

# Un Día en el Cerebro

en kutxaEspacio de la Ciencia

*-material didáctico-*





# **Un Día en el Cerebro**

en kutxaEspacio de la Ciencia

**Donostia-San Sebastián, junio de 2011**



## ÍNDICE

<u>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</u>	9
<u>INTRODUCCIÓN</u>	13
<u>PRIMERA PARTE: FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO</u>	15
1. LAS CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO	17
1.1. La neurona	17
1.1.1. Descripción/Partes de la neurona	17
1.1.2. Tipos de neuronas	21
1.1.3. Conexiones neuronales	22
Sinapsis	23
Neurotransmisores	24
<i>La neurotransmisión</i>	25
<i>Tipos de neurotransmisores</i>	26
1.2. Otras células del sistema nervioso. Las células de la glía	29
*)Tipos de células de la glía. Células de Schwann	30
2. EL CEREBRO	30
2.1. Divisiones del cerebro	31
2.1.1. Hemisferios	31
Hemisferio izquierdo	32
Hemisferio derecho	32
2.1.2. Lóbulos	32
El lóbulo frontal	33
<i>Corteza motora</i>	34
<i>Área de Broca</i>	34
*) <i>La corteza cerebral prefrontal</i>	34
El lóbulo parietal	34
<i>Corteza somatosensorial</i>	34
El lóbulo occipital	35
El lóbulo temporal	35
<i>Corteza auditiva y Área de Wernicke</i>	36
2.1.3. División interna	36
Hipocampo	36
Cerebelo	37
Amígdala	37
Tronco/tallo cerebral	38
Corteza cingulada anterior	38
Ganglios basales	38
Tálamo	39
Bulbo olfatorio / Lóbulo olfativo	39
2.1.4. Los tres cerebros de MacLean	39
2.1.5. ¿Cómo funciona el cerebro?	40
2.2. El tamaño del cerebro	45
2.2.1. El cerebro humano	45
2.2.2. Otras especies animales	46
2.3. Humanos vs. otras especies animales	47
2.4. Herramientas de estudio del cerebro	49
2.4.1. Tomografía de Emisión de Positrones (PET)	49
2.4.2. Imagen por resonancia magnética nuclear funcional (RMNf)	50

2.4.3. Magnetoencefalografía (MEG)	51
2.4.4. Genes y Cerebro	51
2.4.5. Células madre y el estudio del cerebro	52
3. ALGUNA CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA NERVIOSO	53
3.1. Los sistemas nerviosos	53
3.1.1. El sistema nervioso central	53
3.1.2. El sistema nervioso periférico	53
3.2. Velocidad de la información	54
4. PATOLOGÍAS E INCORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO	55
4.1. Neuronas	55
4.1.1. Axones	55
4.1.2. Neurotransmisión y neurotransmisores	56
4.1.3. Células gliales. Desmielinización	56
4.2. Cerebro	57
4.2.1. División de hemisferios. El cuerpo caloso	57
4.2.2. Lóbulos	57
El lóbulo frontal	57
<i>La conducta (El caso Phineas Gage)</i>	57
<i>El habla</i>	58
El lóbulo temporal	58
<i>El habla (2)</i>	58
4.2.3. Cerebro interno	59
El hipocampo	59
<i>Recuerdos y memoria</i>	59
<i>Envejecimiento y Enfermedad de Alzheimer</i>	59
<i>Estrés</i>	60
<i>Epilepsia</i>	60
<i>Esquizofrenia</i>	60
El cerebelo	60
La amígdala	60
Los ganglios basales	61
<u>SEGUNDA PARTE: EL SISTEMA NERVIOSO EN EL DÍA A DÍA</u>	63
1. INTRODUCCIÓN/TEORÍA	65
1.1. Ver	65
1.2. Oír	65
1.3. Tocar	66
1.4. Oler y saborear	66
1.5. Hablar	66
1.6. Planear, idear y tomar decisiones	66
1.7. Relaciones sociales	66
1.8. Memoria	67
1.9. Emociones	67
1.10. Funciones corporales básicas	67
1.11. Problemas, decisiones y consecuencias	67
1.12. Control de movimiento	67
2. ¿QUÉ PASA CON TU CEREBRO?	68
2.1. Cerebro masculino vs. cerebro femenino	68
2.1.1. Tamaño	68
2.1.2. El cerebro físico	68
2.1.3. Desarrollo fetal	68
2.1.4. Genética	69
2.1.5. Educación	69

2.2. El cerebro adolescente. ¿Qué pasa por/en la cabeza?	69
2.2.1. Cambios físicos	70
2.2.2. Descompensación en y entre el desarrollo cerebral y el cambio corporal	72
2.2.3. Comportamiento impulsivo	72
2.2.4. Todavía no es hora de ir a dormir	73
*) ¡No debe servir de excusa!	73
2.3. Dormir	74
2.3.1. Etapas del sueño	74
2.3.2. Soñando...	75
2.4. Deporte	77
2.4.1. Aprendizaje del deporte	77
2.4.2. Beneficios cerebrales del ejercicio	77
2.4.3. Ejercicio coordinado	79
2.5. Alimentación	79
2.5.1. La dieta y los neurotransmisores	80
2.5.2. Malnutrición	81
2.5.3. Conexión entre nutrición y comportamiento cerebral	81
2.6. Adicción	81
2.6.1. Alimentos adictivos	81
Chocolate	81
Cafeína	82
2.6.2. Algunas drogas	83
Alcohol	84
Tabaco	86
Marihuana	86
Cocaína	87
Anfetaminas	88
2.7. Bostezos, risas y más. (Las neuronas en espejo)	89
2.7.1. El bostezo	90
2.7.2. La risa	90
2.8. Relaciones sociales: amor, cariño, amistad y más	92
2.8.1. Factores que intervienen en las relaciones sociales	92
2.8.2. Amor y amores	93
2.9. Dolor	94
2.9.1. ¿Por qué nos duele?	94
2.9.2. ¿Cómo controlar el dolor?	95
2.9.3. ¿Duele el cerebro?	95
2.10. Música	96
2.10.1. Los lóbulos de la música	96
2.10.2. La música y el electroencefalograma (EEG)	96
2.10.3. Gusanos de oído	96
2.10.4. Apoteosis musical	97
2.11. Competitividad	97
2.11.1. Competir por sobrevivir	97
2.11.2. Nos gusta ganar	98
2.12. Zurdos	98
2.13. Plasticidad cerebral. Memoria y aprendizaje	103
<u>TERCERA PARTE: EL ESTUDIO DEL CEREBRO.</u>	
<u>¿TE GUSTARÍA SER NEUROCIENTÍFICO?</u>	107
¿QUÉ ESTUDIAN LOS NEUROCIENTÍFICOS?	109
¿CÓMO LLEGAR A SER NEUROCIENTÍFICO?	110
¿QUÉ TIPOS DE TRABAJOS SE PUEDEN REALIZAR?	110

<u>ANEXOS</u>	113
FICHAS DE ACTIVIDADES	115
Ficha 1: El antes y el después	115
Ficha 2: Diario de sueños	116
Ficha 3: Compara cómo sueñas	118
Ficha 4: ¿Eres diestro o zurdo?	119
Ficha 5: Memoria – Listas de letras	122
Corteza somatosensorial	125
BIBLIOGRAFÍA	127
RELACIÓN DE IMÁGENES	127
<u>(*) PROPUESTAS DE ACTIVIDAD</u>	
0 - El antes y el después	13
1 - Orquesta	43
2 - El cerebro en una caja	47
3 - Información... ¿veloz?	55
4 - ¿Cómo de veloz?	55
5 - Efecto dominó	61
6 - Diario de sueños	76
7 – Compara cómo sueñas	76
8 - ¡Ejercita tu cerebro!	79
9 - ¿Qué suscitan diferentes músicas?	97
10 - ¿Eres diestro o zurdo?	100
11 - Destreza cerebral	102
12 - Memoria	105
0bis - El antes y el después	112
<u>(*) EJEMPLOS PRÁCTICOS</u>	
1 - La neurona de mi brazo	21
1bis - La neurona de mi brazo	24
2 - Entre bostezos y...	89
3 - ¡Cosquillas!	91
4 - Plasticidad cerebral. Memoria a corto plazo y memoria a largo plazo	103
5 - Plasticidad cerebral. Modificaciones del circuito neuronal	103
<u>(*) MATERIAAL DE APOYO</u>	
1 - Introducción a las neuronas	18
2 - Transmisión electroquímica de la señal	24
3 - Neurotransmisores y neurotransmisión	24
4 - La neurotransmisión en el espacio sináptico	26
5 - Érase una vez el cuerpo humano. El cerebro	43
6 - Cerebros de diferentes especies	47
7 - Tomografía de Emisión de Positrones (PET)	50
8 - Resonancia Magnética	51

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Eureka! Zientzia Museoa (antes KutxaEspacio de la Ciencia) y Fundación Inbiomed, ambas situadas en el Parque Tecnológico de Miramón, en Donostia-San Sebastián, presentaron el proyecto “Un Día en el Cerebro en kutxaEspacio de la Ciencia” a la Convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica y de la innovación 2010, que el Ministerio de Ciencia e Innovación organiza a través de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). La adjudicación de la financiación de parte del proyecto posibilitó la ejecución del mismo.

El principal objetivo de Eureka! Zientzia Museoa es divulgar la ciencia, intentando despertar el interés por ésta entre la población general. La principal actividad de Fundación Inbiomed, por el contrario, es la investigación, aunque también tiene muy presente la divulgación de su trabajo científico en términos accesibles para el público no especializado. Por tanto, el común interés por desmitificar la dificultad y exclusividad de la ciencia, además de la cercanía física de nuestras instalaciones (no nos separan más de 300 metros), han dado, como resultado, la elaboración de este proyecto.

“Un Día en el Cerebro en kutxaEspacio de la Ciencia” consta de tres bloques diferenciados: Talleres para escolares, una conferencia itinerante y el material didáctico, éste último el que aquí nos ocupa.

Se diseñaron dos talleres para escolares de diferentes ciclos, un taller para alumnos de 3<sup>er</sup> ciclo de Educación Primaria y otro para alumnos de todos los ciclos de Enseñanza Secundaria Obligatoria. Durante la Semana de la Ciencia 2010, celebrada en noviembre, grupos escolares de diferentes centros de la Comunidad Autónoma Vasca visitaron Eureka! Zientzia Museoa para participar en los talleres ofrecidos. De la experiencia obtenida durante aquella semana, se ha optado, de momento, por incluir el taller dirigido a alumnos de 3<sup>er</sup> ciclo de primaria en la Oferta Escolar 2011/2012 de Eureka! Zientzia Museoa. (Más información en el teléfono 943 012 478 o en la página web [www.eurekamuseoa.es](http://www.eurekamuseoa.es) ).

La conferencia itinerante sirvió para acercar las curiosidades sobre el cerebro a un mayor número de personas interesadas en saber algo más sobre su cerebro, sobre sí mismas. Eureka! Zientzia Museoa y Gurutz Linazasoro, neurólogo y presidente ejecutivo de la Fundación Inbiomed (entre otros cargos), recorrieron diversas localidades de Gipuzkoa (Hondarribia, Tolosa, Eibar, Zumárraga y Donostia), en cada una de las cuales se impartió una conferencia divulgativa abierta al público general. Personas de todas las

edades y condiciones tuvieron acceso a conocer un poco nuestro cerebro, a conocer lo que somos y por qué somos como somos.

Por último, toda la experiencia adquirida, tanto con los talleres como con las conferencias, así como un extenso trabajo de recopilación de información, han dado lugar al material didáctico que da por concluido el proyecto. Mediante el libre acceso a él (información en el teléfono 943 012 478 o en la página web [www.eurekamuseoa.es](http://www.eurekamuseoa.es)), así como con las jornadas de formación de profesorado organizadas para la posterior transmisión de los conocimientos adquiridos a los alumnos, se pretende transmitir la ilusión y pasión que el cerebro despertaba, ha despertado y despierta en todas las personas implicadas en el proyecto.

### Objetivos

El objetivo de Eureka! Zientzia Museoa es facilitar este material didáctico que pretende ser una herramienta de formación y trabajo para el profesorado de 3er ciclo de primaria y para el de secundaria obligatoria (ESO). También es aplicable para biología de bachillerato y, en concreto, para la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo. La información contenida en él podrá ser adaptada por cada centro dependiendo de su desarrollo curricular.

Con este material se pretende suscitar el interés del alumnado por la ciencia en general y por **el cerebro** (neurociencia) en particular; su estructura, funcionamiento y curiosidades. Para ello se han tomado como punto de referencia situaciones y vivencias cotidianas, de nuestro día a día, con la intención de llegar a entender mejor lo que nos sucede y por qué nos sucede.

Partiendo de la comprensión del funcionamiento del cerebro, se quieren potenciar y reforzar valores como la igualdad, el trabajo colaborativo y en equipo, el rechazo a las drogas, el respeto, la seguridad vial, etc.

### Contenidos

- Introducción a la temática de la estructura del cerebro y su funcionamiento.
- Qué es una neurona y cómo funciona.
- Comparación entre cerebros de diferentes especies.
- Toma de conciencia de la influencia de nuestros hábitos en el cerebro y del éste en nuestra vida diaria.

### *Habilidades*

Respecto a las finalidades, el material didáctico que hemos elaborado pretende que los alumnos conozcan mejor el funcionamiento de uno de los órganos más importantes de nuestro cuerpo. No nos centramos solo en el funcionamiento de nuestro cerebro, y del sistema nervioso en general, también queremos que los alumnos sean conscientes de que cada uno de nosotros somos nuestro cerebro, es decir, que es lo que nos hace ser nosotros mismos. Por tanto, el que sepamos más cosas sobre el cerebro redundará en que nos conozcamos mejor y esto es positivo para un posterior desarrollo de la persona.

El análisis y el trabajo de este material en el aula nos ayudarán a que los alumnos adquieran un mayor conocimiento sobre cómo funciona el cerebro y, de esta manera, potenciaremos actitudes de cuidado, no solo de dicho órgano, sino del individuo en su conjunto.

### *Competencias*

Teniendo en cuenta el nuevo modelo educativo basado en competencias, este material educativo trabaja las siguientes:

#### 1.- Competencia en cultura científica, tecnológica y de la salud.

Esta capacidad se trabaja mediante la comprensión de sucesos, la producción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propias. Además este material didáctico sobre el cerebro pretende ser una herramienta que posibilite el conocimiento científico, que conlleva el potenciar la autonomía e iniciativa personal en diferentes ámbitos de la vida.

También se hace hincapié en la adquisición de hábitos de salud adecuados, incluyendo una alimentación sana, la realización de ejercicio físico, la práctica de algún deporte, los hábitos de descanso, el rechazo de consumo de sustancias nocivas... siendo, todos ellos, consejos prácticos que optimizan la salud y la calidad de vida de las personas, y que afectan directamente en el funcionamiento y salud de nuestro cerebro.

#### 2.- Competencia para aprender a aprender.

A partir de lo trabajado en el aula, se busca que los alumnos se planteen preguntas y que obtengan información relacionándola e integrándola con sus conocimientos previos y con la propia experiencia personal.

#### 3.- Competencia social y ciudadana.

Mediante las diferentes propuestas de actividades que planteamos pretendemos que los alumnos se conozcan y se valoren, y que sepan comunicar y expresar sus propias ideas y escuchar las ajenas.

#### 4.- Competencia para la autonomía e iniciativa personal.

Pretendemos que los alumnos se conozcan a sí mismos y que elijan lo que creen que es mejor para el funcionamiento del cerebro, por sus implicaciones y por ser uno de los órganos más importantes de nuestro cuerpo.

Además, en la propuesta de actividades se pretende que trabajen en equipo, con la pretensión de unir sinergias y empatizar.

#### *Estructura del material didáctico*

El material didáctico está estructurado en dos partes diferenciadas. En la primera parte se hace referencia al cerebro desde una perspectiva descriptiva de su estructura y de su funcionamiento. En la segunda parte, por el contrario, se analiza cómo se comporta el cerebro en acciones que realizamos en la vida cotidiana y cómo éstas influyen, a su vez, en el funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso en general.

Además, para reforzar el contenido y hacerlo práctico y ameno para los alumnos, hemos incluido una serie de actividades prácticas que aparecen intercaladas en el material didáctico. Son propuestas de actividades que se pueden realizar en el aula de manera sencilla, ejemplos prácticos y material de apoyo.

## INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar...

### Propuesta de actividad 0:

#### “El antes y el después”

Antes de comenzar con cualquier tipo de explicación a los alumnos, proponemos pedirles que dibujen en una hoja alguno de los conceptos que vayamos a tratar como puede ser una neurona, un cerebro, etc. Dependiendo de su nivel de conocimiento del tema, realizarán dibujos más o menos cercanos a la realidad y, en algunos casos, ni siquiera sabrán qué dibujar. El profesor guardará las fichas (adjuntas en el documento) hasta acabar de tratar el tema, momento en el que deberán volver a dibujar el mismo concepto, esta vez con la ayuda de todos los conocimientos que habrán adquirido durante el tratamiento del tema.

Esta acción servirá para hacer una valoración de los alumnos (no nos referimos exclusivamente a evaluación de nota) sobre los conocimientos que hayan podido adquirir y para que ellos mismos tomen conciencia de lo que hayan podido aprender. Es una manera de evaluar, de forma gráfica, el proceso de aprendizaje.

Nombre: _____	
Antes	Después
<small>Un Día en el Cerebro en kutxaEspacio de la Ciencia</small> →	

*Ficha 1: Evaluación de adquisición de conocimientos.*

El cerebro es el órgano más complejo del cuerpo humano. Produce cada uno de nuestros pensamientos, acciones, memorias y sentimientos (físicos y emocionales) y experimenta el mundo. Esta masa gelatinosa, que pesa alrededor de 1,4 kg, contiene una red de millones de neuronas.

La complejidad de la conectividad entre estas células es impresionante. Cada neurona puede conectarse con miles o decenas de miles de otras neuronas mediante minúsculas estructuras llamadas sinapsis, en las que señales eléctricas impulsan la salida, y posterior captura, de sustancias

químicas llamadas neurotransmisores, que son específicos para diferentes funciones.

