

En el sistema visual, la información parte de los fotorreceptores de la retina y por el nervio óptico llega a un núcleo de relevo del tálamo, llamado cuerpo geniculado lateral, y de ahí a la corteza visual primaria o área estriada en el lóbulo occipital. La información se distribuye a partir de esa región en dos direcciones: una, llamada la vía del «dónde», hacia el lóbulo parietal, y la otra, denominada la vía del «qué», hacia las regiones inferiores del lóbulo temporal. Allí la información se va concentrando cada vez más y las células que allí se encuentran responden a estímulos visuales muy complejos.

A este tipo de neuronas de la región inferior del lóbulo temporal, que responden selectivamente a formas cada vez más complejas, se las ha llamado «unidades gnósticas», porque se referían a estímulos de los que un animal suele encontrarse en su entorno.

Durante algún tiempo se pensó que la información iba ascendiendo en la jerarquía de complejidad de las distintas células cerebrales, hasta llegar a una complejidad tal que podrían encontrarse neuronas que sólo respondiesen a la cara de la abuela, las «neuronas de la a huela ». Esto se planteó en los años setenta del siglo XX al pensar —lo cual parece hoy absurdo— que el nivel de especialización de las células nerviosas fuese tal que hubiese una neurona para cada objeto que percibimos.

Desde luego, el hecho de que en el sistema visual se describiesen en la corteza visual neuronas «simples», «complejas» y «supercomplejas» parecía indicar que efectivamente en la corteza visual podrían encontrarse neuronas con un nivel de complejidad muy alto respecto a la información visual. Y en monos se registraron células en estas dos últimas regiones que respondían a la cara de otros animales de la misma especie, aunque posteriormente también se registraron neuronas con respuestas parecidas en la corteza prefrontal.

La mayoría de estas neuronas respondían a caras, pero no a figuras geométricas complicadas; estas neuronas no eran muy sensibles a cambios en la cara, por ejemplo, de tamaño, lugar, forma, color, luminosidad o apariencia. Aproximadamente un 10 por ciento de estas neuronas respondían a caras específicas.

Estas neuronas, que el investigador polaco Konorski denominó «neuronas gnósticas», podían también formar parte de una población que fuese la que sirviese de sustrato a la representación de una cara determinada y no solamente una neurona.

En la corteza motora se pudo mostrar que la dirección que tomaba una extremidad durante un cierto movimiento estaba sustentada no por una sola neurona, sino por toda una población, y que el movimiento era el resultado de un vector que determinaba la dirección del movimiento, de acuerdo con la descarga de muchas neuronas.

La hipótesis de la célula «abuela» encuentra graves problemas. En primer lugar, la teoría requeriría muchas neuronas gnósticas, prácticamente una para cada objeto o persona conocida. En segundo lugar, cada persona u objeto requeriría varias neuronas gnósticas, porque nosotros solemos reconocer a las personas y objetos desde distintos puntos de vista. En tercer lugar, cada vez que una neurona de este tipo muriese, nos dejaría sin reconocer a la persona u objeto correspondiente, lo que no es muy probable.

La opinión que hoy domina es que se trata de células que forman una población que actúa en paralelo para el reconocimiento de determinadas caras que son importantes para la supervivencia. Las distintas características de la cara; como sus propiedades físicas, estarían codificadas en ciertas neuronas y las categorías semánticas, como el nivel de familiaridad y la expresión de la cara, lo

harían en otras neuronas.

Se supone que la identificación de cualquier objeto se haría por la conjunción de muchas neuronas y no por una sola neurona aislada.

Esto supondría que la información estaría distribuida en paralelo, en vez de jerárquicamente, como se suponía. Hoy, sin embargo, predomina la opinión de que en el cerebro ambas formas de codificación son ciertas.

26. ¿Refleja fielmente nuestro cerebro la realidad exterior?

Esta pregunta tiene un rotundo no como respuesta. Lo que ocurre es que plantea al mismo tiempo la cuestión de cómo nos hemos adaptado al entorno sin poder reflejar fielmente el mundo circundante. Pero comencemos por el principio.

Antiguamente se creía que así era, que el cerebro reflejaba de forma fidedigna el mundo externo, pero hoy cada día parece más claro que el cerebro es un mundo cerrado que lo que hace es traducir a su lenguaje los estímulos externos. Estos estímulos provocan en nuestro sistema nervioso determinados impulsos que hablan un lenguaje diferente, el lenguaje cerebral y no el de los estímulos externos, es decir, el único lenguaje que permiten las estructuras cerebrales que reciben esos estímulos. La versión interna de estos estímulos es una «representación» de la realidad exterior. Humberto Maturana lo ha comparado con un piloto que lleva un avión rodeado de oscuridad absoluta en medio de una tormenta y por medio de montañas, fiándose sólo de los instrumentos de a bordo, pero que consigue conducir el aparato a su destino. Un observador externo se desharía en alabanzas a la habilidad del piloto, pero éste no ha contado para nada con el mundo exterior, sino que ha ido fiándose sólo de sus instrumentos de vuelo, que traducían el lenguaje exterior al lenguaje del piloto. Maturana dice que sólo para el observador existe un «fuera» y un «dentro», pero no para el piloto.

Otros han hecho referencia a la película futurista americana *Matrix*, en la que en el año 2199 las máquinas toman el poder y mantienen a los humanos como biobaterías que suministran la energía que los robots necesitan. Para que no tuvieran los humanos ni siquiera la más remota idea de rebelarse contra los robots, inventaron un mundo fantástico, la «matrix». Con un implante colocado en sus cabezas, los humanos vivían en un mundo artificial, mundo que ellos tenían por realidad. Algo parecido ocurriría con nuestro cerebro, que crea una realidad que nosotros proyectamos al mundo exterior. Con esto no se quiere resucitar la vieja idea del solipsismo, es decir, la doctrina filosófica que mantenía que la realidad exterior no existe. Existe una realidad exterior, pero todo lo que vemos, oímos, olemos, sentimos, creemos, está dentro de nosotros mismos, es el lenguaje del propio cerebro el que nos está permanentemente hablando.

Gracias a las transformaciones que realizan los receptores de los estímulos externos, la traducción del lenguaje de los estímulos físicos al lenguaje cerebral de los impulsos nerviosos, son posibles las percepciones, hacemos que surja esa realidad, ese mundo que no está fuera, sino dentro del cerebro. La traducción debe ser buena: si no, no nos habiéramos podido adaptar a nuestro entorno como lo hemos hecho, tan satisfactoriamente. Pero estamos presos dentro de nuestro cerebro y cualquier pensamiento sobre la captación de «la realidad» es pura ilusión. Nunca sabremos cómo es el mundo «en realidad», cosa que, por otra parte, al cerebro y a su anfitrión nunca le interesó saber para poder sobrevivir. La ilusión es perfecta y durante siglos hemos pensado que esa realidad que percibimos era independiente del instrumento que la observa. Pero, por suerte o por desgracia, las cosas son de otro modo. Existen, pues, dos realidades: una «ahí afuera», que nunca conoceremos, y otra, la realidad cerebral, que es la que vivimos y la única accesible; esta última es una reconstrucción, una especie de simulación.

Vivimos «como si» la realidad externa fuese la que percibimos, la que sentimos. Cuando besamos a nuestra pareja, no estamos percibiendo el beso de otra persona, sino lo que nuestro cerebro crea como sensación. De ahí la enorme capacidad de proyección de nuestro cerebro, entendida aquí la proyección no en un sentido peyorativo psicológicamente hablando, sino como un mecanismo absolutamente necesario que nos ha mantenido en la ilusión de vivir un mundo real que no existe más que en el cerebro. Este mecanismo es completamente inconsciente, es decir, toda la elaboración que tiene lugar en el cerebro durante este proceso que hace que percibamos ese beso es inconsciente; sólo conocemos el resultado, pero nada de ese trabajo cerebral que nos lleva a él. De

ahí que confundamos una cosa con otra.

Los órganos de los sentidos y todos los restantes receptores —tanto externos como internos— de nuestro cuerpo están traduciendo señales externas al lenguaje cerebral, lo que quiere decir que no vemos con los ojos ni oímos con los oídos, sino que lo hacemos con el cerebro. Esto quedará más claro en algunos de los otros capítulos de este libro. Pero baste el ejemplo del tamaño de la luna o del sol. ¿Nunca pensaron por qué la luna cuando sale en el horizonte es más grande que cuando se encuentra en el cénit? ¿O por qué el sol es inmenso cuando se pone en el horizonte, pero es mucho más pequeño cuando está en medio del cielo a mediodía? ¿Acaso es que cambian de tamaño? Evidentemente no. Pero el cerebro está acostumbrado a que los objetos que se encuentran más lejos, en el horizonte por ejemplo, tienen que ser mayores para que se reflejen en la retina con el mismo tamaño. El cerebro interpreta que el horizonte está más lejos que el cielo encima de nosotros y también interpreta que los objetos cerca del horizonte son mayores en tamaño que los mismos objetos encima de nosotros. Indiscutiblemente, la distancia de la luna o del sol a la tierra no cambia, lo único que cambia es la interpretación que el cerebro hace de esas distancias. En este ejemplo, y en muchos otros, podemos sorprender al cerebro engañando y falsificando la realidad física, adaptándola a sus necesidades.

Si observamos un círculo negro durante un rato y al cabo de ese tiempo, miramos a una pared blanca, veremos que ese círculo ahora es blanco, es decir, vemos su negativo; pero si nos separamos de la pared, el círculo aumentará de tamaño, aunque las células que producen ese círculo en la retina son las mismas; es el cerebro el que crea la ilusión de un mayor tamaño porque nos estamos alejando de la pared. Es exactamente el mismo mecanismo por el que vemos el sol o la luna mayores en el horizonte.

Todo esto está muy bien. Pero falta saber lo que hacemos cuando analizamos las funciones del cerebro. ¿Somos como el piloto que maneja solamente sus instrumentos de vuelo o somos observadores externos? En realidad somos ambas cosas, lo que hace que todo se complique enormemente. Ahora bien, si el cerebro no refleja fielmente la realidad exterior, ¿cómo sabemos que los resultados de nuestra investigación sobre el cerebro son de fiar? ¿Cómo es posible que avancen nuestros conocimientos sobre el cerebro? ¿No está también aquí el instrumento, es decir, el cerebro, determinando lo que observamos cuando analizamos ese cerebro?

Un ejemplo de que esto es así lo tenemos en la visión dualista del mundo. Pensamos que la realidad se divide realmente en aspectos contradictorios, en antinomias, pero ¿no es esta división el fruto de la utilización de una parte del cerebro? ¿La realidad es verdaderamente dual? Si así fuera, ¿cómo es posible la visión holística de la que también somos capaces? ¿Cuál de ellas es la verdadera? ¿O, acaso, ninguna? La filosofía hindú siempre pensó que la no dualidad era *brahman*, el ser interior de todas las cosas, mientras que la dualidad era un engaño, una ilusión. Pero si la visión dualista procede de la función de una parte del cerebro, la visión monista también lo sería, aunque de una estructura diferente. ¿Por qué, entonces, tenemos que darle más importancia a la visión monista que a la dualista, si ambas son fruto de la función de estructuras cerebrales y son, por tanto, tan reales como la función cerebral misma?

Hoy no se piensa, como en tiempos de Newton, que las leyes de la naturaleza son leyes que Dios ha impuesto y que nosotros hemos descubierto con nuestros experimentos; hoy se sabe que esas leyes son resultado de la especulación de la mente humana y tienen que llevar su sello. Lógicamente, algo de la realidad externa tenemos que captar, aunque sea sólo la parte que nos permiten nuestros órganos de los sentidos; si no fuese así, ni podríamos adaptarnos a ella, ni podríamos construir edificios, subir a la luna o curar enfermedades con éxito. Pero es pura ilusión creer que esa realidad de «ahí afuera» existe independientemente de nosotros, de nuestra mente, que la crea en parte. Este razonamiento nos conduce a pensar que lo que sabemos de la realidad de nuestro cerebro no sólo es parte de ella, sino que también existe una parte aportada por nuestra propia mente. Es en este sentido en el que se puede decir que nunca conseguiremos saberlo todo sobre el cerebro, lo cual no deja de ser una perogrullada, porque no conseguiremos saberlo todo de nada.

Que la realidad que vivimos es el resultado de las funciones cerebrales parece claro si

estimulamos eléctricamente el cerebro, como hizo Penfield en los años cincuenta. Este neurocirujano aprovechó que el cerebro es indoloro, es decir, que no tiene receptores para el dolor, y en operaciones neuroquirúrgicas estimuló eléctricamente la corteza cerebral para poder localizar sus funciones. Asimismo se puede observar si tenemos algún ataque epiléptico, en donde también se estimulan intensamente estructuras cerebrales. En ambos casos se pueden reproducir partes de esa realidad. Así, por ejemplo, podemos revivir lo que experimentamos en la infancia y que teníamos ya casi olvidado. O podemos tener alucinaciones de sucesos ocurridos o imaginados. Son retazos de la realidad cerebral inducidos exógena o endógenamente. O si ingerimos alguna droga que interaccione con los neurotransmisores cerebrales también podemos percibir y sentir sin necesidad de los órganos de los sentidos. En estos casos, incluso, la sensación de realidad adquiere una intensidad mayor que en condiciones normales.

Que esta realidad puede independizarse del mundo exterior nos lo indica el fenómeno de los «miembros fantasma», que trataremos en otro capítulo. En estos casos, el cerebro sigue con su extremidad «real», aunque la realidad nos dice que ya no existe, por haber sido amputada.

La percepción es el resultado de una larga historia de millones de años y se trata de un proceso por el cual recibimos determinados estímulos gracias al desarrollo de receptores capaces de percibirlos. Al igual que otros animales, los seres humanos tenemos receptores para determinadas energías físicas, pero no para otras, de forma que, por ejemplo, nos faltan receptores para poder percibir la luz ultravioleta, como hace la polilla; también nos faltan receptores para la luz infrarroja, como tienen algunas serpientes, que pueden sentir el calor de sus víctimas; y también nos falta la visión a larga distancia, como la que tiene el halcón. No podemos oír por encima de 20.000 hertzios de frecuencia, como hace el perro, por lo que se han inventado silbatos con los que se puede entrenar al perro y que son inaudibles para el oído humano.

Otro aspecto importante en la percepción son las expectativas que tenemos sobre lo que vamos a percibir. Si estamos conduciendo un automóvil y vamos hambrientos, no nos fijamos en las gasolineras, sino que percibimos solamente los restaurantes o bares donde sabemos que hay comida.

El sistema nervioso central es el resultado del entorno que lo ha formado y, por tanto, está especializado sobre todo en cambios de ese entorno y no en estímulos fijos. Nuestros receptores se acomodan más o menos rápidamente a los estímulos y las células dejan de producir potenciales. Ésta es la razón por la que poseemos un temblor fisiológico en los ojos, apenas perceptible, pues si los ojos quedasen fijos, al cabo de un cierto tiempo, por el fenómeno de acomodación, no veríamos nada.

La percepción tampoco es absoluta, depende siempre de lo que se ha percibido anteriormente. Esto significa que si metemos, por ejemplo, las manos en agua fría o caliente, y a continuación en agua tibia, esta última la percibiremos caliente o fría dependiendo de dónde ha estado metida antes la mano. Y el mismo experimento se puede hacer con pesas de diversos tamaños. Dependiendo de la última pesa que hayamos cogido, sentiremos la siguiente más o menos pesada.

De la información que el cerebro ya posea y las expectativas y experiencias que tenga depende, pues, la percepción. El llamado efecto *cocktail party* consiste en que en una reunión con mucha gente y mucho ruido, somos capaces de percibir lo que nos está queriendo decir nuestro interlocutor, a pesar de un enorme ruido de fondo, que inhibimos activamente. En realidad, el proceso que denominamos atención se caracteriza por focalizar la consciencia en un determinado tipo de información, inhibiendo el resto.

La percepción, pues, no es un fenómeno pasivo. En primer lugar, los estímulos tienen que ser traducidos al idioma cerebral; en segundo lugar, tienen que ser comparados con lo ya existente y valorados de acuerdo con criterios de supervivencia, siendo en unos casos pasados a la consciencia y en la mayoría enterrados en la inconsciencia o utilizados para tareas inconscientes a las que no tenemos ningún acceso. Finalmente, lo que se almacena probablemente es una mezcla de estímulos traducidos y aportaciones del cerebro de acuerdo con las vivencias del pasado. Tampoco en este proceso de almacenamiento tenemos posibilidad de acceso en la mayoría de los casos.

27. ¿Puede el entorno modificar las estructuras cerebrales?

Esta pregunta es crucial y, como puede entenderse fácilmente, de enorme importancia para saber si la cultura ha tenido y tiene una influencia sobre el desarrollo del cerebro, pero también para conocer hasta qué punto la educación puede moldear nuestro cerebro.

Algunos experimentos realizados en ratas han mostrado que si un grupo de animales se desarrolla en un ambiente estimulante, complejo o enriquecido, y otro grupo lo hace en jaulas de laboratorio, las neuronas corticales del primer grupo son más grandes y poseen más ramificaciones dendríticas y más sinapsis que las del segundo grupo. Asimismo, determinadas células de la glia, los astrocitos, son mayores en los cerebros de las ratas del primer grupo.

Pero el cerebro muestra una plasticidad extrema en determinados períodos críticos de su desarrollo. Pasados esos períodos, las modificaciones tienen lugar, aunque más lentamente. Estos períodos críticos han sido estudiados en animales como los gatos, en los que, entre los treinta y los sesenta días de edad, muestran una máxima receptividad para los cambios en la corteza visual, que pueden producirse si se modifican experimentalmente las informaciones visuales que llegan al cerebro. Así, por ejemplo, la privación de estímulos visuales durante el período crítico puede conducir a un desarrollo anormal de la corteza visual.

Un fenómeno bien conocido por los etólogos es la impronta, por la que un animal aprende, durante un período crítico, a restringir sus contactos sociales, como ocurría con los gansos de Konrad Lorenz, que, habiendo sido troquelados por la presencia del propio investigador tras la eclosión del huevo, en vez de a su madre, seguían luego a Lorenz a todas partes, como normalmente suelen hacerlo con su madre.

La ausencia de estímulos provoca en las grandes neuronas piramidales de la corteza visual una atrofia de sus dendritas, que es precisamente lo contrario de lo observado en animales criados en un entorno enriquecido. Esta atrofia dendrítica ha podido ser demostrada también en niños con retrasos mentales, estudiando su cerebro después de haber muerto por accidente o enfermedad. La escasez de espinas dendríticas apunta naturalmente a una pobreza de conexiones interneuronales en estos niños.

28. ¿Sólo el hombre es capaz de crear cultura?

Hasta ahora era una afirmación indiscutible; si algo separaba al hombre del resto de los animales, separación afanosamente buscada, era precisamente la falta de cultura en los animales que nos han precedido en la evolución.

Sin embargo, ahora que se ha estudiado con más intensidad el comportamiento social de otras especies de primates, como los chimpancés, ha podido mostrarse que estos animales poseen rudimentos de cultura. Diversos grupos de África muestran diferencias culturales. Se han encontrado casi cuarenta conductas diferentes que son frecuentes en uno o varios, pero no en todos, los grupos examinados. Estas conductas diversas están relacionadas con la obtención de alimentos, el uso de piedras o instrumentos de madera (aunque no su fabricación) y otras conductas sociales. También se ha podido observar cómo determinadas diferencias culturales se desarrollan y luego se transmiten.

Por ejemplo, hace mucho tiempo que se observó que los chimpancés utilizaban ramas, palos y tallos de hierbas para conseguir alimentos. Estos animales suelen usar estas ramas para introducirlas en hormigueros y conseguir así estos animales que forman parte de su dieta. Pero existen diferencias en las distintas regiones. Así se ha visto que los chimpancés de Gombe, en África oriental, utilizan estas ramas sin quitarles previamente la corteza. Lo contrario sucede en Okorobiko, en África central, donde los chimpancés, antes de usar las ramas, les quitan la corteza. En Senegal, estos animales no utilizan ramas, sino palos con los que hacen boquetes en el hormiguero y luego cogen las termitas con las manos. Estas variadas técnicas pasan de una generación a otra por tradición cultural.

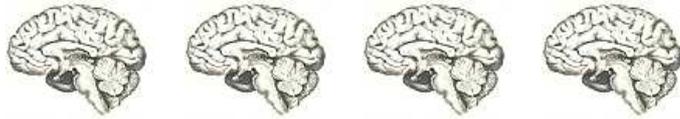
En algunos pocos casos se han observado innovaciones técnicas que se han extendido por toda la población, como el conocido caso de los macacos japoneses de la isla de Koshima. Científicos de este país, con objeto de observar a los monos mejor, repartieron batatas en la playa. Se observó cómo una hembra de 16 meses de edad llamada Imo lavaba las batatas en un arroyo para quitarles la arena de la playa. Esto fue imitado por otros miembros de su especie y en diez años este hábito se había extendido a la mayoría de la población y a todas las islas del archipiélago japonés.

Algo parecido ocurrió cuando se les suministró a los macacos granos de cereales en la playa. Los monos aprendieron a tirar puñados de arena con los granos al agua; la arena se iba al fondo y los granos flotaban, siendo recogidos con las manos por los monos. También esta innovación se extendió por toda la población.

Por definición, el paso de información de una generación a la siguiente por medios no genéticos se ha denominado intercambio cultural. Y eso es lo que algunos animales hacen. Existe un pájaro en las costas marítimas que se ha especializado en moluscos con una doble y fuerte concha, como las ostras. Los miembros adultos de esta especie de ave utilizan dos métodos distintos para obtener el contenido de estas ostras; o las golpean con fuerza con sus picos en la parte más frágil de la concha, o introducen el pico en el sifón abierto cuando el molusco se encuentra bajo el agua y cortan el músculo aductor que mantiene cerradas las dos valvas. Los miembros jóvenes aprenden estos métodos de sus padres.

Estos ejemplos no pueden compararse con la cultura y tradición humanas, sobre todo por la falta de lenguaje en estos animales, pero sí pueden considerarse muestras de que la cultura y la tradición no requieren un organismo muy desarrollado.

Cerebro y funciones mentales



29. ¿Es cierto que existen en el cerebro «centros de placer»?

La expresión «centros de placer» está anticuada. Cuando en la década de los cincuenta del siglo XX se realizaron experimentos con ratas que podían estimularse a sí mismas ciertas estructuras cerebrales apretando una palanca colocada en su jaula, se observó que estas ratas, una vez recibida esta autoestimulación cerebral, estaban todo el tiempo apretando la palanca y olvidaban los alimentos, las bebidas e incluso el sueño, dejando de estimularse sólo cuando estaban agotadas. Los animales llegaban incluso a apretar la palanca más de 6.000 veces por hora; respecto a las gratificaciones normales, esta estimulación eléctrica de estructuras cerebrales se caracterizaba por la falta de sensación de saciedad.

De estos experimentos se dedujo que la estimulación eléctrica de estas estructuras producía un placer intenso y que las ratas terminaban siendo adictas a esta estimulación. Estos experimentos se repitieron en pacientes que iban a ser operados por epilepsia intratable con fármacos y, en las mismas estructuras del sistema límbico que fueron estimuladas, los pacientes tuvieron también experiencias de placer. Pero es sabido que la estimulación eléctrica en el cerebro produce activación no sólo de las neuronas que allí se encuentran, sino de fibras que pueden recorrer un gran trayecto y afectar otras estructuras distantes de donde se encuentran los electrodos de estimulación. Por esta razón, no es correcto hablar de «centros de placer».

Ahora bien, estos experimentos indican claramente que existen estructuras que cuando se activan en el cerebro sirven de refuerzo de determinadas conductas y que bien pueden ser los sustratos anatómico-funcionales de la dependencia que el ser humano muestra con determinadas drogas, como el alcohol o las anfetaminas.

A partir de los experimentos en animales fueron estimuladas muchas estructuras cerebrales, con el resultado de que algunas suponían un refuerzo positivo de la conducta del animal, pero otras eran negativas o aversivas, lo que se demostraba por la tendencia del animal a evitar esa estimulación. Los lugares de refuerzo positivo se localizan alrededor de haces de fibras que van desde el cerebro medio hasta el lóbulo frontal y entre esas fibras se encuentran muchas que contienen dopamina. Por eso, sustancias que son agonistas, es decir, que imitan el efecto, de la dopamina, como ocurre con las anfetaminas, aumentan la tasa de autoestimulación. Lo contrario ocurre cuando se administran sustancias que bloquean los receptores de dopamina, como el haloperidol, un fármaco usado en la esquizofrenia.

El cerebro contiene, pues, sistemas de recompensa en los que están implicados neurotransmisores, y, por tanto, son susceptibles de influencias mediante fármacos que reaccionan con esos neurotransmisores. No sólo la dopamina, sino también otras drogas como el alcohol, los barbitúricos, la cafeína, la marihuana o la nicotina son capaces de activar los sistemas

dopaminérgicos en el cerebro con efectos gratificantes.

Se ha podido constatar que la abstinencia de cocaína o morfina tras una administración repetida puede disminuir los niveles de dopamina en el cerebro, lo que parece relacionarse con intensas ansias asociadas a la retirada de la droga en personas adictas. Así pues, las drogas que crean adicción están utilizando sistemas de recompensa cerebrales que son útiles y están implicados normalmente en el control de nuestra conducta y en soportar los conflictos del entorno y que, muy probablemente, han jugado un papel importante en la supervivencia. La consecuencia positiva de este hecho es que se pueden utilizar las drogas que crean adicción para estudiar los mecanismos cerebrales normales que forman el sustrato de los procesos de motivación y recompensa.

Dado que el cerebro produce también péptidos opioides endógenos, cuya producción aumenta en situaciones de estrés y que son capaces de activar estos sistemas de recompensa, se entiende que algunas personas busquen situaciones de estrés, como conductas que suponen un alto riesgo o incluso estímulos dolorosos, o ejercicios extenuantes, para de esta manera producir más opiáceos endógenos y procurarse placer.

Los sistemas de recompensa guían al individuo en condiciones normales a dirigirse a metas que sirven para asegurar la supervivencia del organismo, como son la ingesta de alimentos o de agua, o la supervivencia de la especie, como es la conducta reproductiva. Habría que preguntarse, pues, cuándo esa conducta se convierte en patológica. ¿Cuáles son los límites de la activación de esos sistemas de recompensa? Los deportistas de alto rendimiento o los que se exponen a altos riesgos, ¿son adictos a esos ejercicios? ¿Existen adictos al sexo, a la alimentación o a los deportes? Es de suponer que sí, desde el momento en el que la persona implicada pierde el control o la capacidad de inhibir esos comportamientos o conductas.

El abuso de drogas analgésicas produce una insensibilización de los circuitos neurales del sistema de recompensa, de forma que cada vez son necesarias dosis mayores para producir algún efecto. Cuando se llega a este extremo, el consumo de la droga sirve apenas para paliar los síntomas vegetativos y corporales que aparecen cuando el organismo, acostumbrado a ellas, se ve privado de estas sustancias.

