

Conclusión

Dentro del marco actual de los planes de estudio de las Facultades de Teología (que siguen fielmente las orientaciones del Magisterio de la Iglesia), habría mucha tarea que hacer de acuerdo con lo dicho anteriormente. El mismo proceso de creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), también conocido como proceso de Bolonia, los cambios metodológicos que su implantación exige, puede ser un momento providencial para reorientar y contextualizar la formación teológica (las llamadas ampliamente ciencias religiosas) dentro de las coordenadas antes dichas. Tal vez falte, en ocasiones, el necesario entusiasmo del profesorado y falta de convicción en que la nueva metodología será beneficiosa para la formación teológica de cristianos que van a vivir inmersos en una cultura laica y que deben proclamar su fe en una sociedad refractaria a los valores proclamados en el Evangelio. Pero no hay que perder la esperanza.

La herramienta pensante: una historia del cerebro

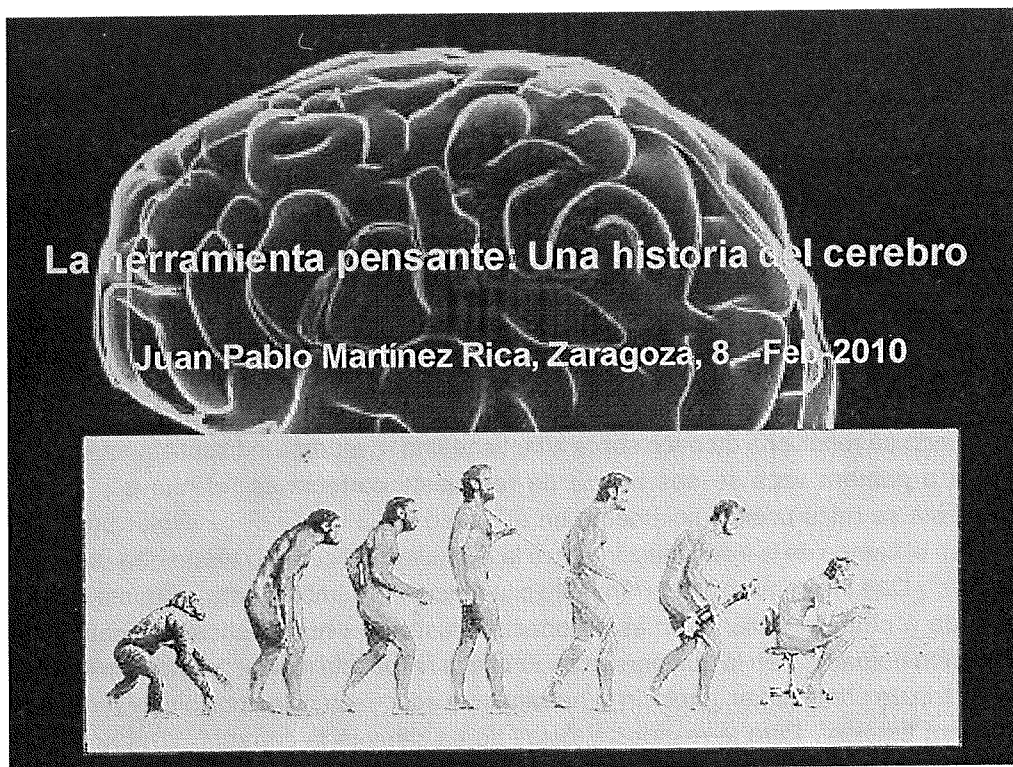
Rev. Aragon. Teol. 33 (2011)

Juan Pablo Martínez Rica

¿Cómo empezar a tratar un asunto tan complicado? Con una pregunta antiquísima: ¿Qué fue primero, el huevo o la gallina?. Esta pregunta, esgrimida con intenciones absurdas a lo largo de la historia, parece estúpida de inmediato pero no lo es cuando se reflexiona un poco sobre ella, tiene una respuesta indiscutible, que no es la que a primera vista se nos ocurre (la respuesta correcta es “el huevo”), y esta respuesta se hace posible solamente en el marco de la teoría de la evolución. Pues bien, en el campo de la investigación sobre la evolución del cerebro existe otra pregunta similar: “¿Qué fue primero, la herramienta o la función?”. También esta pregunta parece absurda a primera vista. Vean esta conocida ilustración humorística que satiriza la evolución humana, y en la que parece sugerirse la respuesta lógica: “La herramienta es necesaria en primer lugar, pues sin la herramienta adecuada no es posible desempeñar bien una función”. Pero la respuesta lógica no es siempre la correcta. Y de hecho, la propia ilustración sugiere que la función puede existir antes que la herramienta, pues el hombre calculaba, escribía o dibujaba antes de disponer de ordenadores, y podía perforar las rocas o el suelo antes de conocer el martillo neumático. También en este caso la respuesta correcta es la menos evidente: “Primero está la función”. Y también en este caso la explicación de la respuesta debe sustentarse en la teoría de la evolución.

Veamos como. Los organismos evolucionan a causa de la presión del ambiente, que selecciona las variantes mejor adaptadas. Los cambios son mucho más rápidos en el comportamiento que en los rasgos físicos del fenotipo, ya que el comportamiento es el aspecto más plástico y maleable de dicho fenotipo. Y cuando la evolución afecte tanto a la estructura como a la conducta será ésta última la que cambie en primer lugar, y luego lo hará la estructura. Esta idea ya fue propuesta por Darwin en 1872 y por Dohrn en 1875, y es asumida actualmente por los especialistas en conducta animal.

Obviamente, esto plantea un problema. Antes de la adquisición de la herramienta pertinente el organismo desarrolla una conducta para la que carece de tal herramienta. Es decir, debe desempeñar esa conducta empleando otras herramientas que ya posee, pero que no son idóneas por haberse desarrollado para otros fines. Algunos ejemplos aclararán este punto.



Sensibilidad sin sistema nervioso

Las plantas pasan por ser insensibles (Aristóteles decía que sólo poseen “alma vegetativa”, por contraposición a los animales, que poseen “alma sensitiva”). Y, por supuesto, carecen de sistema nervioso. Sin embargo, muchas plantas son capaces de reaccionar rápidamente ante un estímulo. Si han viajado por países tropicales seguramente han encontrado una hierba rastrera, a veces una pequeña mata, llamada muy apropiadamente sensitiva (*Mimosa pudica*). Es una planta originaria de Brasil, pero que ahora se ha extendido como una mala hierba, incluso como una plaga, por muchos otros países. Cuando se la toca, y hasta cuando se sopla suavemente sobre ella, pliega sus hojas y sus folíolos en segundos.

¿Cómo se explica esta rápida respuesta? En realidad no se conocen todos los detalles. Sin duda el mecanismo implica una brusca pérdida de agua en las células de la base de la hoja, el llamado pulvínulo, pero esta pérdida responde a la liberación de una sustancia química que se difunde prontamente (a 10 cm/seg) por el sistema

vascular de la planta. De todos modos es difícil explicar la respuesta casi simultánea de las células de cada pulvínulo. Se observan respuestas similares en otras plantas a otros estímulos. Por ejemplo, algunas plantas carnívoras reaccionan cerrándose rápidamente al contacto de un insecto. Otras, entre ellas alguna que crece espontáneamente en los descampados próximos a Zaragoza, desprenden sus frutos y liberan sus semillas de forma explosiva al menor contacto. En todos los casos interviene un mecanismo de liberación brusca de la presión hidrostática u osmótica, o a veces simplemente la elasticidad de los tejidos. El sistema es básicamente mecánico, pero requiere la intervención de mediadores químicos para cuya difusión rápida el sistema conductor pasivo de las plantas parece insuficiente.

Complejidad y respuestas mecánicas: *Euglena*

Los animales se caracterizan por ser capaces de movimiento y sensibilidad, no de forma ocasional, como sucede en las plantas, sino de forma permanente, al menos en la mayoría de los casos. Pero ello no requiere la posesión de un sistema nervioso, y así, observamos estos rasgos por ejemplo en los protozoos, que constan de una sola célula, y que por lo tanto carecen de sistemas orgánicos diferenciados. Y fíjense, a pesar de esta carencia, tan variada puede ser la conducta de estos organismos sencillísimos que ya a finales del siglo XIX un investigador francés, Alfred Binet, bien conocido por sus tests psicológicos, escribió un libro titulado “La vida psíquica de los microorganismos”

Un ejemplo notable de actividad motora en microorganismos lo suministran muchas bacterias provistas de flagelos. El flagelo bacteriano es un filamento implantado en la membrana celular, cuyos movimientos impulsan a la bacteria. Posee en su base un motor molecular de estructura muy compleja, formado por 42 proteínas que trabajan coordinadamente y movido por un sistema de transporte de protones a través de la membrana celular. Tan complicado es el motor del flagelo bacteriano que su estructura ha sido esgrimida por los partidarios del “diseño inteligente” como argumento para negar la evolución, pues no ven posible que un tal orgánulo, en el que cada parte necesita a todas las demás para funcionar, pueda formarse gradualmente. Pero los flagelos de los protozoos, animales de una sola célula, son mucho más complejos. Cada uno de ellos está formado por al menos diez pares de filamentos similares a los flagelos bacterianos, solo que mucho más largos, por otros flagelos accesorios y por un complejo basal que conecta con otros cuerpos basales, mediante una estructura complicada.

