



INVESTIGA I+D+i 2016/2017

GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "Neurobiología del Conocimiento"

Texto del Dr. Oscar Herreras

Octubre de 2016

1. ¿Qué es el conocimiento?

Definir la Neurobiología es relativamente sencillo: es la disciplina que estudia la estructura y función del Sistema Nervioso. Definir el Conocimiento es más complicado. Posiblemente encontraremos tantas definiciones como disciplinas de estudio, pues cada una explora aspectos diferentes del mundo físico.

Conviene distinguir dos ámbitos. Uno, de carácter social, en el que consideramos conocimiento al conjunto de informaciones acumuladas por el ser humano, que almacena y transmite a las siguientes generaciones mediante tradiciones o por medios tecnológicos (documentos, vídeos, servidores informáticos). Desde cómo se fabrica una rueda, o porqué llueve, hasta el dominio de las ondas electromagnéticas que nos permite “chatear” a distancia con nuestros amigos, todos los descubrimientos e invenciones forman parte de este tipo de conocimiento.

Otro ámbito es el Neurocientífico, en el que consideramos conocimiento toda información adquirida, grabada y transmitida por cada individuo gracias a su Sistema Nervioso. En éste, incluimos elementos como el idioma, el aspecto de nuestros amigos, cómo movernos para saltar, donde está nuestra casa, cómo sabemos cuándo el profesor tiene mal día, o los planes de futuro. El primer tipo de conocimiento es el que ha permitido el progreso de nuestra especie y el predominio sobre las demás en apenas unos pocos miles de años. Sin embargo, no hubiera sido posible sin el segundo, el que surge de un aparato biológico desarrollado a lo largo de millones de años y que es capaz de examinar el medio que nos rodea con una capacidad y precisión realmente sorprendentes. Vamos a centrarnos en este último.

2. Antes y después de Ramón y Cajal.

Hasta el nacimiento de la Neurociencia moderna con la teoría neuronal, demostrada por el investigador y premio Nobel español Santiago Ramón y Cajal, el conocimiento era definido de muy diversas maneras, y era tratado por disciplinas que, no teniendo un sustrato tangible y único sobre el que utilizar el método científico, en muy pocas ocasiones han llegado a conclusiones que se hayan podido confirmar.

Podemos decir que con Ramón y Cajal se deja definitivamente atrás el mundo de las ideas de Platón, la división en tres partes de la “Psique” por Sigmund Freud y los numerosos conceptos de lo “mental” transmitidos por la tradición social, cultural, religiosa o filosófica.

Hoy ya podemos afirmar que el conocimiento es un producto de la actividad nerviosa del individuo, como los anticuerpos lo son del Sistema Inmune o el sudor lo es del Aparato Excretor. Nos puede costar “meter en el mismo saco” actividades tan distintas como andar, emocionarnos por el triunfo de nuestro equipo, o escribir una canción de rock progresivo, actividades que hasta no hace mucho, eran clasificadas en distintas modalidades y estudiadas por disciplinas distintas, e incluso eran bien diferenciadas de las de los animales. Sin embargo, ya tenemos evidencias indiscutibles de que todas las

capacidades y habilidades que dependen del Sistema Nervioso tienen la misma base biológica, usan los mismos mecanismos fisiológicos, y son comunes a todos los animales.

La actividad neuronal dentro del cerebro es un trasiego de impulsos eléctricos, que son simples representaciones de la realidad; de forma similar a una imagen de vídeo, que es una colección de píxeles que nos evoca objetos reales, un neuro-objeto o imagen neuronal es una colección de impulsos eléctricos emitidos por un grupo concreto de neuronas. Lo más llamativo de los neuro-objetos es que todos se representan de la misma manera independientemente de su origen, tanto si representan objetos reales (p.ej. una mesa), situaciones (el nivel de azúcar en la sangre, un dolor, o nuestra posición), cualidades (la belleza, la inteligencia), u objetos imaginarios (Spiderman o el hombre del “saco”). En el cerebro todos cuentan y todos tienen representación, existan o no en el mundo físico, los números, las palabras, las cualidades, los amigos y hasta uno mismo, están representados en la corteza cerebral.