El propio organismo nos avisa de que la búsqueda de felicidad por caminos fáciles, como el consumo de drogas, tiene sus límites. Al necesitar cada vez mayores cantidades de droga, el drogadicto se encuentra a un paso de la criminalidad y muchos de ellos se encuentran inmersos en ella para poder financiar sus costosas adicciones.

30. ¿Es cierto que el cerebro tiene un reloj interno?

Sí lo es. Dentro del cerebro existe un núcleo que pertenece al hipotálamo, el núcleo supraquiasmático, llamado así porque se encuentra justo por encima del quiasma óptico o lugar donde cruzan fibras del nervio óptico camino del tálamo.

La primera prueba de la existencia de un reloj biológico se tuvo a principios del siglo XVIII cuando un físico francés observó la apertura y el cierre de las hojas de una mimosa; colocó luego la planta en un armario oscuro y constató que la planta seguía abriendo y cerrando las hojas aunque no recibía ninguna luz del sol.

En mamíferos, las variaciones de luz/oscuridad, así como las variaciones de temperatura y humedad, son lo que en alemán se denominan *Zeitgeber*, es decir, «dadores de tiempo», aunque también podrían llamarse marcapasos. Si estos marcapasos no existen, porque experimentalmente se priva al sujeto de ellos, entonces el reloj interno hace que los ciclos sean «circadianos», es decir, aproximadamente de veinticuatro horas. Si se lesiona el núcleo supraquiasmático del hipotálamo, el ciclo circadiano desaparece.

Muchos animales muestran un ritmo circadiano, como, por ejemplo, la mosca de la fruta, que siempre se aparea al final de la tarde aunque falten señales externas que le indiquen el momento del día en el que esta. Así, en la oscuridad evitan a los posibles predadores. También la ardilla mantiene ese mismo ritmo en el laboratorio, aunque le falten las señales que le indiquen la estación en la que se encuentra.

Es curioso también que exista otro tipo de ritmos adecuados a las características del animal que los posee. Por ejemplo, las ostras que están adaptadas a la marea y tienen un ciclo de 12,4 horas en donde abren su concha y vuelven a cerrarla de acuerdo con la marea. De esta manera, se abren cuando están bañadas por el agua, pudiendo alimentarse, y se cierran cuando se encuentran en aguas poco profundas o cerca de la orilla con el peligro de ser devoradas o de desecarse. Pero este ciclo es independiente, de nuevo, de señales externas.

Habría que preguntarse por qué se han desarrollado relojes biológicos internos que son independientes del entorno. Desde luego las señales externas no son muy de fiar. Por ejemplo, las ostras podrían abrirse con una lluvia persistente y copiosa, lo que expondría a las ostras al peligro de ser devoradas por pájaros. Esto no quiere decir que las señales externas no tengan ningún efecto sobre la conducta del animal. Si, por ejemplo, las ostras se trasladan a otro lugar con ritmos de marea distintos, el animal se adapta a ese nuevo ritmo abriéndose y cerrándose adecuadamente. Esas señales externas que son capaces de entrenar un ritmo biológico son lo que antes llamamos *Zeitgeber*.

En grillos se ha podido mostrar que el sistema completo de control incluye no solamente componentes que son independientes de las señales externas, sino también componentes que son dependientes de esas señales. El componente independiente se denomina reloj biológico y es de aproximadamente 24 horas, es decir, circadiano. Los componentes que dependen de las señales externas sincronizan el reloj de acuerdo con el entorno. El reloj biológico en estos animales reside en los lóbulos ópticos, desde donde envían impulsos al resto del cerebro.

Si se aísla a un ser humano completamente, por ejemplo, colocándolo en un búnker con luz artificial y sin relojes que puedan orientarlo sobre el ciclo luz/oscuridad naturales, el sujeto al principio se acostumbra a un ritmo de aproximadamente 25 horas, pero luego su actividad se adapta a un ritmo de 30-36 horas, permaneciendo despierto unas 20 horas seguidas para luego dormir unas 12.

Otros ciclos son más cortos, como el de la temperatura corporal, lo que nos indica que son relojes distintos. Pero el marcapasos primario para los mamíferos es sin duda el ciclo luz/oscuridad

controlado por el núcleo supraquiasmático del hipotálamo. Se trata de un pequeño núcleo de no más de 0,3 mm³ que, de ser extirpado, produce un trastorno en la ritmicidad circadiana del sueño y la vigilia, la ingesta de alimentos y la actividad. Este núcleo recibe fibras de la retina del ojo a través del tracto retino-hipotalámico, por lo que la luz afecta a la actividad de esas neuronas.

¿Cuál es la naturaleza de este mecanismo de relojería interno? Se supone que el proceso fundamental es la síntesis de proteínas, de forma que sustancias que inhiben esa síntesis son capaces de trastornar el reloj interno.

En nuestro mundo de hoy, es muy frecuente cambiar de horarios de trabajo o incluso de latitud, por lo que se producen en el ser humano, si estos cambios son muy frecuentes, un aumento de la irritabilidad y dificultades en el sueño. Como el ritmo circadiano en el ser humano es de aproximadamente 25 horas, esto significa que cuando se cambia de latitud es más fácil adaptarse a cambios en dirección hacia Occidente que cuando se viaja hacia Oriente, porque resulta más conveniente ajustarse a una puesta de sol más tarde que más pronto.

En el ser humano existen también diferencias individuales con respecto a los ritmos biológicos. Todos sabemos que hay personas que son «alondras», es decir, que muestran temperaturas corporales altas y mayores niveles de energía en las horas tempranas del día, mientras que otras son «lechuzas», o sea, que esas características son a la inversa, rindiendo más por la noche.

En algunos animales, el núcleo supraquiasmático, que contiene al parecer un marcapasos central, envía señales a la glándula pineal que ajusta su producción de melatonina de acuerdo con los períodos de luz. La melatonina es una hormona producida durante la noche por la glándula pineal gracias a estímulos que proceden de la retina y de otros núcleos del sistema nervioso central. Es una proteína que determina el color de la piel, los ojos y el pelo; se produce también en unas células llamadas melanocitos que si se dañan no se produce melanina y la piel se queda blanca. Es capaz de integrar los componentes dependientes e independientes del entorno que regulan el ciclo luz-oscuridad, por eso se ingiere recientemente para evitar los trastornos producidos por viajes intercontinentales, el llamado «jet lag».

Aparte de los ciclos circadianos existen también ciclos más largos, como los circanuales o de estación, que tienen lugar en muchas partes del mundo.

31. ¿Es innata nuestra capacidad lingüística?

Desde que el lingüista norteamericano Noam Chomsky planteó la existencia en humanos de una disposición innata para una gramática universal que se desarrollaría en un entorno parlante, esta hipótesis ha sido poco a poco aceptada por la mayoría de los autores. Un discípulo de Chomsky, Steven Pinker, habla incluso del lenguaje como un instinto. El argumento más fuerte a favor de esta hipótesis es el hecho de que el lenguaje no sigue ninguna de las reglas conocidas del aprendizaje, sino que el niño pequeño aprende a hablar con una rapidez insólita, inexplicable si no existiese esa capacidad innata.

Hay muchos otros argumentos a favor de esta postura que afirma que somos capaces de desarrollar una gramática universal que sería la base de cualquier lenguaje. Cualquier frase posee una estructura profunda, un patrón mental que está grabado en una estructura superficial, la expresión verbal, siguiendo una serie de reglas o «transformaciones». Los detalles de estas transformaciones varían de lenguaje en lenguaje, pero todos comparten ciertas propiedades abstractas que constituyen esa gramática universal. Esto es lo que afirma Chomsky. Por eso, los 4.000/6.000 lenguajes que hoy se conocen tienen todos una estructura parecida.

Tanto Chomsky como el biólogo norteamericano Stephen Jay Gould mantienen que el lenguaje no es el producto de una adaptación evolutiva, sino más bien una consecuencia accidental de una evolución compleja de la corteza cerebral.

Los niños que son sordos de nacimiento pueden aprender el lenguaje de signos y los que son sordomudos también aprenden a comunicarse de forma humana, lo que viene a confirmar la capacidad del ser humano de utilizar símbolos abstractos para comunicarse entre sí, independientemente del propio lenguaje.

Existen estudios que sugieren la existencia de genes que determinan la gramática, o, al menos, los circuitos neuronales necesarios; además, existe un síndrome conocido como «déficit específico del lenguaje» (en inglés: *specific language impairment*), que tiene una base genética y que produce un desarrollo del lenguaje más lento así como una morfología gramatical anormal.

En 1961 un cardiólogo de Nueva Zelanda se dio cuenta de que un grupo de sus pacientes más pequeños se caracterizaba por determinados síntomas: tenían la nariz respingona, la barbilla reducida, las orejas puntiagudas y eran retrasados mentales, pareciéndose por su aspecto a los gnomos, elfos o duendes de los cuentos de hadas. Aparte de estos síntomas tenían también una estrechez de la arteria aorta, un desarrollo físico y mental muy lento, eran muy sensibles al ruido y parecían envejecer prematuramente. En este síndrome que lleva el nombre de aquel cardiólogo, Williams, que afecta a uno de cada 20.000 niños, se ha observado la supresión de una región en el cromosoma 7 que está en relación con un déficit en la capacidad visuoespacial. Como consecuencia de ello, su capacidad visuoespacial es mala, son incapaces de realizar tareas por sí mismos, creen que todos los objetos móviles están animados, pero su lenguaje es fluido y rico, muestran una enorme facilidad para el reconocimiento de caras, así como una alta sociabilidad, pero con dificultades en la lectura y en la escritura. Algunos de ellos destacan por una habilidad musical extraordinaria, pero adquieren tarde el lenguaje.

Todos estos datos apuntan a que el lenguaje es una función totalmente independiente de las otras capacidades mentales del individuo.

Como es sabido, el lenguaje se localiza en la inmensa mayoría de los individuos en el hemisferio izquierdo. Otros lenguajes aprendidos más tarde se localizan en otros lugares no tan bien definidos, de forma que tras una hemorragia cerebral se puede perder el lenguaje materno, pero no los otros, y viceversa. En personas bilingües las técnicas de imagen cerebral han detectado que un lenguaje activa determinadas áreas y el otro, otras áreas distintas.

Es evidente que el lenguaje es una característica específica del ser humano que nos distingue de otros animales. El lenguaje es un sistema complejo, flexible y potente de comunicación que está relacionado con la utilización creativa de palabras según normas de un sistema gramatical. Aunque esté limitado por las normas gramaticales, el lenguaje es prácticamente infinito y, sobre todo, creativo. Hasta ahora, estas características sólo se han encontrado en el lenguaje humano. Otros animales, como los chimpancés o los delfines, utilizan sistemas de comunicación, pero hasta ahora estos sistemas no han mostrado tener las características humanas del lenguaje.

Tampoco ha sido posible enseñar el lenguaje humano a chimpancés, por ejemplo, que son animales con un cerebro cercano al nuestro. Aprovechando el lenguaje de signos, algunos ejemplares, más inteligentes han conseguido aprender el significado de algunas palabras, pero esto puede ser debido a una buena memoria y no a su capacidad de combinar los símbolos de forma tan original como nosotros hacemos.

La localización de las áreas cerebrales responsables del lenguaje se hizo gracias al estudio de las afasias, es decir, de la pérdida parcial o total de la capacidad de hablar. En el siglo XIX se descubrieron las áreas de Broca en el lóbulo frontal, responsable de los aspectos motores del habla, y en la región ténporo-parieto-occipital, el área de Wernicke, responsable de la comprensión del lenguaje. Por supuesto, ambas áreas están comunicadas profusamente por fibras de conexión y su interrupción da lugar a un síndrome de desconexión típico.

Es conocido que la localización del lenguaje suele estar en el hemisferio izquierdo en la inmensa mayoría de las personas, sean diestras o zurdas, y esto puede comprobarse por el llamado test de Wada. John Wada, en el Instituto Neurológico de Montreal, desarrolló el test que lleva su nombre y que consiste en la inyección en la arteria carótida interna de un analgésico, amital sódico, con lo que tras la inyección se paralizaban las extremidades del lado contralateral y si se hacía en la carótida interna del lado izquierdo, generalmente el sujeto perdía la capacidad de hablar. De esta manera podía saberse si el lenguaje estaba localizado, como en la mayoría de los casos, en el hemisferio izquierdo o no.

El lenguaje americano por signos utiliza las mismas estructuras cerebrales que el lenguaje normal, ya que las lesiones hemisféricas izquierdas, por ejemplo en personas sordas, causan un déficit similar al que producen en personas parlantes.

Se calcula que el 95 por ciento de las personas diestras tienen localizado el lenguaje fundamentalmente en el hemisferio izquierdo, que recibe así el adjetivo de hemisferio dominante. En los zurdos, el lenguaje se localiza principalmente en el hemisferio izquierdo en el 75 por ciento de los casos, en un 15 por ciento es en el hemisferio derecho y el otro 15 por ciento restante en ambos hemisferios. El hemisferio no dominante, que suele ser el derecho, también tiene capacidades lingüísticas, sobre todo en la comprensión del lenguaje hablado.

Algunos autores son de la opinión de que el lenguaje es condición indispensable para la consciencia y el pensamiento, es decir, que los límites del lenguaje son los límites del pensamiento. El psicólogo inglés Ian MacPhail, en su libro *La evolución de la consciencia*, afirma que sólo los seres humanos tienen consciencia porque son los únicos animales con lenguaje; tampoco los niños que no poseen aún lenguaje tienen consciencia. Ahora bien, se ha encontrado que muchos mamíferos poseen un centro para la comunicación con otros congéneres que está situado en el lóbulo temporal, en la mayoría de los casos el izquierdo, y cuya destrucción en monos deteriora la comunicación intraespecífica.

32. ¿Existe una inteligencia innata para la música?

Es así. Además, las pruebas clínicas indican una cierta modularidad, o sea, que la música está sustentada en un módulo cerebral de relativa independencia. Se la ha comparado con el canto de los pájaros, porque éstos tienen asimismo una determinada localización cerebral como sustrato de su habilidad.

Como todos sabemos, la música está muy ligada a las emociones y sus orígenes se remontan a unos 50.000 años al menos, ya que se han encontrado gaitas y flautas con esa antigüedad. En 1999 se descubrió en Eslovenia una cueva que había sido habitada por los hombres de Neandertal; en ella apareció un hueso de la pata de un oso tallado de forma que podía haber servido como flauta. La distancia entre los agujeros tallados correspondía a la distancia que existe también en una flauta moderna. Por tanto, se ha concluido que el Hombre de Neandertal, hace como mínimo 40.000 y un máximo de 80.000 años, conocía ya la música.

Esto plantea un problema, ya que se supone que el Hombre de Neandertal no poseía el lenguaje moderno como el Hombre de Cro-Magnon, es decir, el hombre moderno. En consecuencia, la música habría precedido al lenguaje moderno. Dado que ambas facultades se basan en el empleo de sonidos, este descubrimiento podría interpretarse como si la música hubiera tenido algo que ver con el posterior desarrollo del lenguaje. Todo esto es pura especulación.

Algunos autores, basándose en que la capacidad musical es fundamentalmente una especialización del hemisferio derecho y el lenguaje, en la mayoría de los individuos, del hemisferio izquierdo, han pensado que ambas facultades pueden ser complementarias y haberse desarrollado conjuntamente.

Sobre el origen de la música existen especulaciones a gusto de cualquiera. Parece plausible que estuviese ligada a la relación de la madre con sus hijos, ya que esta relación es importante como función en los mamíferos que poseen un sistema límbico y es, sin duda alguna, asimismo una relación emocional. Quizás la presencia acústica de la madre haya producido en las crías una sensación placentera que sería el origen de lo que experimentamos cuando escuchamos algún tipo de música. Ese estremecimiento que a veces experimentamos al oír una pieza musical que nos entusiasma sería, pues, una reliquia de los estremecimientos experimentados al oír la voz o los cantos de la madre.

Otra hipótesis que se ha planteado es la capacidad de organizar la vida en grupo y estrechar los lazos frente a agresores, lo que tendría un valor de supervivencia importante. Recordemos los cánticos de personas que trabajan juntas en una tarea determinada, pero también los cánticos guerreros que enardecen al conjunto y aumentan las resistencias personales frente a un enemigo. Y no olvidemos los cánticos que se realizan en rituales sociales de tipo religioso o mágico. Todavía hoy, cuando nos reunimos para algún tipo de acción común, solemos cantar en grupo, lo que nos da una sensación de pertenencia a ese grupo que sirve lógicamente para cohesionarlo.

Estamos aún muy lejos de saber dónde se encuentran en detalle todos los aspectos de la música en el cerebro, pero algo sabemos hoy gracias en primer lugar a las lesiones que han sufrido personas relacionadas con la música como compositores y ejecutores, pero también a las modernas técnicas de imagen cerebral.

Que la música es procesada en el hemisferio derecho preferentemente lo muestra el ejemplo del compositor Maurice Ravel (1875-1937), que sufrió un derrame cerebral en el hemisferio izquierdo con la consiguiente afasia, pero la mayoría de sus facultades musicales no sufrieron ningún tipo de deficiencia. Aquellas facultades que estaban en relación con la producción musical, y no con la percepción, sí sufrieron con la hemorragia: Ravel dejó de componer, de tocar el piano y de poder

leer música.

Estudios realizados con modernas técnicas de imagen cerebral han mostrado que la corteza prefrontal derecha también participa, aparte del lóbulo temporal derecho, en tareas de discriminación musical en las que se requería la memoria a corto plazo.

Se sabe que la corteza auditiva primaria, que se encuentra en el lóbulo temporal, procesa las informaciones que se suceden con gran rapidez; la misma región del hemisferio derecho, sin embargo, se encarga de elaborar aspectos relacionados con la frecuencia del sonido y los timbres. Existen, además, áreas auditivas llamadas asociativas que se encuentran alrededor de las áreas primarias de la audición. Se encargan de la elaboración más sofisticada de la información auditiva.

Parece claro que los aspectos más globales de la música, como la melodía o el contorno melódico, serían responsabilidad del hemisferio derecho, mientras que los aspectos analíticos, como los ritmos o las secuencias de tonos, se procesarían en el hemisferio izquierdo. Esto explicaría por qué cuando el sujeto de experimentación no tiene muchos conocimientos musicales, la activación de las áreas auditivas se observa en el hemisferio derecho, mientras que en sujetos con experiencia musical, sean músicos o compositores, se ha observado una activación de ambos hemisferios, ya que este grupo de personas suele analizar los pormenores y detalles de la música que escuchan.

En el caso del oído absoluto, es decir, la capacidad de algunas personas de identificar un tono determinado sin basarse en tonos comparativos, parece ser que poseen una circunvolución cerebral situada en el lóbulo temporal posterior superior muy desarrollada. Naturalmente, para que esta capacidad se desarrolle normalmente es necesario que el sujeto se someta a un entrenamiento musical antes de los siete años de edad.

Como ocurre en otros aspectos de nuestra conducta, todos conocemos la importancia que tiene la audición musical para el entrenamiento del oído; con palabras neurofisiológicas, la corteza auditiva primaria y secundaria, como toda otra región cortical, es plástica o modificable por la experiencia, en el sentido de que puede entrenarse y hacerse mucho más sensible a fuerza de escuchas musicales.

La localización de «la música», en sentido genérico, será siempre una tarea difícil, ya que el ser humano la percibe no sólo por el oído, sino también por otros sentidos como, por ejemplo, el sentido de la vibración; o si leemos una partitura estamos almacenando los símbolos, las notas, seguramente en un lugar distinto a la corteza auditiva; es de suponer que los instrumentistas almacenan las informaciones motoras de la ejecución de una pieza musical también en lugares distintos a los centros de la audición. Por eso, al recordar una melodía podemos recurrir a esos distintos bancos de memoria para reproducirla. Se da el caso de que algunos pianistas sienten en los dedos la melodía que están recordando, de la misma forma que lo hacen con el oído interno cuando golpean la mesa en la misma secuencia con la que lo hacen en el piano al ejecutar una pieza musical determinada.

Por todo lo dicho anteriormente, es difícil localizar las funciones musicales en el cerebro porque acaso difieran de un individuo a otro; no sólo la capacidad musical, que muy probablemente es innata, es diferente de unas personas a otras, sino que la educación musical que han recibido y los entrenamientos que han tenido lugar si tocan algún instrumento son completamente diferentes; y ni que decir tiene que si el sujeto es un profesional de la música o, incluso, un compositor, los lugares en el cerebro que procesan la información serán muy distintos, aparte de algunos aspectos genéricos, de los lugares donde se localice la percepción musical en una persona que no reúna esas condiciones.

Como hemos dicho, se piensa que, al igual que el lenguaje, la capacidad para la música podría ser innata, lo que sugiere el hecho de que niños de pecho prefieren escalas musicales a notas al azar; además, son muy sensibles a los errores musicales.

La hipótesis de la modularidad de la inteligencia musical se ve reforzada por la existencia de autistas con una capacidad musical excepcional, pero con coeficientes intelectuales muy bajos. Lo mismo suele ocurrir en el síndrome de Williams (véase el capítulo anterior). Además, ciertas lesiones de la corteza frontal y temporal derechas se acompañan de amusia, o sea, la dificultad en discriminar tonos y reproducirlos. Existen lesiones donde desaparece la facultad de reconocimiento de la música o del canto, pero queda conservada la capacidad de reconocimiento del ritmo y del

contenido emocional de la música.

Las estructuras responsables del aprendizaje y del almacenamiento de los tonos están separadas de las estructuras que subyacen al lenguaje.

Que se puedan producir síntomas de incapacidad musical de forma aislada no significa que este módulo no interactúe con otros tipos de inteligencia en condiciones normales. Así lo demuestra el llamado «efecto Mozart», que produce un mejor rendimiento en tareas espaciales y temporales en niños tras la audición de la sonata en Re mayor, KV 448.

Existen al menos tres posibles teorías interactivas sobre la evolución de la música y el lenguaje: que la música se desarrolló a partir del lenguaje, que el lenguaje se desarrolló a partir de la música y que ambos tuvieron un antecesor común.

Spencer consideraba el canto como un lenguaje emocionalmente intensificado. Para Darwin era un rudimento heredado de los períodos de cortejo de los animales que nos han precedido, que luego derivó en lenguaje. Richard Wagner creía que el lenguaje y la música partían de una fuente común.

La música y el lenguaje comparten representación en el cerebro; estas representaciones se solapan en el mismo hemisferio y tienen localizaciones homólogas en el hemisferio opuesto.

La capacidad musical parece ser, más bien, una competencia biológica que una función cultural generalizada. Algunos piensan que es una adaptación multifuncional.

Se han dado múltiples explicaciones sobre el origen de la música: la promoción de la domesticación de animales, la coordinación de la actividad humana, un papel en el desarrollo sexual y en el cuidado paterno.

Muchos autores piensan que la música se desarrolló por selección sexual en el cortejo de muchos animales y que serviría para la selección del compañero o de la compañera.

Otro grupo de autores piensa que su papel fue social: la coordinación, la cohesión, la cooperación entre los miembros del grupo.

Un tercer grupo es de la opinión de que juega un papel fundamental en el cuidado paterno, en la comunicación entre padres y crías.

Existe otro grupo que propone que la música y el lenguaje estuvieron ligados durante la evolución.

En los seres humanos lo específico no es sólo su capacidad para moverse rítmicamente, sino ser capaces de entrenar sus movimientos de acuerdo con un temporizador externo, como, por ejemplo, los tambores (característica esencial de la música y de la danza) y es dissociable de la capacidad para producir y percibir las características tonales de la música.

33. ¿Cómo y dónde surge la consciencia?

La consciencia no es un proceso único, sino que engloba muchos procesos distintos que están localizados en el cerebro también en lugares diversos. Así, por ejemplo, la consciencia del propio cuerpo, la consciencia de la propia identidad, la consciencia de que tenemos el control sobre nuestras actividades y la consciencia de que nuestro cuerpo ocupa un lugar en el espacio y en el tiempo son llamadas consciencias de fondo.

Frente a este tipo de consciencia existe otra de más actualidad, como son las percepciones que se tienen en un momento determinado, las actividades psíquicas como los recuerdos, las imaginaciones y los pensamientos que son pasajeros, las emociones y afectos, así como las necesidades fisiológicas, que suelen ser también pasajeras.

Curiosamente, como hemos dicho antes, puede ocurrir que por cualquier lesión cerebral perdamos la consciencia de nuestro propio cuerpo, o partes de él, sin perder ninguna otra facultad de las que hemos hablado. Pero también puede ocurrir que personas conscientes perfectamente de su cuerpo y de las funciones de percepción, sentimientos, etc., no sepan quiénes son o dónde se encuentran en un momento determinado.

Se sabe también que la atención, otro término muy difícil de definir en términos neurofisiológicos, es importante para la consciencia. Todo lo que queda fuera de la atención suele ser inconsciente y mientras más atención prestamos a algún suceso, menos consciente somos del resto del entorno, lo que indica que al prestar atención a algo estamos al mismo tiempo inhibiendo aferencias sensoriales que proceden de otro lugar distinto al que atendemos.

Hay investigadores que han calculado que la consciencia ocupa sólo un 2 por ciento de toda la actividad cerebral. Independientemente del método que hayan empleado para llegar a esa tan difícil conclusión, lo que sí parece claro es que la inmensa mayoría de nuestras actividades cerebrales discurren de forma inconsciente.

No sabemos lo que puede el cerebro percibir o registrar en los primeros años de vida, cuando aún no tenemos la capacidad de almacenar nada en la memoria episódica, ya que las estructuras responsables de ello no están aún maduras. Pero sí está claro para muchos neurólogos y psicólogos que existe una percepción y un aprendizaje inconsciente, así como un almacenamiento en la memoria también inconsciente.

En este último caso es difícil discutir que la inmensa mayoría de los contenidos son almacenados en la memoria de forma inconsciente. La consciencia no tiene por lo general ninguna capacidad de influir sobre lo que almacenamos en la memoria. Es más, podemos almacenar contenidos de forma consciente, pero nos cuesta mucho trabajo y hay que repetirlos innumerables veces; mientras que, por otro lado, una sola presentación con un contenido emocional alto puede grabarse para toda la vida en la memoria. Es decir, que la huella que pueden dejar vivencias cargadas emocionalmente es muy superior a la que dejan otras actividades que discurren conscientemente.

De todo esto se deduce que existe una memoria implícita, no consciente, que probablemente es mucho mayor de lo que imaginamos y que sólo aflora a la consciencia en determinadas circunstancias. El fenómeno de la criptomnesia, es decir, el desconocimiento de la existencia de otras memorias, lo corrobora. Es muy probable, asimismo, que el recuerdo esté sometido también a algún tipo de inhibición, ya que en algunos casos patológicos los sujetos muestran una memoria muy superior a la normal, aunque otras facultades estén en condiciones ínfimas de desarrollo, con lo que se demuestra que la capacidad de almacenamiento es muy superior a la que creemos de forma consciente que existe.