Tomemos, como ejemplo de protozoo flagelado la euglena. Este organismo, que también se incluye entre las algas, ya que en este nivel no es muy clara la diferencia entre animales y plantas, se orienta siempre hacia una fuente de luz y se dirige hacia ella, lo que le permite efectuar adecuadamente la fotosíntesis, pues se trata de un

organismo fotosintético. La orientación correcta y el movimiento adecuado se consiguen mediante un mecanismo vinculado al flagelo. Junto a la base de éste poseen las euglenas una zona pigmentada en rojo, la llamada mancha ocular. El papel de esta mancha es filtrar la luz que llega, y a causa de ello dejar menos iluminada una parte del complejo basal del flagelo. Esto tiene como consecuencia un deslizamiento de las fibras de actina en el lado en sombra, y una contracción del flagelo que lleva al organismo en dirección de la fuente de luz. Naturalmente, los detalles no son tan simples, pero no hacen al caso aquí.

Vemos pues un sistema mecánico y automático capaz de desarrollar una conducta de orientación, sin que exista un órgano sensorial ni un sistema nervioso. Esto nos lleva a formular nuevamente algunas de las conclusiones ya propuestas: primera, que los órganos encargados de las funciones de relación son muy complejos, por lo que su funcionamiento no se conoce por completo; y segunda, que un organismo echa mano de lo que tiene para resolver sus necesidades, y que a menudo la solución elegida dista mucho de ser óptima.

No perdamos de vista el tema de la complejidad subyacente a las estructuras sensoriales y motoras, que aquí apenas se ha esbozado. Hay muchos detalles del movimiento de los protozoos que se nos escapan, pero de cualquier forma el caso de las euglenas es de los más simples. Otros protozoos más avanzados, como pueden ser los paramecios, plantean un problema miles de veces más difícil, puesto que cada individuo se mueve batiendo unos 2500 cilios o pestañas vibrátiles, de estructura similar a la del flagelo de las euglenas, pero que deben moverse coordinadamente para impulsar al animal. No existen orgánulos evidentes para esta coordinación, pero a pesar de ello los paramecios se mueven con facilidad y rapidez, y se colocan sin buscarlos en los puntos de condiciones óptimas para ellos.

Células totipotentes: esponjas

Las esponjas son los animales pluricelulares más simples. No tienen más que tres o cuatro tipos de células, que no se agrupan para formar tejidos u órganos. Después de una breve fase larvaria se fijan al soporte, y por lo tanto no se mueven. Carecen de sistema nervioso, e incluso de células nerviosas diferenciadas. Sin sensibilidad ni movimiento, no reaccionan ante muchos estímulos. Pero algunas de ellas, no todas, cuando se vierten sustancias nocivas en el agua en que viven, son capaces de cerrar los orificios por los que entra el agua que les lleva el alimento.

Puesto que no tienen músculos para cerrar esos orificios ni una red nerviosa que transmita los estímulos, no está claro como consiguen este efecto. Los zoólogos suponen que las células de las esponjas, al no estar totalmente diferenciadas,

conservan la capacidad de desempeñar múltiples funciones, es decir, son en parte totipotentes. Presentarían, según los casos, sensibilidad, capacidad de contracción, o de transmisión de impulsos. Aunque esta explicación no aclare todos los puntos oscuros, por lo menos sirve de apoyo adicional a la idea ya expuesta de que un organismo se apaña con lo que tiene, para hacer más de lo que buenamente puede.

Sistemas nerviosos difusos: celentéreos

Con los celentéreos, es decir, los corales y las medusas, llegamos a los primeros animales que presentan órganos y aún sistemas orgánicos más o menos esbozados. En ellos hallamos por primera vez neuronas, es decir, células especializadas en la conducción del impulso nervioso. Es verdad que se trata de neuronas muy simples, con una velocidad de conducción muy baja, y no organizadas en centros nerviosos. En efecto, no existe un sistema nervioso, sino que las neuronas están conectadas en una red difusa.

Los pólipos fijos de los corales no requieren mucho movimiento. Otra cosa son las medusas que nadan activamente mediante contracciones rítmicas de su sombrilla. Su conducta es pues bien simple; una acción que se repite una y otra vez, la contracción y relajación de la periferia de la sombrilla, y que sirve al animal para nadar, alimentarse o expulsar sus células sexuales. Aunque estos animales carecen de células musculares o sensitivas, algunas de las neuronas más externas tienen sensibilidad y otras poseen fibras musculares. Gracias a estas células neuroepiteliales y neuromotoras, los celentéreos pueden recibir estímulos y responder a ellos. Incluso los movimientos rítmicos de las medusas pueden comprenderse mal que bien mediante este sistema. Pero otros aspectos de la conducta de los celentéreos permanecen oscuros.

Por ejemplo, la hidra de agua dulce es un pequeño pólipo que vive adherido a la vegetación sumergida en las aguas estancadas. Es uno de los celentéreos más simples, y de acuerdo con esto, su conducta es también muy sencilla. Cuando una presa roza sus tentáculos es paralizada por las células urticantes de los mismos, dirigida a la boca e ingerida. Este proceso es automático y puramente mecánico, apenas requiere coordinación, y se da en todos los celentéreos. Pero otras pautas de conducta son menos simples: un estímulo fuerte, como el contacto con un posible predador, hace que la hidra retraiga sus tentáculos, contraiga todo el cuerpo y se reduzca a una masa gelatinosa y esférica, de difícil captura. Esta conducta se da también en corales y otros pólipos, y exige un mecanismo de coordinación rudimentario. Pero este mecanismo es aún más esencial y complejo en otra pauta de conducta que exhibe la hidra, el traslado. En efecto, de vez en cuando la hidra curva su cuerpo, se fija al sustrato con la boca y tentáculos, desprende su base, se dobla de nuevo, fija su base en un punto próximo y

se endereza, habiéndose trasladado unos milímetros a un nuevo punto de fijación. La verdad es que no es fácil explicar un movimiento coordinado y orientado de este tipo cuando no existen centros nerviosos encargados de la coordinación. Pero ya sabemos que los sistemas nerviosos esconden sorpresas, y son capaces de prestaciones que a priori no se suponen en ellos.

En los celentéreos aparece el arco reflejo más primitivo, formado por dos neuronas encadenadas, una sensitiva y una motora, a veces con neuronas intermedias de enlace. Este mecanismo garantiza que un estímulo determinado tenga una respuesta adecuada e inmediata. Por supuesto, los reflejos son comunes a casi todos los animales, incluyendo los vertebrados y el hombre, y se apoyan en estructuras nerviosas cada vez más elaboradas. No se suponga que en el hombre los reflejos son de poca importancia, pues forman una parte fundamental de la conducta inconsciente o semiconsciente. Los reflejos posturales o propioceptivos que mantienen el tono muscular, por ejemplo, nos acompañan durante toda nuestra vida sin que los percibamos apenas.

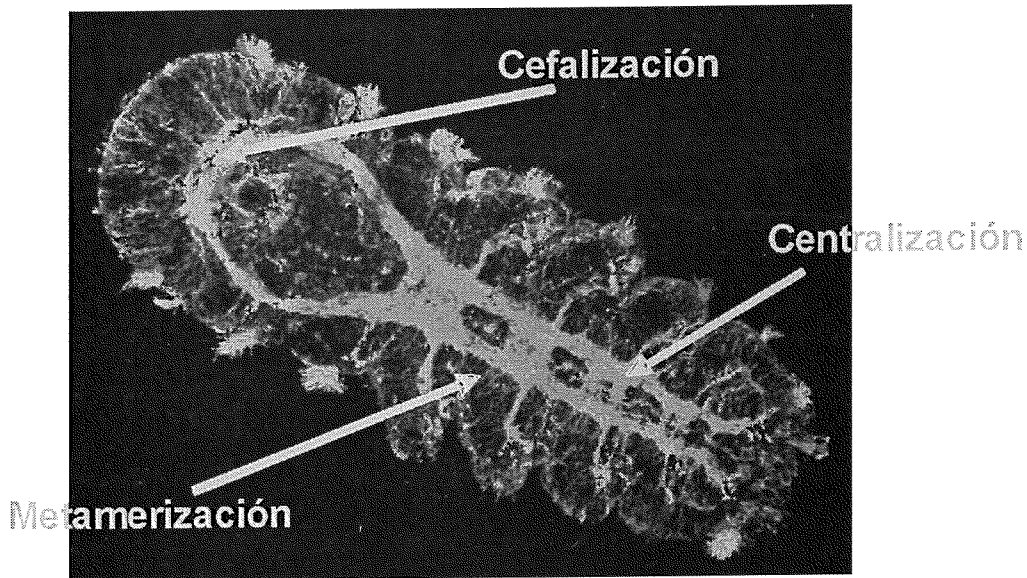
Sistemas nerviosos ganglionares

Los demás animales son mucho más avanzados en estructura y funciones. Tienen generalmente órganos y sistemas orgánicos, entre ellos un sistema nervioso diferenciado. Su rasgo más importante es la simetría bilateral, que implica la posesión de un extremo anterior y otro posterior, de un lado izquierdo y otro derecho. Suelen ser móviles, y normalmente avanzan en la dirección de su extremo anterior, que se convierte en cabeza, lo cual tiene consecuencias importantes para la construcción de su sistema nervioso.

La estructura del sistema nervioso en los animales bilaterales obedece a tres principios: El primero es el de la centralización. Las neuronas no se disponen ya en forma de red difusa, sino agrupadas en núcleos o ganglios, de los que parten sus fibras conductoras, axones o dendritas, en forma de nervios. Esto permite una mejor agregación y regulación de los impulsos nerviosos, y una transmisión más eficaz. El segundo principio es el de la metamerización, o multiplicación de las estructuras orgánicas. El organismo se estructura en segmentos repetidos, que tienen aproximadamente la misma composición y que se disponen longitudinalmente. Estos segmentos o metámeros permiten el aumento de tamaño del organismo sin el de los órganos que lo forman, y también una distribución adecuada de las funciones orgánicas. En lo relativo al sistema nervioso, los ganglios de cada segmento pueden controlar las acciones de dicho metámero sin necesidad de intervenir en el vecino.