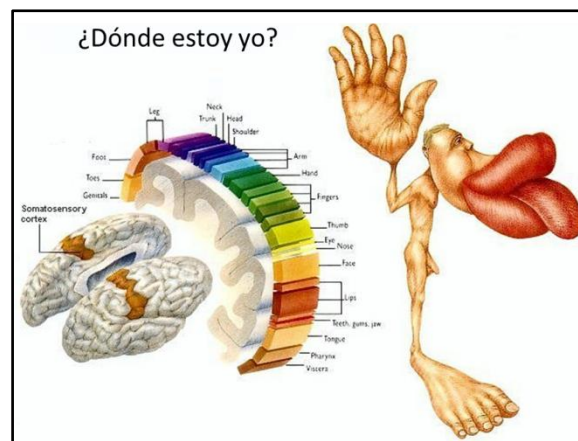


Figura 1: Todo está representado en el cerebro, incluido uno mismo

Los enormes avances tecnológicos utilizados en Neurociencia en los últimos 20 años nos permiten ver “en directo” qué partes del cerebro se activan cuando ejecutamos tareas simples con manifestación externa, como mover un dedo, o complejas y sin manifestación motora -las llamadas “cognitivas”- como leer, ver una película, reconocer caras, o “pensar” (Enlace 1).

Enlace a Dropbox: Vídeos que muestran en tiempo real qué partes del cerebro se activan cuando se ven distintos objetos o escenas.

<https://www.dropbox.com/sh/s7v7foeni4w84yt/AAC53NCFzPLgVD95HhQiG-iya?dl=0>

En el cerebro, todas las actividades sin excepción tienen su representación; eso sí, su estudio es difícil porque el sistema nervioso es un complejo entramado de miles de núcleos nerviosos interconectados que forman redes de comunicación por las que fluyen enormes cantidades de pulsos eléctricos a velocidades increíbles.

3. Los ladrillos del conocimiento: las neuronas y los circuitos

El Sistema Nervioso, al igual que todos los demás, está formado por células y tejidos. Las células principales son las neuronas, y aunque se comunican unas con otras, son células independientes.

Cierto que hoy, esto ya no sorprende a nadie. Pero apenas hace un siglo se pensaba que estaban unidas unas a otras formando lo que se llama un sincitio, una especie de tejido en el que las neuronas estaban unidas entre sí a través de filamentos que actúan a modo de puentes. ¿Porqué se pensaba así? No era una excepción, hay otros tejidos en los que sus células están conectadas de esta manera, como el músculo cardíaco. La tecnología de la época observó efectivamente estos filamentos entre neuronas y denominó a sus uniones como sinapsis.

El problema surgía al considerar cómo dirigir los impulsos eléctricos, pues estos puentes, claro, los dejarían pasar en ambas direcciones, como un cable. Es fácil imaginar las extrañas teorías que se propusieron para tratar de explicar cómo se las arreglaba esta “maraña” celular para evitar que la información procedente de los distintos órganos sensoriales repartidos por todo el cuerpo se moviera libremente a cualquier otro sitio, o para que transmitiera órdenes precisas en la dirección adecuada hacia los órganos ejecutores.