Bien es cierto que cuando queremos aprender algo, sobre todo alguna habilidad motora, necesitamos la consciencia para el entrenamiento. No podemos aprender, por ejemplo, a tocar el

piano sin prestar atención consciente a la partitura y a la colocación de los dedos sobre las teclas. Pero también es cierto que, con la costumbre, es decir, a medida que el aprendizaje tiene lugar, esa necesidad de concentración o de prestar atención a la tarea va disminuyendo hasta desaparecer. La tarea motora se convierte en automática, tarea que es mucho más fácil luego de realizar sin prestar atención, atención que lo que suele hacer es dificultarla y alargarla en el tiempo. La automatización de actos motores discurre mucho mejor sin consciencia, como bien saben los que tocan instrumentos de música, los que utilizan la mecanografía o los deportistas.

Hay autores que sostienen que la consciencia sólo es útil cuando se trata de acontecimientos importantes o nuevos. Es de suponer que esta opinión lo que revela es la creencia de que la consciencia, al ser una función intelectual importante, también tiene atribuidas funciones que son más importantes para el organismo. Ahora bien, hemos visto que los estímulos con carga afectiva e importantes para el organismo son almacenados en la memoria de manera inconsciente. Tampoco reaccionamos, en situaciones de emergencia, con mecanismos cerebrales conscientes, sino que estas reacciones tan importantes para la supervivencia, como la lucha o la huida, se realizan totalmente de forma inconsciente, aunque luego, más tarde, se pueda considerar lo ocurrido de manera consciente. Quizás en situaciones complejas, pero no de peligro inminente para el organismo, sea necesaria la consciencia, pero por lo que respecta a la supervivencia, y no hay nada que sea más importante que eso, el cerebro no confía a la consciencia, que suele ser más lenta, la respuesta a la situación de emergencia.

Y por lo que respecta a la memoria, se puede decir lo mismo: la memoria que es fundamental para el mantenimiento de la propia identidad no es una función que se haya confiado a la consciencia. Es mucho más antigua desde el punto de vista filogenético y, desde luego, más segura y fiable que la consciencia cuando se trata de decidir lo que se almacena en ella.

Además, muchos investigadores están de acuerdo en afirmar que la consciencia es el resultado de la actividad cerebral de zonas más modernas, como son las áreas asociativas, pero que esta actividad está basada en procesos muy complejos que discurren en su totalidad de forma inconsciente. Lo que parece estar claro es que la actividad de las áreas llamadas primarias de la corteza, sean estas visuales, auditivas o somestésicas, discurre por completo de forma inconsciente.

E incluso la actividad más importante, lo que llamamos libre voluntad, es el resultado de procesos inconscientes que, por definición, están al margen de nuestra capacidad de influencia.

Parece claro, pues, que la consciencia está ligada a la activación de la corteza cerebral. Como veremos en el fenómeno de la «visión ciega», sin corteza podemos realizar actos diversos y percibir cosas, pero sin ser conscientes de ello.

Pero la corteza no es la única responsable de la consciencia; su actividad es mantenida por la formación reticular del tronco del encéfalo, una estructura que se extiende como una red de neuronas desde el bulbo raquídeo hasta el diencéfalo y que alberga distintos núcleos; es responsable del ciclo vigilia-sueño y lesiones de esta estructura pueden conducir a un coma irreversible.

Otras estructuras del sistema límbico se encargan de decidir si los sucesos o estímulos que llegan al sistema nervioso central son importantes o triviales; si no son importantes para el organismo, ni siquiera llegan a la consciencia, son filtrados previamente, lo que muestra que estructuras más antiguas filogenéticamente hablando, como es el sistema límbico, son cruciales para el funcionamiento de las más modernas. Otra prueba más de que el cerebro confía las tareas más importantes a estructuras que no son conscientes.

Por otro lado, estímulos repetitivos producen adaptación en los receptores correspondientes, de forma que éstos dejan de responder. Es lo que sucede con los receptores cutáneos, que son excitados constantemente por la ropa que llevamos encima pero que no la sentimos precisamente debido a esa adaptación a nivel de los receptores.

Pero, además, existe el fenómeno de la habituación, cuyo sustrato es la inhibición por parte del sistema nervioso central de informaciones sensoriales a niveles periféricos. Es lo que ocurre cuando oímos un ruido de forma repetida, como el que hace la rueda de un molino. El organismo, gracias a esa inhibición centrífuga, se habitúa a ese ruido y deja de oírlo. El molinero habituado a él duerme perfectamente con ese ruido y más bien se despierta cuando deja de oírlo.

Este filtrado de información sensorial se realiza todo de forma inconsciente para el organismo, de manera que la voluntad no tiene acceso a esa tarea tan importante como es la decisión sobre lo que es relevante o no para el organismo.

Dentro de las áreas asociativas, la región dorsolateral de la corteza prefrontal se activa cuando se ejerce un control consciente, como se ha mostrado con modernas técnicas de imagen cerebral. En realidad, la consciencia, al igual que otras funciones mentales, implica redes distribuidas por todo el sistema nervioso central. Ya hablamos de la importancia de la formación reticular en el tronco del encéfalo para mantener la actividad de la corteza y, por tanto, para la consciencia, pero también el bulbo y la protuberancia están implicados, así como el tálamo y la corteza.

Finalmente, los estudios que se han realizado en pacientes en los que fueron separados los dos hemisferios por sección del cuerpo caloso para evitar la propagación de un foco epiléptico han mostrado que cuando ambos hemisferios están separados, cada uno de ellos puede desarrollar una consciencia diferente e independiente una de otra. Algunos de estos pacientes llegaron a desarrollar dos «yoes» conscientes, uno en cada hemisferio, que incluso a veces entraban en contradicción.

Cuando se habla de la consciencia como de un proceso único también suele olvidarse que existen diversos estados de consciencia, lo que parece evidente desde que se conocen los fármacos que influyen sobre el estado de consciencia. Así, por ejemplo, en el pasado se ha informado de personas que han subido en globos aerostáticos y que, a partir de una determinada altura, han experimentado estados extraños que calificaban de irreales, con pérdida de la noción del tiempo y del espacio. También han informado vivencias parecidas los pilotos de avión que volaban a grandes alturas.

En realidad, cuando el ser humano se encuentra en situaciones excepcionales, límites, su consciencia se modifica, aparte de muchos otros parámetros corporales. El investigador norteamericano John Lilly, conocido por sus estudios en delfines, fabricó una especie de bañera en la que el sujeto sumergido en agua a temperatura corporal, con los ojos vendados y dispositivos para evitar el contacto en las manos y en los brazos, al cabo de algún tiempo comenzaban a alucinar y a tener estados alterados de consciencia. Cualquier privación sensorial es capaz de producir estos estados alterados de consciencia en los que el sujeto puede experimentar alucinaciones agradables o desagradables dependiendo del sujeto. El esfuerzo mental o físico también es capaz de producir estos estados, como ha ocurrido en marineros que han estado aislados socialmente durante mucho tiempo en el mar. O los montañeros que estando solos durante un período largo de tiempo han sentido la presencia de algún compañero que les ayudaba.

Multitud de drogas son capaces de modificar la consciencia y producir esos estados alterados tan conocidos. Las experiencias místicas no son sino un estado alterado de la consciencia al que puede llegarse con determinadas técnicas.

Se ha planteado que la consciencia puede estar ligada a receptores para un neurotransmisor cerebral muy común en la corteza: el glutamato. El glutamato activa varios receptores, y uno de ellos es el NMDA (N-Metil-D-Aspartato). Estos receptores se bloquean con determinadas sustancias, como la Mk801, la fenciclidina y la ketamina, y todas ellas producen trastornos e incluso pérdida de consciencia.

34. ¿Cuáles son las funciones de la corteza prefrontal?

El chimpancé es el animal que evolutivamente más cerca se encuentra de nosotros y ha sido para los humanos un duro golpe saber que sólo un 1,6 por ciento nos diferencia de él por lo que respecta al genoma. Pero cuando se observa el cerebro del chimpancé en comparación con el cerebro humano, llama la atención que en el cerebro humano se produjo un desarrollo considerable del lóbulo frontal, o, para ser más exacto, de la corteza prefrontal. De ahí que se haya considerado a esta región el lugar de la inteligencia, del libre albedrío; en suma: el área cognitiva por excelencia.

Una prueba de su tardía aparición en la filogenia es lo que tarda la corteza prefrontal en madurar en los seres humanos; se piensa que esta región de la corteza es plenamente funcional a comienzos de la edad adulta, es decir, al final de la adolescencia.

El lóbulo frontal se extiende en el cerebro desde el surco central o fisura de Rolando, que está situado aproximadamente en el centro de la masa cerebral, hasta el polo frontal del cerebro. Comprende diversas regiones, la mayoría motoras, como el área motora primaria, que está situada inmediatamente delante del surco central, el área premotora, el área motora suplementaria, los campos oculares frontales y la corteza prefrontal propiamente dicha, que suele dividirse en dos regiones: la región orbitofrontal, llamada así porque se encuentra justo por encima de las órbitas oculares, y la región dorsolateral.

Sin el lóbulo frontal no hubiésemos podido crear ninguna civilización. Por eso, Alexander Luria lo llamó el «órgano de la civilización».

Es fundamental para cualquier conducta intencionada de alto nivel, como la identificación de un objetivo, el diseño de un plan de acción para alcanzarlo, la selección de las habilidades cognitivas necesarias, su coordinación y aplicación en un orden correcto. Luego el lóbulo frontal es importante para la evaluación de las acciones realizadas y la detección de los fallos que se hayan producido.

Las enfermedades mentales en las que está implicado el lóbulo frontal son muchas, como la esquizofrenia, el trastorno hiperquinético con déficit de atención (los niños hiperactivos), el trastorno obsesivo-compulsivo, la pérdida de la llamada «teoría de la mente» que ocurre en los autistas y el síndrome de Gilles de la Tourette.

Para Goldberg, autor del libro *El cerebro ejecutivo* sobre el lóbulo frontal, el hemisferio derecho se encargaría de tratar situaciones y soluciones novedosas, mientras que el izquierdo lo haría de tareas y procesos rutinarios.

Los lóbulos frontales realizan las funciones más avanzadas y complejas del cerebro: las funciones ejecutivas. Están implicados en la intencionalidad, la resolución, y la toma de decisiones complejas.

La más pequeña lesión de estas regiones cerebrales produce apatía, inercia e indiferencia, pero también conductas faltas de restricciones sociales y sentido de la responsabilidad.

El conocimiento humano mira hacia delante, es más proactivo que reactivo; se mueve por metas, planes, aspiraciones, ambiciones y sueños que pertenecen al futuro y no al presente ni al pasado. Por eso, en un sentido amplio, se puede decir que los lóbulos frontales nos liberan del pasado y nos proyectan hacia el futuro.

Para Goldberg, la evolución del lóbulo frontal y el lenguaje han sido decisivos para el salto cualitativo entre los animales que nos han precedido y el ser humano. También supone que la autoconsciencia está ligada al desarrollo del lóbulo frontal en humanos.

Un tipo de memoria característica de la función de los lóbulos frontales es la memoria de trabajo o memoria operativa, necesaria para decisiones cambiantes, selecciones y modificaciones a corto plazo, todo esto característico de las funciones de los lóbulos frontales, y especialmente necesaria

en la organización temporal de la conducta.

Cuando se le pide a los sujetos de experimentación que se concentren en sus propios estados mentales, como opuestos a la realidad exterior, se activa la corteza prefrontal medial. La representación interna de los propios estados mentales, así como la de los otros, está relacionada con los lóbulos frontales.

Goldberg sospecha que muchas creencias culturales, incluidas las religiosas, son vestigios de la incapacidad de los primeros humanos de reconocer las propias representaciones internas de otras personas como parte del «yo» en vez del «no yo». Las ricas imágenes sensoriales de otras personas e incluso los propios procesos de pensamiento se interpretarían como «espíritus».

El hecho de ser la última región que madura en el cerebro la hace más frágil y vulnerable para disfunciones y trastornos. Los síndromes más comunes son los síndromes dorsolateral y orbitofrontal, según qué región de la corteza prefrontal se vea afectada. El síndrome dorsolateral se parece a la depresión en que el sujeto se encuentra en una inercia extrema y sin ganas de iniciar ningún tipo de conducta, con aplanamiento afectivo e indiferencia. Pierde la capacidad de hacer planes y luego seguirlos para guiar la conducta, asimismo, la capacidad de anticipar las consecuencias de sus acciones está deteriorada.

A lo largo de la evolución se ha pasado desde un cerebro que responde simplemente a un estímulo a un cerebro que es capaz de una acción sostenida y deliberada; la capacidad, pues, de cambiar de estrategia es lo que hace que ese cerebro sea flexible; de ahí que lesiones en la región dorsolateral se acompañen del síntoma conocido por perseverancia, es decir, que el sujeto persevera en una determinada conducta, incapaz de cambiarla. Si se le dice que pinte un círculo y luego una cruz, seguirá pintando el círculo, como si la corteza prefrontal no tuviese acceso ya a la corteza motora para cambiar de programa.

El síndrome orbitofrontal, que implica la región de la corteza prefrontal que se encuentra inmediatamente por encima de las órbitas de los ojos, se diferencia mucho del síndrome dorsolateral. Aquí el paciente está emocionalmente desinhibido, oscilando entre la euforia y la ira, sin apenas control de sus emociones. También falta la capacidad de prevenir las consecuencias de sus acciones; el paciente se convierte en un niño: egoísta, fanfarrón, pueril, blasfemo y sexualmente desinhibido, haciendo chistes a costa de los demás de forma cruel y despiadada. Para el neurólogo Damasio esto es una prueba de que la moralidad se basa en la integridad de esta región del cerebro, ya que no sólo no actúan de forma moral, sino que son incapaces de reconocer la inmoralidad de sus actos.

Cerebro y cuerpo



35. ¿Qué influencia tienen las hormonas en la determinación del sexo y del cerebro?

El modelo inicial para el desarrollo del cerebro y del Cuerpo en general es femenino. Durante el desarrollo del feto existe un momento en el que no se sabe cuál va a ser su sexo final, ya que existen tanto las estructuras precursoras de los órganos sexuales masculinos como femeninos en el mismo feto. Son las hormonas las que deciden el sexo que el feto va a tener finalmente.

Aunque la determinación del sexo de una persona es algo genético, dependiendo de la presencia del cromosoma Y masculino, por lo que se desarrollan en el sexo masculino los testículos, éstos luego son capaces de producir la hormona llamada testosterona, que es la que va a estimular el desarrollo de los órganos reproductores masculinos, así como los llamados caracteres sexuales secundarios durante la pubertad. La diferenciación de las estructuras precursoras en testículos, en el caso del varón, se inicia por el gen de la determinación de los testículos, situado en el cromosoma Y. Luego son los propios testículos los que producen la hormona que va a inhibir las estructuras precursoras de los órganos femeninos.

La hormona masculina, la testosterona, es capaz también de afectar a algunas partes del cerebro, de forma que el órgano que se forma gracias a su influencia es un cerebro masculino. Se sabe que existen diferencias entre el cerebro masculino y el femenino, así como también las hay en el proceso de maduración de ambos. Uno de los efectos principales de las hormonas gonadales sobre el cerebro tiene lugar en el hipotálamo, en el área preóptica del hipotálamo medial, aunque también se han encontrado efectos en otras regiones cerebrales, como la amígdala, la corteza prefrontal o la médula espinal.

De la misma manera, los estrógenos, que se producen en grandes cantidades en el ovario femenino, también tienen una influencia sobre el cerebro y su estructura. Si se extirpan los ovarios en ratas de laboratorio, se produce un crecimiento de dendritas y de células de la glia en la corteza de esas ratas.

Se sabe que durante el período fetal, especialmente en la última semana y primera tras el nacimiento, las hormonas gonadales tienen una gran influencia no sólo sobre las estructuras nerviosas, sino sobre la posterior conducta sexual. En ratas, los machos que no han sido expuestos de forma normal a la testosterona se comportan luego como si fuesen hembras. Y fetos de conejo macho que son castrados se desarrollan luego como hembras, de la misma manera que cobayas hembras recién nacidas, expuestas a testosterona, se comportan como si fuesen machos. Estos resultados indican que, en efecto, el sexo por defecto en los mamíferos es el sexo femenino y que la

anatomía cerebral y la conducta de los machos se desarrollan como consecuencia de la exposición a la testosterona.

Curiosamente, el sexo por defecto en las aves es el sexo masculino y se ha podido encontrar un pájaro, el pinzón cebrá, que era genéticamente macho en la parte derecha del cuerpo, con un plumaje espléndido y con testículos, pero que era también hembra en el lado izquierdo del cuerpo, con un plumaje apagado y ovarios. Los experimentadores concluyeron que si el sexo del cerebro dependiera exclusivamente de las hormonas, habría que esperar que ambos lados del cerebro tuviesen las mismas características. Ahora bien, el estudio del cerebro de estos pájaros mostró que los circuitos responsables del canto del pájaro eran mucho más grandes en el lado derecho. Las conclusiones de estos y de otros experimentos han sido que las hormonas no son los únicos factores que determinan el sexo cerebral final, sino que los factores genéticos son también importantes, lo que se muestra porque el cerebro comienza a diferenciarse antes de que entren en juego las hormonas sexuales. Los autores de estos experimentos recomiendan, en caso de transexualismo, esperar con operaciones de cambios de sexo en niños hasta que haya comenzado la conducta sexual a manifestarse claramente.

A la diferenciación del hipotálamo debido a las hormonas se la ha llamado dimorfismo sexual; como hemos dicho, el área preóptica del hipotálamo es la región más afectada por las hormonas gonadales, región que juega un papel fundamental en la conducta sexual. Si se castran ratas macho en el nacimiento, esta región resulta ser mucho más pequeña en ratas normales, y lo contrario también es cierto, es decir, el tratamiento con testosterona hace que esta área aumente de tamaño.

Las hormonas femeninas producidas en el ovario también tienen efectos sobre la estructura de las células del hipocampo. El efecto de la testosterona sobre la amígdala está en relación con la motivación para buscar la actividad sexual.

Se ha especulado que esta área preóptica hipotalámica tenga que ver con la orientación sexual en el adulto. En el hombre no sólo el área preóptica tiene el doble de neuronas que en la mujer, sino que otras regiones hipotalámicas también son distintas a las regiones homólogas en la mujer. Parece claro que, en el caso de los homosexuales, alguna de estas regiones hipotalámicas es diferente tanto de la región homóloga en el hombre como en la mujer.

Existen numerosos experimentos que muestran que las hormonas sexuales tienen una gran influencia en la estructura cerebral, aunque hasta ahora no se sepa con certeza lo que estas diferencias significan desde el punto de vista de la conducta o de las funciones intelectivas. Lo que parece claro es que las diferencias entre los sexos no se deben sólo a factores ambientales, sino que las hormonas juegan también un gran papel en la determinación de funciones cerebrales.

Recientemente se han recogido muchos datos sobre la forma en la que hombres y mujeres realizan funciones cognitivas. Se puede decir, en términos generales, que las mujeres muestran una mayor fluidez verbal, mientras que los hombres suelen ser mejores en pruebas de razonamiento espacial. La búsqueda de diferencias microscópicas en los cerebros de ambos sexos no ha dado hasta ahora los frutos esperados aunque, como dijimos antes, las hormonas sexuales tienen una influencia en la estructura, y es de esperar también en la función, de la corteza cerebral.

La explicación que se ha pretendido dar a esta diferencia cognitiva entre los sexos ha sido que los machos han mostrado siempre una tendencia mayor que las hembras a ocupar amplios espacios, lo que requeriría una habilidad especial y espacial que explicaría la mayor capacidad en razonamientos espaciales. De la misma simple manera se ha especulado que la mayor fluidez verbal en las mujeres podría explicarse porque en la época en la que los hombres eran cazadores recolectores, el hombre se ocupaba más de la caza, mientras que las mujeres permanecían en casa dentro del grupo, lo que exigía una mayor interacción social y, por tanto, una mayor fluidez verbal.

Siempre se ha discutido la cuestión de si la homosexualidad es debida a factores medioambientales, como la ausencia o, debilidad del padre y la presencia de una madre autoritaria, o, por el contrario, su origen hay que buscarlo en los genes o en factores que durante el período fetal influyen sobre la diferenciación sexual en el cerebro.

Los partidarios de los factores medioambientales siempre han tenido dificultad en probar sus asertos. En Estados Unidos, Simon Le Vay estudió los cerebros de hombres homosexuales que ha-

bían muerto por sida y los comparó con los de hombres y mujeres heterosexuales. El resultado fue que la parte del hipotálamo responsable de la sexualidad era dos veces mayor en hombres heterosexuales que en mujeres heterosexuales y varones homosexuales.

En otro estudio con EEG en hombres y mujeres heterosexuales y homosexuales sometidos a una tarea de rotación mental de determinadas figuras (para comprobar su capacidad visuoespacial, en la que los hombres obtienen mejores resultados que las mujeres) y en tareas verbales (en las que las mujeres superan a los hombres), se pudo constatar que las mujeres homo y heterosexuales no diferían entre sí, pero en los patrones de EEG de hombres homosexuales existían similitudes con los de las mujeres heterosexuales y no con los de hombres heterosexuales en la tarea de rotación mental.

También han aumentado los estudios que indican la heredabilidad de la tendencia homosexual. Así, mientras que en la población en general se estima que los homosexuales constituyen entre el 2 y el 7 por ciento, en los hermanos de hombres homosexuales aproximadamente el 25 por ciento serían homosexuales. Y en gemelos monocigóticos el porcentaje es de un 52 por ciento, comparado con un 22 por ciento en gemelos heterocigóticos y un 11 por ciento en hermanos adoptivos.

Se ha utilizado la inyección de premarina, una droga que aumenta la hormona luteinizante (LH) en mujeres y la testosterona en hombres; los hombres y mujeres heterosexuales mostraron las respuestas hormonales esperadas, pero la respuesta en hombres homosexuales fue intermedia entre la de los hombres y mujeres heterosexuales.

En resumen, estos resultados indican que la homosexualidad es principalmente un resultado genético, pero probablemente no en todos los casos. Con otras palabras: la orientación sexual viene dada en gran parte por los genes, pero no puede excluirse la influencia del medio ambiente.

36. ¿Qué es un «miembro fantasma»?

Es conocido que, como consecuencia de un accidente, hay personas a las que se les ha amputado un miembro. Lo sorprendente es que estas personas siguen sintiendo su presencia. Por eso se ha llamado a este fenómeno el fenómeno del «miembro fantasma». Un caso muy conocido fue el del almirante lord Nelson (1758-1805), que perdió su brazo derecho en el ataque a Santa Cruz de Tenerife; más tarde experimentó sensaciones dolorosas y que los dedos se clavaban en la inexistente palma de la mano. Lord Nelson dedujo de este fenómeno la prueba directa de la existencia del alma, ya que si un brazo sobrevive a su aniquilación física, cuanto más lo hará la persona entera.

Estas sensaciones pueden ocurrir incluso en niños que han nacido sin esos miembros, por lo que se supone que el organismo al nacer ya tiene ciertas expectativas sensoriales con respecto a ese miembro. Algunas personas a las que les falta una mano tienen sensaciones cuando se les toca la cara, como si esas sensaciones proviniesen de los dedos de la mano.

Se cree que aquellas células cerebrales que controlan esa parte del cuerpo mueren cuando el miembro es amputado. Las sensaciones atribuidas al miembro fantasma resultarían de la estimulación de nervios próximos al lugar de la amputación.

Se sabe que los circuitos neuronales no son fijos, pueden reorganizarse de acuerdo con las circunstancias. Así, las neuronas que reciben información sensorial de la cara y del hombro pueden activar células que ya no reciben información de un brazo (véase esquema corporal).

El otro problema de los miembros fantasma que más preocupa a los enfermos es el dolor insoportable que a veces sienten. Cuando se secciona una extremidad, los nervios seccionados en el muñón crecen en unos nódulos llamados neuromas. Se supuso que los nervios generaban señales y que estas señales eran responsables del dolor en los miembros fantasma. Ahora bien, la sección proximal de estos nervios no hizo que el dolor desapareciera, por lo que esta teoría no se sostuvo. Tampoco se ha encontrado un lugar en la cadena de estaciones que las aferencias sensoriales recorren camino de la corteza, cuya lesión pueda acabar con el dolor del miembro fantasma.

El psicólogo canadiense Ronald Melzack ha propuesto la teoría de la neuromatriz para explicar este fenómeno. Según él, un gran número de neuronas corticales están interconectadas formando la neuromatriz; estas neuronas son responsables de la percepción de la sensación, también de la sensación dolorosa, atribuibles al yo, es decir, que el sujeto las siente como propias. Esta neuromatriz estaría lista al nacer el sujeto, por lo que se explicaría que algunos niños que nacen sin una extremidad puedan también experimentar el dolor en un miembro no existente. Esto significa que, según esta teoría, el cerebro nace con la idea de que va a tener un brazo derecho; por ejemplo, por lo que si por alguna razón el brazo no se produce, el cerebro sigue pensando que existe.

También se ha referido que los pacientes sienten la presencia de movimientos voluntarios del miembro fantasma, lo que se explica por la presencia en el cerebelo y en el lóbulo parietal de copias de los comandos motores que la corteza motora envía a las motoneuronas de la médula espinal.

37. ¿Qué es el «esquema corporal»?

El neurólogo neoyorquino, aunque nacido en Londres, Oliver Sacks, según cuenta en su libro *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*, tenía un paciente que se caía continuamente de la cama porque pensaba que su propia pierna era una pierna humana cortada y extraña que se encontraba de pronto en su cama. La cogía con las dos manos e intentaba arrancarla de su cuerpo y tirarla fuera de la cama, arrastrando, como es lógico, su cuerpo tras la pierna. Por eso se caía de la cama. El paciente había dejado de considerar su pierna como propia; debido a un derrame cerebral que le había producido una hemiplejía, el paciente había perdido la capacidad de apercepción de su propia pierna.

Tenemos un esquema de nuestro cuerpo en el cerebro, construido por las aferencias sensoriales de receptores, que tradicionalmente se dividen en exteroceptores (situados en la superficie del cuerpo), interoceptores (dentro del organismo, con información procedente de las vísceras) y propioceptores (en los músculos, tendones y articulaciones, útiles para la percepción de la posición del cuerpo en el espacio, junto con los procedentes del aparato vestibular).

La inmensa mayoría de estas informaciones es inconsciente pero, como hemos dicho, contribuyen a la formación de ese esquema corporal que todos tenemos.

Lo curioso del caso del paciente que no consideraba su pierna como propia es que una lesión cerebral, producida por una hemorragia, es capaz de trastornar completamente ese esquema corporal hasta el punto de obligar al paciente a negar la propiedad de algunas de sus partes.

Creo que este ejemplo, así como muchos otros, nos está indicando hasta qué punto llega la internalización del mundo externo en el cerebro. Naturalmente que el cerebro utiliza este esquema corporal, al igual que otros esquemas sensoriales, motores y espaciales que el cerebro posee para orientarse sin necesidad de ayuda externa. Repetimos: es un ejemplo más de la internalización que la evolución ha promovido, probablemente, para independizarse más y más del mundo exterior.