El tercer proceso implicado, la cefalización, es en parte consecuencia del anterior. Es evidente la ventaja adaptativa que comporta la adquisición de órganos sensoriales

La formación de una estructura compleja



especializados en el primer o primeros metámeros, que son los destinados a explorar y reconocer el entorno. De ahí la diferenciación de la cabeza y la boca, y el aumento de tamaño de los ganglios cefálicos. Este proceso es, por lo tanto, la causa de la aparición de un cerebro.

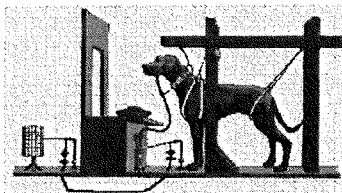
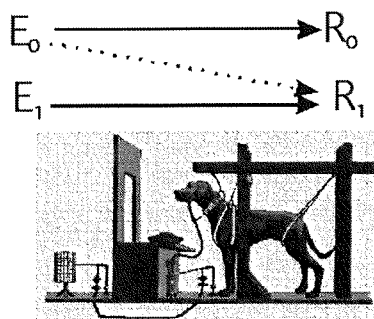
Aparecen, pues, los sistemas nerviosos ganglionares, tan característicos de muchos grupos de invertebrados, y que consisten en una especie de escalera que recorre todo el cuerpo, con un par de ganglios en cada segmento, con escalones que unen los ganglios de cada par y montantes paralelos que unen los de cada lado. Los ganglios cefálicos suelen ser mayores y estar conectados a los ojos y la boca. Tales sistemas nerviosos se encuentran en los principales grupos de invertebrados, gusanos, artrópodos y moluscos, más o menos modificados. También se encuentran en los vertebrados, formando el llamado sistema nervioso autónomo, como se encuentran asimismo (por ejemplo, en la pared intestinal), las redes difusas de neuronas que ya hallábamos en los celentéreos. Esto nos enseña nuevamente que la naturaleza no desecha sus propios productos, sino que los aprovecha o mejora en ensayos posteriores, guardándolos junto a sus nuevas producciones.

En efecto, en estos grupos hallamos también los arcos reflejos que ya se han comentado, junto con nuevas pautas de conducta, que como las anteriores, no se limitan a los invertebrados, sino que se encuentran también en los mamíferos y en el hombre.

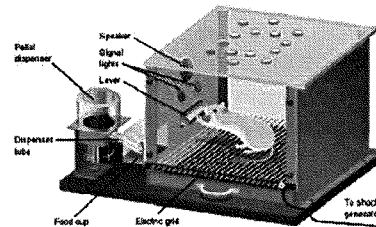
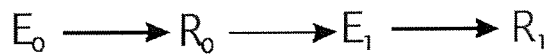
Se trata de los reflejos condicionados, que posibilitan el aprendizaje, bien por ensayo y error, bien por entrenamiento activo. Los reflejos condicionados se basan en la capacidad de asociación de estímulos: Un estímulo indirecto se asocia con uno directo, que provoca una respuesta, y a partir de entonces la respuesta es provocada también por el primer estímulo. Estos reflejos se han propuesto como elementos fundamentales o sillares básicos de la conducta y aún de la mente humana, por las dos escuelas que iniciaron su estudio, la de Pavlov para el condicionamiento clásico, y la de Watson y los behavioristas para el llamado condicionamiento operativo. Hoy los psicólogos encuentran en general desmesurada esta pretensión, pero se acepta la importancia de los reflejos condicionados en los procesos de aprendizaje. Las imágenes adjuntas describen sumariamente estos dos tipos de reflejo condicionado.

Los reflejos condicionados

REFLEJO PAVLOVIANO



REFLEJO SKINERIANO



- El reflejo skineriano (condicionamiento operativo) constituye la base del aprendizaje por ensayo y error
- El reflejo pavloviano (condicionamiento clásico) es el fundamento del aprendizaje por entrenamiento

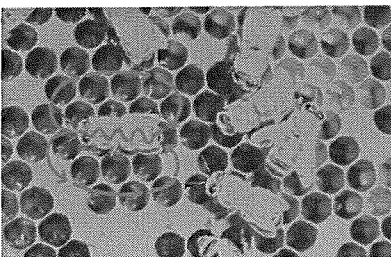
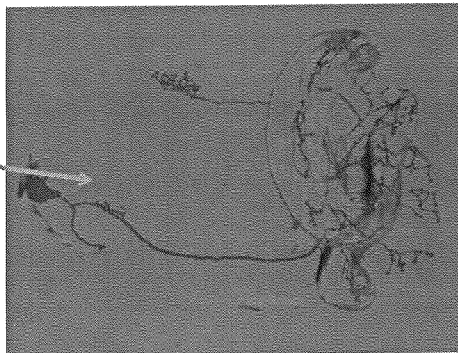
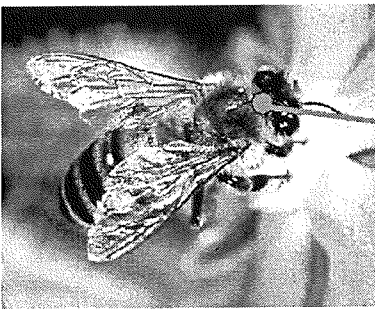
Los extremos en los invertebrados

Los sistemas nerviosos ganglionares de los invertebrados pueden ser muy simples o relativamente complejos. En algunos grupos parásitos el sistema nervioso desaparece completamente por innecesario. Uno de los más simples es, probablemente el del minúsculo gusano *Caenorhabditis elegans*. Este animal de nombre enrevesado

es actualmente uno de los más estudiados. Su sistema nervioso consta de 302 neuronas, menos de las que integran un sólo ganglio lateral del sistema nervioso de una sanguijuela. La liebre de mar, un caracol marino sin concha que se utiliza también como animal experimental por el gran tamaño de sus neuronas y fibras nerviosas, tiene unas 20.000 células en sus ganglios cerebrales. Por cierto, que en este animal ha podido demostrarse el reflejo condicionado más simple, una conducta que involucra solamente tres neuronas, y que vali.

Cuando examinamos organismos más avanzados el número de neuronas se incrementa, al tiempo que aumenta la sofisticación de la conducta. Así se llega a los casos que pueden considerarse extremos entre los invertebrados, por ejemplo, la abeja. Las abejas tienen un cerebro complejo, integrado por cerca de un millón de neuronas, aunque buena parte de ellas está dedicada a procesar la información visual. Esta información dista de ser simple, entre otras razones porque las abejas tienen una percepción del color distinta de la que se da en los vertebrados. Aunque la mayor parte del cerebro de la abeja se conecta con los ojos, queda aún una parte suficiente para atender a los aspectos no visuales de la conducta. Existen zonas de asociación e integración de impulsos, como los cuerpos fungiformes, y de hecho todo el cerebro puede funcionar como centro de asociación, gracias a que a menudo cada neurona conecta con centenares de compañeras, repartiendo sus impulsos, como se ve en la figura adjunta.

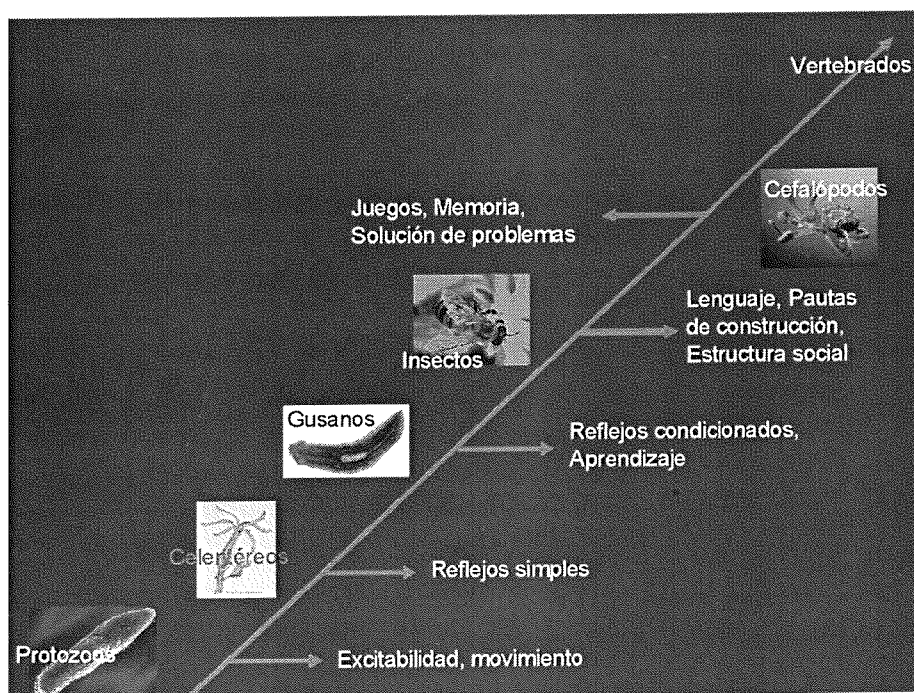
El papel de la inteligencia social



Mediante un lenguaje postural la exploradora transmite información sobre el tipo de fuente nutricia, su importancia y su localización en coordenadas polares.