Nuestras neuronas forman un millón de nuevas conexiones cada segundo de nuestras vidas. El patrón y fuerza de estas conexiones cambia constantemente por lo que no hay dos cerebros iguales.

Es en este cambio de conexiones donde se almacena la memoria, se adquieren los hábitos y se estructuran las personalidades, reforzando ciertos patrones de actividad cerebral y perdiendo otros.

El cerebro está estructurado, en parte, por los genes pero en gran medida por la experiencia. Durante nuestra vida nacen nuevas neuronas mediante el proceso llamado neurogénesis, aunque existen épocas de crecimiento alternadas con épocas de consolidación. Estas últimas tienen lugar cuando el exceso de conexiones es podado. El mayor número de cambios sucede durante los dos o tres primeros años de nuestra vida, durante la pubertad y, también, en la madurez temprana.

El envejecimiento del cerebro y las enfermedades de éste dependen de los genes y del estilo de vida de cada persona. Cuidar la salud general, ejercitar el cerebro (y el cuerpo) y proporcionarle una buena dieta puede ser tan importante como lo es para el resto del cuerpo.

**PRIMERA PARTE:**

# **FISIOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO**



## 1. LAS CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO

### 1.1. LA NEURONA

#### 1.1.1. Descripción/Partes de la neurona

Las neuronas son las células del sistema nervioso encargadas de transportar mensajes.

En un cerebro humano hay alrededor de 100.000.000.000 (cien mil millones) de neuronas, cada una de las cuales forma hasta 10.000 conexiones con otras neuronas. Cada neurona tiene una anchura de 10 micras (la centésima parte de un milímetro, 1 mm/100). ¡Si las pusiésemos una detrás de la otra, conseguiríamos una cadena de 1000 km de largo! (Distancia entre Donostia y Sevilla).

Aunque algunas neuronas son muy cortas, menos de un milímetro de longitud, otras son realmente largas. Por ejemplo, el axón de una neurona motora (relacionada con el movimiento) de la médula espinal o espina dorsal que inerva un músculo en el pie, puede llegar a medir más de un metro.

También son las células más viejas del cuerpo. Casi todas las neuronas que mantenemos forman parte de nuestro cerebro durante toda nuestra vida porque, aunque otras células se reemplazan cuando mueren, la mayoría de las neuronas que mueren no son sustituidas. Se puede decir que nacemos con la práctica totalidad de las neuronas que vamos a tener durante toda nuestra vida, aunque existe una pequeña capacidad de neurogénesis (producción de neuronas) que ayuda a reemplazar algunas. De todas maneras, este proceso no es suficiente como para reemplazar todas las que perdemos, por lo que ¡hay que cuidarlas bien! ¿Cómo? De muy diversas maneras como cuidando la alimentación y la salud general, haciendo ejercicio moderado de modo regular o evitando golpes fuertes en la cabeza. Por este motivo, es importante abrocharse el cinturón de seguridad en el coche, ponerse el casco al ir en bici o en moto, decir a los mayores que circulen con precaución, cruzar la carretera por los lugares indicados para ello, respetar las normas de seguridad de cualquier lugar, etc.

**Material de apoyo (vídeo):**

**Introducción a las neuronas**

En el siguiente enlace se muestra un vídeo que, a modo introductorio, explica lo que son las neuronas y el fundamento de su funcionamiento.

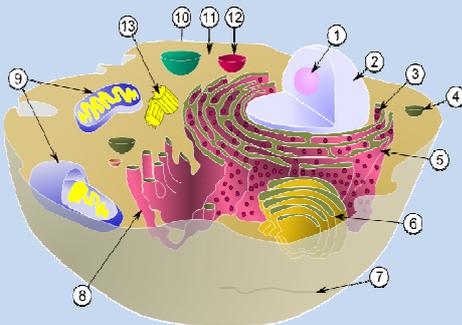
1- <http://www.youtube.com/watch?v=Krabo0GpC5A&feature=related>

Idioma: Castellano.

Duración: 2 minutos y 48 segundos.

Hemos mencionado que la neurona es un tipo de célula pero, **¿qué es una célula?** Una célula es la unidad morfológica y funcional de todo ser vivo. Es el elemento más pequeño que puede considerarse como ser vivo y es, por tanto, imprescindible para que un organismo funcione y pueda vivir. Nuestro cuerpo, por ejemplo está compuesto de, entre otras, células óseas que son las que conforman los huesos, de células musculares, de que otras sirven para crear la piel...y algunas conforman el sistema nervioso, que nos hace percibir sensaciones como el calor, el frío o el dolor y envía toda la información para regular la función del cuerpo, y al revés.

**La célula (animal) y sus componentes**



*Figura 1: Célula animal.*

1. **Nucléolo.** Productor de ribosomas.
2. **Núcleo celular.** Contiene material genético (el ADN) con información para el desarrollo, el mantenimiento y la supervivencia de la célula.
3. **Ribosomas.** Complejos supramoleculares encargados de traducir la información genética a proteínas.
4. **Vesícula.** Pequeños compartimentos que almacenan, transportan o digieren productos y residuos celulares, fundamentales en el metabolismo.
5. **Retículo endoplasmático rugoso (RER).** Sistema de tubos para el transporte de material en el citoplasma. Contiene ribosomas.
6. **Aparato de Golgi.** Estructura de membranas que empaqueta péptidos y proteínas (incluidos neurotransmisores) en vesículas.

7. **Citoesqueleto.** Entramado tridimensional de proteínas que sirve de soporte interno de las células, además de intervenir en el movimiento y la división de la célula.

8. **Retículo endoplasmático liso.** Sistema de tubos para el transporte de material en el citoplasma.

9. **Mitocóndria.** Producen energía en forma de ATP que es la gasolina para las actividades celulares.

10. **Membrana** celular/plasmática. Estructura laminar formada por lípidos y proteínas que rodean y definen los límites de las células y los orgánulos.

11. **Citosol.** Medio acuoso del citoplasma donde se encuentran todos los orgánulos.

12. **Lisosoma.** Orgánulos formados por el RER y empaquetados por Golgi que contienen enzimas para digerir materiales provenientes del exterior o del interior. Se encargan de la digestión celular.

13. **Centríolo.** Estructuras cilíndricas formadas por pequeños cilindros huecos que forman parte del citoesqueleto y que intervienen en la división celular.

Las neuronas son similares al resto de las células del cuerpo en algunas características como las siguientes:

- Están rodeadas de una membrana.
- Los genes están contenidos en el núcleo.
- Contienen orgánulos que son comunes a otros tipos de células.
- En ellas tienen lugar procesos celulares básicos como la síntesis de las proteínas y la producción de energía.

Pero lo que diferencia a las neuronas del resto de las células es que:

- Se comunican entre ellas mediante procesos electroquímicos.
- Forman conexiones especializadas denominadas **sinapsis** y producen sustancias químicas llamadas **neurotransmisores** que funcionan como señales en las sinapsis.
- Tienen elongaciones denominadas **dendritas** y **axones**.

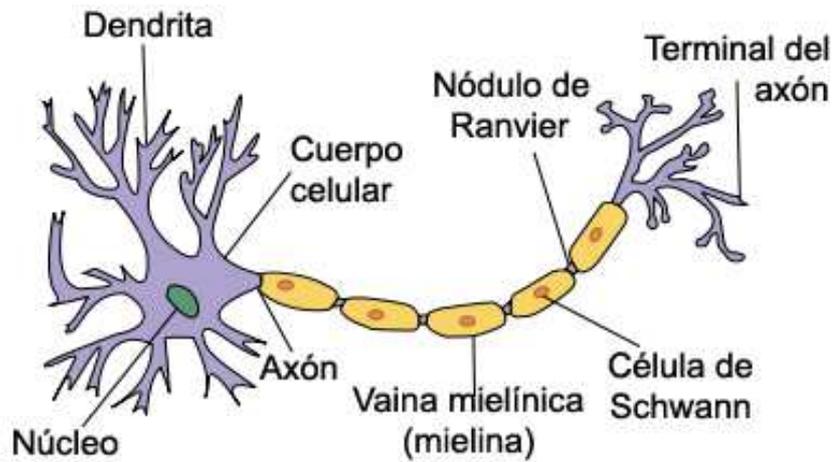


Figura 2: Partes de la estructura de la neurona.

La información llega a la neurona a través de las dendritas y sale de ésta a través de los axones. Los axones están rodeados y protegidos por una sustancia llamada mielina.

Axones	Dendritas
-Salida de información del cuerpo celular.	-Entrada de información al cuerpo celular.
-Superficie lisa.	-Superficie rugosa.
-Un único axón por célula.	-Muchas dendritas por célula.
-Sin ribosomas.	-Con ribosomas.
-Pueden tener mielina.	-Sin aislamiento mielínico.
-Rama que sobresale del cuerpo celular.	-Rama cercana al cuerpo celular.

Tabla 1: Diferencias entre axones y dendritas.

La mielina es una sustancia aislante formada de lípidos y proteínas que se encuentra en el sistema nervioso formando una capa gruesa alrededor de los axones. Permite la transmisión de los impulsos nerviosos entre distintas partes del cuerpo gracias a su efecto aislante. Las células de Schwann son las encargadas de la formación de la mielina (ver página 30, “Tipos de células de la Glía. Células de Schwann”).

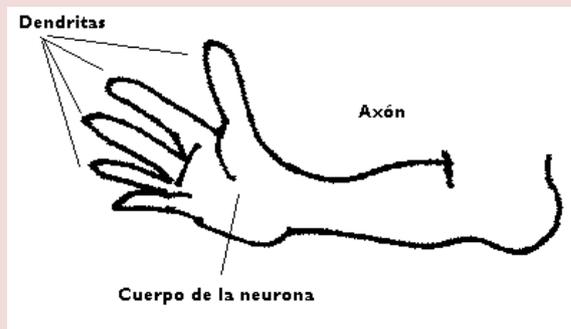
La mielina no envuelve el axón en su totalidad, entre cada una de las vainas de mielina existe un pequeño espacio no protegido llamado nódulo (o nodo) de Ranvier. Debido a que la mielina es una sustancia aislante, la información eléctrica se transmite a saltos de nodo a nodo, el impulso nervioso se transporta, pues, de una manera saltatoria. Es un modo de hacer que todo sea más eficiente.

Siendo la mielina de color blanco, los axones mielinizados forman la llamada materia blanca. El resto de los cuerpos neuronales no mielinizados constituyen la materia gris (la corteza cerebral, el interior de la médula espinal).

### **Ejemplo práctico 1:**

#### **“La neurona de mi brazo”**

Nuestro propio brazo nos servirá de ejemplo para visualizar de una forma sencilla la forma de una neurona.



Extendiendo el brazo de la siguiente manera la palma de la mano representa el cuerpo de la neurona. Los dedos serán las dendritas y el antebrazo será el axón. Utilizar una regla nemotécnica facilitará recordar los nombres de cada parte; los dedos son las dendritas (ambos empiezan por la letra “d”) y el antebrazo es el axón (ambos comienzan por la letra “a”).

Este ejemplo tan sencillo y cercano permitirá que los alumnos puedan recordar fácilmente la forma básica de una neurona.

### **1.1.2. Tipos de neuronas**

Las neuronas pueden ser de diferentes formas y tamaños. Algunas de las más estrechas tienen cuerpos celulares de unas 4 micras mientras que las más gruesas pueden llegar a medir unas 100 micras.

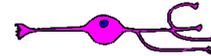
Las neuronas se pueden clasificar siguiendo diferentes criterios:

### Número de extensiones que se extienden desde el cuerpo celular

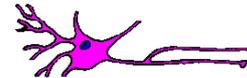
-Neurona (pseudo)unipolar. Desde el cuerpo celular se extiende una única elongación que después se bifurca para formar las dendritas y el axón.



-Neurona bipolar. Desde el cuerpo celular se extienden dos elongaciones, una forma el axón y la otra da lugar a las dendritas.



-Neurona multipolar. Tanto las dendritas como el axón se extienden directamente desde el cuerpo celular.



### Dirección de la información

-Neuronas sensoriales (o aferentes): Mandan la información desde los receptores sensoriales (piel, ojos, nariz, lengua, oído...) hacia el sistema nervioso central.

-Neuronas motoras (o eferentes): Mandan la información desde el sistema nervioso central hacia los músculos y glándulas.

-Interneuronas: Transmiten la información entre neuronas sensoriales y motoras. La mayoría están situadas en el sistema nervioso central.

### 1.1.3. Conexiones neuronales

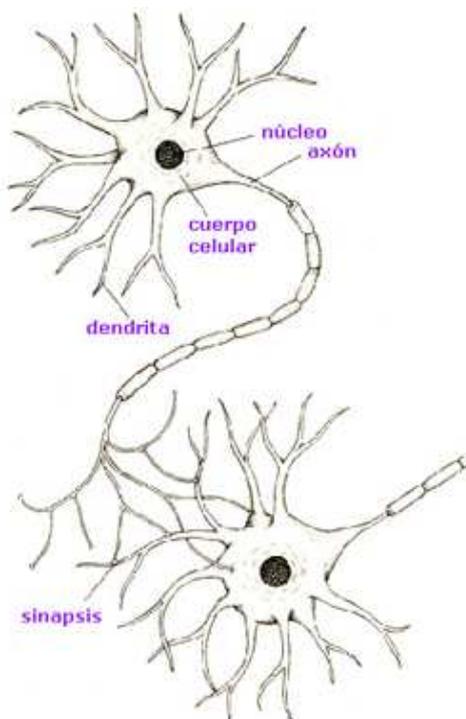
La unión de una neurona con otra se llama sinapsis (hay alrededor de 1.000.000.000.000.000, mil millones de millones, en el cerebro humano, más que estrellas en la Vía Láctea) y éstas se comunican mediante neurotransmisores (señales químicas).



Figura 3: Analogía entre cerebro y galaxia.

## Sinapsis

Una única neurona puede recibir información de miles de neuronas. La región donde la información se transfiere de una neurona a otra se denomina sinapsis y no es más que un pequeño espacio. Para transmitir la información de una neurona a otra, el axón de una neurona convierte el impulso eléctrico que le llega en un fenómeno químico, que termina con la liberación de moléculas químicas o neurotransmisores. Éstos viajan a través de este espacio hasta llegar a la dendrita de la neurona objetivo, donde se unen a unas estructuras especiales llamadas receptores. Como resultado se genera una pequeña respuesta eléctrica en la neurona receptora, que dependiendo de la intensidad se transmitirá a lo largo de toda la neurona. Por tanto, la transmisión de la información nerviosa, es un proceso electroquímico: la señal eléctrica que atraviesa la neurona activa sustancias químicas que transmiten la información a la siguiente neurona, que será atravesada por una corriente eléctrica. Este ciclo se repetirá una y otra vez hasta que la señal llegue a su objetivo.

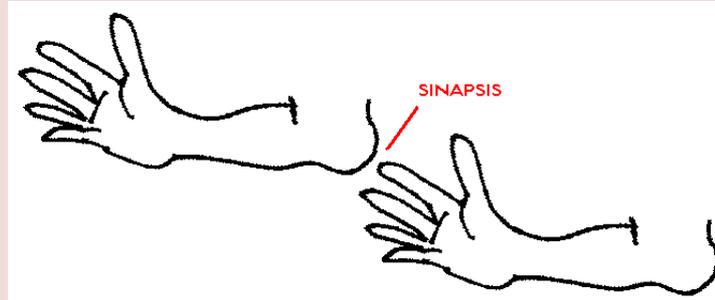


De todas maneras, una única respuesta de la neurona receptora no significa que el mensaje vaya a continuar. La neurona receptora puede recibir miles de pequeñas señales en muchas de sus sinapsis. Solamente se generará una señal lo suficientemente potente ("potencial de acción") cuando el total de las señales exceda cierto nivel.

Figura 4: 2 neuronas conectadas.

**Ejemplo práctico 1bis:**

**“La neurona de mi brazo”**



La propuesta de actividad 1 se puede complementar introduciendo el concepto de sinapsis. Colocando las manos como se muestra en la ilustración se puede dar la explicación de cómo las dendritas de una neurona (la neurona presináptica) se conectan con el axón de la siguiente neurona (la neurona postsináptica).

**Material de apoyo:**

**Transmisión electroquímica de la señal**

En el siguiente enlace se muestra un vídeo de la recreación de la transmisión de los impulsos eléctricos en las neuronas y de las señales químicas entre neuronas:

1- <http://www.youtube.com/watch?v=90cj4NX87Yk&feature=related>

Idioma: Sin narración.

Duración: 1 minuto.

**Neurotransmisores**

Las sustancias químicas que funcionan como transmisoras de señales entre neuronas son los neurotransmisores.

**Material de apoyo (vídeo):**

**Neurotransmisores y neurotransmisión**

En el siguiente enlace se muestra un vídeo donde se explica, de manera superficial, lo que son los neurotransmisores y cómo funciona la neurotransmisión:

1- <http://www.youtube.com/watch?v=eJzaBWyRzac&feature=related>

Idioma: Castellano.

Duración: 3 minutos y 1 segundo.

### La neurotransmisión

El proceso de la neurotransmisión consta de varios procesos detallados a continuación:

#### Síntesis del neurotransmisor

Los neurotransmisores se pueden sintetizar directamente en el soma (o cuerpo celular) de la neurona presináptica (la que trae la información que va a ser transmitida a la siguiente neurona), desde donde viajan a través del axón hasta las terminaciones nerviosas. También pueden ser sintetizados directamente en las terminaciones, gracias a la acción de enzimas que se sintetizan en el soma y que después son transportadas hasta dichas terminaciones nerviosas.