Esta internalización tiene lugar automáticamente, es decir, estos mapas sensoriales están ya formados desde el nacimiento. La cuestión es si se pueden cambiar o son fijos. Esta pregunta fue la que llevó a realizar experimentos con monos, a los que se les seccionaron las raíces dorsales de la médula espinal correspondientes a las aferencias que procedían de un brazo del mono. Once años después, los animales fueron anestesiados y se estudió la representación sensorial en la corteza de la región correspondiente al brazo que ya no podía enviar información al cerebro. Los experimentadores manipularon la mano sin obtener, lógicamente, ninguna respuesta en la corteza sensorial correspondiente a la mano del mono. Pero, para sorpresa de los experimentadores, cuando tocaban la cara del mono, células de esa región de la corteza comenzaban a responder vigorosamente. Parecía, pues, que las aferencias procedentes de la cara no sólo iban a parar a la región correspondiente a la cara en la corteza sensorial del mono, sino que habían invadido la región correspondiente a la mano. En consecuencia, los mapas sensoriales pueden cambiar en el animal adulto. Estos experimentos en animales fueron replicados en el ser humano, en los sujetos con un miembro fantasma. Aunque a estos sujetos les falta una extremidad, un brazo, por ejemplo, si se les toca la cara sienten como si se les tocara los dedos de la mano que ya no existe. La razón es que en el mapa sensorial la representación de la mano se encuentra muy cerca de la representación de la cara, por lo que cuando falta la información procedente de la mano, esta región es invadida por información que procede de la cara, confirmando lo obtenido experimentalmente, es decir, que los mapas sensoriales pueden modificarse en el ser humano adulto.

Un experimento realizado por el neurólogo americano de origen indio Vilayanur Ramachandran nos muestra también la capacidad de modificación del esquema corporal en personas normales. El experimentador se sienta en una silla con los ojos tapados y le dice a un ayudante (le llamaremos ayudante n.º 1) que se siente delante de él mirando en la misma dirección que el experimentador.

Un segundo ayudante está de pie, a la derecha del experimentador, y tiene que hacer lo siguiente: coger la mano derecha del experimentador y, con el dedo índice, tocar repetidamente la nariz del ayudante n.º 1, de forma aleatoria, como un código morse; al mismo tiempo tiene que tocar simultáneamente con el dedo índice de la mano izquierda la nariz del experimentador con el mismo ritmo que lo hace con la mano derecha al ayudante n.º 1. Estos toques tienen que estar en perfecta sincronía. Tras treinta o cuarenta segundos el experimentador tiene la ilusión de que se está tocando él mismo su nariz o que su nariz se ha desplazado hasta la nariz del ayudante n.º 1 que está sentado delante. Al parecer, este experimento sólo salió bien en la mitad de los sujetos, pero para Ramachandran lo importante es que funcionase en esos sujetos, porque eso significa que la impresión subjetiva del esquema corporal es maleable y puede cambiar en el adulto.

38. ¿Cómo realizamos nuestros movimientos?

En el organismo disponemos de dos sistemas musculares importantes. El primero está compuesto de músculos que sirven para mantener el cuerpo erguido; son músculos que sostienen el cuerpo en contra de la fuerza de la gravedad, sin ellos nos arrastraríamos por el suelo. También se les llama músculos posturales. El segundo grupo está formado por músculos que sirven para los movimientos dirigidos hacia una meta determinada.

Los dos sistemas están interconectados, pero las células que controlan esos músculos se encuentran separadas tanto anatómicamente como funcionalmente en el sistema nervioso central.

Cuando queremos realizar algún movimiento, tenemos que inhibir algunos músculos posturales y reforzar otros, como por ejemplo cuando estamos de pie y queremos comenzar a andar. Si levantamos para ello la pierna derecha, habremos tenido primero que inhibir los músculos que la mantenían rígida sosteniendo el peso del cuerpo, pero, al mismo tiempo, tendremos también que haber reforzado la musculatura de la otra pierna para que sostenga ahora ella sola todo el peso del cuerpo. Como vemos, en cualquier movimiento se trata siempre de una secuencia de postura que es transformada para permitir un movimiento dirigido que conduce a una segunda postura desde la que se realiza el siguiente movimiento, etcétera.

Cuando una soprano canta en la ópera lo puede hacer de pie, sentada o tumbada y, desde luego, el programa tanto postural como de movimientos dirigidos es en cada caso distinto.

La corteza motora es la que se encarga de realizar los movimientos voluntarios dirigidos, pero no es la única estructura cerebral implicada en esta tarea. La corteza motora se encuentra delante del surco central en el cerebro y existe una representación de todo el cuerpo, de forma que la estimulación eléctrica de una parte activará los músculos de una determinada región periférica. Esta especie de homínulo motor es una representación distorsionada, ya que el tamaño de cada parte del cuerpo está en función de la cantidad de células que se encargan de mover esa parte, por lo que la representación de los dedos es mucho mayor que, por ejemplo, la que controla los músculos de la espalda. Los finos movimientos de los dedos requieren un mayor número de células corticales que otros músculos menos importantes. No deja de ser curioso que el área cerebral dedicada a la musculatura facial sea mayor que la de cualquier otra parte de la superficie corporal. Esto está seguramente en relación con la importancia que la expresión facial tiene para la comunicación intraespecie.

Los músculos posturales están más controlados por otra estructura que se ha llamado los ganglios basales. Son grandes núcleos de células que se encuentran bajo la corteza y que tienen también una gran importancia, ya que sus lesiones producen enfermedades como el Parkinson o la corea de Huntington.

También el cerebelo está implicado y se encarga de la coordinación fina y del ajuste temporal de los movimientos. Tanto los ganglios basales como el cerebelo se encargan de perfeccionar los programas motores antes de que el movimiento tenga lugar.

Finalmente, delante de la corteza motora existe una región llamada corteza premotora, que es la que planifica las secuencias de movimientos necesarias para conseguir un determinado desplazamiento del cuerpo o de una parte de él. Como es lógico, también esta región se activa antes de que la corteza motora propiamente dicha envíe sus órdenes de movimiento a las neuronas en la médula espinal, las motoneuronas, que son las que van a activar directamente los músculos periféricos.

Cada vez que realizamos un movimiento se activan numerosos receptores sensoriales en la piel, los músculos y las articulaciones y esta información vuelve al sistema nervioso central para comunicar el resultado del movimiento, por lo que sirve para corregirlo si es necesario.

Las órdenes motoras se envían, como hemos dicho, desde la corteza motora a las motoneuronas

de la médula espinal, pero también se envía una copia al cerebelo, a una región que recibe la información sensorial del movimiento. Esta región, pues, puede así comparar los movimientos que el organismo quería realizar, mediante la copia de las órdenes motoras, con los movimientos realmente realizados, mediante la información sensorial que proviene de los movimientos mismos. Si, por ejemplo, ha surgido algún problema, un impedimento para el desplazamiento de algún músculo, el cerebelo corrige entonces el programa y lo envía a la corteza motora para que se produzca el nuevo movimiento que sirva para superar el obstáculo.

Hemos dicho que las aferencias sensoriales que se producen durante el movimiento sirven para corregirlo en caso de necesidad. Cuando aprendemos un movimiento determinado, por ejemplo cuando aprendemos a dibujar las letras del alfabeto en la niñez, los movimientos son muy lentos, para permitir que las aferencias sensoriales del movimiento, pero también las aferencias visuales que están observando lo escrito, puedan corregir los movimientos que suelen ser al principio muy torpes. Una vez aprendido el movimiento, éste se realiza muy rápidamente, de manera que no les da tiempo a las aferencias sensoriales a corregir nada. El movimiento aprendido se ha hecho automático y precisamente porque no necesita las aferencias sensoriales, es mucho más rápido. Pero no solamente es más rápido, sino que ahora ya no necesita de la consciencia. Estos movimientos automáticos, inconscientes, son los que se suelen utilizar una vez aprendidos los movimientos. Si queremos introducir la consciencia en ellos se hacen más lentos, como todos los deportistas y los que tocan algún instrumento musical saben. Con otras palabras, los movimientos ya salen perfectamente preprogramados del cerebro hacia la periferia.

Es como si el cerebro se independizase del entorno en cuanto puede, organizando los movimientos de acuerdo con mapas motores y mapas sensoriales que posee. Esta planificación previa o preprogramación de los movimientos es probablemente una adquisición a lo largo de la evolución que luego el organismo repite en su desarrollo.

La tendencia a separarse del entorno es probablemente una tendencia general de los sistemas nerviosos a medida que se hacen más complejos, separación que lógicamente no puede ser completa por el peligro que entraña la no adaptación a ese entorno.

39. ¿Son capaces las células nerviosas de multiplicarse?

La plasticidad del sistema nervioso se refiere a su capacidad de modificación anatómica y funcional, sea por estímulos medioambientales, internos o por lesiones. Vistas las modificaciones del comportamiento observadas por William James a finales del siglo XIX, Ramón y Cajal en el siglo pasado propuso que tendrían un sustrato anatómico.

Hoy se sabe que los axones pueden proliferar y formar nuevas conexiones entre unas células y otras, y que las redes neuronales son plásticas, es decir, pueden modificarse a lo largo del desarrollo. Estas modificaciones tienen lugar, sobre todo, a nivel de los contactos entre las células nerviosas, o sea, las sinapsis. Pero la función del sistema nervioso no se reduce a la actividad de las neuronas, sino que también incluye la actividad de las células de la glia, que doblan su número. Estas células de la glia, llamadas así porque se pensaba que servían de pegamento entre las neuronas, son responsables de la creación y mantenimiento de un microambiente alrededor de las neuronas, esencial para su buen funcionamiento. Pero, además, estas células son importantes en la renovación sináptica, que consiste en su desconexión, la creación de nuevos axones y la formación de nuevos contactos, con la consecuente maduración de las sinapsis. Por tanto, la plasticidad neuronal es impensable sin la presencia de estas células que forman la mitad de la masa del tejido nervioso.

Tanto el aprendizaje como la memoria y los cambios que el organismo experimenta como consecuencia de estímulos externos se realizan a nivel de las sinapsis. La remodelación sináptica pasa por un primer proceso de desconexión de las sinapsis existentes y en segundo lugar, por un proceso de formación de nuevas sinapsis con proliferación de axones y la intervención de factores de crecimiento.

Una de las modificaciones sinápticas más importantes es la potenciación de larga duración, que ocurre en neuronas del hipocampo y que está en relación con el aprendizaje. Las sinapsis que son estimuladas por trenes de impulsos de alta frecuencia responden mucho mejor a estímulos subsiguientes que en condiciones normales. Se habla de facilitación sináptica como sustrato del aprendizaje y de la memoria.

Durante el desarrollo, especialmente de las conexiones entre el tálamo y la corteza, se puede observar una gran plasticidad en las regiones de la corteza cerebral. Así, por ejemplo, áreas parietales que reciben normalmente aferencias visuales son capaces de recibir aferencias auditivas o somestésicas si se priva a un gato de las entradas visuales. También se ha observado que en humanos que son ciegos congénitos la corteza visual se activa cuando leen con el método de Braille, o sea, que las aferencias táctiles que normalmente se dirigen a la corteza somestésica o somatosensorial en el lóbulo parietal se dirigen ahora a la corteza occipital.

Otro ejemplo de plasticidad cortical en adultos es el hallazgo realizado en personas que tocan instrumentos de cuerda y que muestran una mayor representación cortical de los dedos de la mano izquierda en corteza somestésica. Y algo parecido ocurre en pianistas profesionales, en los que la representación de los músculos de la mano aumenta tres veces más que en las personas que tocan el piano de vez en cuando. Curiosamente, el ejercicio mental sin utilizar las manos tiene el mismo efecto.

Un conocido caso de plasticidad cortical es el que acompaña al fenómeno conocido como «miembro fantasma». Cuando se amputa un brazo, por ejemplo, el área cortical somestésica correspondiente que recibe aferencias de ese miembro es invadida por el área de la cara que se encuentra justo al lado en la corteza. A partir de ese momento, cuando se estimula la cara, el sujeto experimenta la sensación de que las aferencias provienen de la mano y de la cara al mismo tiempo. Una gota de agua que resbala por la cara es sentida como si resbalase por el miembro que ya no existe.

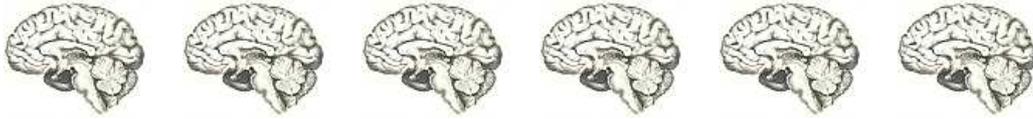
No sabemos si las experiencias sociales son también capaces de modificar las estructuras cerebrales, especialmente la corteza, pero experimentos en ratas han mostrado que si crecen en un ambiente enriquecido, el número de sinapsis en las células corticales es superior al de células corticales de ratas que crecen en condiciones normales o «ratas controles». Lo contrario también es cierto: si las ratas se crían en un ambiente empobrecido, el número de sinapsis en células corticales disminuye considerablemente frente al número equivalente en «ratas controles».

En peces africanos se ha observado que los machos dominantes tenían cuerpos celulares en el hipotálamo, en la región que regula el apareamiento, mucho mayores que los otros peces. Si estos peces son, sometidos por otros más grandes y se hacen sumisos, las células hipotalámicas reducen su tamaño, al igual que los testículos, que cesan de producir espermios. Si da la casualidad de que el pez dominante desaparece, los hasta entonces peces sumisos comienzan a luchar entre ellos y el ganador se hace más grande, así como también lo hacen las células hipotalámicas y las gónadas, que comienzan a producir esperma.

En animales más cercanos a nosotros evolutivamente, como son los simios, se han observado cambios neuroendocrinos en relación con su papel en la sociedad, es *decir*, dependiendo de si ocupan un papel dominante o sumiso.

Experimentos decisivos fueron los que se hicieron con ratas aisladas totalmente, frente a otras que tenían en su jaula numerosos juguetes, entre ellos un molinillo en el que podían andar sin descanso. Cuando se analizó el cerebro de ambos grupos, se pudo constatar que la corteza de las ratas criadas en aislamiento tenían menos neuronas y conexiones entre ellas que las que habían crecido en un entorno rico en estímulos.

Cerebro y psique



40. ¿Qué sabemos de la relación cerebro/psique?

La relación entre el cerebro y la mente o psique siempre se ha considerado un problema. Desde luego, al referirnos ya a estos dos conceptos como entidades distintas, estamos haciendo algo que supone que se trata efectivamente de dos cosas separadas entre sí, lo que no está nada claro.

La separación tajante de estos dos términos como si el cerebro y la psique fuesen dos entidades completamente distintas, el cerebro de naturaleza física y la psique de naturaleza espiritual, ha sido llamada «dualismo psicofísico». Es uno de los muchos dualismos creados por la mente humana.

Este dualismo psicofísico se remonta, al menos, al filósofo y matemático francés René Descartes (1596-1650), que decía que el cerebro es parte del mundo físico, tangible, mensurable y extensible en el espacio (la *res extensa*), mientras que la mente era de naturaleza espiritual, no física y tampoco medible ni extensa en el espacio, a la que llamó *res cogitans*.

Ahora bien, si estas dos cosas son de naturaleza completamente distintas, ¿cómo pueden interactuar una con la otra? En otras palabras, ¿cómo es posible que seamos conscientes de nuestro entorno físico con nuestra mente?

El planteamiento de la dicotomía cerebro/mente es muy parecido al que hacemos cuando separamos el «yo» de la «naturaleza» o del « mundo », aunque seamos nosotros una parte de esa naturaleza y de ese mundo. Es decir, puede ocurrir que esa dicotomía sea artificial y producto de nuestra mente, de esa parte del cerebro o de la mente que divide el mundo en antinomias, o sea, la parte lógico-analítica de nuestro cerebro.

Quedan ya muy pocos neurocientíficos que siguen pensando que el cerebro y la mente son dos cosas distintas. Que las actividades cerebrales son la base de las funciones mentales o psíquicas lo muestran las enfermedades del sistema nervioso que pueden tener consecuencias en la propia mente del enfermo, o también la influencia que la farmacología, los llamados psicofármacos, tiene sobre las funciones mentales, aunque esos fármacos interactúan con estructuras cerebrales.

Durante mucho tiempo, casi desde Descartes con algunas excepciones, esta concepción dualista de la mente y del cerebro ha estado frenando la investigación sobre funciones consideradas mentales, como la memoria, la inteligencia, la voluntad, la consciencia, etc. Pero finalmente este período ha pasado a mejor vida y ahora las neurociencias están acometiendo con métodos científicos estas funciones para buscar sus sustratos cerebrales.

Es sabido que tanto en sus *Meditaciones* como en *Las pasiones del alma*, Descartes desarrolló sus opiniones sobre este tema de la interacción cuerpo-mente. Para él, el alma racional es algo distinto del cuerpo, como hemos dicho, y se pone en contacto con él mediante la glándula pineal, único órgano que para Descartes no estaba duplicado en el cerebro y que pensaba no existía en los animales. Habría que añadir que Descartes muy probablemente hizo esta separación tajante para

poder estudiar el cuerpo sin entrar en conflicto con la Iglesia. Como el cuerpo era de naturaleza distinta, material, podía ser estudiado sin problemas. Por esta razón se considera que Descartes fue el precursor de la ciencia experimental, tanto de la anatomía como de la fisiología humana.

Ahora bien, como hemos dicho anteriormente, lo que un día fue un avance con el tiempo se convirtió en una rémora, rémora que ha durado hasta muy avanzado el siglo XX. Como dijimos, todavía quedan neurocientíficos que intentan explicar lo inexplicable, a saber, la interacción entre dos entidades que sustancialmente son completamente distintas.

Un discípulo de Descartes, Nicolás Malebranche (1638-1715), intentó superar esta contradicción cartesiana con lo que se ha llamado en filosofía «ocasionalismo». Malebranche decía que entre mente y cuerpo no existía ninguna relación causal; la causa verdadera era Dios, que intervenía para conseguir esta interacción. Si queremos mover un dedo, esto sirve de ocasión para que Dios mueva el dedo; si observamos un objeto en nuestro entorno, esto sirve de ocasión para que Dios produzca una percepción de ese objeto en nuestra mente. Así, por ejemplo, el fuego en contacto con la piel no es la causa del dolor, sino la ocasión para que Dios produzca la sensación de dolor.

Posteriormente, Benedictus de Spinoza (1632-1677) mantendría que, en realidad, lo mental y lo físico son dos aspectos de una única y misma sustancia, acercándose así más a la noción moderna de que las funciones mentales no son otra cosa que la expresión del funcionamiento de las estructuras cerebrales. Ahora bien, para Spinoza, la única sustancia era Dios.

También el filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz (1646- 1716) se ocupó de este problema sosteniendo lo que se ha llamado el «paralelismo psicofísico», es decir, que el alma y el cuerpo son dos relojes que funcionan en paralelo gracias a una armonía preestablecida por Dios.

Los empiristas ingleses, sobre todo George Berkeley (1685-1753), quisieron solucionar el tema negando la distinción entre cuerpo y mente, aduciendo que el cuerpo es la percepción de la mente.

El materialismo negó radicalmente la existencia de fenómenos mentales, o bien los hacía dependientes de forma causal de los fenómenos corporales, como hizo La Mettrie (1709-1751).

En tiempos modernos hay dualistas que creen que en el mundo existen dos tipos de fenómenos: los físicos y los psíquicos. Por otro lado, los monistas afirman que sólo existe un tipo de fenómenos; los monistas se dividen en dos grupos: los que están convencidos de que todo en este mundo es espiritual, los llamados idealistas, y los llamados materialistas modernos, como Daniel C. Dennett y Patricia Churchland, que piensan que todo puede reducirse a fenómenos físicos.

Los dualistas se dividen a su vez en dos fracciones: unos, como el ya fallecido John C. Eccles (1903-1997), que creía que el espíritu y la materia se basaban en dos sustancias diferentes (dualista cartesiano). Otros dualistas, como David Chalmers, opinaban que el mundo se compone de una sola sustancia, de átomos y moléculas, pero que las propiedades espirituales y las materiales de esa sustancia eran fenómenos diferenciables y separables.

Nuestra opinión es que no es necesario recurrir ni a entidades sobrenaturales ni al dualismo para explicar el funcionamiento de la mente. La mente, mientras no se demuestre lo contrario, es el resultado de la función cerebral, aunque considerada desde otro punto de vista. Como recientemente se ha podido mostrar, la espiritualidad, o el sentido de la trascendencia, es también fruto de la actividad de determinadas regiones cerebrales, por lo que esa espiritualidad no sólo es inherente al ser humano, sino que forma parte también de las funciones mentales que tienen su base en el funcionamiento del cerebro.

El dualismo, a pesar de los siglos que han transcurrido desde Descartes, no ha podido explicar cómo es posible la interacción de mente y cerebro.

Nuestra postura es que la visión dualista del mundo también es fruto de la actividad de una parte del cerebro, pero no la única, y, por tanto, se trata del resultado de la actividad cerebral.

41. ¿Tienen consciencia los animales?

Cuestión antigua pero que de nuevo vuelve a discutirse. Naturalmente, se intenta dar una respuesta a esta pregunta examinando la conducta de aquellos animales que están más cerca de nosotros por su desarrollo cerebral y también genéticamente. Éste es el caso del chimpancé, cuyo comportamiento tanto aisladamente como en grupo se ha estudiado intensamente.

Se puede decir que estos animales muestran capacidad de reflexión, planificación de sus acciones y reconocimiento de su propia identidad (al mirarse en el espejo). Dado que estas actividades se realizan en el humano acompañadas de consciencia, se puede deducir que estos animales poseen una consciencia que, si es el reflejo de la actividad de áreas asociativas de la corteza cerebral, será distinta a la nuestra, ya que estas áreas no están tan desarrolladas en el chimpancé como en el hombre.

No todos los autores están de acuerdo en atribuirles la capacidad de reconocer en sus congéneres los deseos, propósitos o futuras acciones, lo que se ha denominado «teoría de la mente», pero muchos investigadores así lo piensan.

En cualquier caso, si asumimos que la consciencia es un epifenómeno de la actividad cerebral global o de algunas de sus partes, es de suponer que los animales que tienen un cerebro parecido al nuestro también la tengan. Además, si somos consecuentes con la teoría de la evolución, habrá que aceptar que la consciencia, como otras facultades mentales, tenga precursores en los animales que nos han precedido. Ciertamente será un tipo de consciencia distinta de la nuestra, ya que el cerebro también es distinto, como antes dijimos.

Aparte de los chimpancés, en los gorilas y orangutanes los autores no tienen claro que ocurra lo mismo. También hay que decir que su comportamiento social está más lejos del de los chimpancés y los humanos.

En otros animales, mamíferos, como nuestros animales de compañía, la respuesta a la pregunta de si tienen o no consciencia es aún más difícil de responder. Es muy probable que se trate también de otro tipo de consciencia más elemental.

Todavía más difícil es saber si delfines y ballenas, con cerebros enormemente desarrollados y mayores que el de los humanos, tienen consciencia o no. Hasta ahora, los estudios sobre su comportamiento, especialmente sobre el de los delfines, no han aportado mucha luz en este asunto.

Parece claro que la capacidad de reconocerse en el espejo es una señal de autoconsciencia. Pues bien, ya mencionamos anteriormente que los chimpancés son capaces de esta hazaña y de quitarse manchas de pintura que el experimentador les coloca en alguna parte del cuerpo mirándose al espejo, lo que se ha interpretado como un indicio de autoconsciencia en estos animales. Al colocar a estos chimpancés ante un espejo, la primera reacción son chillidos, como si la imagen reflejada fuera otro animal, pero luego comienzan a expurgarse, a inspeccionar partes del cuerpo mirando al espejo y a quitarse partículas de comida de entre los dientes.

Esta autoimagen de los chimpancés parece que depende del contexto en el que se desarrolla, porque, por ejemplo, los chimpancés que se criaron con humanos se consideran a sí mismos humanos. *Washoe*, un célebre chimpancé entrenado para usar el lenguaje americano de los signos, llamaba a otros chimpancés con ese lenguaje «bichos negros». Otra chimpancé criada también con humanos colocó una imagen de su padre entre otras de elefantes y caballos, pero la suya la juntó con otras imágenes de humanos, como si ella se considerase a sí misma humana, pero no a su propio padre.

42. ¿Cuándo se desarrolla el sentido del «yo»?

En experimentos con niños pequeños, colocándoles una mancha roja en la nariz y observando lo que hacen ante un espejo, el resultado fue que los niños menores de 15 meses de edad nunca se tocan la nariz, mientras que la mayoría de niños con dos años saben la diferencia entre lo que ven y lo que deberían ver, o sea, una cara sin manchas rojas. Por tanto, se ha concluido que los niños desarrollan un autoconcepto visual entre los 15 y los 24 meses de edad. Esto no significa que ese «yo» esté completamente desarrollado, sino que comienza a desarrollarse, desarrollo que seguirá hasta la adolescencia. A los ocho años aproximadamente, el niño comienza a ser consciente de sus capacidades, de lo que le gusta y le desagrada, y a compararse con otros niños.

Este desarrollo continuado durante años es el mismo que experimenta el conocimiento de los demás. Los niños pequeños ya leen en la cara las emociones de los demás, pero este conocimiento sigue desarrollándose hasta la adolescencia.

Si el ego es, en el fondo, el producto de estructuras nerviosas, se ve con facilidad que éstas pueden sufrir alteraciones debidas al estrés o a cambios de la química cerebral. El hecho de que la metil-dioxianfetamina refuerce el sentido del ego —del «yo soy yo»— presta peso a la hipótesis.

Según los nuevos conocimientos en el campo de la neurología y la neuropsicología, el yo —como ya sospechaba David Humees un grupo de estados diversos como:

—el yo corporal, es decir, la sensación de que donde estoy metido y lo que aparentemente domino es mi cuerpo.

— el yo espacial, es decir, la consciencia de estar en un lugar determinado y no en otro.

— el yo perspectivístico, es decir, la impresión de que soy el centro de mi mundo sensible.

— el yo como sujeto de la experiencia, o sea, la sensación de que soy yo quien tiene percepciones, ideas, sentimientos y no otro.

— el yo como autor y controlador, es decir, la sensación de que soy el causante y controlador de mis pensamientos y acciones.

— el yo autobiográfico, o sea, la convicción de que soy el que fui ayer y que experimenta una continuidad de vivencias.

— el yo autorreflexivo, o sea la posibilidad de reflexión sobre mí mismo.

— el yo ético o conciencia, es decir, la sensación de que hay en mí una instancia que me dice u ordena lo que tengo o no tengo que hacer.