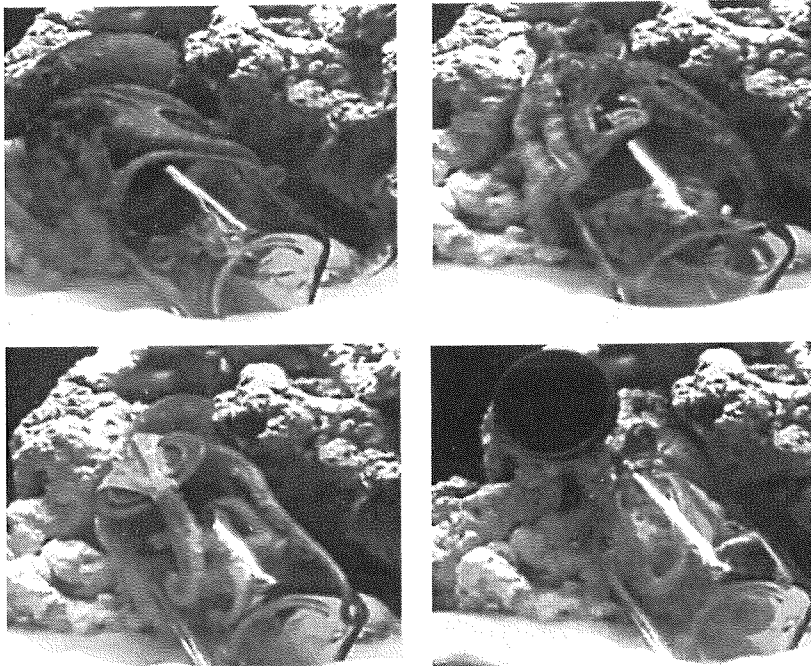
Otra circunstancia que explica la complicada conducta de las abejas es la posesión de lo que podríamos llamar inteligencia social, un conjunto de pautas heredadas que permiten una inteligencia distribuida en los distintos individuos. Estas pautas son típicas de los insectos sociales, como las termitas las hormigas y las abejas, y desde antiguo han admirado y sorprendido a los zoólogos. Por lo que hace a las abejas los aspectos más destacados y conocidos de su "inteligencia" son el uso cuidadoso de la cera para construir celdillas con un diseño geométrico que maximiza el volumen contenido en relación a la superficie, y el notable "lenguaje" investigado por Karl von Frisch, mediante el cual las abejas exploradoras comunican a sus compañeras en la colmena la importancia, tipo y posición de las fuentes de néctar que han descubierto.

El culmen de la "inteligencia" entre los invertebrados se alcanza en los grandes cefalópodos, especialmente en los pulpos. Animales solitarios, carecen de las ventajas de los insectos sociales. A cambio poseen un sistema nervioso muy peculiar y evolucionado, con fibras gigantes capaces de una conducción muy rápida de los impulsos nerviosos. Estas fibras son accesibles con finos electrodos, y esto ha hecho que el pulpo se emplee como animal experimental en neurología al menos desde mediados del siglo XX. El cerebro del pulpo es una acumulación de ganglios vinculados a los órganos de los sentidos, especialmente a los ojos y a los tentáculos. En las



mayores especies tiene unos 120 millones de neuronas, a las que hay que añadir las de los minicerebros asociados a cada una de las ventosas de sus brazos; pues cada ventosa está dotada de órganos sensoriales especiales (olfato, gusto, tacto, presión, etc) cuyos impulsos se procesan localmente en el propio ganglio.

Con este sistema tan complejo no es de extrañar que el pulpo sea capaz de conductas aparentemente inteligentes. Explora su entorno con lo que parece curiosidad, se domestica con facilidad, aprende con rapidez y resuelve problemas de manipulación. Las imágenes ilustran como un pulpo consigue sacar un cangrejo de un tarro de cristal tras desenroscar el tapón. Eso sí, para que lo lograra fue preciso un poco de entrenamiento.



El sistema nervioso de los vertebrados: origen y evolución

Los sistemas nerviosos ganglionares no parecen permitir un desarrollo ulterior de la inteligencia. Para llegar a ello parece necesario un sistema nervioso de nuevo diseño, y con más posibilidades. Este es el camino que la evolución ha recorrido en los vertebrados, con un sistema nervioso tubular y especialmente protegido. El origen y estructura inicial de este sistema se aprecia muy bien estudiando el desarrollo embrionario de los vertebrados. En efecto, en los embriones jóvenes de éstos el borde

dorsal anterior induce la formación de un surco o pliegue dorsal, el surco neural, que luego se cierra por sus bordes y sus extremos para formar un tubo sellado, el tubo neural. Pero aunque se trata de un sistema de nuevo diseño, es curioso constatar que los genes que determinan su formación son los mismos que dan lugar al sistema nervioso ganglionar de los invertebrados a pesar de que uno y otro sistemas no son homólogos en absoluto.

En los antecesores de los vertebrados, este tubo contiene todo el sistema nervioso y no presenta apenas porciones diferenciadas. Pero no ocurre así en los vertebrados. Incluso en los más primitivos como las lampreas se diferencia la porción anterior, que se hipertrofia formando las distintas partes del encéfalo. La importancia del sistema nervioso de los vertebrados se manifiesta en que constituye un porcentaje en peso de su organismo muy superior al que se observa en los invertebrados.

La estructura básica del sistema nervioso es común a todos los vertebrados. La parte posterior del tubo neural forma la médula espinal y la anterior el encéfalo, que se divide, de detrás a adelante, en cinco partes, el mielencéfalo o bulbo raquídeo, el rombencéfalo o región del cerebelo, el mesencéfalo, el diencefalo y el telencéfalo. Todas estas partes son únicas salvo la última, pues el telencéfalo forma sendos abultamientos a cada lado del tubo neural, dando lugar a los dos hemisferios cerebrales.

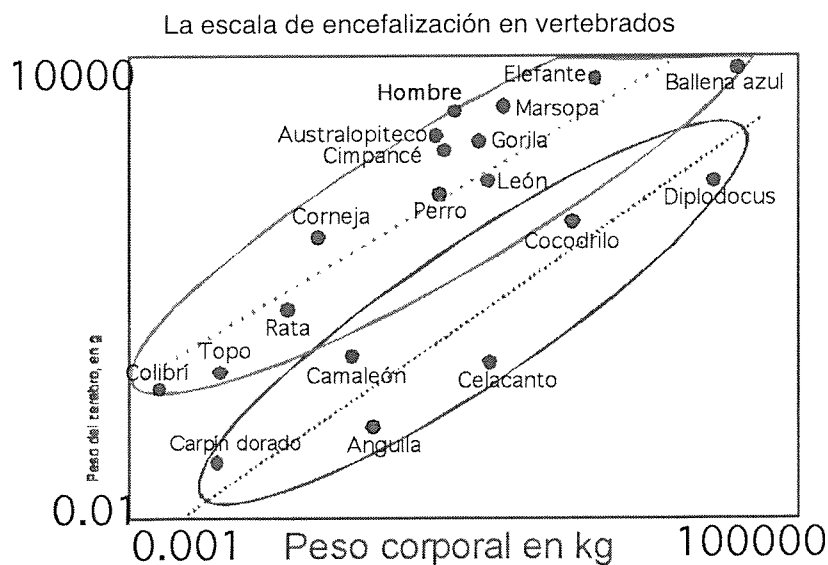
La evolución del sistema nervioso en los vertebrados parece conducir a un especial desarrollo de estos hemisferios, que ocupan en el hombre la mayor parte del volumen encefálico. Esta tendencia, que se llama telencefalización, es negada por muchos especialistas. Básicamente hay dos escuelas enfrentadas al respecto, la que sostiene que la telencefalización se produce por adiciones sucesivas de nuevos elementos (es decir, que a lo largo de la evolución se añaden las vesículas cerebrales, una tras otra, al tubo neural), y la que sostiene que todas las vesículas existen desde un principio, y que el mayor desarrollo de unas u otras no sigue una pauta regular, sino que se produce un poco al azar en todos los grupos. La primera es tildada de finalista por la segunda, pues parece suponer que la evolución del cerebro está orientada hacia la aparición de un cerebro humano. Como suele ocurrir en las polémicas científicas, ambas partes tienen razón, y se enfrentan realmente por insistir en distintos aspectos y descuidar otros. En todo caso parece difícil negar que la tendencia a la adquisición de un cerebro poderoso ha sido ensayada por la evolución en diversos grupos animales, y que aparentemente sólo en el caso humano ha tenido un éxito completo.

Sea como fuere, es cierto que en los vertebrados inferiores, ciclóstomos, peces, anfibios y reptiles, el telencéfalo es una parte pequeña del conjunto del encéfalo, y además está casi totalmente dedicada a procesar las sensaciones olfativas. Lo que podríamos llamar cerebro integrador se sitúa más atrás, en el mesencéfalo, donde convergen los impulsos sensoriales de casi todo el organismo, además de los

procedentes de los ojos y los oídos. Es lo que se llama cerebro reptiliano, que se conserva y mantiene, como tantas otras estructuras primitivas, en los mamíferos y en el hombre. El cerebro de un vertebrado primitivo tiene aportes casi exclusivamente olfatorios, mientras que en el de uno más avanzado, las sensaciones visuales juegan un papel mucho más importante.

Vertebrados homeotermos: Aves y mamíferos

Para comparar el grado de desarrollo cualitativo del cerebro en distintos grupos de vertebrados no basta, naturalmente, comparar el correspondiente peso o volumen. Claro está que los organismos mayores deben tener cerebros mayores, ya que es necesaria la coordinación de un mayor número de células. Por ello se han propuesto diversos "coeficientes de cefalización", que dan valores no absolutos sino relativos. Uno de los más antiguos y conocidos es el coeficiente de Dubois, que relaciona el peso del cerebro con el del total del cuerpo. La representación geométrica de este coeficiente en escala doble logarítmica se presenta en la figura adjunta para varios organismos. Se aprecia que se diferencian claramente dos grupos con mayor o menor desarrollo cerebral relativo, el de los animales de temperatura variable (peces, anfibios y reptiles) y el de los homeotermos o animales de temperatura interior constante y elevada (aves y mamíferos). También se aprecia la elevada posición del hombre en la escala de cefalización.