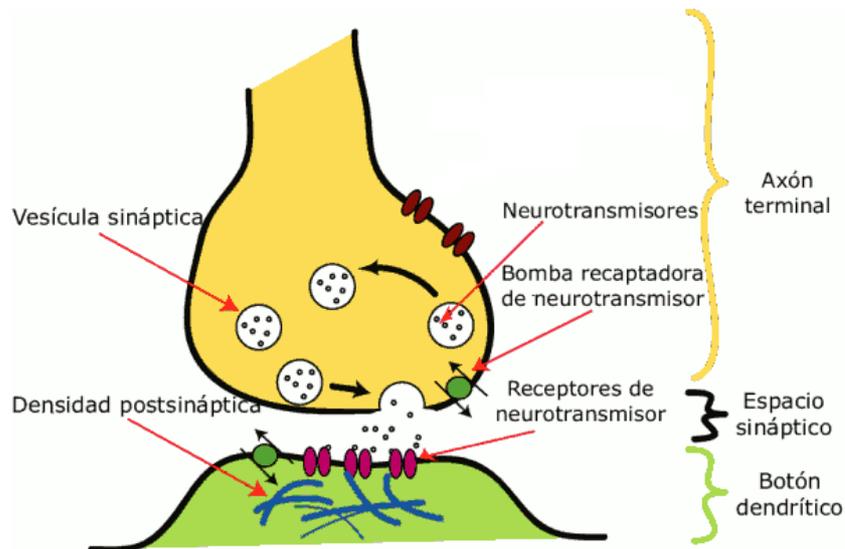


Figura 5: Sinapsis y neurotransmisores.

#### Almacenamiento del neurotransmisor

Las vesículas sinápticas son las encargadas de almacenar los neurotransmisores hasta que estos vayan a ser liberados al espacio sináptico.

#### Liberación del neurotransmisor

La liberación del neurotransmisor al espacio sináptico es dependiente de los canales de calcio de la célula nerviosa. El impulso nervioso de la neurona presináptica provoca la apertura de los canales de calcio, por donde un ión de calcio entra a la neurona para que, tras una larga cadena de reacciones, la vesícula que almacena el neurotransmisor se fusione con la membrana celular, posibilitando que el neurotransmisor pueda salir al espacio sináptico.

### *Activación del receptor*

El neurotransmisor liberado al espacio sináptico tiene como función llegar a la siguiente neurona para activar la corriente eléctrica. Para reconocer el neurotransmisor, la neurona postsináptica (la que recibe la señal) contiene un receptor (específico para cada neurotransmisor) situado en la membrana plasmática. La relación entre neurotransmisor y receptor es como la existente entre una llave y la cerradura correspondiente, encajan perfectamente. Este receptor desencadena una respuesta para que la señal pueda seguir su camino.

### *Inactivación del neurotransmisor*

La inactivación del neurotransmisor es un proceso importante. El espacio sináptico debe volver a su situación inicial para que el proceso pueda repetirse una y otra vez. Esto puede realizarse de dos maneras; se pueden inactivar los neurotransmisores (utilizando enzimas específicas para tal fin) o la neurona presináptica puede recaptar los neurotransmisores previamente utilizados y volver a almacenarlos en las vesículas para que puedan volver a ser usados.

#### **Material de apoyo (vídeos):**

##### **La neurotransmisión en el espacio sináptico.**

En los siguientes enlaces se muestra el proceso de la neurotransmisión en la sinapsis:

1- <http://www.youtube.com/watch?v=wqH8ulEQG6U&feature=related>

Idioma: Castellano.

Duración: 37 segundos.

2- <http://www.youtube.com/watch?v=HXx9qJJetSU&NR=1>

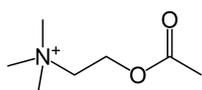
Idioma: Inglés,

Duración: 1 minutos y 2 segundos.

### *Tipos de neurotransmisores*

Existen muchos tipos de neurotransmisores que producen diferentes efectos en las neuronas. A continuación mostramos algunos de ellos.

### Acetilcolina



Para sintetizar acetilcolina es necesaria la colina, que podemos encontrarla en los huevos, en el hígado y en la soja, entre otros.

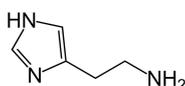
Cuando la acetilcolina se une a sus receptores musculares hace que estas fibras musculares se contraigan. A nivel cerebral, tiene efectos excitatorios.

Una vez completada su función, la acetilcolina se elimina (transformándola en colina y acetato). Si, por alguna razón, la acetilcolina no es eliminada, ésta estimula los músculos, glándulas y el sistema nervioso continuamente.

Tanto la nicotina (presente en los cigarrillos) como la histamina, afectan al funcionamiento de este neurotransmisor, pero lo hacen de diferente manera. La nicotina, incrementa la actividad de algunos receptores de acetilcolina, la histamina, por el contrario, disminuye la acción de la acetilcolina.

Parece que la reducción de este neurotransmisor está relacionado con la enfermedad de Alzheimer, por lo que fármacos que inhiben su destrucción pueden ser utilizados para tratar dicha enfermedad.

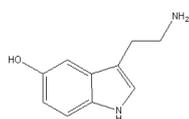
### Histamina



Es una molécula involucrada en reacciones inmunes, pero también actúa como neurotransmisor del sistema nervioso central.

Actúa como neuromodulador, regulando las respuestas a otros neurotransmisores. Incrementa la excitabilidad de otras neuronas. Juega un papel importante en la regulación del ciclo vigilia/sueño así como en la regulación de la presión sanguínea, la glucosa y los lípidos y hasta en la percepción del dolor.

### Serotonina



El triptófano, la sustancia precursora para la creación de serotonina, se encuentra en los huevos, la carne, la leche, los plátanos, el yogur y el queso.

Este neurotransmisor juega un papel importante en el humor y en el estado mental, pero sus efectos son muy difíciles de determinar.

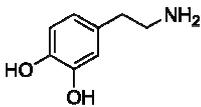
Actúa como reloj interno de nuestro cuerpo regulando, entre otros, la temperatura corporal y la actividad motora. También es responsable de la regulación de la hormona del estrés (cortisol), los ciclos del sueño, el vómito, el deseo sexual, el apetito, la agresividad y el humor, todos ellos factores relacionados con síntomas de depresión. Por ello, los antidepresivos

modernos basan su acción en un aumento de los niveles de serotonina en el organismo del enfermo.

Al anochecer disminuye la serotonina porque a partir de ella se sintetiza melatonina, que induce el sueño. Al amanecer, vuelve a aumentar el nivel de serotonina, ya que la síntesis de melatonina disminuye tras la noche.

Algunas drogas, como el LSD o algunos hongos alucinógenos, actúan sobre los receptores de serotonina, modificando el estado anímico de manera artificial.

### Dopamina



La dopamina se sintetiza a partir de la fenilalanina, presente en alimentos como la remolacha, la soja, las almendras, los huevos, la carne y el grano.

La fenilalanina, a su vez, se puede sintetizar a partir de la tirosina, que se encuentra en la leche, la carne, el pescado y las legumbres.

La dopamina actúa como hormona y como neurotransmisor.

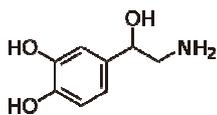
Los enfermos de Parkinson sufren una disminución de dopamina en el cerebro, ya que esta enfermedad causa la destrucción de las neuronas dopaminérgicas (las que producen dopamina de manera primaria), lo que provoca una pérdida del control del movimiento.

A nivel cerebral cumple muchas funciones. Está involucrada en el comportamiento y la cognición, en la actividad motora, la motivación y la recompensa, la regulación de la producción de leche, el sueño, el humor, la atención y el aprendizaje y en el comportamiento.

Las alteraciones de los niveles de dopamina del cerebro tienen diferentes consecuencias, debido a que cada zona cerebral se encarga de regular diversas funciones. Las funciones como la memoria, la atención y la capacidad para resolver problemas pueden verse afectadas.

La dopamina también parece estar asociada al centro del placer del cerebro, por lo que participa en experiencias recompensantes como pueden ser la alimentación, el sexo y las drogas, éstas últimas (cocaína, nicotina, anfetaminas, etc.) producen un aumento de los niveles de dopamina (por diversas razones) por sí mismas. También existen drogas, o medicamentos, que reducen la actividad de la dopamina provocando una reducción en la motivación.

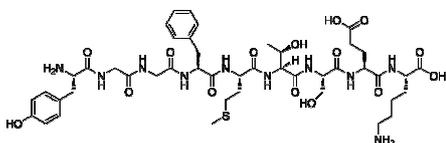
### Noradrenalina (o Norepinefrina)



Es de la misma familia que la dopamina, por lo que también se puede sintetizar a partir de la tirosina, que se encuentra presente en la leche, la carne el pescado y las legumbres.

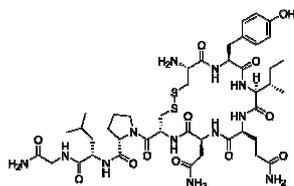
Las neuronas relacionadas con la noradrenalina son importantes a la hora de controlar los patrones del sueño. Altos niveles de este neurotransmisor aumentan el estado de vigilia mientras que niveles inferiores producen somnolencia. Así mismo, la disminución de noradrenalina también puede relacionarse con la depresión, igual que la dopamina y la serotonina.

### Endorfina



Es un neurotransmisor opioide que modula el dolor, la reproducción, la temperatura corporal y las funciones reproductivas. Se dice que es opioide debido a que tiene los mismos efectos que los analgésicos derivados del opio. Las endorfinas naturales aumentan mucho con experiencias placenteras.

### Oxitocina



Es una hormona que también actúa como neurotransmisor.

Está estrechamente involucrada en las relaciones sociales y en la formación de lazos de confianza, además de la generosidad, por lo que es muy importante en estados de amor, en el deseo sexual... Además, durante el parto, se libera gran cantidad de oxitocina, de la misma manera que se libera durante la succión del pezón por parte del bebé. De esta manera, la oxitocina facilita el parto y la lactancia y establece un fuerte vínculo afectivo entre madre-hijo.

## 1.2. OTRAS CÉLULAS DEL SISTEMA NERVIOSO. LAS CÉLULAS DE LA GLÍA

Las células de la glia (o células gliales o neuroglia), son células nerviosas, que se pueden definir como el cemento que une las neuronas. Son mucho más numerosas que las neuronas, aparecen en cantidades 10 veces mayores que éstas.

Además de esta función de soporte de las neuronas, participan en el procesamiento de la información. Son importantes en el proceso de neurotransmisión, ya que, entre otras funciones, se encargan de controlar la

composición iónica (importante para la expulsión de los neurotransmisores al espacio sináptico).

Son células menos diferenciadas que las neuronas, por lo que tienen mayor capacidad para dividirse y poder encargarse de la reparación y regeneración de las lesiones nerviosas.

Sirven de aislante de los axones neuronales ya que conforman las vainas de mielina que los protegen. Existen enfermedades específicas de este tipo celular, como las enfermedades desmielinizantes cuyo prototipo es la esclerosis múltiple.

### **\*) TIPOS DE CÉLULAS DE LA GLÍA. CÉLULAS DE SCHWANN**

Existen varios tipos de células de la glía como son las células de Schwann, las células capsulares o las células de Müller, cada una con su función especializada. Solamente detallaremos las funciones de las células de Schwan.

Las células de Schwann son un tipo de célula glial que recubren los axones de las neuronas, formando la vaina aislante que las rodea, la mielina. Los axones de diámetro más pequeño (los axones neuronales) no tienen mielina, mientras que los de mayor diámetro (los más largos, los de las células periféricas) están envueltos de esta sustancia aislante. Esta sustancia aislante no cubre la totalidad del axón quedando pequeños espacios ausentes de mielina. Estos espacios son los nódulos (o nodos) de Ranvier (recordemos que son los puntos del axón que carecen de aislamiento miélinico) que coinciden con los límites entre las diferentes células de Schwann.

Recordemos que la mielina actúa como aislante eléctrico y provoca que la señal eléctrica de la neurona no pierda intensidad posibilitando la conducción saltatoria, el hecho de que la señal eléctrica salte de un nódulo de Ranvier al siguiente.

Además de generar la cobertura miélinica, también ayudan en el crecimiento de los axones, así como en la regeneración de algunas lesiones ocurridas a estos.

## **2. EL CEREBRO**

El cerebro es el órgano principal del cuerpo humano y la base del sistema nervioso. Está formado por diferentes tipos de células, de las cuales las más importantes son las neuronas por sus funciones especializadas. Existen datos curiosos que conviene conocer, algunos ya mencionados. El cerebro humano está compuesto de unos 100.000.000.000 de neuronas, más que estrellas en la Vía Láctea. El cerebro consume alrededor del 20% de toda la energía que

consume el cuerpo humano. Por esta razón, hay actividades que no son demasiado compatibles entre sí, ya que la gran necesidad energética puede hacer disminuir la efectividad de las acciones. Por ejemplo, es complicado estudiar y hacer deporte a la vez porque la energía es utilizada para las funciones de aprendizaje, concentración y atención, por lo que las reservas energéticas dirigidas a la actividad física se ven mermadas. Del mismo modo, resulta difícil realizar con éxito varias tareas mentales de manera simultánea porque supone un consumo energético paralelo que disminuye la calidad de cada una de las actividades.

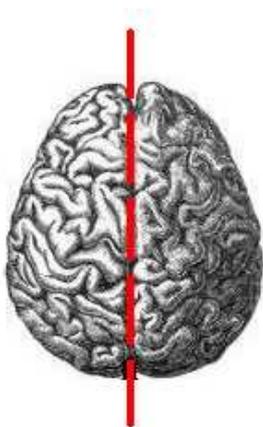
Todas las experiencias sensoriales experimentadas por cada individuo, quedan registradas en la red neuronal, de manera que pueden ser evocadas cuando se dan condiciones propicias para ello. Así, el cerebro tiene la capacidad de buscar y encontrar en un instante las palabras y frases necesarias en cada situación de una base de datos increíblemente grande.

## 2.1. DIVISIONES DEL CEREBRO

A grandes rasgos, el cerebro está dividido en dos hemisferios, cada uno de los cuales está a su vez compartimentado en 4 lóbulos (frontal, parietal, temporal y occipital).

### 2.1.1. Hemisferios

En el cerebro se pueden distinguir dos partes simétricas o hemisferios que van desde el lóbulo frontal (la parte delantera) hasta el lóbulo occipital (en la parte trasera).



Cada uno de los hemisferios está especializado en diferentes comportamientos y ambos se comunican entre sí con una gruesa banda de 200-250 millones de fibras nerviosas que conforman el denominado cuerpo calloso. La mayor parte de la información que tenemos sobre la división de los hemisferios proviene de personas que han sido intervenidas quirúrgicamente del cuerpo calloso, aislando, casi en su totalidad, un hemisferio del otro.

Cuando hablamos de especialización de los hemisferios, no debemos pensar que trabajan de manera independiente. Tenemos un único cerebro, que trabaja como un todo en la gran mayoría de las personas. En las personas que no tienen daños cerebrales, ambos hemisferios trabajan en equipo, están conectados y comparten información.

### Hemisferio izquierdo (“Analítico y aburrido”)

Esta parte alberga el habla, la escritura, la numeración y la lógica, involucradas en la transformación de la información a palabras y frases, gestos y pensamientos. Podríamos decir que es el centro de la facultad de expresión. El cerebro comprende las ideas, o los conceptos, y los almacena en un lenguaje no verbal, que luego traduce a un lenguaje o idioma aprendido por el individuo mediante la cultura.

Se especializa en el lenguaje articulado, control y/o motor del aparato fono articulador, manejo de información lógica, pensamiento proporcional, procesamiento de información en series, manejo de información matemática, memoria verbal, aspectos lógicos gramaticales del lenguaje, organización de la sintaxis, discriminación fonética, atención focalizada, control del tiempo, planificación, ejecución y toma de decisiones y memoria a largo plazo.

Gobierna la parte derecha del cuerpo, ya que el sistema nervioso se cruza en la columna.

Procesa la información usando el análisis, que es el método de resolver un problema descomponiéndolo en piezas y examinando éstas una por una. Esta es la razón por la que, si hay que definirlo en dos palabras, se puede decir que es el hemisferio “analítico y aburrido”.

### Hemisferio derecho (“Creativo y divertido”)

La forma de elaborar y procesar la información del hemisferio derecho es diferente de la del izquierdo. No utiliza los mecanismos convencionales para el análisis de los pensamientos que utiliza la parte izquierda. Es, por el contrario, un hemisferio integrador, centro de las facultades visuoespaciales no verbales, especializado en sensaciones, sentimientos y habilidades especiales como visuales, sonoras no del lenguaje, como las artísticas y/o musicales. Concibe las situaciones y las estrategias del pensamiento de una forma total. Integra varios tipos de información y los transmite como un todo. Además da respuestas inmediatas requeridas en los procesos visuales y de orientación espacial.

De la misma manera que hacemos con el hemisferio izquierdo, podemos definir el hemisferio derecho como el “creativo y divertido”.

#### 2.1.2. Lóbulos

La parte externa del cerebro (o corteza cerebral) está formada por surcos (o hendiduras) y circunvoluciones que crean pliegues que aumentan la superficie total del área de la corteza cerebral, consiguiendo una superficie



aproximada de 0.21 m<sup>2</sup>, como una hoja completa de periódico. Esta corteza cerebral se divide en lóbulos, cuatro por cada uno de los hemisferios; el lóbulo frontal (dentro del cual se destaca la parte prefrontal, que puede considerarse como un lóbulo más), el lóbulo parietal, el lóbulo temporal y el lóbulo occipital.

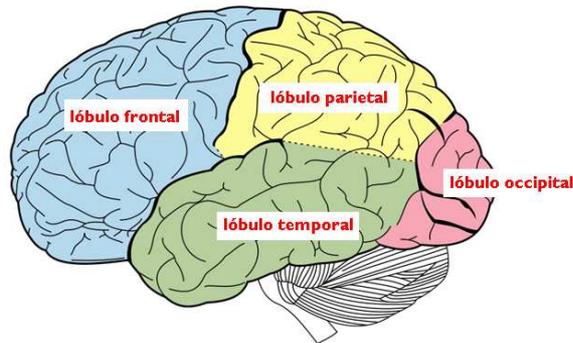


Figura 6: Exterior del cerebro, lóbulos cerebrales.