Estos yoes diversos se deducen de enfermedades o lesiones cerebrales en las que los distintos tipos pueden estar afectados. Los neurólogos Alexander Luria y Oliver Sacks han descrito estos casos. Hay pacientes que poseen una consciencia normal del yo, pero no saben quiénes son. Otros afirman estar en dos lugares al mismo tiempo. Otros, que su propio cuerpo o brazo no es suyo. También ocurre que el paciente no se sienta autor de sus ideas o acciones.

El yo corporal y espacial probablemente sea el resultado de la actividad del lóbulo parietal. El yo como sujeto de percepciones y actos cognitivos es función de regiones del lóbulo parietal y temporal, junto con el hipocampo y corteza cerebral adyacente. El yo perspectivístico está en relación con la actividad de las regiones inferiores del lóbulo temporal derecho. El yo sujeto de emociones está unido a la actividad de la corteza orbitofrontal del lóbulo frontal y regiones inferiores del lóbulo temporal derecho, junto con la amígdala y otras estructuras del sistema límbico. El yo como autor y controlador tiene que ver con la actividad de la corteza prefrontal, orbitofrontal y cingulada, así como el área motora suplementaria. El yo autobiográfico surgiría de la actividad del polo del lóbulo temporal y de la corteza orbitofrontal. El yo reflexivo es probable

resultado de la actividad de la corteza prefrontal y el yo ético está unido a la función de la corteza orbitofrontal.

Todos estos yoes los vivimos como una unidad, aunque en cada momento domine uno u otro. No sabemos cómo ocurre esto. Algunos autores piensan que el yo es el centro de un mundo virtual que experimentamos como nuestro mundo de vivencias, como la realidad. Este mundo lo construimos poco a poco a lo largo de los años con percepciones, pensamientos, recuerdos, sentimientos, deseos y planes, con nuestro cerebro.

Que ese yo es una ilusión lo demuestra el hecho de que las percepciones, los sentimientos y actos motores a lo largo del desarrollo individual tienen lugar antes de que esté formado el yo.

Faltaría, pues, saber qué función cumple esa ilusión que llamamos yo.

Una primera función cumpliría como yo de atribución. El cerebro generaría una instancia, acompañada de consciencia, que sería una unidad vivencial y crearía una identidad autobiográfica gracias a la memoria. Sería importante para diferenciar los estados mentales propios de los de los demás y se atribuiría la autoría de percepciones, pensamientos, ideas, recuerdos y sentimientos.

La segunda función estaría en el yo de la acción y la voluntad. Esa instancia virtual que se atribuye intenciones, propósitos y capacidad de acción posibilitaría la concentración de la voluntad en una determinada acción.

Una tercera función estaría en el yo de la interpretación y la legitimación, en donde el yo parlante uniría sus propias acciones, tanto ante sí mismo como ante los demás, en una unidad plausible.

Según Roth, la realidad y su yo son construcciones que permiten al cerebro elaborar informaciones complejas, dominar situaciones nuevas y desconocidas, así como llevar a cabo planificaciones de acciones a largo plazo.

43. ¿Es la moral una facultad exclusivamente humana?

Mucho se ha estudiado sobre este tema en las últimas décadas, sobre todo analizando el comportamiento de los grupos sociales en monos antropoides para intentar descubrir lo que Konrad Lorenz llamó «estructuras ratiomorfas» en los animales que nos han precedido en la evolución y que están muy cerca de nosotros.

Lorenz, como buen biólogo evolucionista, pensó que las funciones mentales que los humanos poseemos tenían que haber tenido precursores en los animales más cercanos. A estos precursores les llamó «estructuras ratiomorfas».

Darwin estuvo dudando sobre el origen de la moral sin saber si ésta era producto de la selección natural, de la cultura o del aprendizaje, y sospechaba que en los últimos estadios de la moralidad la cultura y el aprendizaje jugarían un papel preponderante.

Aunque el lingüista Noam Chomsky considera que la moralidad es innata, ésta no sería un módulo independiente como el lenguaje, ya que las consideraciones morales son accesibles a la consciencia y a la deliberación, lo que no ocurre con los productos intermedios del procesamiento sintáctico y fonológico pertenecientes al lenguaje.

Parece claro que la moralidad debe de ser el resultado de la actividad de estructuras implicadas en las conexiones cognitivo-afectivas. Como ejemplo tenemos el caso de Phineas Gage, un capataz de trabajadores del ferrocarril en Vermont, Estados Unidos, quien al preparar un barreno para hacer saltar unas rocas que estorbaban en el trazado de la línea de ferrocarril le explotó la pólvora y el barreno le atravesó el cráneo, entrando por la mejilla izquierda y saliendo por el centro del cráneo, cortando así las conexiones entre la corteza prefrontal y el resto del cerebro. Tras el accidente, en el que no perdió la consciencia, su personalidad se transformó y se convirtió en un ser amoral, sin consideración para sus compañeros, ofensivo con sus palabras y burlándose de los demás de manera cruel y despiadada, algo así como el Mister Hyde de Stevenson en su famosa novela *El doctor Jekyll y mister Hyde*.

Al parecer, la región de la corteza prefrontal llamada orbitofrontal, por estar situada encima de las órbitas oculares, es la responsable de la inhibición de nuestros impulsos instintivos, lo que permite no sólo la socialidad y la vida en común, sino que también sería origen de la moralidad.

Para Flack y De Waal, dos psicólogos de la universidad de Emory en Atlanta, Estados Unidos, los primates no humanos se rigen por reglas para su conducta social que aportan claves de cómo surgió la moralidad en el curso de la evolución. Son reglas vitales para el mantenimiento de los sistemas sociales y probablemente han sido importantes para la selección natural.

Muchos primates no humanos tienen métodos similares a los nuestros para resolver, gestionar y prevenir conflictos de intereses dentro del grupo. Estos métodos incluyen la reciprocidad, el compartir los alimentos, la reconciliación, la consolación, la intervención en conflictos y la mediación, considerados los componentes básicos de los sistemas morales.

El anarquista Piotr Kropotkin (1842-1921) sostenía que los animales se ayudan unos a otros porque así consiguen beneficios colectivos a largo plazo y que luchaban no tanto unos contra otros como colectiva mente contra su entorno. Setenta años más tarde, Trivers denominaría a ese fenómeno el «altruismo recíproco», término aceptado hoy ampliamente.

En estos sistemas sociales de primates no humanos existe una forma de reciprocidad calculada que se ha interpretado como un precursor del sentido humano de justicia y también como internalización de las normas sociales. Es decir, de estos experimentos y observaciones se ha concluido que los monos antropoides y los simios son capaces de mantener en su mente los servicios recibidos por otros congéneres y pagar a esos individuos esos favores. Lo contrario también es cierto: existe la revancha y la agresión vengativa cuando las reglas que mantiene el

grupo social son violadas.

Se conocen asimismo sentimientos morales como la simpatía, la empatía y la preocupación por la comunidad. Estos sentimientos probablemente no tengan la complejidad que tienen los nuestros, pero son, al parecer, sus precursores.

No sabemos si estos atisbos de moralidad son innatos o adquiridos. Se conocen varios ejemplos de hábitos adquiridos, como los monos japoneses que aprendieron a lavar las patatas en el agua del mar, hábito que se extendió luego por varias islas, o los chimpancés del África occidental que aprendieron y legaron a su descendencia el hábito de cascar las nueces con piedras.

Las conclusiones de estos resultados han sido muy discutidas, lo que no es de extrañar dada la tendencia tradicional a considerar la moralidad como algo humano en exclusividad, diciendo que la moralidad no se define por conductas, sino por intenciones, con lo cual se impide el progreso de estos análisis, porque nunca podremos saber si las intenciones de animales que no hablan son iguales a las nuestras. También se ha argumentado que la emoción de culpa, central en la moralidad humana, no tiene lugar en los primates no humanos porque requiere que el individuo conozca que un acto voluntario es dañino para otro y que esa conducta podría haber sido inhibida. Este argumento es débil, porque es muy posible que así sea también en estos animales.

En cualquier caso, parece evidente que en primates no humanos y cercanos evolutivamente al hombre aparecen conductas que pueden interpretarse como precursoras de la moralidad humana, lo cual no es de extrañar teniendo en cuenta que de algunos de estos animales no nos separa más que el 1,6 por ciento del genoma.

44. ¿Somos realmente libres?

Desde luego, si nos fiamos de nuestra impresión subjetiva no podemos menos de aceptar que cuando tomamos una decisión, realizamos un acto «voluntario» o emprendemos una nueva vida, lo estamos haciendo libremente, es decir, sin ningún tipo de cortapisas.

Ahora bien, existen experimentos recientes que indican justo lo contrario, es decir, que nuestras acciones se hacen conscientemente libres mucho después de que el cerebro haya comenzado ya a prepararlas. En otras palabras: que la impresión subjetiva de realizar un acto «voluntario» es siempre posterior a la actividad cerebral que lleva a ese acto. Veamos los experimentos.

Realizados por Benjamín Libet en California, surgieron de otro experimento anterior en el que se pudo registrar una onda en el electroencefalograma que comenzaba casi un segundo antes del acto voluntario, lo que se denominó potencial preparatorio (en inglés, *readiness potencial*, pero en alemán en el trabajo original, *bereitschaftspotential*). Esta onda negativa se registró primero en los electrodos que estaban colocados sobre el lóbulo frontal y, posteriormente, se trasladó a las regiones premotoras y motoras de la corteza cerebral para terminar produciendo un movimiento simple como la flexión de un dedo.

Benjamín Libet quiso saber cuándo se producía en este proceso la impresión subjetiva de mover «voluntariamente» ese dedo.

Para ello requirió de los sujetos de experimentación que se fijasen en un oscilógrafo y en una señal luminosa que se movía como las agujas de un reloj. El sujeto tenía que indicar dónde se encontraba la señal cuando tenía la impresión subjetiva de que iba a mover el dedo. Para sorpresa de Libet, esta impresión subjetiva de la «voluntad» de mover el dedo se producía sistemáticamente unos 200 milisegundos antes del movimiento, pero la onda preparatoria ya se había puesto en marcha unos 800 milisegundos antes del movimiento, o sea, 600 antes de la impresión subjetiva. Al parecer, la actividad que conduce al movimiento «voluntario» es, en primer lugar, inconsciente y sólo muy posteriormente se hace consciente. Esta impresión subjetiva no es la causa de la acción «voluntaria», sino una de las consecuencias. Por eso algunos autores han empleado la frase: «No hacemos lo que queremos, sino que queremos lo que hacemos».

Profundamente impresionado por estos resultados que indicaban la falta de libertad del individuo, al menos en lo que se refiere a los actos motores «voluntarios», Libet planteó la hipótesis de que el cerebro tenía aún la posibilidad de impedir el movimiento antes de que se produjese, es decir, una especie de veto. Pero en seguida se le objetó que esa intención del cerebro sería también acompañada por otro potencial preparatorio y se volvería a repetir el experimento.

Así están las cosas. Si estos experimentos se confirman, la conclusión puede ser desastrosa para nuestro orgullo como seres humanos que nos creemos libres y, sobre todo, porque todo el sistema de castigo de delitos está basado en la libertad del individuo para realizarlos.

De todas formas, esta idea no es nueva. Recordemos lo que dice Spinoza en su *Ética*:

«Los hombres se equivocan si se creen libres; su opinión está hecha de la consciencia de sus propias acciones y de la ignorancia de las causas que las determinan. Su idea de libertad, por tanto, es simplemente su ignorancia de las causas de sus acciones».

Quizás sean estos experimentos los que más hacen tambalear la imagen que tenemos de nosotros mismos. Es casi una certeza que los descubrimientos que se están haciendo en relación con las funciones cerebrales van a poner en entredicho muchas de nuestras creencias y a medida que se van conociendo más datos sobre estas funciones cerebrales, más está cambiando esa imagen que tenemos de nosotros mismos, imagen que probablemente no sea correcta. Recordemos lo que Freud dijo respecto a los descubrimientos revolucionarios de Copérnico sobre que la tierra no era el centro del universo, y de Darwin, que mostró que el hombre no era tampoco el centro de la creación, sino

el resultado de un largo proceso evolutivo. También Freud consideró la importancia que el inconsciente tiene en el ser humano como otra revolución que le quitaba al hombre la posibilidad de ser dueño absoluto de sus propios actos. Para Freud todos estos descubrimientos suponían una humillación del ser humano, pues atacaban directamente a su orgullo. Es muy posible que este tipo de humillaciones no haya terminado y estemos al comienzo de una serie de descubrimientos en neurociencia que continúen quitándole al hombre ese orgullo tan absurdo que posee.

Experimentos más antiguos parecen darle la razón a Libet. Me refiero al conocido fenómeno «phi», que consiste en la percepción de movimiento cuando se proyectan dos señales de luz en un determinado intervalo. No es otra cosa que lo que vemos en algunos anuncios luminosos y también el fundamento del cine y la televisión. Algunos investigadores se preguntaron lo que ocurriría si se proyecta un círculo de luz con un color determinado y luego otro con otro color, si la percepción de movimiento desaparecería o no. La respuesta fue muy sorprendente: la mancha de color empezó a moverse y luego, en medio del paso ilusorio al segundo lugar, cambió repentinamente de color. Los experimentadores se preguntaron cómo el cerebro es capaz de saber «antes de que» la luz coloreada se encuentre en el segundo lugar el color que va a adquirir. El contenido ilusorio no puede crearse más que «después de que» el cerebro haya identificado el color de la segunda mancha. Por tanto, tiene que ser el cerebro el que hace una remisión retroactiva del tiempo en el que ambos eventos ocurren, cambiando la secuencia.

Esos experimentos demuestran, como los que se refieren al libre albedrío, que el cerebro es capaz de modificar la secuencia temporal de los eventos y que no tiene en cuenta para nada la causalidad.

Cerebro y clínica



45. ¿Qué es la «visión ciega»?

Aproximadamente un 25 por ciento de la corteza estriada, o corteza visual primaria, está dedicado a la información de un 2 por ciento de la región central del campo visual, que corresponde a la fovea, o sea, a la región de mayor agudeza visual de la retina. Algunas personas que pierden su visión debido a un derrame o lesión cerebral pueden desarrollar una capacidad sorprendente. Aunque son incapaces de ver físicamente un objeto que se encuentra delante de ellos, pueden, sin embargo, alcanzarlo con la mano con una seguridad extraordinaria. A esta capacidad se le ha llamado «visión ciega».

El experimento original se hizo en 1967 en el laboratorio de psicología de Cambridge, donde se le extirpó a un mono la corteza visual primaria, por lo que el mono quedó ciego. Al cabo de poco tiempo el mono podía andar evitando los obstáculos.

Poco más tarde, en Oxford, un investigador estudió a un paciente que, tras una operación del hemisferio derecho, había quedado ciego para el hemicampo visual izquierdo (la mitad izquierda del entorno). El investigador le mostró en el lado derecho del campo visual puntos luminosos que el paciente podía ver perfectamente. Luego se los mostró en el lado izquierdo y el paciente negó, como es lógico, verlos; pero el investigador insistió en que los señalase con la mano, a lo que el paciente respondió que como no los veía no podía hacerlo. Entonces el investigador le pidió que hiciese un esfuerzo y los señalase, aunque fuera sólo por adivinación; y, para sorpresa del investigador, el paciente los señaló con toda perfección.

La explicación de este fenómeno es que, aunque la corteza visual primaria esté lesionada, la información se transmite por otra vía a los centros corticales intactos que elaboran esa información. Esta información se transmite de forma inconsciente. Este hecho ha llevado a muchos autores a pensar que una parte del cerebro, la mente consciente, puede no conocer lo que otra parte, de forma inconsciente, está realizando, lo que sin duda es cierto.

Por lesiones traumáticas o tumores, esto ha ocurrido en muchos seres humanos que dicen no ver nada, pero que son capaces de elegir objetos de forma correcta y también eludir obstáculos, aunque conscientemente sigan diciendo que no ven absolutamente nada.

La conclusión que podemos sacar de estos hechos es que para que un estímulo sea consciente tendría que alcanzar la corteza cerebral.

46. ¿Cuáles son las técnicas modernas de imagen cerebral?

Son técnicas que permiten visualizar imágenes del cerebro en personas sanas o enfermas sin necesidad de intervención quirúrgica, por lo que se llaman incruentas o no invasivas. Un grupo de ellas utilizan los cambios metabólicos que se producen en el cerebro con la actividad de sus neuronas. El cerebro tiene un consumo por encima de la media de oxígeno y glucosa: aunque sólo supone un 2 por ciento de la masa corporal, consume el 20 por ciento de toda la energía del organismo, es decir, diez veces más de lo que le correspondería por esa relación. Se alimenta casi exclusivamente de glucosa y no tiene reservas ni de glucosa ni de oxígeno, de forma que pocos minutos sin oxígeno suponen una lesión irreversible del cerebro.

Cuando determinadas regiones del cerebro se activan por encima de lo normal debido a ciertas tareas, en esas regiones aumenta la actividad electroquímica de las células y también el metabolismo, es decir, el consumo de oxígeno y glucosa. Naturalmente, esto tiene lugar con algún retraso que viene dado por lo que tarda en llegar la sangre a la región afectada. Por esta razón, la resolución temporal de estas técnicas metabólicas no es muy grande.

La más importante de las técnicas metabólicas es la Tomografía por Emisión de Positrones (Positron Emission Tomography, PET). En ella se utiliza un isótopo que emite positrones, el O^{15} que se inyecta en la sangre. Este oxígeno se utiliza más en las regiones más activas, por lo que se registra luego con detectores apropiados. La resolución espacial está ya en milímetros, por lo que la localización no es mala, aunque no se utiliza para detalles anatómicos como otras técnicas estructurales, por ejemplo, la resonancia magnética nuclear.

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) se basa en un principio completamente distinto a la PET, a saber, que en un fuerte campo magnético muchos núcleos de átomos se orientan paralelamente a las líneas de campo. Con una señal de radio emiten señales de alta frecuencia que informan sobre el tipo y posición de los núcleos, así como sobre la composición físico-química del entorno. Con ayuda de los núcleos de hidrógeno, se pueden alcanzar representaciones anatómicas exactas de los cerebros.

En la RMN funcional (RMNf) se registran además oscilaciones en el contenido de oxígeno de la sangre dependiendo de la actividad metabólica del cerebro, que a su vez depende del rendimiento de las diversas estructuras. De esta manera, se combina una técnica con muy buena resolución espacial como es la RMN con el aspecto funcional, por lo que esta modificación de la técnica de resonancia está siendo muy utilizada en problemas fisiológicos.

La técnica que todavía conserva una mejor resolución temporal es la electroencefalografía (EEG), que, sin embargo, sólo es útil para registrar actividad de la corteza y plantea problemas de localización espacial. Recientemente se utiliza también la magnetoencefalografía (MEG), que registra los campos magnéticos producidos por la actividad eléctrica de las neuronas corticales. Su resolución temporal es también muy buena, pero la resolución espacial está entre 5-8 mm.

Es de esperar que el futuro perfeccione estas técnicas y que los avances en informática permitan una fusión de imágenes que utilice las ventajas de unas y otras.

47. ¿Qué nos aportan los resultados de lesiones cerebrales?

Esta pregunta es importante porque la bibliografía neurológica y neurofisiológica está llena de informes sobre lesiones cerebrales y sus resultados, aparte de conclusiones sobre la función del área o áreas dañadas.

Pues bien, su valor es sólo relativo. Hay que tener en cuenta que lesiones «puras» o déficit «puros» no existen. Cualquier lesión en el cerebro puede tener efectos remotos en otras áreas con las que la región lesionada está en contacto. Aparte de ello, el área lesionada puede dejar de excitar o inhibir regiones que se encuentran por debajo de ella. Y, finalmente, cualquier lesión puede afectar aspectos cognoscitivos en general, aparte de los efectos inmediatos.

En la clínica, las lesiones producidas por traumatismos craneoencefálicos, tumores o enfermedades metabólicas o degenerativas, causan por lo general lesiones que afectan a varias regiones simultáneamente, pero en cualquier caso muy poco limitadas anatómicamente, por lo que las conclusiones sobre funciones de las regiones afectadas hay que tomarlas con grandes reservas. No obstante, el método de las lesiones cerebrales ha sido uno de los primeros usados en neurociencia y, desde luego, en experimentos con animales ha aportado numerosos conocimientos sobre las diversas funciones de las regiones cerebrales. La historia de la neurofisiología no sería la misma sin este método; al usarlo en animales de experimentación se han podido realizar extirpaciones mucho más exactas que las producidas por accidentes o tumores cerebrales. Aparte de ello, también se ha combinado este método de la extirpación experimental de regiones del cerebro con otras técnicas, como las electrofisiológicas, es decir, con registros de la actividad eléctrica de células aisladas o con técnicas neuroquímicas.

48. ¿Son las enfermedades mentales el resultado de trastornos neuroquímicos?

Es así. En primer lugar, tenemos fármacos que son llamados psicoactivos porque tienen una influencia clara en las funciones mentales. Así, por ejemplo, los alucinógenos son sustancias que producen alucinaciones y su uso se remonta a los orígenes de la humanidad y probablemente anterior a ella, ya que muchos animales los han usado. Las numerosas plantas y hongos que contienen esos principios activos todavía son utilizadas en muchas partes del planeta, tanto para alterar la mente y conseguir alcanzar estados de consciencia no comunes, como por motivos religiosos, para entrar en contacto con la divinidad local. Aparte de los principios activos en la naturaleza, hoy se conocen muchas otras llamadas drogas de diseño, como la dietilamida del ácido lisérgico (LSD), que hizo furor en los años setenta en Estados Unidos y en Europa, y actualmente varias drogas de diseño que causan muertes frecuentes en los jóvenes que las ingieren. La LSD interfiere con el metabolismo de un neurotransmisor cerebral implicado en numerosas funciones como es la serotonina.

Aparte de los alucinógenos, otras sustancias químicas también son capaces de alterar la mente sirviendo de estimulantes, como la cocaína o las anfetaminas, que interfieren en el metabolismo de los neurotransmisores cerebrales dopamina y noradrenalina; su efecto es de excitación y de alerta, procurando al sujeto una mayor confianza en sí mismo y disminuyendo su apetito. La cocaína ha sido utilizada desde tiempos inmemoriales por los indios en los Andes y sigue utilizándose en la actualidad, habiendo pasado a ser una de las drogas preferidas por la alta sociedad en los países industrializados, sobre todo desde que las anfetaminas fueron prohibidas.

El hecho de que muchas sustancias interfieran en las funciones mentales ha llevado a usarlas con la intención de mejorar los síntomas de dos tipos de afecciones mentales: los trastornos afectivos y las esquizofrenias. Los trastornos afectivos son alteraciones de los estados de ánimo, como la depresión. Todos hemos pasado alguna vez por situaciones difíciles en la vida que nos han afectado profundamente y han conseguido que nos sintamos deprimidos; pero este estado tan común no es comparable con lo que en psiquiatría es conocido como depresión, pues esta última es un proceso mucho más profundo y duradero que suele referirse como algo ajeno al propio individuo. Aparte de ello, la depresión suele acompañarse de otros síntomas importantes, como la pérdida del apetito, el insomnio, la pérdida de la autoestima, las sensaciones de culpabilidad y los pensamientos negativos. Suele presentarse en episodios con una duración de varios meses y puede llevar a menudo al suicidio.

En la década de los sesenta del siglo XX un fármaco llamado reserpina era utilizado para controlar la hipertensión arterial, pero en aproximadamente un 20 por ciento de los casos provocó una depresión; hoy se sabe que la reserpina produce una depleción de catecolaminas (noradrenalina, dopamina), así como de la serotonina, al interferir con su entrada en las vesículas sinápticas. Las catecolaminas y la serotonina son destruidas por una enzima llamada monoaminoxidasa (MAO); pues bien, algunos fármacos que inhibían esta sustancia y que fueron utilizados para combatir la tuberculosis producían un aumento del buen humor de los pacientes. En consecuencia con estos datos, se llegó a la conclusión de que la depresión era debida a un déficit en estos neurotransmisores. Algunos inhibidores de la recaptación de serotonina en las terminales sinápticas, como el Prozac, se han hecho muy famosos y son utilizados por millones de personas en el mundo.

Pero los hechos no son tan sencillos y las interacciones entre los neurotransmisores en el cerebro están todavía muy lejos de ser entendidas completamente. Por ejemplo, la cocaína aumenta los niveles de noradrenalina en la hendidura sináptica, pero no es un antidepresivo.

La otra gran afección de las funciones mentales son las esquizofrenias. Esta palabra fue introducida por el psiquiatra suizo Eugene Bleuler y significa «mente escindida». Se caracteriza por una pérdida de contacto con la realidad, llamada también desrealización, y por la alteración del pensamiento, de la percepción y del estado de ánimo. Es muy probable que se trate de varias enfermedades, de ahí que algunos autores hablen de esquizofrenias en plural. Algunos enfermos tienen alucinaciones, monomanías de grandeza o delirios persecutorios y se les agrupa como pertenecientes a la esquizofrenia tipo I, mientras que los que son agrupados en la esquizofrenia del tipo II se caracterizan por un aplanamiento afectivo, episodios de risa o llanto que no vienen a cuento, posturas extrañas acompañadas de disminución de los movimientos (catatonía) y mutismo. Por desgracia, algunos enfermos muestran síntomas de ambos grupos, por lo que no queda claro si se trata de dos afecciones distintas.

Desde el punto de vista estructural, se ha podido observar en algunos enfermos un ensanchamiento de los ventrículos cerebrales, disminución del tamaño global del cerebro o falta de actividad en el lóbulo frontal, pero estos hallazgos no han podido generalizarse a todos los enfermos.

Desde que se conoce que las anfetaminas aumentan la neurotransmisión en las sinopsis que utilizan catecolaminas y que provoca la liberación de dopamina, así como a la vista de sus efectos sobre las funciones mentales que se parecen a los síntomas de la esquizofrenia tipo I, se ha puesto en relación esta enfermedad con el metabolismo de la dopamina, llegando a la conclusión de que se trata de un exceso de catecolaminas en el cerebro.

También se conocen los efectos de sustancias que bloquean un tipo de receptores de dopamina, como la clorpromacina y otras sustancias, que han recibido el nombre de neurolépticos. De aquí se ha deducido que los síntomas de la esquizofrenia tipo I se deben a la activación de los receptores de dopamina.

La hipótesis de la dopamina como causa de la esquizofrenia es una entre otras. Como dijimos antes, la interacción de las sustancias químicas que actúan en el cerebro como neurotransmisores está aún lejos de ser conocida en profundidad. Hemos podido mejorar algunos de los síntomas de estas enfermedades mentales gracias a los fármacos, pero seguimos sin conocer sus causas para poder erradicarlas. Lo que queda claro, sin embargo, es que las funciones mentales no son otra cosa que el producto de la actividad cerebral y que estas funciones pueden perfectamente ser moduladas e influenciadas por sustancias químicas que interfieren con los efectos de los neurotransmisores cerebrales.

49. ¿Hay pacientes que no «ven» la mitad de su campo visual?