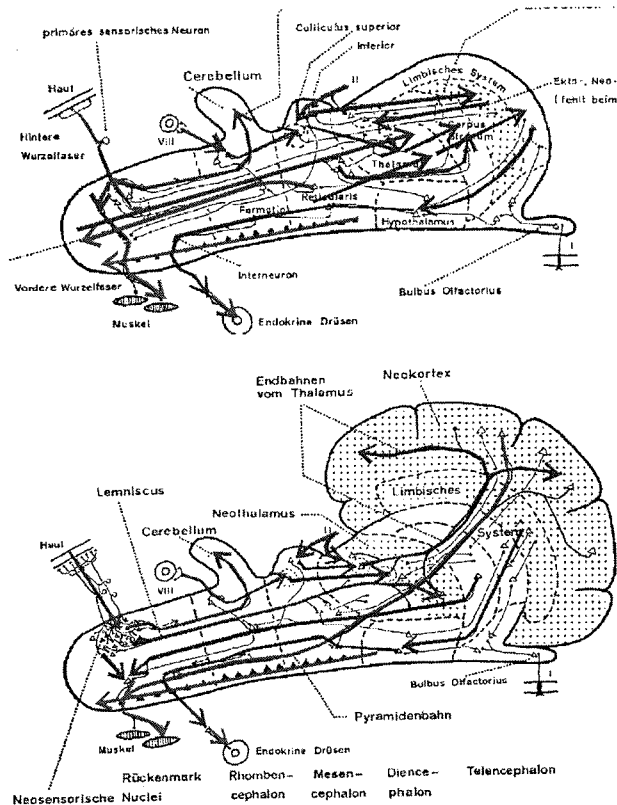
Es comprensible que sean las aves y los mamíferos, es decir, los vertebrados de sangre caliente, con gran consumo energético, los que tengan los cerebros más desarrollados proporcionalmente, y los que exhiban las conductas más elaboradas. Un cerebro complejo necesita mantener un metabolismo elevado, que no puede descender por debajo de un cierto nivel. El cerebro humano requiere tanta energía que recibe el 20 % de la sangre del cuerpo en reposo, y consume el 25 % del oxígeno, aunque su peso apenas sobrepasa el 2 %. No hay sino que pensar en las consecuencias de una falta de riego sanguíneo en el cerebro, que para el hombre significa la inconsciencia en unos 10 segundos y la muerte en poco más de un minuto.

Si comparamos los sistemas nerviosos de los vertebrados inferiores y superiores, aunque sea en esquema, podemos constatar de inmediato la mayor complicación en los últimos. Los cambios más importantes estriban en la aparición de nuevas vías conductoras entre el cerebro y la médula espinal (lemniscos), la formación de nuevos núcleos de sustancia gris en el cerebro, el desarrollo del cerebelo, el crecimiento del llamado sistema límbico (o "cerebro emocional"), y sobre todo el gran desarrollo de una parte del telencéfalo, la llamada corteza cerebral. Cada uno de estos cambios ha tenido consecuencias importantes para posibilitar una conducta compleja y un esbozo de inteligencia en los animales.

El cerebro y la conducta de las aves

Puesto que debemos buscar los cerebros más evolucionados entre las aves y los mamíferos, describamos primero dos pautas generales de conducta que se dan en unas y otros. La conducta en estos grupos es en parte innata y en parte aprendida. Lógicamente la parte aprendida será más importante en aquellas especies que tienen una infancia larga, durante la cual pueden recibir de sus padres o mayores la transmisión de pautas de comportamiento. Así debemos distinguir las especies llamadas nidífugas, que nacen muy preparadas y que tienen infancia breve y escasos cuidados parentales, de las nidícolas, que nacen desvalidas y tienen infancia larga y cuidados parentales prolongados. Son ejemplo de las primeras los pollos o patos, o los potrillos, y de las segundas la mayoría de las aves rapaces, o los perros. Las primeras suelen ser especies de presa, para las que es importante poder huir o esconderse a poco de nacer, cuando son más vulnerables, mientras que las segundas suelen ser, pero no siempre, especies cazadoras, que no tienen ese riesgo y que necesitan un largo aprendizaje, entre otras cosas, de las técnicas de caza.

Ni que decir tiene que el hombre es el animal más nidícola, nace totalmente desvalido, necesita cuidados maternos durante largos años, y su aprendizaje es prolongado. Lógicamente será entre las especies nidícolas donde deberemos buscar los

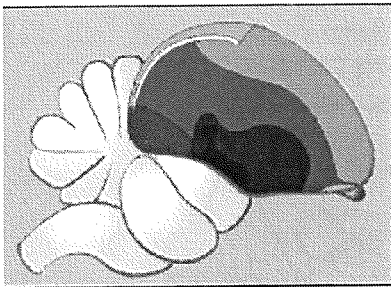


signos más claros de inteligencia y de desarrollo cerebral. Por lo que respecta a las aves hay tres grupos que destacan por su carácter fuertemente nidícola, su desarrollo cerebral y su conducta inteligente. Son los colibríes, los loros y periquitos, y algunas familias de pájaros, especialmente los córvidos.

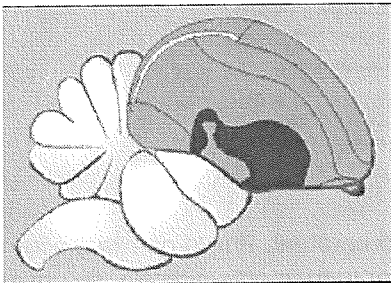
Esto no quiere decir que otras aves no tengan conductas elaboradas. Muchas aves nidífugas presentan pautas de migración muy complejas, que implican el empleo de sistemas de navegación sofisticados, o pautas de galanteo y cortejo muy elaboradas. Pero suele aducirse que las pautas de conducta de estas aves (y para muchos especialistas, de todas ellas), son pautas instintivas heredadas, y tienen poco que ver con el aprendizaje, y mucho menos con la inteligencia. Estos autores opinan que la estructura del cerebro de las aves no permite más que la coordinación de las conductas instintivas, pues la corteza cerebral, que sería sede de conductas más inteligentes, no está en ellas lo bastante desarrollada. Por el contrario, sí lo están los núcleos de la base del telencéfalo, los llamados cuerpos estriados, que podrían centralizar las pautas de conducta heredadas.

Esta postura se opone a la de quienes afirman que las aves, por lo menos las más avanzadas de entre ellas, sí tienen un cierto nivel de inteligencia que dirige pautas de conducta aprendidas y no heredadas. Aducen que la idea tradicional de la distribución de las funciones en el cerebro de las aves no es correcta, y que en algunos grupos es la corteza cerebral, y no los ganglios basales la que alcanza mayor desarrollo. Las dos posturas se reflejan en las imágenes adjuntas.

Un gran salto: el cerebro de las aves



- **La visión clásica destaca el papel de la base del telencéfalo (núcleos estriados), donde supone se establecen pautas de conductas complejas, instintivas e innatas**
- **La visión actual resalta el papel de la corteza superior del telencéfalo (neocórtex), que efectúa una labor de integración y asociación de conductas aprendidas y modulables**



Sea como sea, los ejemplos de conducta inteligente son notorios en los grupos de aves antes mencionados. Así, los colibríes, fuertemente territoriales, parecen poseer un vocabulario limitado de unas docenas de sonidos destinados principalmente a la confrontación con machos rivales. Más interesante es la pauta de galanteo desarrollada en algunos pájaros como los jardineros de Australia y Nueva Guinea. En este grupo los machos construyen pasillos de hierba, pequeñas chozas o pérgolas, que adornan con frutos, pétalos de flores, conchas, y en tiempos recientes, hasta con fragmentos coloreados de cristal o de plástico, de procedencia humana. Las hembras visitan las construcciones, las comparan y eligen la más apropiada, en donde tiene lugar la cópula. ¡Más de uno ha comparado esta conducta con la del seductor humano que pone un piso a su amante!

Pero los ejemplos de conducta en apariencia inteligente son mucho más notables entre los loros. Es conocida la capacidad de éstos para imitar el lenguaje humano y cualquier otro sonido. Desde luego, esta capacidad está muy lejos de ser un verdadero lenguaje, pues al parecer no incluye la capacidad de comprensión. Se califica, por lo tanto, como ecolalia, una repetición automática de los sonidos oídos. Pero son bien conocidos los casos de loros que, entrenados adecuadamente, han llegado a asimilar conceptos abstractos y a utilizarlos para una verdadera comunicación con seres humanos. Estos logros, naturalmente, han sido muy discutidos, pero algunos son en verdad sorprendentes, y llevan a pensar que ciertas especies de loro son capaces de distinguir, no sólo los colores y las formas, y de nombrarlos correctamente, sino también de captar el concepto abstracto de “forma” y “color”, y aún de inventar vocablos nuevos a partir de la asociación de conceptos ya asimilados. Sirva de ejemplo este notable fragmento de una entrevista realizada a la Dra. Irene Pepperberg, quien ha estudiado la capacidad cognitiva de *Alex*, un loro gris que alcanzó justa fama:

“Pepperberg podía hacerle preguntas para determinar el conocimiento básico que un ave puede tener del mundo. No podía preguntarle en qué estaba pensando, pero podía interrogarle acerca de su conocimiento de los números, las formas y los colores. Para demostrarlo cogió una llave verde y una tacita verde de las cestas de las estanterías. Le puso delante los dos objetos y le preguntó: “¿Igual qué?”.

Alex abrió el pico y sin vacilar dijo: “Co-lor”.