Cada uno de estos lóbulos en los que se divide la corteza cerebral, aparece por duplicado, ya que se sitúan en ambos hemisferios cerebrales.

### El lóbulo frontal

Desde el lóbulo frontal, correspondiente a la parte más anterior de la corteza cerebral, se controlan la memoria, los razonamientos, los planes, las diferentes partes del discurso y el movimiento, además de las emociones y el planteamiento de soluciones a los problemas y las interacciones sociales. Es la base para las funciones que nos permiten dirigir nuestra conducta, aquí, tras evaluar las situaciones, se toman las decisiones que se convertirán en actos.

El lóbulo frontal es, filogenéticamente, el más moderno, por lo que las formas más desarrolladas aparecen en los animales más complejos como los vertebrados, y, en especial, los homínidos. En esta zona del cerebro reside la corteza motora, la que controla los músculos del cuerpo. Además, en este lóbulo, también se encuentra el área de Broca, encargada del idioma (producción lingüística). De manera integrada en el lóbulo frontal se regulan los movimientos de los órganos fonoarticulatorios.

Este lóbulo está conectado con el resto del cerebro, aquí se integra la información procedente del resto de las zonas del cerebro.

### *Corteza motora*

La corteza motora, situada en el lóbulo frontal (a ambos lados), es responsable del control del movimiento, ya que en esta zona se encuentran las neuronas que controlan los músculos del cuerpo. Su organización está basada en las diferentes partes del cuerpo, así las diferentes partes del cuerpo están controladas por diferentes zonas de la corteza motora.

### *Área de Broca*

El procesamiento del lenguaje, la gramática, la comprensión y la producción del habla se controlan desde esta zona de la corteza frontal. Debido a las conexiones con la corteza motora, los movimientos del aparato fonarticulatorio también son organizados desde el área de Broca.

El área de Broca está situada en el hemisferio dominante del cerebro que, en el 99.9% de los diestros y el 90% de los zurdos, es el izquierdo. Existe una zona análoga en la misma zona del hemisferio derecho pero con diferentes funciones. Esta otra zona, se activa al aprender un idioma en la edad adulta. Se sabe, por tanto, que los diferentes idiomas pueden estar localizados en diferentes zonas del cerebro, lo cual depende de la edad en la que se aprendieron.

### *\*) La corteza cerebral prefrontal*

La corteza cerebral prefrontal es la parte más adelantada del lóbulo frontal y está situada justo encima de los ojos. Sus características la hacen muy especial, es la parte de cerebro que nos hace humanos, ya que está vinculada con la personalidad y los sentimientos, así como con la atención, la iniciativa y el juicio del individuo.

También interviene en el control del olfato y el gusto y se encarga de los movimientos oculares voluntarios así como de la cavidad nasal y de la lengua.

### *El lóbulo parietal*

En el lóbulo parietal, situado bajo el hueso parietal (lateral), es el encargado de recibir estímulos sensitivos, tales como el tacto, la temperatura, la presión, el dolor, etc., así como de la comprensión y la formulación del habla.

### *Corteza somatosensorial*

En ambos lóbulos parietales se sitúa la corteza somatosensorial. Gracias a los receptores repartidos por todo el cuerpo, se detectan los estímulos mecánicos y químicos que permiten recibir los estímulos relacionados.

La corteza somatosensorial, compuesta por neuronas relacionadas con el tacto, también se organiza en función de las partes del cuerpo, de manera

que se pueden relacionar las diferentes zonas de la corteza somatosensorial con las diferentes partes del cuerpo, cada parte del cuerpo está representada en una parte concreta de la corteza.

A continuación, mostramos, mediante el Homúnculo de Penfield, esta relación entre la corteza y las diferentes partes del cuerpo que en ésta se ven representadas, tanto para la corteza sensorial como para la motora. Se adjunta ficha para mostrar en clase.

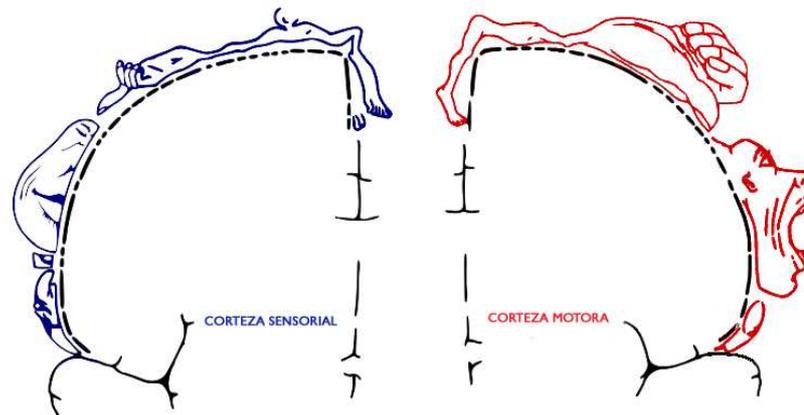


Figura 7: Homúnculo de Penfield: Representación de las terminaciones nerviosas referidas a la corteza sensorial y a la motora.

### El lóbulo occipital

Desde el lóbulo occipital se controlan varios aspectos de la visión, como el procesamiento visual espacial, el movimiento, el color, etc. Situado en la parte posterior del cerebro, este módulo procesa, interpreta y crea la imagen a partir de los impulsos eléctricos que envía la retina a través del nervio óptico.

Además de ser la base de la visión, en todos sus aspectos, también juega un papel importante en los pensamientos y las emociones, así como en el reconocimiento de ruidos.

### El lóbulo temporal

El lóbulo temporal, situado en ambos laterales de la corteza cerebral (encima de las orejas, detrás de cada sien), es el encargado de la percepción de estímulos sonoros, ya que procesa la información de los oídos, contribuye al equilibrio y a la memoria a largo plazo y regula emociones y motivaciones, además de las interacciones sociales. También desempeña un papel importante en tareas visuales como puede ser el reconocimiento de caras.

### Corteza auditiva y Área de Wernicke

El área de Wernicke pertenece, específicamente, a la corteza cerebral auditiva del lóbulo temporal. Al igual que el área de Broca, aparece en el hemisferio dominante del cerebro (recordemos que en la gran mayoría de la población es el izquierdo), aunque existe una estructura análoga en el contrario.

En el área de Wernicke se realiza la decodificación auditiva de la función lingüística, función que se complementa con el área de Broca, que procesa la gramática, ambas relacionadas con la comprensión del lenguaje.

### 2.1.3. División interna

Bajo la corteza cerebral, existen varias regiones cerebrales encargadas de diversas funciones. Estas zonas son el hipocampo, el cerebelo, la amígdala, el tronco o tallo cerebral, la corteza cingulada anterior, los ganglios basales, el tálamo y el bulbo olfatorio o lóbulo olfativo.

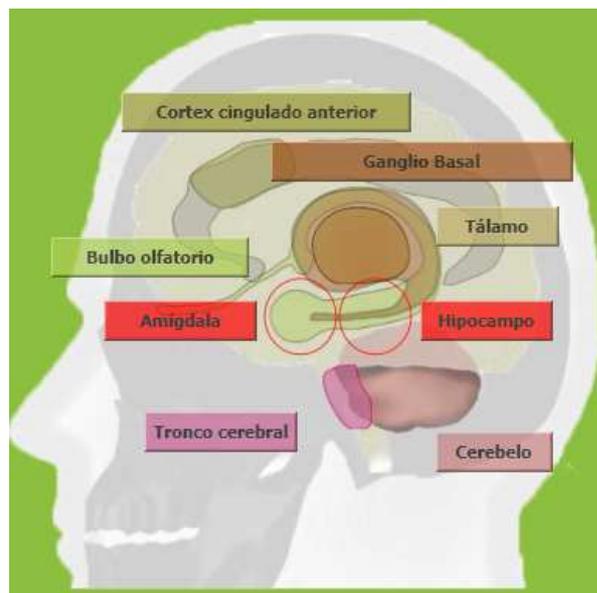


Figura 8: Interior del cerebro.

### Hipocampo

El hipocampo es una zona de la corteza cerebral tan estrecha como una única capa de neuronas. Éstas están densamente empaquetadas y se organizan formando una S o creando la forma de un caballito de mar (de donde recibe el nombre, *Hippocampus* sp.). Se sitúa en la parte interna del lóbulo temporal y, al igual que el resto de la corteza cerebral, es una estructura pareada, tiene dos mitades que son imágenes especulares, una en cada uno de los hemisferios cerebrales.

El hipocampo desempeña, principalmente, funciones de control de memoria y de manejo del espacio.

### **Memoria**

El hipocampo juega un papel importante en la formación de nuevos recuerdos. Por ello, está implicado en la detección de nuevos acontecimientos, lugares y estímulos en general.

### **Memoria espacial y orientación**

La relación del hipocampo con la memoria espacial y la orientación no está demasiado definida, existen muchos estudios al respecto pero no claras conclusiones.

Parece que algunas neuronas del hipocampo tienen, lo que se denomina, “campos de lugar”, es decir, se activan con o en lugares concretos. También parece que el hipocampo es más activo cuando las personas se orientan correctamente.

Los taxistas londinenses, por ejemplo, tienen un hipocampo mayor, ya que deben superar un examen consistente en aprender las calles y las rutas más adecuadas para conectarlas. Parece demostrado que existe una relación fiable entre el tamaño del hipocampo y la ejercitación de la memoria.

### **Cerebelo**

En el cerebelo se integran las vías sensitivas y las vías motoras, por lo que es el encargado de coordinar la información recibida a través de las vías sensitivas para controlar las órdenes que la corteza cerebral manda al aparato locomotor.

Además del control del aparato locomotor, también está relacionado con el aprendizaje, la atención, el procesamiento del lenguaje y la música, todas ellas funciones cognitivas.

### **Amígdala**

La amígdala, que está situada bajo el lóbulo temporal (una por cada uno de los hemisferios cerebrales) y que está formada por núcleos de neuronas, tiene como función principal procesar y almacenar reacciones emocionales. Controla, además, las reacciones más instintivas como son el temor y el comportamiento agresivo y juega un papel en la memoria.

### **Diferencias sexuales**

La amígdala está estrechamente relacionada con la respuesta que se da a las hormonas sexuales, ya que contiene receptores de estrógenos y de andrógenos, por lo que responde a los cambios de los niveles hormonales. Debido a que la edad y el sexo influyen en estos niveles, la amígdala se muestra diferente en distintas etapas de la vida, así como en hombres y en mujeres. Los hombres adultos tienen una amígdala mayor que las mujeres de la misma edad.

### **Aprendizaje emocional y memoria**

Los estímulos emocionales como el miedo o el temor, llegan a la amígdala donde se crean recuerdos asociados a ellos así como respuestas para hacerles frente. El núcleo central de la amígdala es el responsable del comienzo de las respuestas al miedo, como son la paralización, la taquicardia, el aumento del ritmo de la respiración o la liberación de hormonas del estrés.

La amígdala juega un papel muy importante en la consolidación de la memoria, memoria a largo plazo, que no se forma de manera instantánea una vez recibido el estímulo sino que pasa por una fase de fijación llamada consolidación de la memoria.

### **Tronco/tallo cerebral**

El tronco cerebral es un lugar de paso de todas las fibras nerviosas que desde la corteza cerebral deben llegar al organismo. Por aquí pasan las fibras responsables de la movilidad, etc. Además, contiene los núcleos encargados de controlar funciones corporales básicas como son la respiración y la regulación del ritmo cardíaco, así como la localización del sonido.

### **Corteza cingulada anterior**

La corteza cingulada anterior, además de controlar acciones autónomas como la regulación de la presión sanguínea y el ritmo cardíaco, también es responsable de controlar funciones cognitivas racionales como la toma de decisiones y la empatía, así como las emociones.

### **Ganglios basales**

Los ganglios basales son acumulaciones de células nerviosas situadas cerca de la base del cerebro que están interconectadas con la corteza cerebral, el tálamo y el tronco o tallo cerebral.

Son los encargados de controlar los movimientos voluntarios realizados de forma inconsciente o rutinaria. También están involucrados en el aprendizaje

de habilidades motoras, así como en el control de movimientos posturales. Su daño conduce a enfermedades como el parkinson, caracterizada por problemas de movilidad.

### Tálamo

Desde el tálamo, que se encuentra duplicado como el resto de las partes interiores del cerebro, se controlan los estímulos sensoriales que llegan al cerebro (a excepción del oído), ya que todos ellos pasan por el tálamo antes de llegar a sus áreas correspondientes.

### Bulbo olfatorio / Lóbulo olfativo

El bulbo olfatorio es la región del cerebro encargada de la interpretación de las señales del olfato y del gusto que llegan a las terminaciones nerviosas.

#### 2.1.4. Los tres cerebros de MacLean

Según Paul MacLean, físico y neurocientífico americano, el cerebro ha experimentado tres grandes etapas de evolución, existiendo así, en mamíferos superiores, una jerarquía de tres cerebros en uno.

Por un lado existiría el cerebro reptil, que comprende el tallo cerebral. Éste regularía los elementos básicos de la supervivencia, es decir, las acciones automáticas. Sería, por ejemplo, el que rige los procesos involucrados en el regreso de las tortugas marinas al mismo terreno de crianza de años atrás.

El cerebro paleomamífero, por el contrario, que comprende el sistema límbico, añadiría la experiencia actual y reciente, o instinto, a los mecanismos básicos mediados por el reptil. Ejemplo de este cerebro sería el instinto de reproducción, que interactúa con la presencia de un miembro atractivo del sexo opuesto. También regula otras reacciones automáticas para sobrevivir como huir o luchar ante una amenaza externa.

Por último, el cerebro neomamífero, o la neocorteza, regula las percepciones e interpretaciones del mundo inmediato, sería el cerebro racional característico de los primates, caracterizado por la existencia de sentimientos (sentimiento: emoción racionalizada). Los sentimientos de amor hacia un individuo particular serían un ejemplo de este tipo de emoción.

De acuerdo con MacLean, en humanos y mamíferos superiores existen los tres cerebros, los mamíferos inferiores (vacas, perros, leones, etc) solo cuentan con el cerebro paleomamífero y el reptil y el resto de los vertebrados, funcionan únicamente con el cerebro reptiliano.

### 2.1.5. ¿Cómo funciona el cerebro?

De vez en cuando se publican noticias que proclaman el hallazgo de los centros cerebrales relacionados con nuestros sentimientos. Así, se han dado a conocer el centro del placer, del amor, de la fe, del altruismo, de las compras, de la venganza, etc... Algo parecido sucede con la genética cuando se habla del “gen de...”. Nada de esto es estrictamente cierto. Ni un solo gen ni un solo área del cerebro son responsables de conductas tan complejas.

Tormentas de impulsos eléctricos llegan al cerebro y se traducen en sensaciones, emociones y pensamientos. Cuando oímos algo, llega electricidad al cerebro. Cuando vemos o tocamos algo, también llega electricidad al cerebro. Y así con todas las sensaciones que recibimos del exterior y con los pensamientos e ideas que generamos. Nuestras facultades, nuestros recuerdos y nuestros sueños, emergen de la combinación de una multitud de señales eléctricas que se difunden por el cerebro. ¿Cuál es la forma precisa en la que el cerebro traduce este lenguaje de impulsos eléctricos en percepciones tan delicadas como la belleza de un cuadro, una caricia o una sonata? Si esta clave se descodificara, se abrirían las puertas para comprender la esencia del ser humano y para el desarrollo de nuevas terapias para enfermedades cerebrales hoy en día incurables.

En el cerebro no existe un centro del placer, del amor o de la fe. Tampoco del altruismo, de las compras, de la venganza, del odio o de la violencia. Todas ellas son conductas demasiado complejas como para descansar en una parcela restringida del cerebro. Es cierto que existe una cierta especialización funcional pero no es absoluta. Gracias a la posibilidad de introducir placas con más de 100 pequeños electrodos en el cerebro de animales de experimentación, se ha podido constatar que las funciones complejas emanan de la actividad de grupos neuronales interconectados en redes. El cerebro es como una orquesta capaz de interpretar la mejor sinfonía. Hay solistas pero están siempre acompañados. Estos grupos de neuronas no tienen porqué estar pegados los unos a los otros; basta con que funcionen con un alto grado de sincronización. Al fin y al cabo, esta forma de funcionamiento es lógica si uno quiere analizar estímulos procedentes de varios de nuestros sentidos a la vez de modo eficiente e integrado. Mientras el lector lee estas líneas, gran parte de su cerebro está activo. Unas zonas más que otras, sí, pero casi todo su cerebro está “encendido”. Así se comprende que cuando una función cerebral se pierde por una enfermedad o una lesión, otras regiones asumen funciones que no tenían, porque tienen ciertas conexiones con la zona dañada y porque se crean nuevas conexiones con el entrenamiento. Por ejemplo, Alvaro Pascual Leone, un neurocientífico

valenciano afincado en Boston, ha demostrado que las personas ciegas que aprenden a leer en Braille aumentan la actividad en áreas del cerebro que tienen que ver con el movimiento de los dedos pero también en el lóbulo occipital donde se ubican las áreas relacionadas con la visión. Lo primero es lógico porque en el Braille se utilizan los dedos pero lo segundo nos indica que las zonas no utilizadas para la visión se han reconvertido en útiles para leer en Braille. Este es un claro ejemplo de compensación, de plasticidad y de lucha por la supervivencia basada en la solidaridad.

De una manera general, podemos decir que las partes posteriores del cerebro se encargan de recibir los estímulos externos como la luz, formas, sonidos, tacto, etc, y que éstos se procesan en las partes delanteras, donde se planifican, preparan, ordenan y ejecutan las respuestas más adecuadas tras dotarlas de contenido emocional y contrastarlas con los recuerdos almacenados.