Lesiones del lóbulo parietal derecho del cerebro producen un síndrome que hace que el paciente no atienda a los estímulos que aparecen en el lado izquierdo del cuerpo, lo que llega a extremos tales que los pacientes sólo comen de la mitad derecha de su plato, se arreglan o afeitan solamente la mitad de la cara o dibujan un reloj con sólo la mitad derecha de los números.

Este «síndrome de negligencia» suele aparecer tras una hemorragia cerebral producida por un accidente o una apoplejía que inutiliza grandes regiones del hemisferio afectado, generalmente el derecho. También se ha observado con lesiones en el hemisferio izquierdo, pero los síntomas son mucho más benignos. Los estímulos no atendidos pueden ser visuales, auditivos o táctiles.

Este síndrome ha descubierto algunas de las claves de las funciones de ambos hemisferios. Aunque algunos pacientes son ciegos para el hemicampo visual izquierdo, lo contrario no es cierto, es decir, que existen pacientes que son ciegos para el hemicampo visual derecho, pero que no muestran el síndrome de negligencia.

Curiosamente, en algunas circunstancias los pacientes son capaces de discriminar estímulos que aparecen en el hemicampo visual izquierdo aunque el paciente lo niegue, lo que muestra que la información es recibida por el sujeto.

Para explicar la asimetría de la atención, se ha planteado la hipótesis de que el hemisferio derecho, que está más implicado en funciones visuoespaciales, al fallar por la lesión deja esa función a un hemisferio, el izquierdo, que es mucho peor en funciones visuoespaciales por albergar la mayor parte del lenguaje. Pero también se ha argumentado que es posible que el hemisferio izquierdo controle la atención del hemicampo visual derecho, pero que el hemisferio derecho tenga la facultad de controlar ambos hemicampos, por lo que las lesiones en el lóbulo parietal del hemisferio izquierdo no serían tan graves como las lesiones en el lóbulo parietal derecho, lo cual es cierto.

En la literatura neurológica es muy conocido un paciente con síndrome de negligencia que fue colocado por el experimentador enfrente de la catedral de Milán y al que se le pidió que explicase lo que veía. Describió todos los edificios que se encontraban a su derecha, pero no mencionó ninguno de los que se encontraban a su izquierda. Luego se le pidió que imaginase la plaza desde el otro lado, como si estuviese ahora delante de la catedral, y el paciente describió perfectamente los edificios que estaban a su derecha, que eran los mismos que antes no mencionó. Estos experimentos se interpretaron argumentando que la elaboración visual era independiente de la negligencia, ya que ésta afectaba incluso a las imágenes de la memoria.

50. ¿Es posible que haya pacientes que no reconozcan la mitad de su cuerpo como suyo?

Es un síntoma llamado anosognosia que aparece en lesiones o tumores parietales del hemisferio derecho y que hace que el paciente niegue su propia enfermedad, a pesar de la evidencia, como, por ejemplo, si tiene paralizado el lado izquierdo del cuerpo como consecuencia de una hemiplejía. También se ha referido este síntoma en la enfermedad de Alzheimer y en la corea de Huntington.

En la región parietal del hemisferio derecho se encuentra un esquema corporal del lado contralateral; este esquema puede sufrir cambios y el paciente puede que sienta esa parte de su cuerpo demasiado grande, pequeña o desaparecida. También suele llamarse negligencia hemiespacial, es decir, la falta de atención a la mitad del espacio exterior del sujeto. Como hemos dicho anteriormente, estos pacientes, si se afeitan, lo hacen sólo de la mitad derecha de la cara y si se peinan o maquillan, lo mismo.

En lesiones parietales puede también ocurrir que el paciente se imagine que está moviendo una extremidad a pesar de que el miembro en cuestión esté completamente quieto. Y algunos esquizofrénicos tienen también trastornos de la imagen corporal. Drogas alucinógenas, como la dietilamida del ácido lisérgico (LSD), modifican asimismo la imagen corporal.

Se ha calculado que aproximadamente la mitad de los esquizofrénicos y enfermos maniaco-depresivos no van al tratamiento porque son incapaces de percibir que están enfermos. Aunque son conscientes de muchos síntomas, tienen siempre explicaciones, a veces extravagantes, de su presencia. En algunos casos tienen una tendencia obsesiva a demostrar a los demás que no están enfermos, que sus delirios y alucinaciones son reales. La consecuencia de esta negación de la evidencia es que estos pacientes, por lo general, no toman medicamentos porque no entienden por qué deben hacerlo si no se consideran enfermos, con lo que los síntomas suelen empeorar.

Con el test de Wada, ya mencionado en otro lugar y que consiste en la anestesia de un hemisferio por inyección de amital sódico en la arteria carótida de un lado, se ha estudiado también la anosognosia; también se ha podido producir la anosognosia cuando se anestesiaba el hemisferio derecho. Al igual que en los enfermos, estos sujetos, que mostraban la parálisis del lado izquierdo debido a la anestesia del derecho, confabulaban cuando se les pedía que moviesen el brazo paralizado, es decir, que decían que lo estaban moviendo aunque no era cierto.

El caso más extremo de anosognosia fue descrito por Anton en 1899; era el caso de una mujer completamente ciega que no tenía consciencia de su ceguera y cuando el experimentador intentaba demostrarle que era ciega pidiéndole que describiera objetos, respondía siempre con respuestas evasivas o con confabulaciones. La anosognosia de la ceguera y las confabulaciones visuales han pasado a la historia de la neurología con el nombre de síndrome de Anton.

Sobre el origen de este síntoma tan extraño no existen explicaciones claras. Se ha sugerido que las áreas prefrontales que están controlando la actividad de la persona pueden tener algún defecto que impida darse cuenta de los defectos que se producen en otras regiones cerebrales.

La cuestión que se plantea con este síntoma es la del origen de la autoconsciencia. ¿Cómo es posible perder la capacidad de reconocer que una extremidad se está moviendo o no cuando está paralizada? ¿Se trata de una inhibición freudiana o de falta de atención? En el síndrome de negligencia, el paciente no presta atención al hemicampo visual contralateral, pero si se le cambia de posición la situación también cambia. El paciente con anosognosia sigue insistiendo en que o mueve la extremidad paralizada o, si se le fuerza, llega a decir incluso que no le pertenece o que

pertenece al experimentador. Curiosamente, estos enfermos son también incapaces de reconocer la parálisis en otras personas, lo que implicaría que tenemos un esquema corporal también para otras personas, aparte del propio. Esto estaría en consonancia con el descubrimiento de las llamadas «neuronas especulares», mencionadas en otro lugar, que responden no sólo cuando el mono realiza un movimiento, sino cuando ve que otro mono lo realiza.

51. ¿Es cierto que hay personas que huelen los colores?

Etimológicamente, sinestesia significa «juntar las sensaciones» y se puede definir como el fenómeno en el que un sujeto de forma involuntaria une dos sentidos; así, la información real de un sentido se acompaña por la percepción en otro o en varios sentidos, como por ejemplo personas que al oír música ven colores o tienen parestesias cutáneas; en este caso se suele hablar de sinestesia sonogénica. Hay personas, pues, que oyen colores, otras que huelen los colores y otras que saborean las formas. El psicólogo de Cambridge, Simon Baron-Cohen, estima que de cada 2.000 personas una es sinestésica, lo que parece un poco exagerado.

Se conocen informes sobre sinestésias desde el siglo XVII y en el siglo XIX estuvo de moda tener sinestésias en la alta sociedad, de forma que se produjeron informes de muchos casos, pero sin que sepamos a ciencia cierta si fueron auténticos casos de sinestesia. El compositor ruso Alexander Scriabin era sinestésico. Quiso expresar sus sensaciones en 1910 en la sinfonía *Prometeo, el poema del fuego* para orquesta, piano, órgano y coro. También lo fue el músico francés Olivier Messiaen (1908-1992). El pintor Wassily Kandinsky (1886-1892) tenía a los sinestésicos en gran estima diciendo de ellos que «eran altamente sensibles», «son como los buenos violines... que vibran en todas sus partes al contacto con el arco». Escribió una ópera en 1912 titulada *El sonido amarillo* (*Der gelbe Klang*). El caso familiar más conocido fue el del novelista ruso Wladimir Nabokov (1899-1977); tanto su madre como su hijo como él percibían letras y palabras en colores.

Recientemente se ha vuelto a tener interés en estos casos y son considerados como una vía de acceso al conocimiento de cómo funciona el cerebro.

Curiosamente, es más frecuente en el sexo femenino, siendo la relación aproximadamente de 2-8 casos en mujeres frente a 1 caso en hombres. Es un misterio por qué. También es predominante en zurdos. Y, como hemos visto anteriormente, también lo es en personas con gran memoria, así como con grandes facultades intelectuales y artísticas. No obstante, la mayoría tiene problemas de cálculo, y, a veces, confusión izquierda-derecha, un síntoma conocido como aloquiria. En su libro *La mente de un mnemonista*, el neuropsicólogo ruso Alexander Luria refiere el caso de una persona con una gran memoria y que también era sinestésica. Este paciente se ganaba la vida dando exhibiciones de su prodigiosa memoria. Podía recordar listas muy largas de números, letras o palabras que conservaba en su mente durante años. Su problema era poder olvidar, lo que conseguía a duras penas y con enormes esfuerzos. Como dijimos, también poseía un nivel extraordinario de sinestesia. Cuando se le exponía a un tono muy agudo y alto, el paciente respondía: «Se ve como algo con fuegos artificiales con tintes rojos y rosados; la tira de color se siente áspera y desagradable; además tiene un sabor horrible, como de pepinillo encurtido; podrías lastimarte la mano con esto».

El neurólogo estadounidense Richard Cytowic escribió en 1993 un conocido libro titulado *El hombre que saboreaba las formas*; este neurólogo conoció a una familia con cuatro sinestésicos, lo que sugiere un componente genético en la aparición de este fenómeno.

Se ha planteado la hipótesis de que pueda ser debido a un fenómeno de asociación en el que un grupo de neuronas se activen en proximidad temporal en las regiones de la corteza correspondiente a dos o varios sentidos, gracias a conexiones de larga distancia entre ellas. También puede ocurrir que sea el resultado de la activación de neuronas sobre las que convergen informaciones de varios sentidos.

Sin embargo, el propio Cytowic es de la opinión de que la sinestesia no es el producto de ninguna unión a nivel cortical, sino a un nivel intermedio entre los órganos de los sentidos y la corteza; por otro lado, la sinestesia parece depender del hemisferio izquierdo y el hipocampo juega un papel importante.

Fenómenos sinestésicos se observan también en la ingesta de la droga alucinógena LSD, así como en la epilepsia del lóbulo temporal, que afecta a estructuras límbicas y tras la privación sensorial.

Se ha especulado con la posibilidad de que todos los seres humanos nazcan sinestésicos, porque a los seis meses de edad la respuesta cortical en estos niños es similar independientemente del estímulo que la provoca, como una luz brillante o un ruido fuerte. Tras esa edad, los estímulos sonoros se registran en su lugar cortical, es decir, en la corteza temporal, y los visuales, en la corteza occipital. En esta época tiene lugar una muerte celular selectiva, pero, al parecer, en los sinestésicos quedarían conexiones entre las células de las distintas áreas primarias sensoriales.

Otra teoría dice que el origen de la sinestesia puede ser otro. En todos los seres humanos existen vías de retroalimentación entre las áreas primarias sensoriales y las áreas asociativas multisensoriales que existen en la corteza, donde converge la información de varios sentidos. Estas áreas multisensoriales permiten, por ejemplo, a una persona ver una pelota y, luego, con los ojos cerrados, elegirla entre varias figuras geométricas. En la mayoría de las personas, estas vías de retroalimentación estarían en parte inhibidas, pero en los sinestésicos no.

Esta última teoría explicaría por qué determinadas drogas alucinógenas, como la LSD o la mescalina, son capaces de hacer sinestésicas a personas que no lo son, lo que significaría no que estén desarrollando nuevas conexiones, sino abriendo las que, por inhibición, estaban cerradas.

52. ¿Qué es el autismo?

El hecho de la existencia de personas que, aun teniendo un coeficiente intelectual muy bajo, pueden destacar de forma extraordinaria en música, arte, dibujo o idiomas nos indica que la modularidad tiene un sentido. Por modularidad se entiende la existencia en el cerebro de diferentes módulos, que asumen una función específica, como la elaboración de la visión cromática, ya que la visión cromática no se da aisladamente del resto de funciones visuales. Pero sí ocurre que pacientes con determinadas lesiones en la corteza visual pierdan exclusivamente este aspecto de la visión. Esto no tiene por qué invalidar la existencia de redes neuronales que sean la base de una determinada función. Es de suponer que la disputa entre modularidad y distribución en redes no sea otra cosa que una más de las antinomias que luego se demuestra que ambos extremos tienen razón según sea el punto de vista desde el que se observa el fenómeno.

Los autistas fueron llamados *idiots savants* por su bajo coeficiente intelectual, pero también por destacar considerablemente en una tarea determinada.

Se trata de niños carentes de relaciones sociales, de habilidades para la comunicación, con rituales compulsivos o conductas repetitivas, una preocupación por objetos específicos, que se autolesionan y muestran conductas agresivas y con resistencias a los cambios. Cuando existe un lenguaje, éste se caracteriza por graves retrasos. Suele presentarse este síndrome en la infancia, pero a veces existe desde el nacimiento, aunque se manifieste en los tres primeros años de vida. El término *autista* fue utilizado por vez primera por Bleuler, psiquiatra suizo, en 1919 para aquellos esquizofrénicos adultos que manifestaban un alejamiento del mundo exterior. Pero en 1943 Leo Kanner lo utilizó para describir once casos llamándole autismo infantil temprano.

Es decir, son personas retardadas mentalmente y por regla general los autistas tienen graves dificultades de aprendizaje, pero en un campo determinado, como la música, el arte o las matemáticas, son extraordinariamente bien dotados.

Existe un «síndrome de Asperger» (Asperger fue un pediatra austriaco) que se caracteriza igualmente por deficiencias en la interacción social y en la coordinación motora, así como por comportamientos raros. En este síndrome, en relación con el autismo, los déficit motores son más pronunciados, el comienzo suele ser más tardío y no existen graves deterioros del habla o del lenguaje.

Estos *idiots savants* son raros; de toda la población, un 2 o 3 por ciento son retardados mentales y de éstos, sólo un 0,06 por ciento poseen una capacidad extraordinaria en un campo. En otras palabras, de cien autistas, sólo unos diez poseen cualidades especiales.

Estas cualidades especiales o talentos nos plantean la cuestión de si la inteligencia, que en estos autistas es muy baja, tiene algo que ver con el talento para una determinada capacidad mental o no. Creo que la pregunta se responde sola: el talento que el autista posee, aunque sea sólo para un campo determinado, parece no tener nada que ver con la inteligencia en general.

Por otra parte, habría que preguntarse por qué estos sabios especializados son la mayoría autistas. Preguntas para las que aún no tenemos respuestas. Lo que podemos decir es que existe una disfunción cerebral que todavía no ha sido bien determinada, que en algunos casos se acompaña de epilepsia; también podemos decir que lo más probable es que exista un factor genético en muchos casos.

Alfred Binet, que fue el primero que inventó un test de inteligencia, introdujo este término para ese 0,06 por ciento de los minusválidos psíquicos que son *savants*. Curiosamente, los talentos especiales de estos autistas sabios se encuentran en el campo del cálculo con números o con números de calendario, en las artes y en la música. En otros casos más raros, el talento está en el lenguaje.

Algunos autores opinan que la exactitud con la que estos autistas pueden determinar el día de la semana en que cae un determinado día del año o de todos los años se debe a que son capaces de entender las reglas estructurales y las regularidades que gobiernan los calendarios. De la misma manera, los que están dotados especialmente bien para la música lo que dominarían serían las estructuras musicales, o lo que se ha llamado la «gramática de la música».

Para diferenciar la inteligencia de la cognición se ha descrito la primera como la capacidad mental duradera, mientras que la cognición sería un proceso activo por el que nos apropiamos de conocimientos y de saber. Con otras palabras, la inteligencia describiría un estado mental constante, mientras que la cognición se referiría a los procesos que participan en las formas expresivas de la inteligencia. Con esta definición habría que concluir que los «sabios» lo que tendrían son «islas de inteligencia», como algún autor las ha llamado.

El término *autismo* es relativamente reciente. Como hemos dicho, en el año 1943 el psiquiatra Leo Kanner describió el trastorno autista en niños como la incapacidad de salir de ellos mismos y entrar en contacto estrecho y emocional con otras personas. Los bebés, por ejemplo, no extienden los brazos para ser cogidos por los padres y adoptan posturas rígidas cuando se les toma en brazos; no reaccionan cuando se les sonríe y tratan a otros niños como si fuesen objetos.

Se ha especulado con la idea de que lo que les falta a estos niños autistas es una psicología intuitiva, innata quizás, que todos los niños tienen y que les permite poseer lo que se ha llamado «teoría de la mente», es decir, entender lo que ocurre en la mente de los demás, quizás porque falte la comprensión de los componentes afectivos de la comunicación.

Ya el filósofo empirista inglés David Hume en el siglo XVIII decía que todo ser humano al nacer poseía un sentido para los sentimientos e intuiciones de los demás que era independiente de la razón.

Otra característica muy común en estos niños es el adoptar y desarrollar comportamientos rituales, generalmente motores, que repiten una y otra vez como si estos rituales tuviesen un efecto tranquilizante sobre ellos. La perseverancia en estos rituales va acompañada de un empobrecimiento del margen de los propios intereses.

La memoria suele ser extraordinaria, sobre todo para aquel campo en el que destacan; sin embargo, en muchos casos desarrollan muy mal el lenguaje, y o no aprenden a hablar, o empiezan muy tarde a desarrollar el lenguaje. En el habla ocurre también que los aspectos emocionales no son entendidos, de forma que son incapaces de entender chistes o ironías de los demás.

53. ¿Qué es la esquizofrenia?

Todos sabemos que la esquizofrenia es una enfermedad mental. Su nombre proviene del griego y significa algo así como «mente escindida» o dividida. Afecta a un 1 por ciento de la población y se trata de un trastorno psicótico que, probablemente, represente un cajón de sastre en el que están implicadas una serie de afecciones de distinto origen.

En cualquier caso, la esquizofrenia suele aparecer a una edad relativamente temprana, entre los 17-27 años en el varón y entre los 17-37 en la mujer. Suele presentarse en «brotos» que remiten al cabo de un tiempo. Durante ellos, los síntomas son alteraciones de la concentración, apatía, angustia, retraimiento social y otros síntomas. Entre los «brotos», la persona afectada vuelve a la normalidad.

Cuando un químico, Albert Hoffmann, descubrió en los años cuarenta la dietilamida del ácido lisérgico, conocida como LSD, una droga potentemente alucinógena, los síntomas que este mismo químico experimentó al ingerirla se asemejaban en gran manera a los síntomas conocidos de la esquizofrenia. Curiosamente, el denominador común, que muchos autores señalaron como importante, fue que el cerebro era incapaz de controlar y reprimir los estímulos irrelevantes. Como si faltase un filtro que normalmente utiliza el cerebro para no ser inundado por los estímulos que son capaces de captar los órganos sensoriales y los que se producen internamente en el propio organismo. Este verdadero aluvión de estímulos hace que la atención sea incapaz de focalizarse como es normal.

Como hemos dicho al principio, éste no es el único síntoma característico de la enfermedad, sino que también va acompañada de empobrecimiento o aplanamiento afectivo, así como empobrecimiento del léxico y una falta de interés o energía generales, lo que no es desencadenado por los alucinógenos.

Crow clasificó la esquizofrenia en dos grupos: grupo I y II. El grupo I se caracteriza por presentar síntomas «positivos», es decir, alucinaciones, agitación y en general una conducta exagerada, mientras que el tipo II se caracteriza por los llamados síntomas «negativos», o sea, los que presentan deficiencias conductuales. El pronóstico para el primer grupo es mejor, responde también mejor a los fármacos y es probable que se trate de un problema de la función del neurotransmisor dopamina. El segundo grupo responde mal a los fármacos antipsicóticos y presenta una atrofia cortical, sobre todo en la corteza prefrontal, así como un ensanchamiento de los ventrículos.

El esquizofrénico no es una «mente escindida». Este término es más aplicable a lo que se conoce como síndrome de múltiple personalidad, en el que el sujeto tiene y vive varias personalidades independientes una de otra.

Es frecuente que los esquizofrénicos tengan alucinaciones de tipo acústico o visual, pero también corporales, en las que el paciente siente como si le faltasen algunos miembros o todo el cuerpo se descompusiese. También es característico que el paciente tenga la impresión de la disolución del propio «yo».

La pérdida del dominio sobre la propia persona hace que ese dominio se atribuya a potencias extrañas que controlan sus pensamientos o acciones.

Respecto al origen, al principio se creía que se debía a elementos puramente medioambientales y se especuló con la presencia de una madre «esquizofrenógena», pero esta teoría se ha abandonado. Hoy se sabe que existen factores genéticos, por estudios realizados en gemelos uni y bivitelinos, pero se supone que se trata sólo de una disposición para la enfermedad, que luego se desencadena por otros factores ambientales de tipo nocivo o estresante.

Los conocimientos cada vez mayores sobre los neurotransmisores químicos que utilizan las células nerviosas para comunicarse entre sí —ya se conocen unos cuarenta neurotransmisores y muchos receptores en la membrana de las células nerviosas— hizo que se haya planteado una

hipótesis neuroquímica como origen de esta enfermedad. En los años setenta se planteó, por ejemplo, la hipótesis de la dopamina, una sustancia química presente en muchas partes del cerebro y que es liberada por las anfetaminas. Como es sabido, las anfetaminas son capaces de producir alucinaciones de tipo psicótico y también delirio de persecución, lo que es característico asimismo de la esquizofrenia paranoide. Por tanto, la hipótesis venía a decir que en la esquizofrenia lo que se producía es dopamina de forma excesiva y esta hipótesis parecía confirmada por el hecho de que algunas sustancias que bloquean los receptores para la dopamina eran capaces de suprimir lo que se llaman síntomas psicóticos positivos, pero sin afectar los síntomas psicóticos negativos.

Esta hipótesis no es suficientemente clara. Las modernas técnicas de imagen cerebral han puesto de manifiesto que algunas zonas del lóbulo frontal tienen un déficit claro en dopamina, pero otras todo lo contrario.

Aparte de la dopamina, otras sustancias químicas cerebrales están alteradas en la esquizofrenia, como son el glutamato, un neurotransmisor que suele encontrarse en la corteza cerebral, y el ácido gamma-amino-butírico o GABA.

La dietilamida del ácido lisérgico o LSD antes mencionada es una sustancia con un estrecho parentesco con la serotonina, otro neurotransmisor cerebral importante. De ahí que se plantease la hipótesis serotoninérgica. Efectivamente, tanto la LSD como el hongo sagrado de los aztecas, el teonanacatl, o psilocybe mexicana, producen trastornos parecidos a la esquizofrenia.

Pero existe una tercera hipótesis que especula con otro neurotransmisor muy extendido en el sistema nervioso central, el ácido glutámico. Una droga muy conocida llamada PCP, la fenilciclidina o «polvo de los ángeles», así como un anestésico, la ketamina, tienen una estructura muy similar al ácido glutámico y reaccionan específicamente con sus receptores; ambas sustancias son capaces de producir síntomas positivos y síntomas negativos de esquizofrenia; de ahí que se haya especulado con una falta de ácido glutámico en estos enfermos.

El problema es que los neurotransmisores cerebrales están muy conectados entre sí, debido a las extensas interconexiones que existen entre unas estructuras y otras en el sistema nervioso central; por consiguiente, es difícil atribuir a un solo neurotransmisor los síntomas de una enfermedad tan variopinta como es la esquizofrenia.

54. ¿Por qué algunos niños son hiperactivos?

Uno de los trastornos de desarrollo más comunes en Estados Unidos (3-5 por ciento de la población) es el conocido como «síndrome hiperquinético» o «trastorno de hiperactividad con déficit de atención» (en inglés: ADHD, Attention Deficit Hyperactivity Disorder), que se caracteriza por la extrema intranquilidad, impulsividad, actividad incontrolada y una pobre concentración. Afecta sobre todo a niños en edad escolar, pero también se encuentra entre los adultos. El problema en los niños es que representan un martirio para padres y maestros, ya que estos niños no pueden nunca estarse quietos, ni permanecer sentados largo tiempo. En algunos casos, el síndrome remite cuando los niños llegan a la adolescencia, pero en otros no.

Este síndrome se conoce desde 1902 y ha recibido otros nombres, como «disfunción cerebral mínima», «reacción hiperquinética en la niñez» y «trastorno con déficit de atención con o sin hiperactividad».

Su tratamiento es importante, pues puede tener graves consecuencias, como fallos en la escuela, depresión, problemas de relación con otras personas, trastornos en la conducta, drogas y fracaso en la profesión.

Las causas no son exactamente bien conocidas, pero todos los estudios indican un trastorno neurobiológico; el hecho de que seden casos en una misma familia indica que debe de haber un factor genético.

Curiosamente, el tratamiento con fármacos se hace con psicoestimulantes como las anfetaminas, que consiguen una mayor atención y concentración, mayor éxito en las tareas que se proponen y mejor trabajo en la escuela; también se observa una menor impulsividad, actividad y conductas negativas en la interacción social o en la hostilidad verbal.

Otros medicamentos que tienen efecto son los antidepresivos y los antihipertensivos, con disminución de la impulsividad, actividad y agresiones.

El entrenamiento de los padres para que traten a sus hijos hiperactivos de determinada manera, los programas de educación, las estrategias conductuales apropiadas, etc., también son medios utilizados adicionalmente.

Aproximadamente un 67 por ciento de los niños hiperactivos seguirán teniendo en la edad adulta algunos síntomas, por lo que el diagnóstico y el tratamiento adecuados son muy importantes.

La acción beneficiosa de los fármacos psicoestimulantes, como el metilfenidato (Ritalina) o las anfetaminas, nos indica que en este trastorno están implicados neurotransmisores cerebrales, especialmente las catecolaminas (adrenalina, noradrenalina, dopamina).

Muchos de los síntomas de este trastorno, como el déficit de atención, son síntomas de trastorno de funciones ejecutivas, entre las que se encuentran la memoria operativa necesaria para el manejo de la información, la activación o alerta que permite prestar atención a algo, el control de las emociones, lo que supone su inhibición pero también la inhibición de actividades que distraen, el lenguaje internalizado, la solución de problemas complejos, la predicción y planificación del futuro. Todas estas funciones se atribuyen al normal funcionamiento del lóbulo frontal, más concretamente, de la corte/a prefrontal. Por tanto, se ha especulado que este trastorno se deba a un defecto de maduración de esta región cerebral. La mayoría de los defectos de maduración son más comunes en niños que en niñas, ya que los niños maduran más tarde y están más expuestos a trastornos de ese proceso.