“Diferente qué”, preguntó de nuevo

“For-ma”, dijo Alex.

Durante los 20 minutos siguientes Alex hizo una serie de tests, consistentes en distinguir colores, formas, tamaños y materiales (lana, madera y metal). Realizó operaciones sencillas de aritmética, como contar los bloques amarillos en una pila de bloques de construcción de distintos colores. Y finalmente, como para ofrecer una prueba definitiva de la mente que existe en su cerebro de ave, se hizo oír. “¡Habla claro!”, exclamó, cuando uno de los loros más jóvenes a los que Pepperberg también estaba enseñando pronunció mal la palabra “verde”. “¡Habla claro!”.

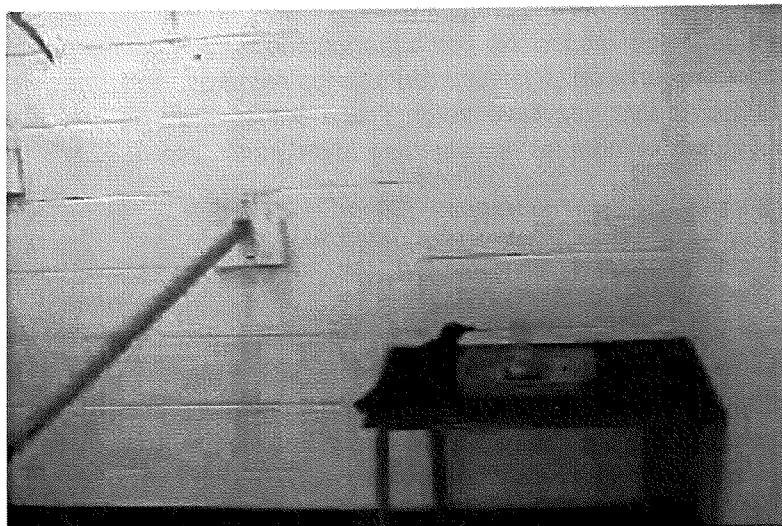
(Virginia Morell, National Geographic España, Marzo 2008)

Nadie, ni siquiera la Dra. Pepperberg, pretende que un loro sea capaz de dominar un lenguaje complejo, pero es evidente que se están descubriendo en algunas aves capacidades que hasta hace poco se creían exclusivas de la mente humana.

Junto con el lenguaje, la capacidad de manejar herramientas suele ser una de las características que se consideran propias del hombre. Hace ya mucho tiempo que se sabe que otros animales manejan herramientas simples, entre ellos algunas aves, como

una especie de pinzón de las Islas Galápagos, que utiliza espinas de cactus para sacar de su refugio a los insectos, o un buitre africano, que toma con el pico piedras de la medida adecuada para romper con ellas los huevos de avestruz. Pero el logro más notable en este terreno se da en una familia de aves con gran desarrollo cerebral, los córvidos. La ilustración adjunta, tomada de un corto y famoso video, ilustra este punto. El vídeo, protagonizado por una corneja de Nueva Caledonia (*Corvus moneduloides*), especie conocida por el uso en condiciones naturales de herramientas simples, muestra como, tras una serie de intentos fallidos con una tira metálica recta, un pájaro es capaz de improvisar, modificando una herramienta que no había visto nunca, y doblándola para convertirla en un gancho con el cual puede alcanzar su comida. Lo curioso es que para ello se vale sólo del pico y de unos apoyos exteriores, y que al primer intento consigue el grado de curvatura adecuado.

Un ejemplo famoso del uso de herramientas



Comienzo del video de Betty, una corneja de Nueva Caledonia (*Corvus moneduloides*) (Weir & Kacelnik, *Animal Cognition*, 2006)

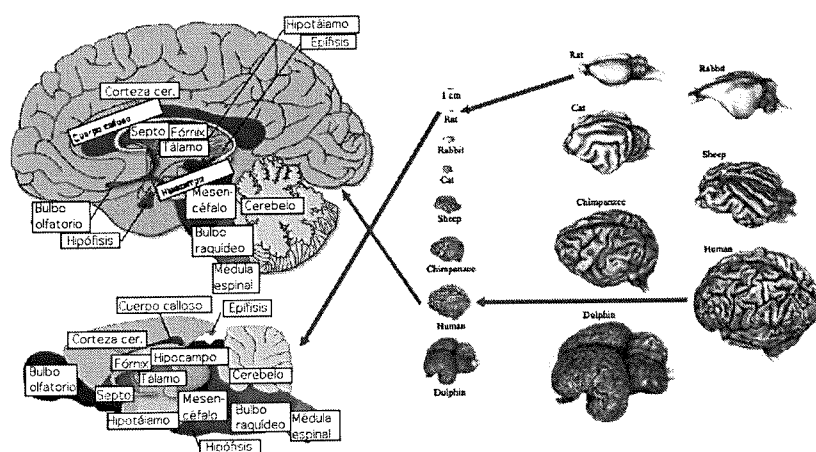
El cerebro de los mamíferos

En contraste con la vida diurna de las aves, y el consiguiente predominio de los sentidos visuales (lo cual es a su vez consecuencia de la adaptación al vuelo), la vida de los mamíferos primitivos es básicamente nocturna, y su principal sistema sensorial

es el olfato. Quizás por este motivo, los desarrollos ulteriores del cerebro afectan especialmente a la región del telencéfalo adyacente a los bulbos olfatorios, es decir, a la corteza cerebral. Este desarrollo notable de la corteza cerebral es lo que diferencia principalmente a los mamíferos primitivos de los avanzados. Por lo demás, la estructura del cerebro es bastante similar en todos los mamíferos.

La figura adjunta ilustra algunos cerebros de mamíferos y selecciona dos de ellos, el de la rata y el del hombre, para su comparación. Como se ve, en ambos casos se dan las mismas estructuras y en las mismas posiciones. Naturalmente, todas ellas son mucho mayores en el hombre, pero la corteza cerebral o neocórtex es en proporción mucho mayor. Este diferente desarrollo de la corteza cerebral explica las diferencias en la conducta y en las capacidades cognitivas de los distintos mamíferos.

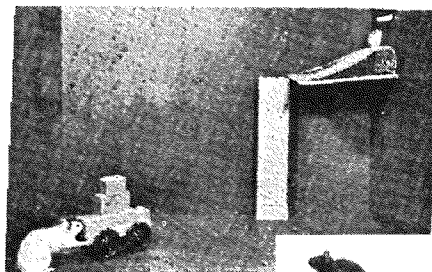
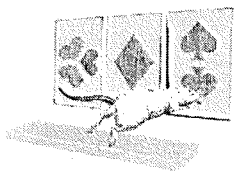
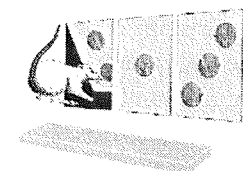
El cerebro de los mamíferos



Incluso animales de cerebro tan simple como las ratas son capaces de aprendizaje y de conducta sofisticados. Aunque, como se ha dicho, las presas suelen ser nidifugas y los depredadores nidícolas, y por ello no cabe esperar una inteligencia superior en las ratas, lo cierto es que son capaces de empujar un carrito con ruedas para subirse al mismo y alcanzar la comida, o de aprender el concepto de "dualidad", como se ilustra en las figuras adjuntas. En cuanto a los mamíferos cazadores, no es menos cierta, por ejemplo, su capacidad para el aprendizaje (piénsese en los perros, utilizados ya por Pavlov) y para el juego. Si bien la imagen adjunta del gato con el ratón ha sido probablemente preparada, es proverbial la afición de los gatos a jugar con los ratones u objetos que se les parecen, como los ovillos de lana. Viene a cuento aquí un texto muy

conocido, de un autor que al parecer tiene poco que ver con el estudio del cerebro, pero que, como se ve, era un excelente observador y un solvente naturalista para su época:

Cazadores y cazados



Inteligencia y juego: Dos usos de un cerebro avanzado

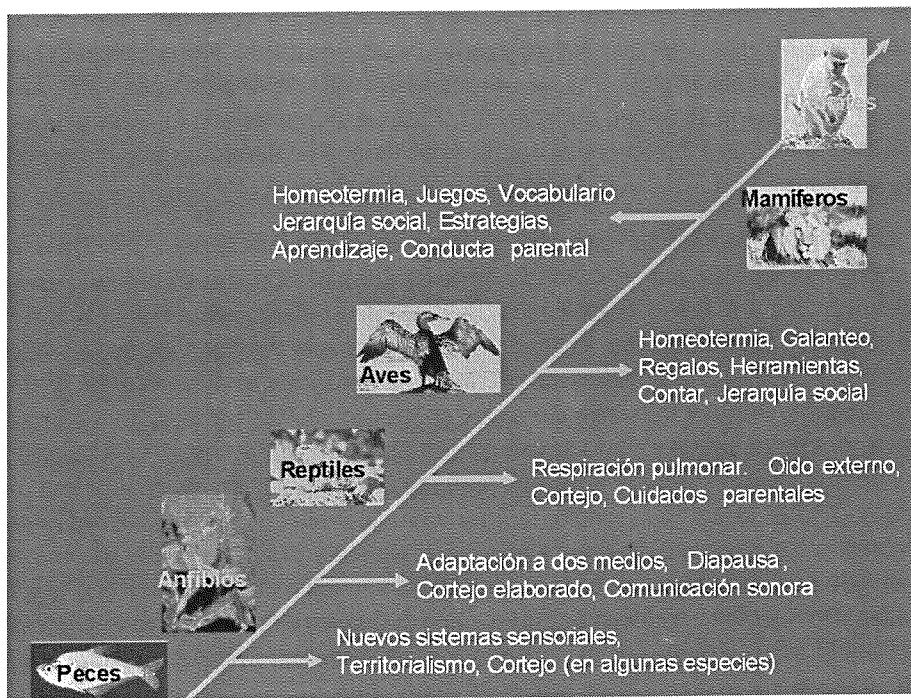


"Pues las astucias y asechanzas que el gato tiene para cazar y para hurtar, cada día las vemos. Bien sabe él a veces quitar la cobertura de la olla que está recién puesta al fuego, y meter las garras, y sacar la carne, y huir con ella. Mas yo soy testigo de otra astucia que aquí diré. Andaba por cima del lomo de una pared, en pos de una lagartija. La cual, huyendo dél, se metió por bajo de una teja que acaso estaba allí boca abajo. ¿Qué hizo entonces él? Hizo esta cuenta: si meto por aquí la mano, hame de huir por la otra boca de la teja. Pero yo acudiré a eso. Mas ¿de qué manera? Puso la una mano a la boca de la teja más estrecha, y por la más ancha metió la otra, y de esta manera, como por entre puertas, alcanzó la caza que buscaba. Pues ¿qué más hiciera si tuviera razón?"