Por ejemplo, la imagen de una persona, son una serie de ondas electromagnéticas de una determinada longitud que activan estructuras concretas de nuestros ojos. Esta señal así procesada llega hasta el lóbulo occipital, situado en la parte posterior del cerebro. En el lóbulo occipital existen diferentes áreas con funciones diferentes que van dotando de contenido a esos estímulos eléctricos, hasta conformar una imagen. Mediante la interconexión con otras áreas próximas, esa imagen va adquiriendo unas determinadas características físicas y emocionales (Puede que esa persona sea alguien que nos resulte agradable, alguien de quien estemos enamorados, o alguien que no nos caiga muy bien). Para realizar esta clasificación nuestro cerebro deberá contrastar la información con los recuerdos que tenga almacenados con los circuitos cerebrales implicados en las emociones. Finalmente, esta señal pasa hasta la parte delantera del cerebro, al lóbulo frontal, donde se prepara la respuesta que se va a dar. Dependiendo del resultado de la “búsqueda” realizada, la respuesta será una u otra.

Las redes son muy típicas de muchos tipos organizativos, que van desde el orden más absoluto hasta el caos total. Aunque hay quien sostiene que el funcionamiento cerebral sigue un modelo de red caótica de la que emergen patrones, y tratan de extender este modelo a internet, la predicción meteorológica, las interacciones entre genes, etc, otros autores creen que existe un mayor grado de organización. Parece razonable que para que esta gran sinfonía suene a la perfección, el cerebro se organice en áreas y módulos más o menos especializados que a su vez participan en circuitos o redes neuronales. En el caso del cerebro, el tipo de red que se forma parece

ser el de redes de pequeño mundo, consistente en conexiones muy ricas con elementos cercanos de nuestro entorno y alguna conexión a más larga distancia. Ejemplos de redes de pequeño mundo son internet, algunos grupos terroristas, la red eléctrica, etc. Nuestras propias relaciones sociales son un ejemplo de este tipo de redes: relación frecuente y estrecha con personas de nuestro entorno y alguna relación ocasional con amigos que viven lejos. Es el tipo de red más eficiente y operativo, muy resistente a las lesiones y a la destrucción. Por eso muchas lesiones cerebrales pasan desapercibidas o se recuperan muy rápido, porque estas redes no se destruyen y porque otras redes asumen funciones por su carácter redundante. La redundancia y la distancia son garantes de la función cerebral. Tal vez, estas redes sean el primer objetivo de enfermedades tan devastadoras como el alzhéimer.

El objetivo final de esta organización supercompleja no es crear belleza ni hacernos unos seres encantadores rebosantes de bondad ni expertos en física cuántica. Nada de eso. El objetivo último de esta maquinaria es garantizar nuestra supervivencia y la transmisión de nuestros genes. Para lograr este objetivo sigue dos leyes muy sencillas: Eficiencia y mentiras. Si el cerebro fuese poco eficiente sería nuestra perdición. No sobreviviríamos ni un minuto. Pensemos que ya consume el 20% de la energía del organismo y que debe descansar 8 horas para reponerse y enfriarse. Esto es un precio muy alto en términos de supervivencia. Para ganar en eficiencia, gran parte de las actividades que realizamos son inconscientes, automáticas. Además, el cerebro nos miente, inventa realidades para que nos cuadren y nos permitan seguir adelante vivitos y coleando. En una noche oscura, cualquier bulto es sospechoso de ser un posible agresor y nos hace ponernos en guardia. Si un recuerdo no se completa de modo aceptable, se añaden un par de escenas y listos. Aunque estemos pensando que vaya chapuza (lo cual no deja de ser cierto, aunque sólo en parte), estos mecanismos dejan bien clara una cosa: el cerebro está al servicio de todo el organismo. Si no fuese así, además de chapuzas, sería tonto. Y eso sí que no.

**Material de apoyo:**

**Erase una vez el cuerpo humano. El cerebro**

Para tratar o repasar los dos últimos puntos de este apartado (2.1.4. Los tres cerebros de MaLean y 2.1.5. ¿Cómo funciona el cerebro?), el capítulo dedicado al cerebro de la colección "Erase una vez el cuerpo humano" resulta de gran utilidad. Los más pequeños disfrutarán a la vez que aprenderán y a los alumnos de mayor edad les servirá para afianzar lo aprendido (y, aunque les pueda parecer infantil, comprobarán el rigor con el que ésta serie animada trata los temas científicos).

1- <http://www.youtube.com/watch?v=c1vcmf5x4HQ> (1ª parte).

Idioma: Castellano.

Duración: 14 minutos y 30 segundos.

2- [http://www.youtube.com/watch?v=C\\_9gXMGgaOg&NR=1](http://www.youtube.com/watch?v=C_9gXMGgaOg&NR=1) (2ª parte).

Idioma: Castellano.

Duración: 11 minutos y 46 segundos.

**Propuesta de actividad 1:**

**"Orquesta"**

Ya sabemos que el cerebro funciona como un todo, las diferentes partes del cerebro van realizando acciones locales pero el resultado es el conjunto de todas ellas.

Se puede decir que el cerebro funciona como una orquesta, está compuesta de diferentes instrumentos y entre todos, siguiendo cada uno su propia partitura e incorporándose por turnos, consiguen crear una sinfonía completa.

Esto puede ser representado en clase. Se puede dividir a los alumnos en diferentes grupos, por ejemplo, dependiendo de la estación del año en la que han nacido. Les pediremos que elijan una canción que todos conozcan para que entre todos vayan cantándola. Comenzarán, por ejemplo, los nacidos en primavera, en la segunda estrofa se incorporarán los de verano, etc. Poco a poco y entre todos, conseguirán hacer sonar la canción completa.

\*) ¿Funciona el cerebro humano como un ordenador? ¡NO!



¡Cuántas veces se habrá comparado el cerebro humano con un ordenador! Lo vemos como una máquina potentísima que no para de procesar datos, miles de datos, millones de datos, a una grandísima velocidad, como un ordenador más o menos. Pero debemos tener claro que ¡EL CEREBRO NO ES UN ORDENADOR! Y que un ordenador no funciona como un cerebro, al menos por el momento.

Podemos decir que el cerebro funciona como si fuese una orquesta, con una perfecta coordinación de sus diferentes zonas así como de las partes del cuerpo. Pero, a diferencia de los ordenadores actuales, también improvisa mucho, por lo que es muy imperfecto, aunque superior a cualquier ordenador.

Por ejemplo: En 1996, el ordenador “Deep Blue” de IBM, programado para jugar al ajedrez, venció al vigente campeón del Mundo, Gary Kasparov). Entonces, ¿podemos decir que un ordenador es más listo que un campeón del mundo de ajedrez? Sí...pero para jugar al ajedrez. Los grandes maestros del ajedrez tienen la capacidad de acumular miles de jugadas diferentes en su cerebro y aplicarlas según los movimientos que realiza el jugador contrario y esto lo puede hacer mejor y más rápidamente un programa informático.

A continuación, mostramos, como ejemplo, las diferencias entre el cerebro humano y la supercomputadora “Blue Gene” de IBM. Este ordenador construido en 2005, se convirtió en la máquina más potente del momento. Mientras “Blue Gene” es capaz de realizar 92 trillones de operaciones por segundo y tiene una memoria de 8 Tera Bites, el cerebro humano realiza la friolera de 38.000 trillones de operaciones por segundo con una memoria de 3.584 Tera Bites.

Blue Gene IBM	Cerebro humano
92 trillones de operaciones por segundo.	38.000 trillones de operaciones por segundo.
8 Tera Bites de memoria.	3.584 Tera Bites de memoria.
Ocupa 320 m <sup>2</sup> .	Tiene el tamaño de un coco.

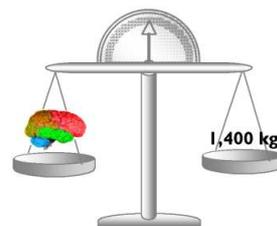
Tabla 2: Datos comparativos de potencia y memoria del cerebro humano y el ordenador Blue Gene de IBM.

Pero un ordenador, por muy potente que sea, no es capaz de reproducir las sutilezas de una conversación entre humanos. No puede sustituir a una persona con quien se conversa. Las respuestas a una conversación improvisada no pueden buscarse en una base de datos, se van creando sobre la marcha.

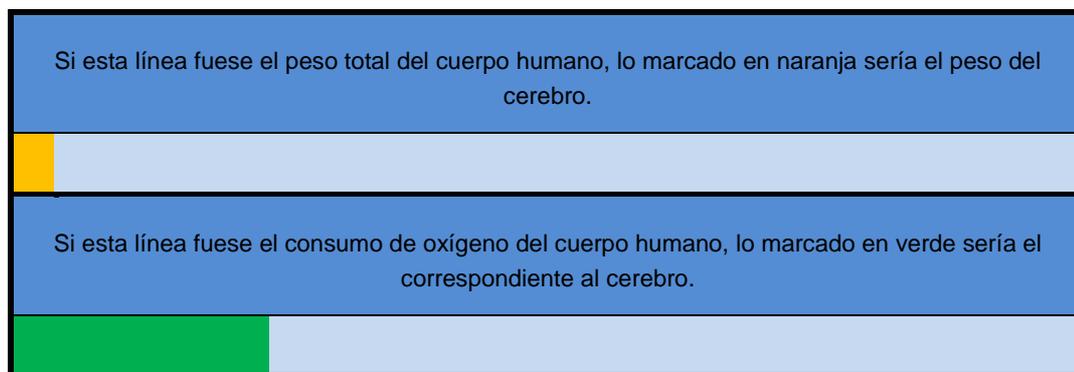
## 2.2. EL TAMAÑO DEL CEREBRO

### 2.2.1. El cerebro humano

El cerebro humano de un adulto pesa, de media alrededor de 1400 gr (el de un recién nacido entre 350-400 g) y supone el 2% de la masa corporal de la persona (de unos 68 kg). Sin embargo, el cerebro consume entre el 20 y el 25% del oxígeno que utiliza nuestro cuerpo, muchísimo más que el resto de las partes en relación a su tamaño.



*Si pudiésemos partir nuestro cuerpo en 100 pedacitos, solo 2 serían los que corresponderían al cerebro, los 98 restantes formarían el resto del cuerpo.*



Gráfica 1: Datos comparativos del peso y del consumo de oxígeno del cerebro.

*Si dividiésemos todo el oxígeno que consumimos en cuatro partes iguales, una de esas partes iría directamente al cerebro mientras que el resto del cuerpo tendría que arreglárselas con las otras tres.*

El cerebro consigue su energía a través de la glucosa que obtenemos de nuestra dieta, de esta manera siempre se mantiene activo, nunca descansa, ni siquiera cuando dormimos.

En este punto podemos recordarles a los alumnos lo importante que es una buena alimentación para que, además de nuestro cuerpo, nuestro cerebro también funcione correctamente.

### 2.2.2. Otras especies animales

El tamaño de los cerebros de las diferentes especies animales varía mucho dependiendo del tamaño de cada una de ellas. Así, en términos generales, los animales pertenecientes a las especies más grandes tendrán cerebros más grandes, y el tamaño será más pequeño en las especies de menor tamaño.

Pero no es el peso total del cerebro lo que importa, sino el tamaño relativo de éste en comparación con el peso total del cuerpo. Así, un animal pequeño con un cerebro pequeño puede tener una mayor proporción de cerebro/cuerpo que un animal grande con un cerebro grande.

En la siguiente tabla se observan los pesos medios de algunos animales, así como el peso de sus cerebros y la relación entre ambos. Los pesos tomados como referencia son totalmente orientativos, ya que varían mucho dependiendo de la especie concreta a la que pertenezca cada animal o del sexo de éste (no todas las especies de vaca pesan lo mismo, ni son del mismo tamaño gorilas machos o las hembras). Al lado del nombre de cada una de las especies, escrita entre paréntesis, aparece la clasificación referida a la relación cerebro/cuerpo, siendo 1 la mayor y 12 la menor.

Animal	Peso medio del cuerpo (kg)	Peso del cerebro (gr)	Relación cerebro/cuerpo (gr de cerebro por kg de animal)
Elefante (8)	7000	6000	0.85
Hipopótamo (11)	2300	580	0.25
Tiburón blanco (12)	1500	34	0.03
Jirafa (10)	900	680	0.75
Vaca (9)	550	450	0.82
Gorila (6)	180	500	2.77
Orangután (5)	70	370	5.29
Ser humano (1)	68	1400	20.60
Oveja (7)	55	140	2.54
Chimpancé (2)	45	420	10
Gato doméstico (4)	5	30	6
Rata (3)	0.3	2	6.67

Tabla 3: Pesos de los cerebros y los cuerpos de diferente animales y la relación entre ambos.

Observamos claramente, que aunque el peso medio del cuerpo del ser humano y el peso de su cerebro no son, en absoluto, los más grandes, sí lo es la relación cerebro/cuerpo.

De todas maneras, no es una cuestión meramente cuantitativa, sino también cualitativa, como se puede ver en el siguiente punto (1.2.3. Humanos vs. otras especies animales: ¿Qué es lo que nos hace diferentes? La corteza cerebral prefrontal).

### Propuesta de actividad 2:

#### “El cerebro en una caja”

Se propone buscar objetos o recipientes similares en tamaño y peso a los cerebros de algunas especies animales a modo comparativo. Los alumnos, intuitivamente, deberán relacionar los tamaños de los cerebros con la especie animal a la que corresponde cada uno. Una vez realizada la correspondencia, se procederá a la comprobación de las respuestas.

### Material de apoyo:

#### Cerebros de diferentes especies

En la siguiente página web, se pueden encontrar láminas comparativas de cerebros correspondientes a más de 175 especies animales diferentes.

<http://brainmuseum.org/Specimens/index.html>

## **2.3. HUMANOS VS. OTRAS ESPECIES ANIMALES: ¿QUÉ ES LO QUE NOS HACE DIFERENTES? LA CORTEZA CEREBRAL PREFRONTAL**

Tal y como hemos visto hasta ahora, el tamaño del cerebro varía dependiendo de la especie animal. En algunos casos el cerebro es mucho mayor que el de los seres humanos pero esto no significa que la especie con el cerebro más grande sea la especie más inteligente.

Pero es un hecho que el ser humano es diferente al resto de las especies animales, al resto de los mamíferos, en lo que a la inteligencia y al comportamiento se refiere. No es el tamaño lo que nos diferencia de otras especies.

El cerebro humano es muy similar a los cerebros de otras especies de mamíferos. La mayoría de las estructuras de nuestro cerebro son bastante primitivas, estas zonas incluyen el control de funciones básicas para la supervivencia como la respiración, el ritmo cardíaco y la digestión.

Pero el cerebro humano tiene funciones especializadas que otros mamíferos, incluso los simios, no tienen. ¿Qué es lo que hace que el cerebro humano sea tan especial? La clave parece residir en la corteza cerebral prefrontal. Ésta parece ser la característica que “nos hace humanos”. La corteza prefrontal es el centro de control donde se centralizan las funciones cognitivas como son el pensamiento, el razonamiento, la creencia, la planificación y la conciencia social, características, todas, plenamente humanas. Es el freno cerebral ante comportamientos impulsivos, es el medio por el que tomamos conciencia de las acciones que realizamos y las posibles consecuencias de éstas.

La corteza prefrontal está muchísimo más desarrollada en humanos que en otras especies de mamíferos, incluidos los primates y simios. Además, está conectada con partes lejanas del cerebro mediante unas neuronas especiales llamadas neuronas fusiformes, que son más abundantes en los seres humanos que en otros primates. A continuación se muestran los porcentajes de la masa de la corteza prefrontal con respecto a la masa total del cerebro de diferentes especies animales.

Porcentaje de corteza cerebral con respecto a la masa total del cerebro.		
 Seres humanos: 29%	 Chimpancés: 17%	 Gibones y macacos: 11.5%
 Lemures: 8.5%	 Perros: 7%	 Gatos: 3.5%

## **2.4. HERRAMIENTAS DE ESTUDIO DEL CEREBRO**

En los últimos años se han producido importantes avances tecnológicos que han permitido la comercialización de equipamientos que permiten estudiar la función cerebral. Hasta hace poco tiempo, sólo era posible estudiar la estructura anatómica del cerebro mediante el TAC o escáner y la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) convencional, o tener datos muy imprecisos de la función cerebral con el electroencefalograma. Hoy podemos adentrarnos en el estudio del cerebro en actividad mediante el uso de la tomografía por emisión de positrones, la imagen por resonancia magnética funcional y la magnetoencefalografía.

### **2.4.1. Tomografía de Emisión de Positrones (PET)**

Esta técnica de medicina nuclear se basa en el consumo de glucosa de las células. Las células situadas en la zona del cerebro encargada de realizar una acción determinada realizarán un mayor gasto de glucosa, ya que la actividad necesita un aporte obligatorio de energía. La técnica PET consiste en inyectar glucosa radioactiva (un radiofármaco de vida media) que será detectada por el tomógrafo en las áreas más activas del cerebro.

Con radiotrazadores específicos puede estudiarse la situación funcional de vías neuronales que utilizan neurotransmisores concretos, como la vía nigroestriatal que utiliza dopamina y se deteriora en el parkinson. Por último, también puede analizarse el depósito de proteínas anormales relacionadas con enfermedades como el Alzheimer (la proteína anómala es el beta-amiloide).

El PET es una tecnología que posibilita estudiar la función de áreas del cerebro en funciones concretas con una gran precisión espacial pero escasa precisión temporal.

La técnica PET también es utilizada para la detección de células tumorales, ya que éstas, tienen un crecimiento celular anormal que supone un mayor consumo de glucosa que en las células normales.

**Material de apoyo (vídeos):**

**Tomografía de Emisión de Positrones (PET)**

A continuación se muestran enlaces a vídeos correspondientes a Tomografía de Emisión de Positrones:

- 1- <http://www.youtube.com/watch?v=JLmt80WyWsM>

Pequeño resumen de las utilidades y bases de las técnicas de estudio del cerebro.

Se menciona algún ejemplo de utilización de la técnica PET para identificación de daños cerebrales.

Duración: Se recomienda visualizarlo hasta los 2 minutos y 28 segundos (duración total del vídeo: 7 minutos y 12 segundos).

- 2- <http://www.youtube.com/watch?v=b-bVD3AzgcY&feature=related>

Ejemplo de resultados obtenidos mediante PET (actividad cerebral de lado a lado del cerebro).

Duración: 9 segundos.