El lóbulo frontal contiene normalmente altos niveles de catecolaminas, pero en este trastorno, al parecer, estos niveles son bajos, lo que explica que fármacos psicoestimulantes, como las anfetaminas que aumentan los niveles de catecolaminas, sean eficaces y produzcan un efecto paradójico, es decir, una tranquilización de estos enfermos. En realidad, los niños parecen más calmados porque están más concentrados, pero no porque estén sedados.

55. ¿Qué es el estrés postraumático?

La palabra «estrés» fue acuñada por Hans Selye, médico nacido en Viena en 1907 y muerto en Montreal en 1982. Se refería a los procesos fisiológicos que se desarrollan en un organismo cuando la demanda ambiental supera la capacidad del individuo de satisfacerla, generándose un fracaso que tiene consecuencias negativas para ese individuo. Selye decía que cuando esto ocurre, el individuo recurre o a la huida o al enfrentamiento, o con palabras anglosajonas, a la lucha o a la huida (*fight or flight*).

En términos fisiológicos, esto significa que se activa la división simpática del sistema nervioso autónomo o vegetativo, es decir, que se aumenta la producción de adrenalina y los glucocorticoides, aumenta el ritmo cardíaco y el ritmo respiratorio, se produce una dilatación de los bronquios, se dilatan las pupilas, afluye más sangre a la musculatura, se produce una vasoconstricción en la piel, aumenta la producción de glucosa, etc., todas son medidas útiles que preparan al organismo para la lucha o la huida, es decir, para la movilización de las energías corporales.

Pero si la persona responde a una situación de estrés con un temor profundo, una desesperanza o un horror intenso, como respuesta a la experimentación de acontecimientos caracterizados por muertes o amenazas para su integridad física o la de los demás, y se producen los siguientes síntomas: a) volver a experimentar el hecho traumático; b) síntomas de evitación y embotamiento psíquico, y c) hiperactivación de todo el organismo, entonces se dice que la persona sufre de un estrés postraumático.

El hecho traumático puede volver a experimentarse con pensamientos, sentimientos o imágenes de lo ocurrido, teniendo sueños y pesadillas recurrentes sobre el hecho, alucinaciones que lo recuerden o reacciones fisiológicas fuertes cuando la persona se ve frente a estímulos que le recuerden lo vivido.

En catástrofes naturales, guerras, atentados terroristas y abusos sexuales suelen darse muchos casos de estrés postraumáticos que suelen durar más o menos tiempo dependiendo del carácter de la persona afectada. El tratamiento suele reducirse a métodos psicológicos que intenten liberar al sujeto de los efectos negativos, especialmente métodos cognitivo-conductuales. La información de en qué consiste ese síndrome puede ayudar al sujeto a superarlo y la medicación que suele utilizarse son aquellos fármacos que inhiben la recaptación de la serotonina en las terminaciones nerviosas.

El estrés postraumático suele darse más en varones que mujeres y la existencia de alguna psicopatología es importante para su desarrollo. El problema es la tendencia a la cronicidad de este síndrome y, sobre todo, que puede impulsar a los sujetos al abuso del alcohol y otras drogas.

56. ¿Cómo es posible el fenómeno de la personalidad múltiple?

La característica esencial de esta enfermedad es la existencia en un individuo de dos o más personalidades distintas, cada una de ellas dominante en un período determinado de tiempo. Hasta aproximadamente los años ochenta del siglo XX no se habían registrado más que unos doscientos casos en la literatura mundial, pero a partir de esa fecha los psiquiatras norteamericanos hablaban de una auténtica epidemia; en 1986 se hablaba de unos 6.000 pacientes en tratamiento, cuando antes era una afección muy rara.

No se trata de ningún tipo de esquizofrenia, de la misma manera que ningún tipo de medicación tiene efectos específicos sobre esta personalidad múltiple. Se suele diagnosticar en personas por encima de los treinta años de edad, es decir, no en la adolescencia. El Manual Diagnóstico y Estadístico de Enfermedades Mentales en Estados Unidos (DSM-III) establece los siguientes criterios para diagnosticar que una persona está afectada por esta enfermedad:

—que existan dos o más personalidades en un solo individuo, cada una de las cuales es dominante durante un período de tiempo determinado.

—que la personalidad dominante en un determinado tiempo es la que determina la conducta del individuo.

— que cada personalidad individual es compleja y está integrada con su propio patrón único de conducta y de relaciones sociales.

Al parecer, el trauma de haber sido violado/a en la niñez ha conducido en muchos casos a ese fenómeno debido al horror de tener que aceptar ese hecho. La separación de las personalidades en una sola persona es tan radical que en Ohio (Estados Unidos) se dio un caso, el de Billy Milligan, en el que un jurado determinó que no podía ser castigado por el crimen que había cometido una de sus personalidades.

Este trastorno ha sido también llamado por el psiquiatra francés Pierre Janet (1859-1947) «Trastorno Disociativo de Identidad». Existen casos de cambios de alergias, fobias, sexo y orientación sexual entre las diversas personalidades de un mismo sujeto.

Una configuración corriente son una docena de personalidades; se ha referido incluso personas con más de cien personalidades distintas, pero las que asumen el control ejecutivo suelen ser menos de veinte. El sustrato de la personalidad múltiple es la disociación de la personalidad que suele ocurrir con la crueldad y el abuso sexual en la niñez. La mayoría de las personas que sufren de personalidades múltiples son mujeres, lo que quizás indica una mayor incidencia de crueldades y abusos sexuales en la niñez de estas personas. Pero también puede indicar una mayor sugestibilidad.

Algunos autores han dicho que nacemos todos con el potencial de tener múltiples personalidades, pero que en el curso del desarrollo normal conseguimos más o menos bien consolidar un sentido integrado del yo. En la adolescencia puede verse que en situaciones normales las personas desarrollan ante sus padres una personalidad completamente distinta a la que muestran ante sus propios compañeros. Lo mismo puede decirse de las distintas personalidades que algunas personas muestran con sus cónyuges, amigos o jefes, naturalmente sin llegar al extremo del trastorno de múltiple personalidad del que estamos hablando. A estos diferentes estados se les ha llamado «estados del yo».

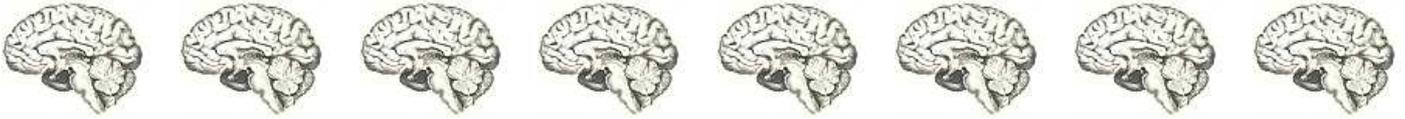
El psiquiatra suizo Eugen Bleuler (1857-1939) describió trastornos parecidos utilizando el

nombre de origen inglés de «doble consciencia» y el de origen francés «personalidad alternante» para el siguiente caso: una mujer histérica que vivía en una existencia mediocre; por razones no muy claras cayó en éxtasis y cuando se despertó no recordaba nada de su vida anterior, ni sabía quién era ni conocía a las personas que hasta entonces frecuentaba. Todas sus facultades estaban intactas, pudiendo andar, hablar, comer, usar sus vestidos, etcétera. Su carácter se transformó; antes era una mujer seria y ahora se había convertido en una frívola que sólo buscaba el placer. Después de algún tiempo, cayó de nuevo en un estado onírico, y al despertar se encontraba en el primer estado, sin recordar para nada el estado segundo. Estos estados alternantes duraron años.

Este trastorno ha sido tratado en la literatura, por ejemplo, por Robert Louis Stevenson en su novela *El doctor Jekyll y mister Hyde*, y llevada al cine por Hitchcock en su película *Psycho*.

La mayor frecuencia en Estados Unidos que en Europa nos hace pensar en la posibilidad de que sea un trastorno socialmente contagioso, como la acusación tan frecuente de abusos sexuales en el mismo país, o la supuesta abducción por alienígenas.

Cerebro y tópicos



57. ¿Es cierto que sólo usamos un 10 por ciento de nuestra capacidad mental?

Esta afirmación es absolutamente falsa. Nunca se han podido observar con el electroencefalograma, es decir, con el método que registra la actividad eléctrica de la corteza cerebral, zonas silentes en la corteza. Todas muestran actividad. Bien es verdad que el ejercicio mantiene las conexiones neurona-les, mientras que la falta de ejercicio hace que esas conexiones se pierdan, sobre todo durante los períodos críticos de desarrollo. Por eso es importante en el desarrollo del niño la estimulación en general de muchos receptores para fomentar esas conexiones neuronales. Pero eso no significa que existan zonas donde no haya actividad neuronal, lo que supondría que esas células habrían muerto y dejado un hueco en la región correspondiente.

En el cerebro, pasado un determinado período crítico, es mucho más difícil establecer conexiones entre las células nerviosas, como se ve claramente en el aprendizaje de un idioma cuando se es adulto. Durante la infancia y la adolescencia ese aprendizaje es mucho más fácil, suponiendo la existencia de determinadas capacidades del sujeto para la imitación y también una cierta musicalidad. Posteriormente, el aprendizaje se hace más difícil y trabajoso.

Es cierto que el cerebro muestra una cierta plasticidad y que, por lo que sabemos recientemente, incluso puede que sus células se dividan, cosa que hasta hace muy poco tiempo no se sabía. Hasta ahora, al parecer, se ha comprobado esto en el hipocampo, y mucho antes en el bulbo olfativo, pero está por ver si ocurre también en la corteza cerebral (véase el apartado dedicado a la regeneración), lo que supondría que la plasticidad alcanza también a los sustratos de las funciones intelectivas humanas, tema importante, sobre todo, si tiene lugar en la edad adulta. Con técnicas modernas de imagen cerebral se ha podido, por ejemplo, constatar que el hipocampo, que es una estructura relacionada con la memoria espacial, es de mayor tamaño en los taxistas londinenses que en el ciudadano británico normal, lo que se explica por el uso que los taxistas tienen que hacer de su memoria espacial para orientarse en la ciudad.

Pero volviendo a la afirmación que encabeza este apartado, ¿acaso no sabemos por propia experiencia que cuando estamos en absoluta calma y despiertos se suceden las imágenes en nuestra imaginación y se crean actividades cerebrales, como han mostrado las técnicas de imagen? Aparte de ello, el cerebro recibe innumerables informaciones de receptores internos, llamados interoceptores, que se encuentran en las vísceras del cuerpo, como el corazón, los pulmones y muchas otras, que están enviando constantemente estas informaciones a regiones cerebrales que controlan su actividad.

La propia fuerza de gravedad está estimulando constantemente regiones de nuestro aparato vestibular que envían esas informaciones al cerebro y que son importantes para conocer la situación

de la cabeza en el espacio. Otros receptores en los músculos de la nuca y del resto del cuerpo están enviando también información constantemente al cerebro. Se ha planteado que estas informaciones, de las que no somos conscientes, son sin embargo importantes para el mantenimiento de la consciencia y la vigilia.

Pero, sobre todo, el hecho de que no seamos conscientes de muchas funciones cerebrales no significa que no estén ahí, realizando constantemente sus tareas. Pensemos, por ejemplo, en el hecho de que en estado de reposo, e incluso durante el sueño, la función de almacenamiento de la memoria no deja de trabajar. Se ha especulado con la posibilidad de que durante el sueño estemos almacenando informaciones importantes para el organismo que han sido adquiridas en estado de vigilia.

58. ¿Es el consumo de droga un comportamiento anormal en el ser humano?

En la época en que vivimos, nuestra juventud se ve amenazada constantemente por la droga, que afecta naturalmente a aquellos con carácter débil o, simplemente, que han tenido experiencias placenteras y no han sabido salir de la adicción que estas drogas producen. La justificación siempre es la misma: salir durante un tiempo de una vida que estas personas consideran poco digna de ser vivida, o sea, escapar a una cotidianidad poco gratificante. El espectáculo ofrecido por estos drogadictos no puede ser más deplorable. No sólo se ven impedidos para un trabajo normal, sino que la necesidad del consumo de la droga, con su elevado coste, les lleva a la delincuencia. De ahí que, para los que vivimos esta época, la droga sea una de las plagas más devastadoras de las sociedades que llamamos avanzadas.

Y sin embargo, la droga ha sido consumida en todas las épocas y culturas de la humanidad. Es más, al parecer, no sólo el ser humano ha sido consumidor de estas drogas, sino que muchos otros animales lo han hecho y, probablemente, han inducido al hombre a imitarlos. Se ha referido que algunas tribus de Siberia, que utilizan la *Amanita muscaria* o falsa oronja, afirman que descubrieron sus efectos observando cómo los renos la ingerían. Es muy probable que este hecho no sea aislado, sino que en muchas otras partes del mundo los seres humanos observasen cómo se «colocaban» algunos animales con plantas, hongos o raíces.

En África se sabe que algunos elefantes buscan frutos de distintas especies de palmas, frutos que fermentan rápidamente produciendo alcohol etílico concentrado hasta un 7 por ciento. Estos elefantes borrachos representan un gran peligro para el hombre. Giorgio Samorini informa que en 1985, en Bengala Occidental, una manada de 150 elefantes irrumpió en un laboratorio clandestino donde se producía alcohol y bebieron grandes cantidades. Durante la borrachera mataron a cinco personas, una docena quedó herida, siete casas de ladrillos y una veintena de cabañas fueron destruidas.

Las cabras se comen las bayas de la planta del café para excitarse y en Etiopía y Yemen se «colocan» con una planta llamada khat con propiedades euforizantes. También los habitantes yemenitas ingieren esta planta, probablemente copiando la conducta de las cabras.

En California es conocido que los petirrojos se atiborran de frutos de acebo con efectos embriagadores. Los pájaros borrachos se desorientan y juegan entre sí, se caen de las ramas y entran en las casas y en los coches.

Los koalas de Australia se alimentan de hojas de eucalipto, pero estas hojas tienen un efecto narcótico y relajante. En este caso coincide el alimento con la «droga».

En las selvas del Gabón y del Congo los nativos observaron el comportamiento de los jabalíes, los puercoespines y los gorilas que escarbaban para comer las raíces alucinógenas de la iboga. Así descubrieron esta droga, que sigue siendo utilizada por los nativos.

Por todo lo expuesto, parece que la búsqueda de drogas es muy usual entre animales, incluido el hombre, y puede enmarcarse en una búsqueda general de placer, aunque en el ser humano la intención sea también experimentar estados alterados de consciencia.

Dijimos al principio que una de las motivaciones humanas era escapar de la realidad cotidiana. Ahora bien, el ser humano también ha utilizado las drogas para todo lo contrario, es decir, para conseguir una mayor comprensión de la realidad o para conocer otras realidades. Es el caso del chamán, personaje que ha existido probablemente desde los tiempos en que el ser humano era cazador recolector y que aún sigue existiendo.

59. ¿Es verdad que los zurdos son más inteligentes que los diestros?

Es curioso constatar que en muchas culturas todo lo que es izquierdo tiene una connotación negativa, de la misma forma que la mano izquierda suele ser la mano sucia con la que no se debe tocar nada de importancia. Asociada a la limpieza de las heces corporales, en países árabes no se debe tocar a nadie con la mano izquierda. Existen miles de costumbres en las diversas culturas en las que el uso de la mano izquierda está sólo dedicado a tareas sucias o impuras.

Una de cada diez personas aproximadamente es zurda, de las cuales el número de zurdos masculinos dobla al número de zurdos femenino. Y, como todas las minorías, tienen que sufrir el hecho de que el mundo está construido por personas diestras, sea con respecto al tráfico, al lugar de los botones en la ropa o a la construcción de los instrumentos. Aparte de ello, la historia no ha sido muy benevolente con estas personas. Los zurdos han tenido que sufrir esta discriminación por parte de la mayoría de diestros, hasta el punto de que el propio lenguaje asocia el ser zurdo a ser siniestro (del latín *sinister*), sesgado (*gauche* en francés), falso (*mancino* en italiano), torpe (*linkisch* en alemán), y un largo etcétera en muchos otros idiomas. Pero también en las propias familias esta aversión al zurdo llegaba a extremos de impedirles que usasen la mano que, por naturaleza, preferían. Hace unos siglos, la Iglesia católica consideraba a los zurdos esclavos del diablo, y sólo hace unas décadas, en Japón, el que una mujer fuera zurda era motivo suficiente para que el marido pudiera solicitar el divorcio.

Ha habido numerosas teorías para intentar explicar por qué un 10 por ciento de la población es zurda. Platón fue el primero que intentó explicarlo diciendo que las madres y las mujeres que cuidan a los niños pequeños suelen llevarlos en el brazo izquierdo para poder manejar la mano derecha libremente.

Otra teoría dice que en el pasado, en situaciones de vida o muerte, nuestros ancestros tenían que decidir rápidamente una respuesta instintiva para poder sobrevivir y que la lateralización de esta respuesta evitó que el cerebro perdiese el tiempo reflexionando con qué mano responder a esa situación de emergencia. Esta teoría no explica, desde luego, por qué la preferencia del 90 por ciento de la población por la mano derecha.

En el siglo XIX se argumentó que la lateralización de la preferencia hacia la mano derecha se debía a que era más fácil con una espada llegar al corazón del contrario que está situado en el lado izquierdo de su cuerpo. Relacionada con esta teoría está la que postula que por eso los soldados llevaban el escudo en el lado izquierdo, para proteger el corazón y usaban la mano derecha para manejar la espada.

Hoy se piensa que los zurdos lo son por razones genéticas, siendo la preferencia por la mano derecha consecuencia de un gen dominante y la preferencia por la izquierda, consecuencia de un gen recesivo.

Más científica es la teoría que intenta explicar por qué el número de zurdos masculinos dobla al femenino. La hipótesis es que la testosterona que circula en la sangre del feto en desarrollo produciría un enlentecimiento del crecimiento del hemisferio izquierdo; por lo tanto, la probabilidad de que el hemisferio derecho fuera dominante en el feto masculino sería mayor y esto provocaría el uso predominante de la mano izquierda, ya que el hemisferio derecho controla la mano izquierda, y viceversa.

En los estudios que se han hecho sobre la lateralización de funciones en los dos hemisferios, se ha utilizado el amital sódico, un anestésico, para «dormir» un solo hemisferio si se inyecta la

sustancia en la carótida correspondiente. En estos estudios se ha mostrado que aproximadamente un 95 por ciento de los diestros tiene el lenguaje localizado en el hemisferio izquierdo y lo mismo es cierto para el 70 por ciento de los zurdos. El restante 30 por ciento de los zurdos se dividió entre los que tenían el lenguaje en el hemisferio derecho (un 15 por ciento) y los que eran ambidiestros, es decir, tenían el lenguaje bilateralizado (el restante 15 por ciento).

Desde siempre se ha planteado la cuestión de si los zurdos son más inteligentes que los diestros. Al parecer, no existen pruebas fiables de que la inteligencia de los zurdos sea mayor que la de las personas diestras. Bien es verdad que personas famosas por sus capacidades son o han sido zurdas, como es el caso de Leonardo da Vinci, Michelangelo, Picasso, Charlie Chaplin, Beethoven, Franklin, Newton o Albert Einstein. Pero ¿cuántas ha habido y hay que son diestras?

Algunos estudios realizados con resonancia magnética nuclear en zurdos han mostrado que en los jugadores de ajedrez hay un número muy elevado de zurdos, es de suponer con el lenguaje lateralizado en el hemisferio izquierdo, por lo que la región encargada de la visuoespacialidad en el hemisferio derecho está libre de lenguaje y puede dedicarse mejor a las tareas visuoespaciales que implica el juego de ajedrez. Se sabe que el lenguaje invade zonas en las regiones parieto-témporo-occipitales que en el hemisferio dominante, que suele ser el izquierdo en la mayoría de las personas incluidas las zurdas, se ocupan de tareas visuoespaciales, es decir, de orientación y movimientos en el espacio guiados por la visión. Por esa razón, el hemisferio derecho, que controla la mano izquierda, es más hábil en tareas visuoespaciales que el hemisferio izquierdo, que maneja la mano derecha. Los zurdos con el lenguaje lateralizado en el hemisferio izquierdo tienen todas las funciones visuoespaciales del hemisferio derecho a su disposición, por lo que, lógicamente, tienen que ser más hábiles con la mano izquierda en tareas visuoespaciales.

60. ¿Es la agresividad innata?

Es posible que éste sea uno de los temas más discutidos porque afecta a veces de forma muy negativa a muchas personas. El ser humano ha sufrido y sufre a diario la agresividad intraespecie, y, recientemente, está al orden del día la agresividad llamada de género, pero que debería llamarse de sexo, es decir, entre hombres y mujeres, generalmente parejas. Por otro lado, también sufrimos la agresividad en la conducción de automóviles, que es causa de numerosos accidentes. Y, desde luego, las guerras y agresiones en el mundo entero han sido la norma en el ser humano desde que tenemos noticias históricas; ésta sí que es una agresividad de género.

Se suele decir que el hombre es el único animal que lucha con sus congéneres, lo cual es absolutamente falso. Los peces, por ejemplo, son mucho más agresivos contra sus propios congéneres que contra las demás especies. Además, cuando Darwin hablaba de la lucha que hacía progresar la evolución, se refería en primer lugar a la competencia entre parientes cercanos. El famoso etólogo Konrad Lorenz dice que la agresión intraespecífica no es nada grave ni diabólico, sino que forma parte esencial de la organización conservadora de la vida de todos los seres.

El tema de la agresión es un fenómeno tanto biológico como psicológico complejo. En animales no humanos se distinguen cuatro tipos de agresión: la captura de la presa, la lucha de los machos por el territorio y por una hembra, el comportamiento maternal de defensa de las crías y la agresión como respuesta a la amenaza y a la frustración.

En la captura de la presa no se dan los fenómenos vegetativos y emocionales que caracterizan la agresión; por tanto, podría no tratarse de agresión en sentido estricto. Este comportamiento puede provocarse por estimulación eléctrica del hipotálamo y bloquearse con antagonistas del neurotransmisor dopamina.

La agresión que es provocada por reacción frente a una amenaza o frustración también puede provocarse por estimulación eléctrica del hipotálamo, como mostraron los experimentos realizados por W. R. Hess (premio Nobel de 1949) en los años cuarenta del siglo XX.

Cuando se estimula eléctricamente la amígdala, también puede producirse una agresión reactiva, pero no comportamiento de captura de presa. Las amplias conexiones de la amígdala con el hipotálamo pueden explicar estos resultados.

Respecto a la agresividad masculina, está claro que existe una relación entre esa agresividad y la hormona masculina, la testosterona producida por el testículo. Aparte de su influencia sobre el comportamiento sexual, la testosterona participa en el crecimiento del pelo de la barba y en la formación de la masa muscular típicamente masculina. En todos los mamíferos la testosterona hace que aumente la agresividad, de la misma forma que la castración la reduce. En animales castrados, la inyección de testosterona hace que la agresividad vuelva a aumentar.

El comportamiento agresivo de muchos animales cuando defienden su territorio o luchan por una pareja se correlaciona muy bien con los niveles de testosterona.

También existe una correlación definida entre la agresividad y el nivel de un neurotransmisor cerebral: la serotonina. Cuando estos niveles son bajos, aumenta la agresividad, que puede llegar hasta el suicidio. El aumento de los niveles de serotonina conduce a una calma y a una satisfacción interna con las situaciones que se dan en la vida. Curiosamente, el aislamiento social en monos lleva a un descenso del nivel de serotonina, y aquellos macacos rhesus que fueron separados de la madre tras el nacimiento mostraron unos niveles bajos en serotonina, así como miedo e inseguridad acompañados de una baja tolerancia a la frustración.

Estos resultados han llevado a pensar que la agresividad podría tener, al menos, dos causas: un déficit afectivo y un sentimiento de estar amenazado y de inseguridad como resultado de un cierto aislamiento social en la niñez, todo ello con bajos niveles de serotonina.

Por otro lado, se sabe que el comportamiento de lucha va acompañado de la excitación de la

división simpática del sistema nervioso autónomo o vegetativo y éste, a su vez, va acompañado de aumento de los niveles de adrenalina y noradrenalina, así como de neuropéptidos como la arginina-vasopresina y la sustancia P. Aumento de los niveles de arginina-vasopresina hace que aumente la agresividad y territorialidad, así como la agresividad en la lucha por la pareja.

Aparte de los antagonistas de la arginina-vasopresina, la oxitocina, hormona implicada en el parto, lactancia y cuidados maternos, la prolactina (hormona de la lactancia), los estrógenos, los opioides y el neurotransmisor GABA (ácido gamma-amino-butírico), inhiben la agresividad.

Todos estos resultados significan, por un lado, que el género masculino es más agresivo que el femenino y que, por otro, existe una agresividad natural con una base neurobiológica y neuroquímica clara. La agresividad es y ha sido fundamental en la evolución y sería absurdo intentar erradicarla. Ahora bien, la vida en sociedad obliga a tomar medidas para impedir que esta agresividad se vuelva contra aquellos factores que garantizan la convivencia. Existen ejemplos de que se puede aprender tanto a aumentar la agresividad como a disminuirla.

Aparte de controlar conductas características de la especie, la amígdala, conjunto de núcleos que se encuentran en la profundidad del lóbulo temporal, tiene un papel esencial en las emociones. Esto puede verse en el experimento que realizaron en los años treinta del siglo XX Heinrich Klüver y Paul Bucy, que extirparon ambas amígdalas y parte de la corteza del lóbulo temporal en monos. Los resultados fueron dramáticos. Los monos se volvieron más mansos y perdieron el miedo, incluido a las serpientes, que producen normalmente pánico en estos animales. La conducta oral se desinhibió y los animales se llevaban a la boca todo tipo de objetos y animales. La actividad sexual también se desinhibió y los animales intentaban copular con cualquier otro animal de su especie o de otras especies, como gallinas o gatos; también se desinhibió la actividad homosexual y autoerótica. Otro síntoma fue el de reaccionar a cualquier estímulo visual que se les presentaba, tal y como hacen los niños pequeños, pero ese reflejo posteriormente desaparece, es decir, se inhibe. Finalmente, también se observó una agnosia visual o ceguera psíquica, lo que se explica por la extirpación de la vía visual ventral en el lóbulo temporal.

El papel de la amígdala en las emociones también puede observarse con la estimulación eléctrica, que produce cambios vegetativos, como aumento de la presión arterial, pero también miedo. Como es conocido, el miedo es fundamental para la preservación de la especie.

Otra región importante en relación con las emociones es la corteza orbitofrontal del lóbulo frontal, región con muchas conexiones con el sistema límbico y responsable de la desinhibición emocional en personas lobotomizadas o con tumores cerebrales que afecten esta región.