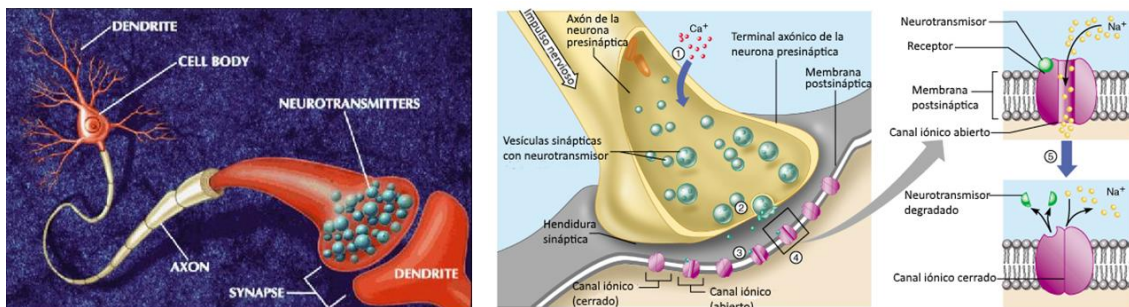


Figura 2: Las sinapsis son huecos entre neuronas y utilizan un neurotransmisor

El descubrimiento crítico de Ramón y Cajal fue la observación de que donde otros veían puentes realmente había una separación; las neuronas no estaban unidas en la sinapsis, sino separadas por un hueco (Figura 2); y además postuló que la comunicación era en un solo sentido; los filamentos se clasificaron en dendritas (los que reciben) o axones (los que emiten). Poco después se descubrió que el impulso eléctrico que llega por el axón desencadena la liberación al hueco sináptico de una sustancia química o neurotransmisor; son pequeñas moléculas que al ser reconocidas en el otro lado de la sinapsis (la siguiente neurona) generan un nuevo impulso eléctrico. Así, los impulsos se transmiten de una neurona a otra, pero con interruptores en las sinapsis. El Sistema Nervioso no es una red de carreteras donde uno puede llegar a cualquier sitio por varias rutas sin barreras, sino un complejísimo circuito eléctrico lleno de interruptores, en el que los impulsos fluyen por unas u otras cadenas de neuronas, pero pidiendo “permiso” en cada cruce o sinapsis.

Cuando se le comenta a alguien que las células nerviosas y su funcionamiento no han cambiado en cientos de millones de años, quizá se sorprenda. Y más aún si le decimos que el cerebro de un ratón tiene prácticamente las mismas estructuras y conexiones que las de un ser humano (Figura 3).

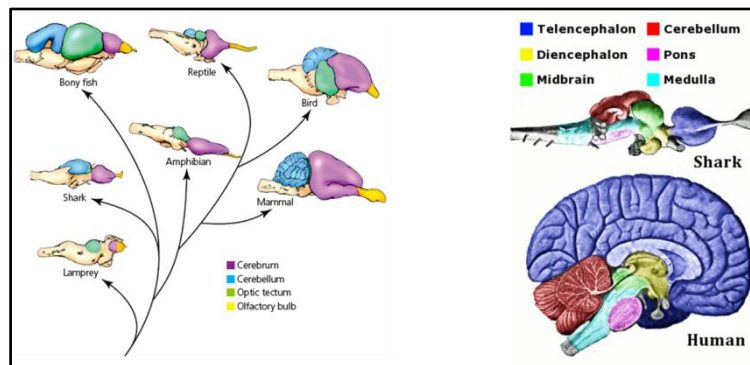


Figura 3: las estructuras cerebrales son las mismas, cambia su desarrollo

Entonces, ¿cómo es posible que tengan capacidades tan diferentes? Mientras se lo explicamos, que no es fácil, construimos una analogía con las células musculares: también estas células son similares en un tiburón, una cigüeña y una serpiente y los movimientos de unos y otros son totalmente diferentes. No se trata, pues, de las células, sino de los tejidos y órganos que conforman. Démonos cuenta de que los órganos han ido sufriendo cambios muy pequeños, imperceptibles de padres a hijos, pero que acumulados durante millones de años, finalmente han adquirido formas y capacidades físicas muy dispares. Junto con el aparato locomotor fueron cambiando los órganos sensoriales, a medida que sus dueños se establecen en nichos ecológicos distintos, e interaccionan con otras especies. El enorme salto que parece haber desde las pocas células fotosensibles que tienen las lombrices hasta la perfección del ojo humano, no parece tan grande si tenemos en cuenta que se han generado tras millones de minúsculas alteraciones durante cientos de millones de años. Sin embargo hemos dicho que el órgano en sí, el Sistema Nervioso, no varía mucho entre animales. ¿A qué se deben entonces las diferencias?