- 3- [http://www.youtube.com/watch?v=uwNvqO05\\_gM](http://www.youtube.com/watch?v=uwNvqO05_gM)

Aplicación de la técnica: Corresponde a un vídeo con pruebas utilizadas en un juicio para demostrar la inmadurez de la persona acusada, ya que en las imágenes se observa una menor actividad en las zonas del cerebro (sobre todo en la zona prefrontal) encargadas del autocontrol y de la madurez, en general.

Duración: 2 minutos y 56 segundos.

**2.4.2. Imagen por Resonancia Magnética Nuclear funcional (RMNf)**

Esta técnica permite mostrar imágenes del grado de activación de regiones cerebrales mientras el sujeto está ejecutando una tarea determinada. Se utiliza tanto en casos clínicos como en investigación, en ambos casos la maquinaria utilizada es la misma, la única diferencia consiste en la intensidad del campo magnético (medida en teslas) y los softwares utilizados. La RMNf no supone irradiación alguna para la persona.

La RMNf se fundamenta en tres pilares.

1. Por un lado, sabemos que cada función que realiza el organismo se ejecuta en una o algunas áreas del cerebro concretas, no en todo.

2. Las arterias y venas microscópicas del área del cerebro encargada de ejecutar la función determinada se dilatan (vasodilatación), ocasionando una mayor llegada de oxígeno a estas zonas y un aumento de desoxihemoglobina (hemoglobina que ya ha cedido el oxígeno a los tejidos).
3. La desoxihemoglobina se comporta como un imán microscópico y es captada por el equipo de RMNf. La zona activada se mostrará coloreada sobre un fondo inactivo grisáceo.

**Material de apoyo (vídeos):**

**Resonancia Magnética**

A continuación se muestra un enlace correspondiente a imágenes obtenidas por Resonancia Magnética Nuclear:

- 1- [http://www.youtube.com/watch?v=ha\\_JQNYAcQU&feature=fvwrel](http://www.youtube.com/watch?v=ha_JQNYAcQU&feature=fvwrel)

Ejemplo de resultados obtenidos mediante Resonancia Magnética Nuclear (ejemplo similar a ejemplo 2 de PET).

Duración: 3 minutos y 18 segundos.

### 2.4.3. Magnetoencefalografía (MEG)

Esta técnica mide los campos magnéticos que genera la actividad eléctrica del cerebro, la actividad sináptica. De esta manera es posible relacionar las estructuras cerebrales y sus correspondientes funciones.

La MEG tiene una gran capacidad que permite hacer valoraciones en milisegundos en volúmenes de unos pocos centímetros o milímetros cúbicos. Es, pues, de gran precisión temporal pero escasa precisión espacial.

La utilización conjunta de RNMf o PET con la MEG permite un análisis mucho más preciso de la relación entre actividad cerebral y acto ejecutado por el paciente.

### 2.4.4. Genes y Cerebro

Los genes nos muestran que, a nivel de células cerebrales (neuronas), no somos en absoluto diferentes, por ejemplo, de la mosca de la fruta. Muchos de los mecanismos básicos del funcionamiento del cerebro (cómo se comunican unas células con otras o cómo se procesan los recuerdos, entre otros) son básicamente iguales en los humanos y en las moscas de la fruta, así como en ratones, chimpancés y otras especies. Siguiendo el lema de “si

no está roto, no lo arregles”, procesos como este, han sido conservados por las fuerzas de la evolución.

Gran parte de la complejidad del cerebro humano es, probablemente, resultado de que tengamos muchas más neuronas interconectadas de muchas más maneras. Se puede pensar en este tema como un PC contra un superordenador: el sistema operativo es básicamente el mismo pero el superordenador tiene muchísima más capacidad para procesar datos.

La secuenciación del genoma humano, y más concretamente la determinación de cada uno de sus genes, revelará los secretos más profundos del cerebro: por qué actuamos como lo hacemos, por qué algunas cosas son más fáciles de aprender que otras y cómo se desarrolla nuestro cerebro desde la infancia hasta la edad adulta, incluyendo los críticos años de la adolescencia cuando ocurre una gran poda de neuronas en los circuitos. También nos dará información sobre los componentes genéticos de las enfermedades cerebrales, que incluyen un amplio rango de desórdenes de atención, Alzheimer y enfermedades mentales como la depresión o la esquizofrenia. Los científicos han trabajado durante años para encontrar los genes que pueden ser la raíz de todos estos desórdenes cerebrales, con la secuencia en la mano los investigadores serán mucho más veloces en su tarea.

El proyecto de Atlas Cerebral de Allen (filántropo, fundador de IBM) quiere conocer la expresión de todos los genes en el cerebro como punto de partida para conocer el funcionamiento del cerebro. Otros proyectos en esta línea son el Brain Blue (quiere conocer la arquitectura del cerebro y copiarla en un chip de silicio), el Brainvow (quiere conocer la distribución de todas las neuronas utilizando marcadores fluorescentes) y el proyecto Conectoma (pretende conocer todas las conexiones sinápticas presentes en el cerebro). Tareas de titanes.

#### 2.4.5. Células madre y el estudio del cerebro

Es, en su forma más simple, cualquier célula que se puede dividir y que produce una célula idéntica y otra progenie que da células que podrán llegar a ser parte de cualquier órgano del cuerpo, como pueden ser de la sangre, cerebro, hígado, etc. Algunas células madre son “totipotentes”, pueden dar lugar a un organismo totalmente desarrollado. Las células “pluripotentes”, desarrolladas a partir de las totipotentes, pueden dar lugar a cualquier célula del cuerpo humano pero han perdido la capacidad de formar órganos, y por tanto, organismos totalmente desarrollados.

En el cerebro existe capacidad de formación de nuevas neuronas o neurogénesis. Estas nuevas neuronas se producen en la zona subventricular y de ahí emigran a varias regiones destacando el bulbo olfatorio y el giro dentado del hipocampo (lugar crucial para la formación de memorias). Esta evidencia desmiente el dogma cajaliano (Ramón y Cajal) de que el cerebro no se regenera. Por desgracia la capacidad de neurogénesis no es muy intensa, y no pueden evitarse enfermedades neurodegenerativas, como el Parkinson o el Alzheimer, caracterizadas por la pérdida progresiva de neuronas, sin que éstas puedan ser reemplazadas.

No obstante, sí pueden producirse neuronas en el laboratorio a partir de células madre totipotenciales. La capacidad que ofrecen estas células podría ser utilizada en enfermedades donde algún tipo específico de célula resulta dañada, como en el caso de la diabetes, el parkinson, enfermedades del corazón y cánceres.

### **3. ALGUNA CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA NERVIOSO**

#### **3.1. LOS SISTEMAS NERVIOSOS**

##### **3.1.1. El sistema nervioso central (SNC)**

El sistema nervioso central (SNC) está formado por el encéfalo (el cerebro) y la médula espinal, ambos envueltos y protegidos por huesos, el cráneo y la columna vertebral respectivamente.

Las células que lo componen crean dos formaciones diferentes; la sustancia gris y la sustancia blanca. La sustancia blanca está formada por las prolongaciones de las neuronas que están recubiertas de mielina, que es de color blanco. La sustancia gris, por el contrario, la forman los cuerpos neuronales.

El SNC comunica las células nerviosas de todo del cuerpo con el cerebro a través de la espina dorsal. Es el encargado de hacer llegar la información proveniente de los sentidos hasta el cerebro, procesarla y de crear y transmitir la respuesta hasta los diferentes músculos del cuerpo. Las acciones controladas por el SNC son decisiones conscientes.

La espina dorsal, el camino por el que pasa toda la información, mide, de media, 43 cm en las mujeres y 45 en hombres y pesa 35 g. aproximadamente.

##### **3.1.2. El sistema nervioso periférico (SNP)**

El sistema nervioso periférico (SNP) está formado por células nerviosas que se extienden fuera del SNC, es decir, las que acceden a los miembros y

órganos. A diferencia del SNC, el periférico no está protegido por huesos, por lo que está más expuesto a sufrir alteraciones debidas a agentes externos.

Es, por tanto, el encargado de regular e integrar el funcionamiento de los órganos, acciones realizadas de forma totalmente inconsciente.

### 3.2. VELOCIDAD DE LA INFORMACIÓN

La información viaja a diferentes velocidades dependiendo del tipo de células nerviosas por las que pase. No todas tienen el mismo recubrimiento de mielina, ni tienen las mismas funciones. De este modo, las señales pueden viajar entre los siguientes rangos de velocidad:

-Puede ir tan despacio como 0.5 m/s (metros por segundo) = 1.8 km/h.

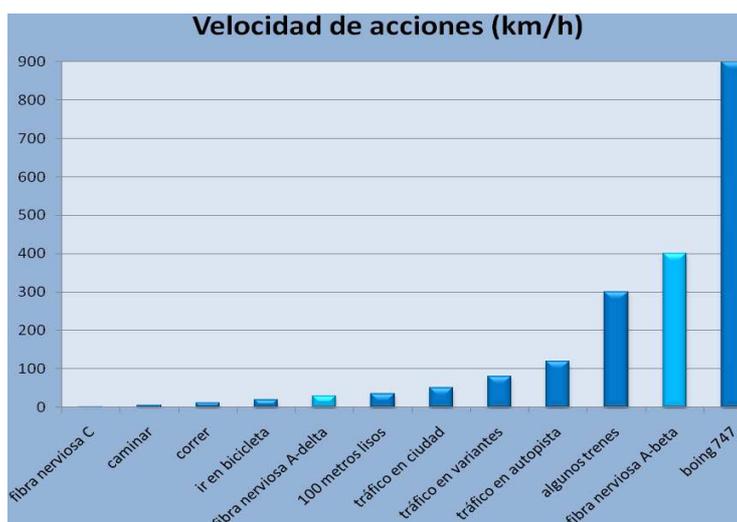
-Puede ir tan rápido como 120 m/s = 432 km/h.

\*A modo de comparación podemos saber que:

Nosotros andamos a una velocidad media de 5 km/h (más rápido que las señales más lentas).

Un avión comercial vuela a unos 900 km/h (el doble de la velocidad de las señales más rápidas).

A continuación podemos observar velocidades comparativas de diferentes acciones que realizamos en el día a día además de las de algunos tipos de fibras nerviosas:



Gráfica 2: Velocidad a la que suceden diferentes acciones.

### **Propuesta de actividad 3:**

#### **“Información... ¿veloz?”**

Por muy rápidamente que se transmita la información a través del sistema nervioso, no es un efecto totalmente inmediato. Para comprobarlo, realizaremos una prueba sencillísima y que, probablemente, ya habrán realizado con anterioridad.

Consiste en tocar, con la punta de un dedo, una superficie fría, o caliente. Comprobarán que sentirán la diferencia de temperatura pero no inmediatamente, sino unos momentos después de haber entrado en contacto con la nueva superficie.

### **Propuesta de actividad 4:**

#### **“¿Cómo de veloz?”**

La velocidad a la que se transmite la información también puede ser medida, aunque no de una manera precisa.

Los alumnos pueden realizar este ejercicio por parejas. Cada pareja necesitará una regla, que uno de los alumnos soltará entre los dedos de su compañero con el objetivo de que la agarre lo más rápidamente posible. Cada alumno, deberá apuntar los centímetros que marca la regla en el punto donde la ha conseguido sujetar con los dedos. Se pueden realizar varias mediciones por alumno y realizar una media. Las medias de todos los alumnos, pueden escribirse en la pizarra y realizar una nueva media, esta vez de la clase entera.

## **4. PATOLOGÍAS E INCORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO.**

### **4.1. NEURONAS**

#### **4.1.1. Axones**

El axón de las neuronas puede sufrir daños por diversos motivos. La fibra nerviosa puede resultar seccionada a causa de un corte sufrido, por ejemplo, en un accidente. Este tipo de lesión puede ser operada uniendo, de nuevo, ambos extremos seccionados. La recuperación, no obstante, es muy lenta, no habiendo mejorías visibles hasta meses después de la intervención.

También puede ocurrir la compresión del nervio que lleve al aplastamiento del axón ya sea por un trauma directo o por una presión continuada ejercida sobre él. La consecuencia inmediata es la paralización de los músculos inervados por ese axón. Muchas veces la recuperación es espontánea porque no se daña del todo (ver página 56, “Células de la Glía. Desmielinización”), pero en otras ocasiones pueden quedar secuelas más o menos intensas que requieren largos procesos de rehabilitación.

#### 4.1.2. Neurotransmisión y neurotransmisores

Los neurotransmisores son sustancias químicas formadas a partir de alimentos. Son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema nervioso. Un exceso o un defecto en su concentración puede generar diferentes enfermedades. Por ejemplo, un déficit de serotonina se asocia con la depresión o un defecto de dopamina provoca los síntomas del parkinson. Si lo que falta es acetilcolina, la memoria se resiente como sucede en el Alzheimer y un exceso de dopamina es clave en la esquizofrenia. Estos desequilibrios en las concentraciones de neurotransmisores pueden corregirse hasta cierto punto con medicamentos específicos.

A veces, una inadecuada alimentación, provoca que el organismo no tenga suficientes precursores para sintetizar los neurotransmisores en las cantidades necesarias, por lo que la neurotransmisión no ocurrirá de manera correcta y aparecerán síntomas neurológicos.

#### 4.1.3. Células de la Glía. Desmielinización

La mielina es la sustancia que rodea el axón de la neurona. Esta sustancia, formada por las células de Schwann, sirve de aislante y protección del axón. La señal eléctrica que atraviesa el axón, lo hace saltando entre los nodos de Ranvier, huecos no rodeados de mielina.

La pérdida de la mielina, ya sea causada por enfermedades degenerativas o por traumas, genera graves trastornos del sistema nervioso. Los impulsos dejan de transmitirse o no lo hacen a la velocidad adecuada, por lo que las señales no llegan a su destino, o lo hacen con gran lentitud, impidiendo así realizar las acciones ordenadas por el cerebro. Un nervio con un recubrimiento miélinico adecuado puede llegar a conducir los impulsos a una velocidad de hasta 120 m/s (ver página 54, "Velocidad de la información"), mientras que un nervio desmielinizado lo hace solamente a 0,5 m/s.

La desmielinización causada por traumas, suele tener lugar tras una presión prolongada sobre el nervio, presión que puede producirse debido a malas posturas que comprimen la estructura mielinizada o a accidentes en los que ocurre un aprisionamiento. En estos casos, la lesión suele ser reversible (siempre que no haya daño en el axón). Las células de Schwann, encargadas de la mielina, regeneran la envoltura en el transcurso de semanas o meses.

La enfermedad degenerativa más común causante de la desmielinización es la esclerosis múltiple.

## 4.2. CEREBRO

### 4.2.1. División de hemisferios: El cuerpo calloso

Sabemos ya que el cuerpo calloso es la estructura que comunica ambos hemisferios cerebrales. Aunque cada hemisferio está especializado en funciones concretas, la unión de ambos hace que el cerebro actúe como un todo, en lugar de cómo dos partes independientes.

Lesiones en el cuerpo calloso incomunican los dos hemisferios de manera que la unidad cerebral se ve afectada. En los años sesenta, pacientes con formas muy graves de epilepsia eran tratados con una sección del cuerpo calloso para intentar evitar la propagación y la generalización de los ataques. Los pacientes mejoraban en relación a la epilepsia pero algunas capacidades cerebrales se veían afectadas, si bien los problemas no resultaban fáciles de detectar porque el funcionamiento cerebral global era casi normal.

A grandes rasgos, lo que les sucede a los pacientes con los hemisferios desconectados es que tienen dificultades para relacionar aspectos derivados de funciones típicas del hemisferio izquierdo con elementos derivados de funciones más características del hemisferio derecho. Son los denominados síndromes de desconexión. Por ejemplo, al tocar un dedo de una mano a un paciente que padece este síndrome, éste no es capaz de indicar el dedo que le ha sido tocado moviendo su dedo homólogo en la otra mano; o no es capaz de denominar verbalmente un objeto palpado con la mano izquierda ya que la información llega al hemisferio derecho (recordemos que la información se cruza) donde no hay áreas del lenguaje, en un cerebro sano la información debería pasar al hemisferio izquierdo para ser denominado, acción que resulta imposible cuando existe una desconexión entre ambos lados.

### 4.2.2. Lóbulos

#### El lóbulo frontal

##### *La conducta (El caso Phineas Gage)*

Entre otras funciones, el lóbulo frontal se encarga de dirigir nuestra conducta, evaluando las situaciones y tomando decisiones que serán traducidas a actos concretos. De este modo, los daños en esta parte del cerebro conllevan grandes problemas de capacidades sociales ya que modifican la conducta de manera severa, causando que la persona se vuelva más inhibida o totalmente desinhibida.

**El caso clínico de Phineas Gage**, a quien un accidente dañó el lóbulo frontal, es muy ilustrativo:

“Phineas trabajaba en la construcción de un ferrocarril en Vermont (EE.UU), en 1848, cuando una explosión accidental hizo que una barra de metal atravesase su cráneo. La barra, que medía 1 m de largo y más de 3 cm de diámetro y que pesaba 6 kg, entró en su cráneo por la mejilla izquierda y salió por la parte superior. Phineas se mantuvo consciente en todo momento y dos meses más tarde el doctor consideró que ya estaba recuperado.

No hubo secuelas ni en la inteligencia, ni en la memoria ni en el lenguaje. Pero, Phineas Gage ya no era Phineas Gage, había cambiado su forma de ser. Se volvió irritable, blasfemo e impaciente. Siempre pensaba en planes futuros que nunca llevaba a cabo. Tras su accidente, se separó de su esposa, ya que ésta consideraba que ya no era el mismo de antes, tuvo muchos empleos que no pudo conservar por mucho tiempo. Murió a la edad de 38 años, probablemente a causa de crisis epilépticas derivadas del accidente.”

El matrimonio Damasio estudió su cerebro muchos años después y observó una lesión en el área orbitofrontal del lóbulo frontal. Curiosamente, muchos psicópatas presentan una menor actividad en esta área tal y como demuestran estudios de resonancia magnética funcional.