GLOSARIO

- ACETILCOLINA:** uno de los neurotransmisores cerebrales y periféricos más importantes en el sistema nervioso.
- ACINETOPSIA:** la incapacidad de percibir el movimiento visualmente.
- ACROMATOPSIA:** ceguera para los colores.
- ADHD:** acrónimo de Attention Deficit Hyperactivity Disorder (trastorno de hiperactividad con déficit de atención).
- AFASIA:** pérdida del habla como consecuencia de trastorno cerebral.
- AFERENCIAS SENSORIALES:** informaciones procedentes de la periferia del cuerpo y transmitidas por los nervios al sistema nervioso central.
- AGNOSIA:** incapacidad de reconocer personas u objetos aunque la visión esté intacta (agnosia visual).
- AGONISTAS:** se dice de los fármacos que tienen el mismo efecto que determinados neurotransmisores.
- ALOQUIRIA:** percepción de un estímulo en la extremidad contraria a la que se ha estimulado.
- ALTRUISMO RECÍPROCO:** término acuñado por Robert Trivers para designar el altruismo existente en algunas colonias de monos antropoides.
- ALUCINÓGENOS:** sustancias que producen alucinaciones.
- AMANITA MUSCARIA:** hongo matamoscas, con sombrero de color rojo y con motas blancas, es tóxico, pero no mortal, además de alucinógeno.
- AMÍGDALA:** estructura del sistema límbico situada en la profundidad del lóbulo temporal y responsable del contenido afectivo de los estímulos.
- AMITAL SÓDICO:** barbitúrico utilizado en el test de Wada y que se inyecta en la arteria carótida para eliminar funcional y temporalmente un hemisferio.
- AMNESIA:** pérdida o debilidad notable de la memoria.
- ACUSIA:** defecto neurológico adquirido que provoca la pérdida en la percepción auditiva, en la lectura y en la ejecución musical.
- ANALGESIA:** falta o supresión de toda sensación dolorosa, sin pérdida de los restantes modos de la sensibilidad.
- ANDRÓGENOS:** hormonas masculinas necesarias para el normal desarrollo sexual de los varones.
- ANFETAMINAS:** fármacos utilizados como estimulantes del sistema nervioso central.
- ANOSOGNOSIA:** etimológicamente significa «negación de la enfermedad», pero suele atribuirse a la negación de la parálisis producida por una hemiplejía cuando la lesión es del lóbulo parietal derecho.
- APARATO VESTIBULAR:** órgano responsable del equilibrio.
- ÁREA CORTICAL SOMESTÉSICA:** región de la corteza donde se reciben las aferencias sensoriales provenientes de la periferia corporal.
- ÁREA DE BROCA:** región motora del lenguaje situada en el lóbulo frontal.
- ÁREA DE WERNICKE:** región sensorial del lenguaje situada en la conjunción de los lóbulos parietal, temporal y occipital.
- ÁREA PREÓPTICA:** región del hipotálamo anterior.
- ARGININA-VASOPRESINA:** llamada también hormona antidiurética, reduce la cantidad de agua que el cuerpo elimina; se trata de un péptido producido por el hipotálamo y almacenado en la hipófisis posterior.
- ARMONÍA PREESTABLECIDA:** término acuñado por Leibniz para intentar superar el dualismo cartesiano.
- ASCIDIAS:** junto con los taliáceos, pertenece al grupo de los tunicados. Son unos animales

acuáticos que en estado larvario poseen sistema nervioso pero lo pierden cuando se hacen sésiles y se fijan en las rocas.

ASTROCITOS: células de la glia con forma estrellada y que se encuentran entre los vasos sanguíneos y las neuronas.

ATROFIA: disminución en el tamaño o número, o en ambas cosas a la vez, de uno o varios tejidos de los que forman un órgano, con la consiguiente minoración del volumen, peso y actividad funcional, a causa de escasez o retardo en el proceso nutritivo.

AUTISMO: concentración habitual de la atención de una persona en su propia intimidad, con el consiguiente desinterés respecto del mundo exterior.

AUTOESTIMULACIÓN CEREBRAL: método que consiste en la implantación de electrodos en el cerebro de algunos animales permitiéndoles que se estimulen mediante una palanca en la jaula donde se encuentran; se ha utilizado para estudiar los «centros de placer y displacer» en el sistema nervioso.

BARBITÚRICOS: grupo de compuestos orgánicos que se utilizan como sedantes.

BASTONES: fotorreceptores responsables de la visión nocturna.

BULBO OLFATORIO: porción anterior alargada del tracto olfatorio que contiene las células sensoriales del olfato.

CAMPOS MORFOGENÉTICOS: supuestos campos que permiten la transmisión de información entre organismos de la misma especie sin mediar efectos espaciales.

CAMPOS OCULARES FRONTALES: región de la corteza del lóbulo frontal responsable del control de los movimientos oculares.

CARTESIANISMO: filosofía de Descartes, pero sobre todo de sus sucesores.

CATATONÍA: fase de la esquizofrenia en la que el paciente no tiene ninguna respuesta con tendencia a permanecer en la misma postura.

CATECOLAMINAS: aminos biológicamente activas, como la adrenalina, la noradrenalina y la dopamina.

CÉLULAS BIPOLARES: células que forman parte de la retina.

CÉLULAS DE LA GLIA: junto con las neuronas forman parte del sistema nervioso, con múltiples funciones aún no aclaradas totalmente, pero que nutren, dan soporte y protegen a las neuronas.

CÉLULAS GANGLIONARES: células que forman parte de la retina, sus axones abandonan la retina formando el nervio óptico.

CEREBELO: estructura nerviosa localizada en la parte posterior de la cabeza y que está implicado en funciones motoras.

CICLO CIRCADIANO: ciclo que dura casi un día.

COMISURA ANTERIOR: haz de fibras que une los dos hemisferios cerebrales al igual que el cuerpo calloso, aunque no tan importante.

CONDICIONAMIENTO CLÁSICO: el condicionamiento realizado por Pavlov y sus discípulos.

CONDICIONAMIENTO EMOCIONAL: condicionamiento en el que se registran los parámetros vegetativos en respuesta a un estímulo emocional.

CONDICIONAMIENTO INSTRUMENTAL U OPERATIVO: el que utiliza un estímulo incondicionado que es respondido por el animal, como cuando un estímulo luminoso es seguido por la posibilidad de que el animal apriete una palanca para obtener la recompensa.

CONDUCTISTAS: partidarios de una teoría que considera la conducta normal y anormal como resultado de reflejos condicionados muy alejada del concepto de voluntad libre.

CONOS: fotorreceptores de la retina responsables de la visión diurna. **CORDADOS:** filo caracterizado por hendiduras branquiales, notocorda, cordón nervioso dorsal y hueco y cola postanal; se dividen en tres grupos: urocordados, cefalocordados y vertebrados, a los que pertenece el hombre.

COREA DE HUNTINGTON: enfermedad hereditaria del sistema nervioso central que discurre con demencia y movimientos estafalarios involuntarios.

CORTEZA ESTRIADA: región de la corteza occipital que recibe las aferencias visuales primarias.

CORTEZA MOTORA: región de la corteza frontal delante del surco central y que da origen a la vía

piramidal o tracto córtico-espinal.

CORTEZA ORBITOFRONTAL: parte de la corteza prefrontal localizada por encima de las órbitas oculares en el lóbulo frontal.

CORTEZA PREFRONTAL: la región más anterior del lóbulo frontal que madura muy tarde en el organismo (alrededor de los veinte años de edad en el hombre) y también es la más moderna desde el punto de vista filogenético.

CORTEZA PREMOTORA: región de la corteza frontal situada por delante de la corteza motora primaria, encargada de la planificación de los movimientos.

CRISTALINO: lente situada en la parte anterior del ojo, detrás del iris, y que se encarga de enfocar los rayos de luz sobre la parte posterior del globo ocular donde se encuentra la retina.

CUERPO CALLOSO: estructura formada por unos 200 millones de fibras que unen un hemisferio cerebral con el otro.

CUERPO GENICULADO LATERAL: núcleo talámico de relevo de la información visual camino de la corteza estriada.

DENDRITAS: prolongaciones de la célula nerviosa especializadas en la recepción de impulsos de otras neuronas.

DESPOLARIZACIÓN: disminución del potencial de membrana de células nerviosas, lo que hace que aumente la probabilidad de descarga de esas neuronas.

DIMORFISMO SEXUAL: diferencias en la forma física de ambos sexos.

DINORFINAS: péptidos opiáceos que interactúan con determinados receptores en el cerebro produciendo analgesia.

DOPAMINA: una de las catecolaminas, que actúa como neurotransmisor en el sistema nervioso central.

DUALISMO: sistema filosófico contrapuesto al monismo y que sostiene la existencia de dos sustancias primarias; se aplica fundamentalmente al dualismo cartesiano, que separa tajantemente el alma y el cuerpo o la mente y el cerebro.

EEG: método de registro de la actividad eléctrica de la corteza cerebral por medio de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo.

ELECTROENCEFALOGRAMA: sinónimo de EEG.

EMPIRISTAS: partidarios del empirismo, doctrina filosófica que afirma que todo conocimiento se basa en la experiencia.

ENCEFALINAS: péptidos opiáceos producidos por el cerebro y que actúan interactuando con determinados receptores y produciendo analgesia.

ENDORFINAS: grupo de péptidos opiáceos.

ENFERMEDAD DE ALZHEIMER: demencia senil hereditaria y progresiva caracterizada por pérdida de la memoria a corto plazo y otras funciones cognitivas como la atención y la orientación en el espacio externo.

ENFERMEDAD DE PARKINSON: enfermedad del sistema nervioso central caracterizada por una tríada de síntomas: temblor de intención, rigidez y bradicinesia o lentitud en los movimientos.

EPILEPSIA: trastorno provocado por el aumento de la actividad eléctrica de las neuronas en algunas zonas del cerebro; caracterizada por convulsiones o movimientos corporales incontrolados, a menudo con pérdida de la consciencia.

ESPERMIOS: sinónimo de espermatozoide, gameto masculino destinado a la fecundación del óvulo.

ESQUIZOFRENIA: grupo de enfermedades mentales que se declaran hacia la pubertad y se caracterizan por una disociación específica de las funciones psíquicas, que conduce, en los casos graves, a una demencia incurable.

ESTADOS PAROXÍSTICOS: sinónimo de estados epilépticos.

ESTRIADO: parte de los ganglios basales.

ESTRÓGENOS: sustancias que provocan el estro o celo de los mamíferos.

ESTRUCTURAS RATIOMORFAS: término acuñado por el etólogo Honrad Lorenz para designar presuntas estructuras precursoras de la razón en primates no humanos.

EXTEROCEPTORES: receptores sensoriales de la superficie externa del cuerpo.

FENÓMENO «PHI»: ilusión de movimiento cuando se encienden dos luces próximas en corto intervalo.

FEROMONAS: sustancias químicas inodoras producidas por el cuerpo que sirven para afectar el comportamiento sexual y atraer al sexo opuesto.

FILO: en biología, rango de clasificación que está entre el reino y la clase.

FÓVEA: lugar de mayor agudeza visual de la retina.

FRENOLOGÍA: teoría según la cual los rasgos y facultades intelectuales se manifiestan por salientes o protuberancias del cráneo.

FUNCIONES VISUOESPACIALES: funciones que se realizan y que necesitan la atención al espacio externo guiadas por la visión. GABA: acrónimo en inglés del ácido gamma-amino-butírico, un neurotransmisor inhibitorio en el sistema nervioso central.

GANGLIOS BASALES: grupo de núcleos subcorticales que están en relación con la motricidad.

GEMELOS BIVITELINOS: gemelos que provienen de la fecundación de dos óvulos distintos.

GEMELOS UNIVITELINOS: gemelos que tienen su origen en un solo óvulo.

GIRO CINGULADO: circunvolución cerebral situada por encima del cuerpo calloso y que se considera parte del sistema límbico.

GLUCOCORTICOIDES: hormonas producidas por la glándula suprarrenal que regulan el metabolismo de las proteínas, los carbohidratos y las grasas.

HABITUACIÓN: extinción gradual de una respuesta cuando ésta se presenta de forma repetida y específica.

HALOPERIDOL: potente neuroléptico utilizado como antipsicótico.

HEMIPLEJÍA: parálisis de todo un lado del cuerpo.

HENDIDURA SINÁPTICA: espacio situado entre las membranas pre y postsinápticas.

HERNIA DE DISCO: desplazamiento del disco intervertebral producido por esfuerzos importantes o bruscos o repetitivos que, al comprimir las raíces nerviosas que salen de la columna vertebral, producen dolores o parestesias.

HIPEROSMIA: sensación olfativa extremadamente intensa.

HIPERPOLARIZACIÓN: aumento del potencial de membrana, por lo que disminuye la probabilidad de descarga de una neurona o fibra nerviosa.

HIPNOPEDIA: aprender durmiendo.

HIPOCAMPO: estructura en forma de caballito de mar que se encuentra en la profundidad del lóbulo temporal, que pertenece al sistema límbico y está en relación con la memoria espacial.

HIPÓFISIS: o glándula pituitaria, situada en la base del cráneo, conectada con el hipotálamo y segregadora de numerosas hormonas.

HIPOTÁLAMO: región del encéfalo situada en la base cerebral, unida a la hipófisis por un tallo nervioso y en la que residen centros importantes de la vida vegetativa.

HOMBRE DE PILTDOWN: falsificación paleoantropológica presentada como fósil de homínido de hace 500.000 años y que en realidad constaba de la quijada de un Orangután y el cráneo de un hombre de 500 años de antigüedad.

HOMÍNIDOS: se considera la familia de los homínidos como la formada por primates adaptados a la vida terrícola y a vivir en postura bípeda.

HOMÚNCULO: del latín *homunculus*, que significa «hombre pequeño»; se utiliza para describir una figura humana distorsionada que se dibuja para reflejar el espacio sensorial o motor que nuestras partes corporales representan en la corteza cerebral.

HORMONAS GONADALES: hormonas producidas por las gónadas masculinas (testículos) y femeninas (ovarios).

IBOGA: la corteza de una raíz de arbusto africano que contiene la ibogaína, sustancia alucinógena utilizada por tribus nativas de Gabón.

IDIOTS SAVANTS: idiotas sabios, personas que no pueden ni atravesar la calle, pero dominan, por ejemplo, numerosos idiomas.

IMPRONTA: sinónimo de troquelado, un aprendizaje rápido que tiene lugar durante los períodos

tempranos del desarrollo y que establece los patrones de conducta de un animal.

INTEROCEPTORES: receptores que están situados en el interior del organismo, como en las vísceras.

LIBRE ALBEDRÍO: potestad de obrar por reflexión y elección.

LOBOTOMÍA: ablación quirúrgica de un lóbulo, en este caso del lóbulo frontal.

LOCUS COERULEUS: pequeña región localizada en el tronco del encéfalo que contiene neuronas noradrenérgicas y que está considerada como región clave para la ansiedad y el miedo.

LSD: acrónimo del inglés de la dietilamida del ácido lisérgico, sustancia altamente alucinógena.

MAGNETITA: mineral de hierro constituido por óxido ferroso-férrico con fuertes propiedades magnéticas y presente en algunos animales.

MEDIO INTERNO: término acuñado por el fisiólogo francés Claude Bernard para referirse al líquido extracelular que es mantenido constante por el organismo, lo que se denomina homeostasis.

MEG: acrónimo de magnetoencefalografía, técnica que registra los campos magnéticos que se producen en el cerebro por las corrientes eléctricas.

MELANINA: pigmento de color negro que existe en forma de gránulos en el protoplasma de células de los vertebrados y al cual deben su coloración especial la piel, los pelos, etc.

MELANOCITOS: célula pigmentada; cromatóforo. Leucocito cargado de gránulos de melanina.

MELATONINA: neurohormona producida por la glándula pineal que regula el sueño y refuerza el sistema inmunitario.

MEMORIA DE PROCEDIMIENTO: es la memoria que se encarga de almacenar habilidades motoras y procedimientos.

MEMORIA EPISÓDICA: memoria que permite el almacenamiento de experiencias pasadas.

MEMORIA EXPLÍCITA: aquellos contenidos de la memoria que el sujeto es capaz de citar, como el recuerdo de un suceso particular.

MEMORIA IMPLÍCITA: retención de información de la que no se tiene recuerdo.

MEMORIA OPERATIVA: también llamada memoria a corto plazo, es el sistema que maneja la información a partir de la cual está interactuando con el entorno, como la retención de un número de teléfono.

MESCALINA: sustancia psicoactiva procedente del cactus del peyote, originario de las zonas desérticas de México.

MICROSMIA: sensibilidad disminuida a los olores.

MIEMBRO FANTASMA: parte del cuerpo inexistente que el paciente siente como si aún estuviera.

MNEMONISTA: persona capaz de realizar grandes hazañas con su memoria.

MODALIDAD SENSORIAL: cualquier estímulo sensorial específico, como el tacto, el gusto, la visión, la presión o la audición.

MODULARIDAD: suele referirse a la hipótesis de Fodor sobre que la mente está dividida en módulos independientes.

MONISMO: sistema filosófico que reconduce todos los seres a una única sustancia o a un único proceso.

MONOAMINOOXIDASA: también abreviada MAO, es una enzima distribuida por todo el cuerpo, en el interior de las células, cuya función es inactivar aminos.

MORMÍRIDOS: familia de peces africanos con nariz en forma de trompa, también llamados peces elefante, que poseen un órgano eléctrico usado para su orientación y para localizar sus presas.

MOTONEURONAS: se dice de las neuronas que se encuentran en el asta anterior de la médula espinal y cuyos axones inervan los músculos periféricos.

MUSARAÑA: mamífero pequeño parecido a un ratón que pertenece al orden de los insectívoros.

MÚSCULOS POSTURALES: se dice de aquellos músculos que actúan en contra de la fuerza de gravedad para mantener la postura erguida del cuerpo.

MUTACIÓN: cambio heredable en el material genético de una célula.

MUTISMO: condición de ser incapaz de hablar que se observa en formas graves de trastornos

mentales.

NALOXONA: droga que previene o invierte la acción de la morfina y otras drogas opiáceas.

NALTREXONA: antagonista de los hipoanalgésicos o narcóticos, utilizada para el tratamiento del alcoholismo.

NEGLIGENCIA: el llamado síndrome de negligencia es la incapacidad del paciente para detectar, referir, orientarse o responder a estímulos presentados contralateralmente.

NEUROLÉPTICO: tranquilizante potente para tratamiento de psicosis que bloquea la recepción de la dopamina.

NEURONAS ESPECULARES: células nerviosas encontradas en el lóbulo frontal del mono que responden no sólo cuando el mono realiza un movimiento, sino cuando ve a otro realizar el mismo movimiento.

NEUROPEPTIDOS: moléculas neuroactivas que coordinan, integran y regulan procesos fisiológicos en todos los organismos y en todas las fases del desarrollo. Actúan como hormonas, neurotransmisores y neuromodulares y son a veces coliberados en los terminales sinápticos junto con otros neurotransmisores clásicos.

NEUROTRANSMISORES: sustancias químicas utilizadas por las neuronas para comunicarse entre sí.

NORADRENALINA: hormona producida por la médula adrenal, pertenece al grupo de las catecolaminas y es un neurotransmisor en el sistema nervioso central.

NOTOCORDIO: cordón celular macizo dispuesto a lo largo del cuerpo de los animales cordados, debajo de la médula espinal, a la que sirve de sostén.

NÚCLEO ACCUMBENS: núcleo perteneciente al sistema límbico y relacionado con los sistemas de recompensa, por lo que está relacionado con la adicción a drogas.

NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO: núcleo del hipotálamo, implicado en los ritmos circadianos y los ciclos reproductivos.

OCASIONALISMO: teoría metafísica elaborada por Malebranche, discípulo de Descartes, según la cual Dios intervendría en cada ocasión en la que el ser humano tomara una decisión.

OPIOIDES: u opiáceos, son sustancias con poder analgésico; los hay naturales, como la morfina, y artificiales, es decir, sintéticos; también existen los opioides endógenos, es decir, fabricados por el propio organismo.

ÓRGANO VOMERONASAL: órgano situado en el interior de la nariz y encargado de captar las feromonas que emiten las personas que nos rodean.

OXITOCINA: neuropéptido relacionado con patrones sexuales y con las conductas maternal y paternal; se la asocia con la afectividad y la ternura; la sintetizan neuronas en el núcleo paraventricular del hipotálamo y de ahí se transporta a la hipófisis, que la vierte en el torrente sanguíneo.

PARALELISMO PSICOFÍSICO: teoría que sostiene el dualismo entre mente y cuerpo, pero no asume ninguna conexión causal entre ellos, es decir, cuando ocurre un fenómeno físico, también debe producirse el mental.

PARESTESIA: sensación de hormigueo en un territorio cutáneo que se observa cuando se comprime o lesiona parcialmente un nervio.

PCP: fenilciclidina, también llamada «polvo de ángel», droga adictiva que produce síntomas parecidos a la esquizofrenia.

PEDOMORFOSIS: se dice cuando el organismo retiene características del estado juvenil de la especie antecesora.

PÉPTIDOS: la unión de dos o más aminoácidos mediante enlaces amida origina los péptidos que se encuentran en el sistema nervioso central como neurotransmisores.

PET: acrónimo inglés de la tomografía por emisión de positrones, técnica moderna de imagen.

PLASTICIDAD: capacidad de algunas sustancias de ser moldeadas o conformadas, la plasticidad neuronal es la propiedad que tienen las neuronas de reorganizar sus conexiones sinápticas en respuesta a un estímulo.

POTENCIACIÓN DE LARGA DURACIÓN: aumento de la respuesta de células nerviosas tras la

estimulación con alta frecuencia, mecanismo descubierto en el hipocampo y que se relaciona con la memoria.

POTENCIAL PREPARATORIO: potencial negativo y lento registrado en el cerebro unos 800 milisegundos antes de que se produzca cualquier movimiento voluntario.

PROLACTINA: hormona segregada por la hipófisis y que estimula la producción mamaria de leche.

PROPRIOCEPTORES: receptores en músculos, tendones y articulaciones.

PROSOGNOSIA: incapacidad de reconocer caras familiares.

QUIASMA ÓPTICO: cruce de fibras de los nervios ópticos de ambos ojos en la base del cráneo.

RECEPTORES OPIOIDES: receptores con los que interaccionan las sustancias opioides u opiáceas.

REFLEJOS CONDICIONADOS: unión de un estímulo indiferente con otro que produce siempre una reacción en el organismo.

REGIÓN DORSOLATERAL: parte de la corteza prefrontal.

REGIÓN ORBITOFRONTAL: parte de la corteza prefrontal situada justo por encima de las órbitas oculares.

RESERPINA: alcaloide de una planta de la India llamada Rauwolfia serpentina con propiedades sedantes e hipnóticas y que se ha usado como antihipertensivo y en la esquizofrenia.

RETINA: región posterior del globo ocular donde se encuentran los fotorreceptores.

RITALINA: droga similar a la metanfetamina o a la cocaína y que se receta en los enfermos con trastorno por déficit de atención con hiperactividad.

RMN: acrónimo de Resonancia Magnética Nuclear, una técnica moderna de imagen, pertenece a las técnicas estructurales con una buena resolución espacial.

RMNF: acrónimo de Resonancia Magnética Nuclear funcional, moderna técnica de imagen que añade a la buena resolución espacial la posibilidad de observar cambios que se producen en la composición química de distintas zonas, así como en la circulación de fluidos.

SEROTONINA: neurotransmisor en el sistema nervioso central implicado en el sueño, funciones cognoscitivas, percepción sensorial, actividad motora, regulación de la temperatura, nocicepción, apetito, conducta sexual y muchas otras.

SINAPSIS: relación funcional de contacto entre las terminaciones de las células nerviosas.

SÍNDROME DE ASPERGER: trastorno del desarrollo considerado como un autismo moderado y más frecuente en niños que en niñas; el coeficiente intelectual suele ser normal en contraste con el autismo.

SÍNDROME DE GILLES DE LA TOURETTE: trastorno caracterizado por múltiples tics vocales y motores que comienzan antes de la edad de dieciocho años.

SÍNDROME DE WILLIAMS: trastorno caracterizado por retardo mental leve, apariencia facial característica de gnomo o elfo, problemas con el balance de calcio y enfermedad vascular; los pacientes tienen gran aptitud para la música.

SINESTESIA: trastorno de la percepción en el que un estímulo a través de uno de los sentidos provoca simultáneamente la sensación en otro.

SIRINGOMIELIA: trastorno que implica un daño en la médula espinal, causado por la formación de una cavidad llena de líquido dentro de la médula; puede disminuir la sensibilidad al dolor y a la temperatura.

SISTEMA INMUNOLÓGICO: sistema de defensa del organismo frente a sustancias extrañas que pueden ser microorganismos, órganos o tejidos trasplantados de otro individuo o tumores.

SISTEMA LÍMBICO: grupo de estructuras que dirigen las emociones y el comportamiento, algunas de ellas implicadas en la memoria a largo plazo.

SISTEMA MESOLÍMBICO: sistema que relaciona el cerebro medio con estructuras del sistema límbico; sus fibras contienen dopamina y se considera implicado en el abuso de drogas.

SOLIPSISMO: planteamiento filosófico que admite la existencia de uno mismo, sus sentimientos y creencias, pero reconoce la falta de seguridad en la existencia de todo lo demás (el resto de individuos, objetos y, en definitiva, todo el universo).

SONOGÉNICA: que genera sonidos.

SUBMISIVO: término que se aplica a aquellos animales que se someten a la autoridad de otros llamados dominantes.

SUEÑO REM: fase del sueño en el que tienen lugar los movimientos oculares característicos; REM es el acrónimo inglés de movimientos oculares rápidos.

SURCO CENTRAL: cisura que divide el cerebro en dos partes, estando en la parte anterior el lóbulo frontal y en la posterior los lóbulos parietal, temporal y occipital.

SUSTANCIA GRIS PERIACUEDUCTAL: región del tronco del encéfalo relacionada con la analgesia.

TÁLAMO: grupo de núcleos que sirven de relevo de informaciones sensoriales que se dirigen a la corteza cerebral y también que participan en la regulación de la actividad de la misma.

TELENCÉFALO: la parte más desarrollada del cerebro que incluye la corteza cerebral y los ganglios basales.

TELEPATÍA: supuesta capacidad de transmitir pensamientos a otras mentes sin un medio físico perceptible.

TEORÍA DE LA MENTE: se ha llamado así a la capacidad de averiguar los pensamientos, deseos e intenciones de los demás.

TESTOSTERONA: hormona producida por los testículos que es responsable de provocar y mantener los caracteres sexuales secundarios.

TRACTO RETINO-HIPOTALÁMICO: haz de fibras que une la retina con el hipotálamo y que se considera una vía visual secundaria que explicaría el fenómeno de la visión ciega.

TRASTORNO OBSESIVO-COMPULSIVO: trastorno de ansiedad que se caracteriza porque los afectados se ven atormentados por pensamientos y conductas reiterativas que carecen de sentido y son angustiantes, así como difíciles de vencer.

TUNICADOS: subfilo de los cordados llamados también urocordados en los que en el estado larval existen características que desaparecen en el adulto.

VISIÓN CIEGA: se denomina así el fenómeno que muestran algunos pacientes totalmente ciegos a los que si se les fuerza a señalar dónde se halla un objeto, indican el lugar correcto.