Fundamentalmente a dos variables, la información que se guarda, y la cantidad de información que se guarda. Vamos por partes.

En el encéfalo hay cerca de un millar de estructuras cerebrales distintas, cada una conectada con varias por haces de fibras, formando redes entrecruzadas. ¿Qué ventaja nos da tener tantas? Bueno, necesitamos muchos tipos de información: donde está cada una de las partes de nuestro cuerpo, lo que vemos, olemos, la temperatura, la presión de oxígeno en la sangre, el estado de las reservas de glucosa, y un sinnúmero de variables físicas. Los órganos sensoriales son muy diferentes y cada animal está adaptado a nichos ecológicos diferentes, en los cuales el medio físico a explorar requiere especialización. En un bosque cerrado serán más útiles el olfato y el oído que la vista. Y además de especialización, se requiere precisión. La precisión nos permite sobrevivir, por décimas de segundo, por milímetros, a un ataque, y la precisión requiere una representación lo más fiel posible de la realidad para reaccionar con

éxito. La precisión requiere cerebros mayores, no porque haya más circuitos, que ya son varios miles, sino porque cada uno tiene muchas más fibras y cada núcleo cerebral, más neuronas. Y si además podemos guardar esa información para recordar las experiencias vividas, mejor y más rápido podremos reaccionar, y finalmente, planear nuestras acciones a largo plazo, no sólo reaccionar en el instante en que percibimos algo. Y aquí viene otro gran problema, el guardado de la información.

4. Cómo se guarda la información: plasticidad sináptica

Apenas hace 30 años que obtuvimos las primeras claves para explicar este gran misterio. Aún faltan muchos detalles, pero ya sabemos lo suficiente para, de nuevo, descartar todas las teorías anteriores.

Hemos aprendido que hay varios tipos de memoria, dependiendo de qué tipo de información se ha de guardar y qué función tiene en el animal, pero es demasiado extenso para estas pocas líneas. Es más interesante dar una idea de cómo se almacena físicamente la información, la gran pregunta que ha tenido intrigados a todos los neurocientíficos hasta nuestros tiempos.

La respuesta corta es que no se almacena tal y como entendemos guardar algo en un sitio concreto. La palabra no es guardar, sino cambiar. Los impulsos que llegan a las neuronas producen cambios en su estructura, de tal manera que la próxima vez que lleguen impulsos a la misma neurona, se encuentran con una neurona un poco diferente y, por tanto, responde de forma diferente. De forma semejante a cuando a un estudiante le preguntan antes y después de haber estudiado algo. Lo que ha aprendido, le ha cambiado algo en el cerebro, es otra persona. Los cambios son microscópicos, pero tremendamente efectivos. No ocurren en las neuronas como células completas, sino en las sinapsis.

Al menos se conocen dos tipos de cambios. Por un lado, la actividad eléctrica puede producir la generación de sinapsis nuevas. Esto es, las experiencias modifican y refuerzan los circuitos con más contactos sinápticos (Figura 4).