### *El habla*

Es desde el área de Broca, en el lóbulo frontal, desde donde se controlan el procesamiento del lenguaje, la gramática, la comprensión y la producción del habla. Los daños en esta parte de la corteza cerebral causan la pérdida de la habilidad para elaborar palabras, aunque el paciente no tenga ninguna dificultad en comprender lo que escucha. Este tipo de daño es denominado como afasia de Broca.

### **El lóbulo temporal**

#### *El habla (2)*

El área de Wernicke, complementa el proceso del habla (junto con el área de Broca). Como participa en el proceso de decodificación auditiva lingüística, al contrario de lo que ocurre en el área de Broca, cuando suceden lesiones o afasias en el área de Wernicke no se ve afectada la parte motora del habla, aunque las personas afectadas no son capaces de comprender lo que oyen (recordemos que la afasia de Broca supone la pérdida de la capacidad de elaboración de palabras, aunque los afectados comprendan lo que escuchan). El estudio de estos casos de afasia ha permitido a los neurólogos ver la complementariedad de estas dos áreas relacionadas con el lenguaje.

### 4.2.3. Cerebro interno

#### El hipocampo

Teniendo en cuenta que el hipocampo desempeña, principalmente, funciones de control de memoria y de manejo del espacio, los daños en esta zona del cerebro tendrán relación directa con estas funciones.

#### *Recuerdos y memoria*

Las lesiones del hipocampo pueden suponer una gran dificultad a la hora de formar nuevos recuerdos y también pueden afectar a los recuerdos generados con anterioridad aunque, generalmente, los recuerdos más antiguos permanecen ya que éstos no se almacenan en el hipocampo sino que se transfieren a otras partes del cerebro. Pero no todos los tipos de memoria se ven afectados cuando ocurren lesiones en esta zona. La capacidad de adquirir nuevas habilidades motoras o cognitivas (como el aprender a tocar un instrumento musical) suelen seguir intactas, por lo que este tipo de cualidades dependen de otros tipos de memoria.

**El caso clínico de “H.M.”**, un hombre al que el hipocampo le fue extirpado por sufrir problemas epilépticos a raíz de un accidente, es paradigmático:

“Henry Gustav Molaison (26 de febrero de 1926), conocido como H.M., sufrió un accidente de bicicleta a los 9 años de edad que le causó severos ataques de epilepsia. En 1953, se le realizó una intervención quirúrgica para frenar estos ataques en la que le fueron extirpadas tres cuartas partes del hipocampo, quedando este totalmente infuncional.

Tras la intervención, que transcurrió con total éxito, su memoria anterógrada quedó seriamente dañada. H.M. no era capaz de almacenar nuevos recuerdos, aunque sí recordaba la mayor parte de lo sucedido con anterioridad a ser operado. H.M. murió el 2 de diciembre de 2008, a los 82 años de edad, tras 55 años sin recuerdos.”

#### *Envejecimiento y Enfermedad de Alzheimer*

En los enfermos de Alzheimer, una de las primeras regiones del cerebro en sufrir daño es el hipocampo, por lo que los problemas de memoria y desorientación son los primeros en aparecer.

El proceso habitual de envejecimiento también está asociado con la pérdida gradual de algunos tipos de memoria. El tamaño del hipocampo no varía demasiado con la edad y es más dependiente de la ejercitación de la memoria que de los años que tenga la persona, pero la conexión entre neuronas sí se ve afectada en las personas mayores.

### **Estrés**

El hipocampo es más vulnerable al estrés que otras áreas cerebrales ya que tiene receptores que se activan en situación de estrés. La sensibilidad o excitabilidad de las neuronas del hipocampo puede verse reducida, la producción de nuevas neuronas puede ser inhibida y las dendritas de algunas de las células neuronales pueden sufrir atrofia.

### **Epilepsia**

Es una de las zonas que suele actuar como foco de los ataques epilépticos, aunque no está claro si la epilepsia es causada por problemas en el hipocampo o si este resulta dañado por los ataques epilépticos.

### **Esquizofrenia**

Aunque la mayor parte de los efectos de la esquizofrenia son encontrados en la corteza cerebral, también el hipocampo se ve afectado, porque éste es una prolongación de la corteza.

### **El cerebelo**

Debido a que el cerebelo es el lugar donde se integran las vías sensitivas y las vías motoras, las lesiones en esta zona suelen causar desórdenes relacionados con la realización de movimientos, mantenimiento del equilibrio, etc.

Las lesiones se pueden producir por diversas causas: accidentes vasculares (como infartos o hemorragias), tumores, traumas, intoxicaciones (alcohol, drogas), infecciones, enfermedades degenerativas o malformaciones.

*“El cerebelo es la estructura que se intoxica al beber alcohol en exceso y provoca los síntomas característicos de la borrachera: caminar inestable y dificultoso, habla arrastrada y difícil de entender (Disartria) e incoordinación de movimientos”*

### **La amígdala**

La función principal de la amígdala es procesar y almacenar las reacciones emocionales (como el amor, el temor, la agresividad, etc.) además de estar implicada en la memoria. Por tanto, esta parte del cerebro está relacionada con problemas psicológicos como la ansiedad o las fobias sociales. La actividad de la amígdala aumenta en estos casos siendo difícil para los pacientes clasificar o identificar el sentido (positivo, negativo, amigable, amenazador...) de diversas acciones o caras.

El abuso del alcohol, así como la abstinencia en personas dependientes de éste, pueden dañar la amígdala, disminuyendo su actividad.

## Los ganglios basales

Los ganglios basales están implicados en el control de los movimientos voluntarios realizados de forma inconsciente o rutinaria. Por este motivo, las lesiones de los ganglios basales acarrearán una falta de coordinación de movimientos, como ocurre en las enfermedades de Parkinson, los tics, la distonía o el corea de Huntington, entre otras.

### Propuesta de actividad 5:

#### Efecto dominó

El funcionamiento de la neurotransmisión puede ser representado y explicado mediante el siguiente ejemplo.

Las fichas de dominó deben colocarse verticalmente, sobre una superficie lisa, a una distancia que permita que al caer una golpee la siguiente de manera que ésta también pueda caer. Se pueden colocar tantas fichas como se quiera, pero hay que tener en cuenta que cuantas más se utilicen, mayor será el trabajo de reponerlas cada vez que el ejemplo se repita.



#### Fuerza inicial

La primera ficha no caerá hasta que se empuje por encima de un ángulo crítico. En una manera similar, el impulso nervioso no se transmitirá hasta que el nervio se excite por encima de su umbral disparador. Este fenómeno del umbral se puede observar en nuestros nervios sensoriales: no podemos escuchar sonidos muy bajos ya que el estímulo no es lo suficientemente fuerte como para excitar nuestro nervio auditivo.

Pero cuando una sinapsis se estimula continuamente y con mucha intensidad queda reforzada. Si después de mucho tiempo llega un estímulo, por muy suave que sea, como está reforzada se produce el efecto deseado. Esta es la razón de que algunos recuerdos sean muy fuertes y otros no, o la razón de ser capaces de hacer cosas con mucha destreza.

Cuando ocurre algo muy importante para nosotros, algo muy bueno o algo muy malo, generalmente es algo muy intenso que refuerza ciertos caminos. Cuando más adelante volvemos a recordarlo, basta una pequeña señal para llegar a ese recuerdo. Se puede decir que es como pasar mucho tiempo con vuestro mejor amigo, que cada vez se afianza más esa relación de amistad, entrenar mucho para ser bueno en un deporte o al estudiar, cuanto más mejor, para saber más y sacar mejores notas.

#### Velocidad constante

Una vez que el impulso comienza a propagarse se mueve a una velocidad constante independiente de la fuerza inicial. Análogamente, la velocidad de propagación del impulso nervioso es independiente al tamaño

de la señal de activación. (El impulso de las fichas no pierde energía al propagarse porque la energía potencial de cada ficha que está de pie se convierte en energía cinética cuando éstas caen. De la misma manera, los impulsos nerviosos no pierden energía al propagarse.)

#### **Dirección del impulso**

El impulso del dominó solamente se desplaza en una dirección, igual que los impulsos nerviosos solamente pueden viajar en la dirección dendrita-axón.

#### **Reseteo del recorrido**

Las fichas de dominó no pueden volver a caer hasta que no sean colocadas en su posición original. De la misma manera, las células nerviosas utilizan energía para redistribuir los iones y re-estabilizar el estado de reposo después de que el impulso nervioso se haya propagado hacia el axón. El nervio no puede funcionar de nuevo hasta que esto ocurra.

#### **Recorrido interrumpido**

Al quitar una de las fichas del recorrido veremos que el impulso no se propaga, ya que la ficha que falta no permite que el impulso llegue a la siguiente.

Como hemos visto, los axones de las neuronas (motoras y sensoriales) están recubiertos de mielina, que actúa como un aislante, similar a los recubrimientos no conductores de los cables conductores de electricidad. Un nervio sin un recubrimiento adecuado conduce los impulsos mucho más lentamente que uno bien rodeado de mielina.

Recordemos que esta interrupción debida a la desmielinización puede ser causada por enfermedades degenerativas como la esclerosis múltiple (no ocurre regeneración alguna) así como por traumas y lesiones accidentales (siendo posible, generalmente, una recuperación completa).

Pero la falta de una ficha también puede representar otro tipo de lesiones del sistema nervioso, como lesiones en los nervios o en la médula espinal. Estas lesiones pueden ser debidas a enfermedades o a accidentes traumáticos. Por tanto, volvemos a hacer hincapié en la importancia de una conducción prudente y de la utilización del cinturón de seguridad así como la del casco.

#### **RESUMIENDO:**

Si todas las fichas del dominó están bien colocadas, la señal llega sin ningún problema y a una velocidad constante a su destino necesitando, para el comienzo de ésta, un impulso mínimo. El mismo recorrido seguirá siendo utilizable siempre y cuando las fichas vuelvan a ser colocadas en su lugar correspondiente. Si, por alguna razón interna o externa alguna de las fichas se ve dañada o desaparece, la señal no se propagará correctamente.

**SEGUNDA PARTE:**

## **EL SISTEMA NERVIOSO EN EL DÍA A DÍA**



## 1. INTRODUCCIÓN/TEORÍA

El cerebro controla absolutamente todo lo que decidimos hacer, realmente es él quien decide, quien ordena. Somos nuestro cerebro. A lo largo de toda nuestra vida, cada día, tomamos infinidad de pequeñas o grandes decisiones en las que, en todas ellas, el cerebro es quien tiene el mando.

Nuestra reacción cuando suena el despertador (algunos nos levantamos en seguida, otros lo dejamos sonar durante minutos), el camino inconsciente al cuarto de baño, el paseo hasta el transporte que nos llevará a los centros donde trabajamos o estudiamos, las clases de matemáticas, historia, inglés, los exámenes, los descansos o recreos, la siesta, los entrenamientos, las quedadas con amigos o parejas, ver la tele, chatear en Tuenti, Facebook, Twitter...y cuando el cuerpo ya no aguanta más, ¡a dormir! TODO, absolutamente todo está controlado por los 1.400 gramos que conforman nuestro cerebro.

Algunas de todas las acciones que tienen lugar en nuestro cuerpo son automáticas, no somos conscientes de que las realizamos (respirar, el latir del corazón...) pero otras las hacemos de manera totalmente consciente y voluntaria (andar, hacer manualidades...).

A continuación mostramos las partes del cerebro implicadas en acciones simples:

### 1.1. VER

El proceso de “ver” tiene lugar en gran parte del cerebro. La información que llega de los ojos viaja hasta el lóbulo occipital (parte trasera del cerebro), donde el patrón de la luz es dibujado en una especie de mapa. Después, la información viaja hacia otras áreas del cerebro, donde es analizada en contornos, colores, posiciones y objetos, personas y sitios reconocibles.

### 1.2. OIR

La información sonora se analiza en la corteza cerebral auditivo, situada en los lóbulos temporales. Se separan las diferentes frecuencias y se analizan para averiguar lo que son y de dónde provienen. La música se analiza sobre todo en la parte derecha del cerebro y el discurso mayoritariamente en la zona izquierda.

### **1.3. TOCAR**

La información del tacto pasa a la corteza cerebral somatosensorial, formando un completo mapa del cuerpo dispuesto o trazado a lo largo de toda la superficie cerebral. Las partes más sensibles del cuerpo, las yemas de los dedos, los labios y los genitales, tienen mucha mayor representación que zonas menos sensibles.

### **1.4. OLER Y SABOREAR**

El olfato y el gusto se analizan en la parte prefrontal de la corteza cerebral, incluyendo el bulbo “olfatorio”. Ambos sentidos están estrechamente conectados con áreas emocionales dado que son muy importantes para dar un contenido a nuestras percepciones. Por ejemplo: no es lo mismo oír una canción que oír una canción que significa algo especial para nosotros, de la misma manera que no es lo mismo oler una galleta u oler una galleta como las que nos hacía nuestra abuela cuando éramos niños.

### **1.5. HABLAR**

Hay dos zonas importantes para el habla en el lado izquierdo del cerebro, cerca de la corteza cerebral auditiva, donde las frecuencias básicas del sonido son analizadas. El Área de Wernicke es importante en la comprensión del lenguaje mientras que el Área de Broca es responsable de la articulación del discurso. También es necesaria la memoria, así como las áreas motoras que controlan y coordinan el proceso físico del habla, por ejemplo, el movimiento de la boca.

### **1.6. PLANEAR, IDEAR Y TOMAR DECISIONES**

Cuando valoramos las cosas, las diferentes respuestas u opciones o cuando tomamos decisiones, se utilizan el lóbulo frontal y la corteza cerebral prefrontal. Estas áreas están más desarrolladas en humanos que en cualquier otro animal, ellas son las responsables de la mayor parte de los cálculos complejos y la cognición, y son muy importantes para el pensamiento inteligente. Almacenan información sobre recuerdos pasados y gustos. También tienen una memoria activa que nos permite mantener varias ideas en la mente al mismo tiempo.

### **1.7. RELACIONES SOCIALES**

Las interacciones sociales están controladas por la corteza cerebral prefrontal. Son el asiento de nuestras complejas emociones, controlando aspectos como la empatía, la culpa, la confianza y el control de comportamiento, que nos previenen de realizar acciones inapropiadas.

### **1.8. MEMORIA**

Hay muchos tipos de memoria. Nuestra corteza cerebral prefrontal nos ayuda con la información que necesitamos inmediatamente. Un ejemplo es cuando retenemos un número de teléfono el suficiente tiempo como para marcarlo, o cuando retenemos la parte inicial de una frase para poder entenderla por completo una vez finalizada. Las memorias o recuerdos sobre cosas que hicimos, sitios a los que fuimos y la información que recolectamos en el camino se crean y almacenan en el hipocampo. La memoria a más largo plazo y la información de hechos se mueven alrededor del cerebro, instalándose en el lóbulo temporal o el lóbulo frontal. La memoria sobre cómo hacer cosas se almacena en el cerebelo.

Recordemos “El caso de HM” (Henry Molaison), (ver página 59, “Recuerdos y memoria”).

### **1.9. EMOCIONES**

Las emociones provienen de una parte primitiva del cerebro llamada sistema límbico, que se sitúa bajo la corteza cerebral. Posiblemente el área más importante del control de nuestras emociones es la amígdala, que media en nuestros miedos, ansiedad e ira. El sistema límbico tiene conexiones directas con este sentido. Esto nos lleva a las rápidas e inconscientes reacciones que llamamos reacciones instintivas o instinto.

### **1.10. FUNCIONES CORPORALES BÁSICAS**

En la región más primitiva del cerebro, en el tronco cerebral, se controlan muchas funciones corporales sobre las que no pensamos conscientemente. El ritmo cardíaco, la respiración, la presión sanguínea, el dormir y el despertar y la secreción de varias hormonas. Estas regiones están justo encima de la espina dorsal. Hace ya 500 millones de años que aparecieron estructuras similares en diferentes organismos. El tronco cerebral por sí mismo se asemeja al cerebro de un reptil.

### **1.11. PROBLEMAS, DECISIONES Y CONSECUENCIAS**

La corteza cingulada anterior es muy importante en prácticamente todas las formas de comportamiento. Parece ser quien decide qué comportamiento es adecuado y a qué debemos prestar atención, monitorizando problemas, conflictos, errores y daños potenciales.

### **1.12. CONTROL DE MOVIMIENTO**

El complejo proceso del control del movimiento involucra varias áreas del cerebro. El planear sucede en la corteza cerebral prefrontal y en el lóbulo

frontal, particularmente en la corteza cerebral motora. Pero hay otras regiones que controlan la motivación del movimiento y su coordinación, incluyendo los ganglios basales, que son dañados en la enfermedad de Parkinson, y el cerebelo, que almacena patrones de rutina de los movimientos. El movimiento también necesita una continua alimentación por parte de nuestros sentidos.

## 2. ¿QUÉ PASA CON TU CEREBRO?

### 2.1. CEREBRO MASCULINO VS. CEREBRO FEMENINO

Dado que hay diferencias en el modo en el que se comportan los hombres y las mujeres, es razonable suponer que sus cerebros deben de tener algo que ver con estas diferencias de comportamiento. Pero hay mucha controversia sobre las diferencias de los cerebros de hombres y mujeres, no solo desde el punto de vista anatómico, sino también desde el punto de vista funcional.

#### 2.1.1. Tamaño

El tamaño total del cerebro es mayor en hombres que en mujeres, tanto en adultos como en niños, pero dado que el tamaño corporal de los hombres también es mayor, el tamaño relativo del cerebro es prácticamente igual en individuos de ambos sexos. Recordemos que el cerebro representa el 2% de la masa corporal de un adulto, sea hombre o mujer.

*Puede que algún chico diga: “¡Ja, ja! ¡El cerebro de los chicos es mayor!”.  
Puede alguna chica diga: “¡Ja, ja! ¡Con menos neuronas os igualamos en inteligencia!”.*

De hecho, ¡el tamaño del cerebro, dentro de una misma especie, no importa! Albert Einstein (premio Nobel de Física en 1921, formuló la teoría de la relatividad) o André Gide (escritor francés, premio Nobel de Literatura en 1947) tenían el cerebro considerablemente más pequeño que la media. Por lo que, como decimos, el tamaño no importa, lo que importa son las interconexiones.