(Fray Luis de Granada, Introducción al Símbolo de la Fé, cap. 14)

Abundando en lo dicho, se comentan ahora brevemente algunas de las manifestaciones intelectuales de distintos mamíferos no primates, antes de entrar a hablar de este último grupo. Señalaremos, así, la capacidad que tienen las ovejas para

reconocer caras, tanto de ovejas como de humanos, la vigilancia y educación de las crías que ejercen las elefantas a cargo de un grupo, como lo he podido observar yo mismo en Botswana, las proezas intelectuales de los perros, incluso sin el adecuado entrenamiento, o la legendaria capacidad de comunicación de los delfines.



El cerebro de los primates

Pero sin duda, los animales que pueden presentar más rasgos de inteligencia avanzada son los primates. La evolución de este grupo presenta cinco etapas, en las cuales se repite el mismo patrón que en el conjunto de los mamíferos: las formas primitivas, como los lemúridos y otros prosimios, son nocturnas y poseen un desarrollado sentido del olfato. Es verdad que algunas de ellas poseen grandes ojos para maximizar la recepción luminosa, pero carecen de percepción del color y en la mayoría de los casos de la del relieve. Los monos platirrinos, o del Nuevo Mundo, en cambio, tienen ya vida diurna, y probablemente visión binocular y percepción de los colores. Algunas especies presentan asimismo un intenso territorialismo, y el consiguiente repertorio de voces y gritos de advertencia. Pero es con los monos

catarrinos, o del Viejo Mundo con los que se alcanza un nivel de inteligencia no superado más que por los primates antropomorfos y por el hombre.

Entre estos monos el macaco rhesus (*Macaca mulatta*) es quizás el más estudiado. Por lo menos lo es en el ámbito de la neurología. El cerebro del macaco es algo más simple que el de sus parientes superiores, pero presenta una funcionalidad similar. En su corteza cerebral se localizan centros de atención, que filtran las sensaciones reteniendo las que son relevantes y pasándolas al área cortical específica (corteza visual, auditiva, etc.) Una vez procesados allí, los impulsos son devueltos al córtex anterior, donde se hacen conscientes. Estas estructuras son muy parecidas a las que ejercen la misma función en un cerebro humano, y se sitúan en la misma posición en uno y en otro caso.

Un ejemplo muy llamativo de inteligencia animal se ha observado en otra especie, el macaco japonés (*Macaca fuscata*). Se trata de una práctica que se ha dado en llamar protocultura. Una población de macacos de la isla de Koshima, en Japón, ha aprendido a lavar en el mar las patatas que obtiene de los huertos, para quitarles la tierra y hacerlas más sabrosas. Esta innovación partió de una sola hembra, que a la edad de 18 meses hizo el descubrimiento y lo transmitió a sus congéneres. Más tarde, a los cuatro años, la misma mona genial descubrió la técnica de flotación, para separar de la arena los granos de trigo. Esta técnica se extendió también por la población, pero de forma menos completa y más lenta, pues sólo la practican algunos individuos. Pero estamos claramente ante un esbozo de la evolución cultural de las tribus humanas, y como ocurre en ellas, tales descubrimientos conducen a la modificación de las pautas ecológicas de la especie. Por ejemplo, desde la adquisición de la técnica citada los monos de Koshima, se han aficionado lo bastante al mar como para atreverse a cruzar a nado algunos tramos, y colonizar así los islotes próximos a su patria.

El cerebro de los antropomorfos

Existen actualmente dieciseis especies de primates antropomorfos, incluyendo al hombre pero excluyendo a las que ya se han extinguido. Forman un grupo que se caracteriza por su cerebro extraordinariamente desarrollado, especialmente en la región frontal y prefrontal de los hemisferios cerebrales. De forma paralela, poseen una inteligencia muy desarrollada, sobre todo en el hombre, al que, en conjunción con sus hábiles manos, ha dado el dominio del planeta.

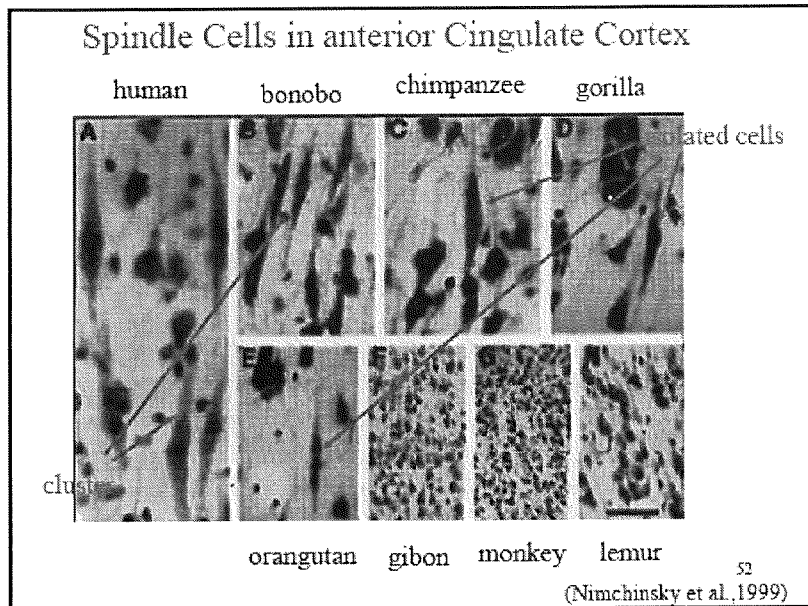
Estas dieciseis especies se dividen en dos grupos. Nueve de ellas son gibones, unos antropomorfos arborícolas tropicales, inteligentes, pero menos que sus parientes más próximos al hombre, es decir, que las dos especies de orangután, las dos de gorila y las dos de chimpancé. Estas seis últimas especies poseen un cerebro muy

desarrollado, capaz de una conducta altamente inteligente. Estructuralmente los cerebros de estos grandes primates y el del hombre difieren muy poco, básicamente tan sólo en su menor tamaño y especialmente en el menor desarrollo del neocórtex. Desde que se enunció una teoría de la evolución coherente, a mediados del siglo XIX, los defensores de la misma han estado intentando demostrar que tales diferencias estructurales no existen, y que las que se observan son sólo de grado y no de naturaleza. Por el contrario, los adversarios de la misma, o por lo menos los partidarios de la especificidad humana, han intentado encontrar y señalar dichas diferencias, si bien con poco éxito.

El famoso debate entre el biólogo Thomas Huxley y el arzobispo de Oxford Samuel Wilberforce, que tuvo lugar en Londres en 1861 acerca de la teoría de la evolución, ha sido muy recordado el pasado año del centenario de Darwin. Poco se ha dicho, sin embargo, del debate subsiguiente que enfrentó a Thomas Huxley y al profesor Richard Owen, y que se centró precisamente entre las diferencias anatómicas del cerebro humano respecto al de los grandes primates. Sin entrar en detalles acerca del debate, señalaremos que resultó en que, al menos según los conocimientos anatómicos de entonces, tales diferencias no existen, y que las estructuras de uno y otro cerebros son las mismas y se hallan en las mismas posiciones, difiriendo sólo en el grado.

Por ejemplo, es bien sabido que en el cerebro humano existe un área sensorial y un área motora a ambos lados del surco parietal. En las respectivas circunvoluciones se hallan representados, con mayor o menor extensión, los territorios del cuerpo de donde proceden las respectivas fibras sensoriales y a donde se dirigen las respectivas fibras motoras. Tanto es así, que se ha podido dibujar, sobre la superficie del cerebro, una representación del cuerpo, una especie de "homúnculo", en el que el tamaño de las distintas partes es proporcional al que ocupa su área en la superficie de la corteza. Se observa entonces que algunos órganos, como las manos y la lengua, ocupan una superficie desproporcionadamente grande en la corteza cerebral, mientras que otros, como los pies o la espalda, ocupan muy poco espacio. Pues bien, en los grandes simios parece ser que puede señalarse una proyección similar, sensorial y motora, del cuerpo, en las mismas circunvoluciones, una especie de "simiúnculo", en la que también los órganos más importantes y activos están más ampliamente representados. En este caso, como es de suponer, la proyección de los pies no es reducida, sino tan extensa como la de las manos.

Sin embargo, sí que existen algunos rasgos estructurales distintos en el cerebro humano y en el de los grandes simios, aunque se trata de rasgos sutiles y no evidentes a primera vista. Véase, por ejemplo, la composición celular de una misma área de la corteza en distintas especies de monos antropoides. Se aprecia una clara diferencia entre el cerebro de los gibones y el de los primates más próximos al hombre, y también entre el de éste último y el de los restantes primates.