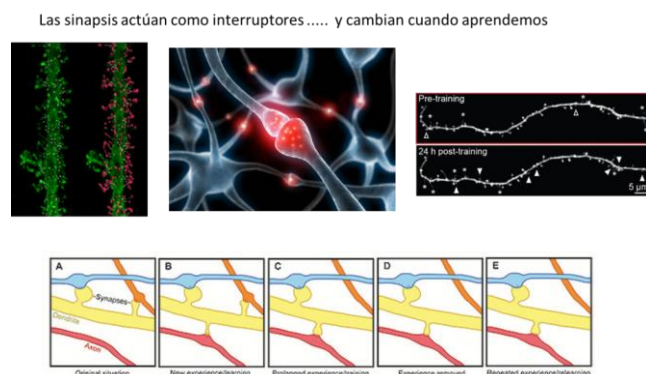


Figura 4: Las experiencias activan sinapsis o generan otras nuevas

Por otro lado, las sinapsis cambian. Una neurona puede tener de 20 a 60.000 sinapsis que reciben impulsos de otras tantas neuronas. Pero, no responden siempre a los impulsos. Depende de si tienen o no los receptores que reconocen al neurotransmisor.

Si los tienen se les llama sinapsis activas, responden generando una corriente eléctrica y transmiten el impulso. Y si no, se les llama sinapsis silentes, y no generan impulso, pero, y aquí está la clave, sí se dan cuenta de que hubo un mensaje, y si llegan varios impulsos en la secuencia apropiada, cambian, incorporan los receptores y se convierten en sinapsis activas. A partir de ese momento, se abre una nueva ruta de transmisión.

Podemos visualizar los núcleos cerebrales como un gigantesco circuito eléctrico en el que las sinapsis son los interruptores, unos cerrados y otros abiertos. Cada interruptor que se abre o se cierra hace que el circuito sea diferente. Por tanto, no se almacena la corriente de los impulsos, simplemente los impulsos provocan cambios en la estructura del circuito y cuando vuelven a entrar en otro momento (otro estímulo) la neurona receptora responde de otra manera. Pero ojo, las sinapsis no se mantienen activas permanentemente, pueden perder sus receptores y volver al estado silente: "olvidan". Estos cambios se han denominado plasticidad sináptica, y ocurren por miles, por millones, con el simple hecho de... vivir.

5. La experiencia y la edad cambian los circuitos neuronales... y nuestro conocimiento

Ahora que sabemos cómo se almacena la información, podemos preguntarnos cómo llegamos de ahí a las funciones más complejas del individuo, lo que se entiende por el "intelecto". Muchas disciplinas han tratado de estudiar y entender el intelecto humano sólo mediante la observación de nuestras capacidades y comportamiento. Una tarea realmente difícil sin conocer la máquina biológica que lo hace posible. Gracias a la Neurofisiología podemos dar una visión desde dentro de esa máquina, ver a la vez qué ocurre dentro y fuera, y así explicar mejor esas funciones cognitivas.

Quizá, una de las lecciones más importantes que hemos aprendido es, que el sistema nervioso es extraordinariamente parecido en los animales. Entre los vertebrados, las variaciones son muy pocas, apenas en el número de neuronas y en el mayor o menor desarrollo de una u otra zona del cerebro dependiendo de qué órganos sensoriales tengamos más desarrollados (Figura 3).

Una conclusión es que estas diferencias aparentemente pequeñas han de ser suficiente para explicar las grandes diferencias en el comportamiento animal. Fijándonos sólo en la capacidad, podría parecer que la diferencia entre un hombre y un perro es abismal; pero ¿y si la comparamos con la que hay entre un perro y una rana?. ¿Y si comparamos la de una persona que conoce 5 idiomas, tiene tres carreras, trabaja en la NASA planificando viajes interestelares y en sus ratos libres ha inventado una docena de aparatos y escribe poesía, con la de otra persona que no hace nada de eso y

casi nada de nada? ¿Son tan distintos sus cerebros? De estas comparaciones aún no tenemos suficientes datos, pero si los tenemos de dos grupos de personas que tienen enormes diferencias de capacidad y potencia de intelecto: los niños y los adultos.

Mediante técnicas de imagen como la Resonancia Magnética Funcional (Enlace 1) o la Tractografía, hemos visto en detalle algo que ya vislumbró Ramón y Cajal, y es que el cerebro cambia continuamente. Ciertamente que esto lo hacen todos los órganos, aunque por suerte, éste es el único que se hace más potente con la experiencia. Algunos datos nos ayudarán a entender qué ocurre.

Durante el desarrollo embrionario, una pequeña parte del sistema nervioso va madurando y al nacer ya está a pleno rendimiento, pero es sólo el principio. Al poco de nacer es el momento en el que tenemos mayor número de neuronas, luego van disminuyendo continuamente. Aunque parece una paradoja, el número de neuronas no es lo más importante, sino el de las conexiones (sinapsis) que establecen con otras (recordad los circuitos y los interruptores). Desde el primer momento, las experiencias que vamos viviendo generan nuevas conexiones y se elimina una gran cantidad de neuronas que no estaban siendo utilizadas. Las experiencias son estímulos (luz, sonido, ondas mecánicas) que son transducidos en los órganos sensoriales a impulsos eléctricos, y estos re-configuran las sinapsis de silentes a activas, re-estructurando la enorme red de nuestro cerebro una y otra vez. Incluso, en distintas etapas de nuestro desarrollo se establecen conexiones entre zonas del cerebro que no existían en la infancia (Figura 5).

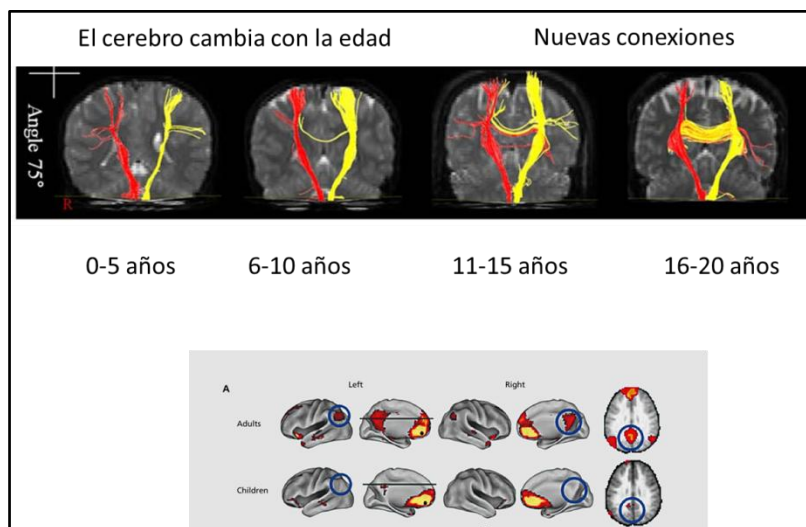


Figura 5: El cerebro cambia: asociación de áreas corticales con la edad

La época más agitada en este sentido es la adolescencia, en la que grandes regiones de la corteza cerebral humana establecen contactos con otras. La consecuencia de conectar dos zonas corticales es fácil de entender: las informaciones que procesan cada una, ahora se puede asociar, y por arte de la biología, que no de la magia, permiten al individuo entender relaciones que antes simplemente no eran posibles. Así hemos podido saber por qué un niño no entiende el comportamiento cooperativo de los grupos, o no hace planes de futuro. Las distintas regiones corticales están

especializadas en tratar y almacenar diferentes tipos de información, y si no existen fibras que las conecten, simplemente no se pueden asociar. Entender algo es, por tanto, conectar los núcleos que procesan y guardan distintos tipos de información. Así parece fácil, ¿verdad? Entender algo es simplemente conocer sus componentes y asociarlos. Asociarlos es enviar impulsos de unas neuronas a otras. El circuito debe estar preparado, esto es, las sinapsis deben ser activas, pero sólo se asocian durante el envío de impulsos. Funciona de la misma manera cuando asociamos los neuro-objetos volante y coche, que los neuro-objetos profesor e Instituto. Nunca sabrás cómo se hace girar un coche si no sabes que tiene volante, ni sabrías porqué has aprendido algo cuando sales del Instituto si no fuera porque sabes que hay un profesor dentro que te lo explica. Si no hay conexiones, bien porque aún no se han formado, bien porque se han perdido debido a neuropatologías, no se pueden entender relaciones entre los neuro-objetos guardados en las distintas regiones corticales.