Pero trátense de diferencias de grado o de diferencias estructurales, lo cierto es que las mismas explican las mucho más patentes diferencias de conducta y de capacidad intelectual entre los grandes primates y el hombre. Aunque la mayoría de los especialistas en cognición animal se esfuerzan en hallar conductas propias de una inteligencia desarrollada en los primates superiores, ni el más radical de entre ellos es capaz de negar la peculiaridad de la especie humana en cuanto a sus capacidades intelectuales. Esto no quiere decir, desde luego, que los primates más avanzados, orangután, gorila y chimpancé no sean capaces de una actividad intelectual sorprendente. Este hecho es conocido desde muy antiguo, y el propio Linneo, padre de la clasificación zoológica, consideró al orangután como dotado de lenguaje y juicio, y le incluyó inicialmente en el género *Homo*.

Aunque existían numerosas publicaciones anteriores, entre ellas algunas de Charles Darwin, sobre la inteligencia de los animales, no fue hasta la segunda década del siglo XX cuando se comenzó a explorar con métodos científicos las habilidades intelectuales del chimpancé. Las famosas observaciones de Köhler en Tenerife, revelaron que estos primates pueden apilar cajones o empalmar segmentos de cañas para alcanzar una fruta con la que se les tienta. Las investigaciones de Jane Goodall en la segunda mitad del siglo XX dejaron claro que también en su ambiente natural son capaces los chimpancés, de preparar herramientas y utilizarlas como armas en la caza. Hoy se aceptan muchas de las proezas intelectuales de los chimpancés que se

relacionan en la lista adjunta, y algunas otras no incluidas en ella, como la capacidad de reír cuando se les hace cosquillas, con un patrón de risa muy similar al de los bebés humanos en las mismas circunstancias.

Las proezas mentales de nuestros primos

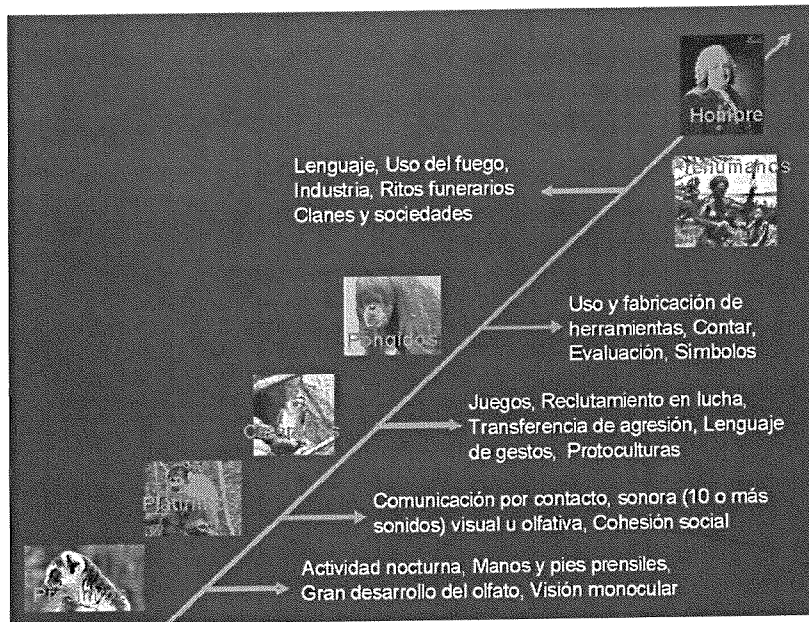
- Los chimpancés se reconocen a sí mismos ante un espejo.
- Pueden aprender un lenguaje de signos.
- Utilizan herramientas, hasta 27 tipos de ellas.
- Comprenden aspectos del lenguaje humano, incluyendo estructuras sintácticas y secuencias numéricas.
- Pueden presentar expresiones emocionales complejas.
- Construyen juguetes rudimentarios y juegan con ellos.
- Parece que pueden presentar un "esbozo de espiritualidad".

La capacidad de los chimpancés para el lenguaje ha sido muy discutida. Algunos animales largamente entrenados han aprendido relativamente un lenguaje de signos para sordomudos, llegando a reconocer hasta 800 signos diferentes. La revisión reciente de muchas de las observaciones efectuadas hace tiempo las ha desvirtuado un tanto, de manera que hoy se ponderan menos las capacidades lingüísticas de los grandes simios. El tema sigue debatiéndose, pero en todo caso está claro que los chimpancés disponen de un complejo lenguaje gestual y emocional.

Se ha llegado a proponer la existencia de un esbozo de espiritualidad en los chimpancés. Esta propuesta se basa en observaciones de aparente empatía entre distintos individuos de la especie con ocasión de una muerte o de un nacimiento, en supuestas "danzas de la lluvia" que posiblemente tendrían el propósito de propiciar a los elementos, o en acunar objetos, como piedras o trozos de madera como si fueran crías. Pero el autor de tales observaciones (Harrod) les da un sesgo antropomórfico excesivo, y no todos las aceptan. La capacidad de aprendizaje y la memoria de los chimpancés pueden ser asombrosas. Aparte de reconocer y comprender los números elementales, pueden recordar su posición en el plano aunque no estén ordenados, y ello después de haberlos visto durante un tiempo brevísimo. En este aspecto han superado a campeones de memoria humanos.

El cerebro humano

Aquí tendría que concluir este escrito, pues lo que viene más adelante ya entra en el terreno específicamente humano. Pero no estarán de más algunas pinceladas, aunque el tema es muy complejo por la propia complicación de nuestro cerebro. En efecto, este puede entenderse como una amplia superposición de núcleos y zonas, no



siempre bien delimitados y con funciones asimismo superpuestas y compartidas. Simplificando, el sistema nervioso central humano es, como el de los demás vertebrados, un tubo de tejido nervioso ensanchado en su extremo anterior para formar las distintas vesículas cerebrales. Aquí nos limitaremos a una descripción sumaria del cerebro anterior, asiento de aquellos rasgos que son específicamente humanos.

Esta parte, el cerebro propiamente dicho, como es bien sabido está dividido en dos hemisferios y ocupa la mayor parte del encéfalo. La corteza cerebral que lo recubre está formada por los cuerpos de miles de millones de neuronas, y consiste por lo tanto en sustancia gris. Esta corteza rodea la sustancia blanca, formada por las fibras nerviosas que salen de o llegan a dicha corteza. Además la corteza cerebral está recorrida por millones de fibras de asociación que conectan entre sí los cuerpos neuronales. Y muchas otras fibras unen los dos hemisferios por su base formando el llamado cuerpo calloso.

Esta estructura se comprende mejor en un corte sagital del cerebro. En ese corte se aprecia la situación de los hemisferios que envuelven a la parte superior del tronco cerebral, y especialmente al tálamo. La parte del cerebro que rodea por encima y por debajo al cuerpo calloso y al tálamo es el denominado sistema límbico, implicado en las reacciones emocionales y que también se relaciona con la gestión de algunos tipos de memoria, en especial si los recuerdos tienen un componente emocional. También está

La breve pero árida descripción anatómica que precede habría de ser complementada con una descripción igualmente breve del funcionamiento cerebral. Por desgracia en ese terreno es imposible abreviar lo suficiente, y por lo tanto forzoso renunciar a ese complemento. No faltan los textos a los que recurrir para buscar esa información, y algunos se relacionan en la bibliografía. Pero citemos, al menos, una nota con la que el profesor Jeremy Z. Young, experto neurólogo que se especializó en estudiar el sistema nervioso de los pulpos, concluye el capítulo dedicado al cerebro en una de sus obras clásicas, *“La vida de los mamíferos”*:

“El gran desarrollo de la parte más anterior del cerebro es característico de los primates superiores y del hombre, y parece ser que su influencia es principalmente inhibidora. Los primates superiores, como otros mamíferos, son animales activos y curiosos, pero efectúan sus exploraciones de un modo prudente y controlado. Podemos percibir una diferencia marcada entre la actividad incesante, y a menudo sin objetivos aparentes, en las casas de los micos de un zoo, y la actividad más tranquila y digna que se observa en las zonas ocupadas por los chimpancés, gorilas y orangutanes. Y también, al escuchar con varios miles de seres humanos un concierto o un discurso, uno no puede dejar de impresionarse por la sorprendente contención que caracteriza el comportamiento del hombre, y que puede ser el resultado del extraordinario desarrollo de los lóbulos prefrontales”.

(J.Z. Young, *The Life of Mammals*)

Es evidente que el profesor Young no consideró los partidos de fútbol ni los conciertos de rock. Pero hay que tener en cuenta que cuando escribió estas líneas, a principios de los años 60, no se habían extendido los “hooligans” ni popularizado Los Beatles. Es fácil caer en la tentación de una interpretación pesimista, según la cual en las últimas décadas la humanidad va usando menos y menos las características cerebrales avanzadas y va descendiendo más y más al nivel de los micos.

En contrapartida, también es posible una visión más optimista del cerebro humano y de su papel individual y social. La máxima de Solón “Conócete a ti mismo”, que hicieron suya otros filósofos griegos, es la primera indicación conocida de la necesidad de la introspección. Sólo el hombre que se conoce a sí mismo puede establecer sus límites, y sólo una entidad limitada puede establecerse como medida. Así el hombre puede ser la medida de todas las cosas, como recomendaban también los filósofos griegos. El conocimiento del mundo se establece, pues, a partir del conocimiento del propio yo, es decir, en último término, desde el conocimiento del propio cerebro.

El cerebro no puede conocerse a sí mismo, entre otras razones porque ningún sistema es completo en sí mismo, como lo estableció ya Gödel para los sistemas