Si a esto le añadimos el desarrollo extremo de la estructura cerebral que más cantidad de información almacena en el ser humano, la corteza cerebral, empezamos a entender que el número de neuro-objetos que podemos almacenar es sólo una pequeña parte de la cantidad de asociaciones que podemos hacer con ellas. Y de aquí surge la gran explicación: nada impide asociar neuro-objetos que representan algo real y algo irreal. ¿Es esto lo que desde hace siglos llaman Imaginación? ¿Creatividad? Seguramente el nombre no importa. Con estos pequeños mimbres de neuro-conocimiento, ya es posible entender muchos de los grandes dilemas antropológicos, responder gran cantidad de preguntas filosóficas milenarias sobre el hombre en el mundo, y sobre todo, apreciar la belleza de una máquina biológica que trata por igual el desayuno de todos los días, las emociones más incontrolables, y las ilusiones de viajes en el tiempo. Si esto parece que le quita algo de fantasía a las capacidades más extraordinarias del hombre, pregúntate qué es más apetecible: soñar con las estrellas o viajar a ellas. Pues aprender es inevitable, y como decía Ramón y Cajal, “cada uno puede ser escultor de su propio cerebro si se lo propone”.

6. Cuestiones de debate

- Infórmate y piensa: Parte A) Si las neuronas se transmiten información unas a otras a través de las sinapsis, ¿qué diferencia habría entre que las sinapsis tengan o no una separación?. B) ¿Por qué la información viaja en un solo sentido en las cadenas neuronales y qué ventajas proporciona?. C) ¿Los mismos estímulos provocan las mismas respuestas? Pon ejemplos.
- Recuerda el concepto de neuro-objeto y explícalo a tu manera. B) Qué es más real para el cerebro, los objetos físicos o los conceptos abstractos?. C) Razona: ¿por qué un cerebro humano puede guardar hechos u opiniones contradictorias o incongruentes? ¿Puede hacerlo el cerebro electrónico de un ordenador o un robot?

- ¿Qué es más fácil/difícil: andar, o resolver un problema de matemáticas?. B) ¿Qué es más fácil/difícil para el cerebro: aprender a andar o a resolver un problema de matemáticas?. C) Explica por qué has contestado igual o distinto en A y en B.
- Comenta la frase de Ramón y Cajal: “Todo hombre puede ser escultor de su propio cerebro si se lo propone”.
- ¿Qué ocurre en tu cerebro cuando por fin entiendes algo?; B) ¿Qué ocurre en tu cerebro cuando imaginas algo nuevo?
- ¿Quién tiene/tenía más conocimiento, Pitágoras o tú? Razona tu respuesta. ¿Quién crees que tenía más neuronas? ¿Y más sinapsis?
- Si los bebés de mono y de humano tienen intelectos de potencia similar ¿por qué crees que hay diferencias tan enormes en los adultos de cada especie?

7. Fuentes de información

- Enlace a Dropbox: Vídeos que muestran en tiempo real qué partes del cerebro se activan cuando se ven distintos objetos o escenas.
<https://www.dropbox.com/sh/s7v7foeni4w84yt/AAC53NCFzPLgVD95HhQiG-iy?dl=0>
- http://www.edistribucion.es/anayaeducacion/8440050/recursos_and/U04/U04_01_EPI_03/SINAPSIS/Neurona%202010/index.html
- http://www.edistribucion.es/anayaeducacion/8440050/recursos_and/U04/U04_01_EPI_03/SISTEMA_NERVIOSO_CON_BARRA/index.html
- https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_nervioso
- <http://neuropsicobiologia.blogspot.com.es/2014/06/normal-0-21-false-false-false-es-ar-x.html>