#### 2.1.2. El cerebro físico

El cerebro, físicamente, también es diferente. Existen diferencias bien documentadas sobre las diferencias, por ejemplo del hipotálamo en mujeres y hombres.

#### 2.1.3. Desarrollo fetal

Las hormonas presentes en el torrente sanguíneo de la madre durante el desarrollo del feto afectan a su cerebro y determinan si éste se desarrollará como un cerebro masculino o como uno femenino, independientemente del

sexo genético del individuo (la presencia de testosterona en el embarazo conlleva un desarrollo más masculino del cerebro).

#### 2.1.4. Genética

Genéticamente hombres y mujeres también somos diferentes. Los cromosomas sexuales de las mujeres son XX mientras que los de los hombres son XY.

#### 2.1.5. Educación

También somos diferentes en lo que a la educación se refiere. Hasta hace no muchos años había grandes diferencias en la manera de educar a hombres y mujeres, tanto en la escuela como en casa.

Se dice que las mujeres tienen un cerebro creativo, emocional y empático más desarrollado, mientras que en el de los hombres la parte analítica y la visuoespacial están más desarrolladas. Pero estas diferencias ¿no hacen que la vida sea más interesante y divertida?

De todas maneras, las diferencias neurológicas y de comportamiento entre hombres y mujeres requieren de más estudios. Además, parece que las diferencias en varios comportamientos cognitivos, como puede ser la memoria, están más relacionadas con las diferencias individuales entre las personas más que con el hecho de que se sea hombre o mujer.

*\*Al mencionar este punto con los alumnos, es muy importante que recuerden que ¡diferente no significa ni mejor ni peor!*

## 2.2. EL CEREBRO ADOLESCENTE. ¿QUÉ PASA POR/EN LA CABEZA?

¡Cuántas veces nos habrán dicho, y habremos dicho, aquello de que los adolescentes son difíciles de tratar, que van a su aire, que no hacen caso...! Pero, ¿ha cambiado algo? Ahora somos nosotros (sois vosotros) los que decimos lo mismo de los adolescentes de hoy en día. Todos estamos de acuerdo en que hay algo que cambia, que las cosas dejan de ser como solían ser...

La adolescencia, época de tantos comportamientos extraños, es un fenómeno exclusivamente humano. Pero, ¿cual puede ser el beneficio de esta época tan difícil de la vida? La mayoría del resto de los animales, incluidos los simios y ancestros humanos, se saltan esta época pasando de una manera rápida de la infancia a la edad adulta. Los humanos, por el contrario, tenemos un desconcertante periodo de unos cuatro años entre la madurez sexual y la edad reproductiva.

Existe una gran variedad de explicaciones sobre la existencia de la adolescencia. Algunos creen que necesitamos más tiempo para que nuestros grandes cerebros se desarrollen. Otras explicaciones sugieren que la época de la adolescencia permite a los niños aprender sobre el complejo comportamiento social y otras difíciles habilidades, o incluso que es requerida para desarrollar cuerpos bípedos adaptados a viajar largas distancias.

Sea cual sea la razón por la que sucede, la cuestión es que sucede, y que existe una explicación del comportamiento durante esta época. ¡Veamos!

### 2.2.1. Cambios físicos

La adolescencia ha sido descrita como una época de mucho trabajo para el cerebro humano. Es una época de transición ya que el cerebro, como el resto del cuerpo, accede a la edad adulta y, en el proceso, la materia gris del cerebro absorbe una explosión de nuevos estímulos externos.

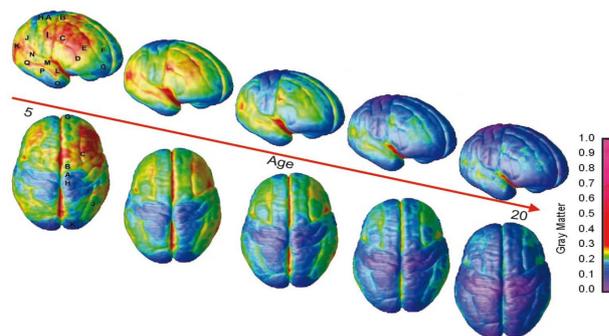


Figura 9: Maduración cerebral, materia gris.

### La materia gris

En la imagen se puede observar que el desarrollo de la materia gris del cerebro no finaliza hasta la edad de los 20 años aproximadamente. Toda la adolescencia es una época de desarrollo, desarrollo físico cerebral constante para ser exactos.

### El lóbulo frontal

Una gran parte del desarrollo durante la época adolescente tiene lugar en el lóbulo frontal. Aquí se encuentran las zonas del cerebro que nos permiten ser conscientes de las mareas de información que son constantemente captadas por nuestros 5 sentidos, las zonas que nos permiten saber cuándo experimentamos una emoción e incluso pensar sobre ella mientras la sentimos, las que nos permiten entender y tener conciencia del paso del tiempo y las que nos permiten mantener en mente el pensamiento sobre un

objeto mientras seguimos a concentrarnos en otro pensamiento (habilidad conocida como “working memory”).

Este desarrollo paulatino durante la adolescencia conlleva gradualmente una mayor independencia en lo que se refiere a la capacidad de planear, de considerar las posibles consecuencias de una acción y de responsabilizarse de la conducta de uno mismo.

### Poda neuronal (o Poda de sinapsis)

Nacemos con miles de millones de neuronas, neuronas que vamos perdiendo a lo largo de nuestra vida. Durante los primeros años de la vida el cerebro crece rápidamente. A medida que cada neurona madura, genera múltiples ramas (axones que mandan información y dendritas que la reciben), aumentando el número de contactos sinápticos y uniones entre neuronas. Al nacer, cada neurona de la corteza cerebral tiene, aproximadamente, 2.500 sinapsis. Para cuando el niño/a cumple los dos o tres años, la cantidad de sinapsis es de, aproximadamente, 15.000 sinapsis por neurona. Esta cantidad es, más o menos, el doble de la de un cerebro adulto.

Durante la época de maduración, durante la adolescencia, ocurre una gran pérdida de estas células nerviosas y, consecuentemente, las conexiones van desapareciendo, se dice que ocurre una “poda” de neuronas (o “poda” de sinapsis), como un árbol al que se le van cortando las ramas que sobran. Pero no es una poda descontrolada, ni mucho menos. Las células que participan en las conexiones más trabajadas, las más fuertes, quedarán para el futuro y se reforzarán, mientras que los contactos sinápticos más débiles serán eliminados.

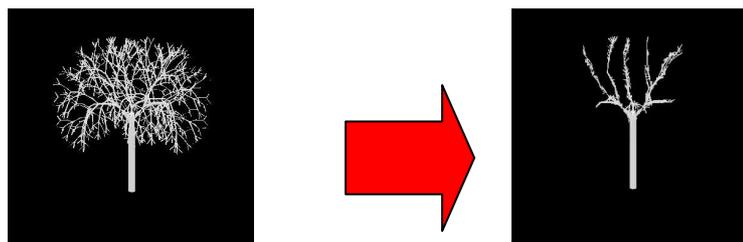


Figura 10: Símil ilustrativo de la poda neuronal.

Este proceso, que culmina al alcanzar el raciocinio propio de la edad adulta, se produce primero en la zona posterior del cerebro y finaliza en la corteza frontal, que es la que controla el razonamiento, la toma de decisiones y el control emocional. Esto explica por qué muchos adolescentes no empiezan a razonar y a comportarse como adultos hasta una edad tan avanzada, que puede alargarse más allá de los veinte años. Aunque aún no están claros los factores que determinan este fenómeno, se ha detectado que ocurre antes en

las chicas que en los chicos, y que en los jóvenes más inteligentes se produce a edades más tempranas.

Por lo tanto, no hay duda de que la adolescencia es una época realmente importante. Las conexiones que perdurarán y se reforzarán serán las relativas a los hábitos adquiridos durante esta época de la vida. Así que es el momento de animar a los alumnos a que ¡REFUERZEN LAS CONEXIONES POSITIVAS! Ya lo decía Aristóteles (384-322 a.C.): “Adquirir desde jóvenes tales o cuales hábitos no tiene poca importancia: tiene una importancia absoluta”.

### Mielinización

Además del desarrollo de la materia gris y de la poda de neuronas, otro de los cambios más significativos es un aumento de la mielinización, o aislamiento, de los axones. Un mayor aislamiento aquí significa una señalización más veloz.

Por tanto, aunque se pierden neuronas (poda de conexiones más trabajadas) se gana en eficiencia de funcionamiento de ésta, debido a la mielinización (aumentando la velocidad de procesamiento de las señales).

### 2.2.2. Descompensación en y entre el desarrollo cerebral y el cambio corporal

La adolescencia marca una especie de momento decisivo para el cerebro dado que algunas de sus estructuras cerebrales están alcanzando la madurez, mientras que otras no están todavía del todo desarrolladas.

El cerebro también tiene el control sobre el retroceso y la fluidez de potentes hormonas como la adrenalina, la testosterona y los estrógenos, hormonas que juegan un papel crítico en el cambio corporal adolescente.

Además, el cuerpo y el cerebro no siguen el mismo ritmo de desarrollo. Siempre hay una edad en la que hablamos de la inmadurez de los jóvenes, un cuerpo adulto nos hace esperar un comportamiento también adulto, pero no es la realidad.

### 2.2.3. Comportamiento impulsivo

La corteza cerebral prefrontal, el centro de control del cerebro, donde se controlan la razón, la realización de planes de futuro y otras funciones superiores, no alcanza la madurez hasta los 20 años (ver figura 9, página 70). Como esta zona parece actuar como un “freno” cerebral ante comportamientos inapropiados o de riesgo, algunos científicos creen que este desarrollo tardío puede explicar la propensión de los adolescentes a participar

en acciones de riesgo como el abuso de drogas y alcohol o desarrollar el hábito de fumar, así como las dificultades a la hora de poner freno a un comportamiento impulsivo que algunos adolescentes muestran a veces.

Nos referimos al control de acciones que sabemos que debemos reprimir, como puede ser las ganas de querer desahogarnos pegando una patada al primer objeto que encontremos a nuestro paso. Una persona adulta controlará sus ansias y pasará de largo guardando su ira para sí misma (en general), pero una persona en pleno proceso de desarrollo puede tener mayor dificultad para reprimir el exteriorizar sus sensaciones más agresivas. En ningún momento estamos generalizando, los casos de agresividad descontrolada son los menos entre nuestros adolescentes.

Este es un tema controvertido. En ciertos procesos administrativos relacionados con la violencia por parte de menores, se han llegado a presentar pruebas neurológicas del desarrollo cerebral del individuo procesado con intención de alegar inmadurez y, por tanto, ausencia de control ante impulsos violentos. Queda en manos de quien vaya a interpretar las pruebas decidir...

#### **2.2.4. Todavía no es hora de ir a dormir**

Durante la adolescencia el cerebro está en proceso de adaptación al ciclo circadiano, el reloj biológico interno del cerebro que controla el ciclo de “despierto/dormido”.

La secreción de melatonina fija el control del tiempo de este reloj interno. Esta hormona es producida por el cerebro en respuesta a la oscuridad/claridad de cada día. Parece que cuanto más avanzada se encuentra la pubertad en los adolescentes, más tarde (a la noche) se segrega esta hormona. Así, en la adolescencia, el reloj interno dice que la hora de irse a dormir es más tarde y que se esté despierto más tiempo.

Es la eterna lucha. Durante nuestra adolescencia siempre encontrábamos mejores cosas que hacer a la hora en la que, según nuestros padres, debíamos estar en la cama. Los adolescentes de hoy en día siguen discutiendo sobre la mejor hora para retirarse a descansar.

#### **\* ¡No debe servir de excusa...!**

Evidentemente, todo esto no debe ser utilizado como excusa para el comportamiento diario. Realmente puede ser y será utilizado por los adolescentes, pero dependerá de padres y educadores admitir las excusas. Ahora que los alumnos han aprendido que lo que les pasa puede ser

explicado científicamente y que tiene una base biológica, podrán empezar a decir cosas como “mi cerebro está cambiando, no es mi culpa”...

*\*Podremos intentar decirles a los alumnos cosas como...*

*“¡Por eso están ahí vuestros padres y profesores!”*

*“Vuestros padres hacen la labor de vuestros lóbulos frontales controlando lo que hacéis para que no os paséis”. “Vuestro cerebro adolescente se está reorganizando y vuestros padres os ayudan a poner orden hasta que vuestro lóbulo frontal esté totalmente desarrollado”.*

*“Los padres y profesores intentan daros buenos consejos, aunque a veces os resulte algo cansino y un poco insoportable”.*

*...pero no debemos contar con cambiar su perspectiva, ¡no cambiaremos miles de años de historia con unas pocas explicaciones científicas!*

## **2.3. DORMIR**

Recordemos que al cerebro adolescente la secreción de melatonina le dice que la hora de ir a dormir del resto de la gente no es la más adecuada. Pero todo cambia.

¡Pasamos alrededor de 8 horas al día durmiendo, 56 horas a la semana, 240 horas al mes y... ¡2920 HORAS AL AÑO DURMIENDO! Pasamos una tercera parte de nuestra vida haciendo, aparentemente, nada. Pero el cerebro se mantiene activo, por lo que ¡no es cierto que no estemos haciendo nada!

Para medir la actividad cerebral se utiliza una máquina llamada electroencefalógrafo. Esta máquina realiza encefalogramas, que son la grabación o registro de la actividad cerebral, medida en lo que conocemos como “ondas cerebrales”.

### **2.3.1. Etapas del sueño**

El dormir sigue un ciclo regular cada noche, los encefalogramas cambian de manera previsible varias veces durante un único periodo de sueño. Hay dos formas básicas de dormir; REM (Rapid Eye Movement) o movimiento de ojos rápido y NREM (No REM).

-Los niños recién nacidos duermen una media de 16 horas al día y pasan el 50% del tiempo en fase REM y el otro 50% en fase NREM.

-Los adultos duermen una media de 8 horas al día y pasan el 20% del tiempo en fase REM y el otro 80% en fase NREM.

-Las personas mayores duermen solamente unas 5,75-6 horas al día y pasan alrededor del 15% del tiempo en fase REM y el otro 85% en fase NREM.

REM: La mayor parte de los sueños tienen lugar durante la fase REM, cuando las personas mueven sus ojos de manera rápida. Al despertar a la gente durante su fase REM, suelen decir que estaban soñando en ese momento. Durante esta fase la actividad muscular es muy baja para evitar actuaciones físicas en nuestros sueños, esto quiere decir que los sonámbulos no están en la fase REM mientras se pasean, por lo que no están escenificando sus sueños.

NREM: La fase NREM se divide en 4 fases; fase 1, fase 2, fase 3 y fase 4.

Mientras dormimos, nuestro cerebro funciona como una montaña rusa a través de las diferentes etapas del sueño: comienza en la fase 1, después pasa a la fase 2, luego a la fase 3, luego a la 4 para volver a la fase 3, después a la fase 2 y por último a la fase REM. Luego el ciclo vuelve a empezar y se repite unas 5 veces a lo largo de las 8 horas de sueño.

### 2.3.2. Soñando...

Si tenemos en cuenta que soñamos durante la fase REM y que en una noche entramos, de media, 5 veces en esta fase, tenemos 5 sueños cada noche y ¡en un año tendremos 1.825 sueños! ¡Una persona de 75 años habrá tenido 136.875 sueños.

### Propuesta de actividad 6:

#### “Diario de sueños”

La mejor técnica para recordar los sueños que hemos tenido durante la noche es escribirlos nada más despertarnos.

Podemos proponer a los alumnos una tarea a largo plazo (una semana, un mes...). Cada mañana, al despertarse, deberán sentarse frente a una ficha en blanco (se adjunta ficha). Poco a poco, irán recordando los sueños que han tenido durante esa noche y los irán anotando.

A worksheet titled "DIARIO DE SUEÑOS" with a header and instructions. The instructions ask the student to write the date and time of waking up, and to record the dream as soon as they wake up. The worksheet is divided into two columns, each with three horizontal lines for writing.

Ficha 2: “Diario de Sueños”

Este ejercicio servirá para que los alumnos creen un archivo de sus sueños, su “Diario de Sueños”. Verán cómo van evolucionando en lo que a recordarlos se refiere. También podrán analizar si alguno de sus sueños se repite, si alguno les parece muy raro, etc. Aunque la actividad de clase llegue a su fin, podemos recomendarles que sigan realizando esta tarea por su cuenta, ya que un archivo de sueños es un gran recuerdo.

**IMPORTANTE:** Este trabajo será personal. Es importante que sepan que, en ningún caso, vamos a corregir o evaluar sus sueños, ni les vamos a pedir que los presenten en clase. Lo único que pediremos es que realicen la tarea.

### Propuesta de actividad 7:

#### “Compara cómo sueñas”

A continuación proponemos una lista de preguntas sobre sueños. Los alumnos deberán rellenarlas y, posteriormente, se realizará una puesta en común en clase para comprobar que los sueños de todos nosotros, no son tan diferentes (o sí). Se adjunta ficha.

A worksheet titled "COMPARA COMO SUEÑAS" with a header and instructions. The instructions ask the student to answer the following questions and compare their answers with those of their classmates. The questions are:  
1. ¿Sueñas en color?  
2. ¿Pasa el poco de tiempo en los sueños?  
3. ¿Sueñas emocionado? (¿Te han matado, golpe, ahogado, etc...?)  
4. ¿Cuántos sueños puedes recordar por la mañana?  
5. En diferentes sueños, ¿se repiten los personajes, lugares y objetos que sueñas?  
6. ¿Crees que los sueños de dentro o fuera de ti que sueñas?  
7. ¿Sueñas los sueños que terminan mucho tiempo? ¿Cuánto tiempo?  
8. ¿Has tenido el mismo sueño más de una vez?  
9. ¿Sueñas mejor los sueños cuando te despiertas tu solito o cuando alguien te despierta, al despertarse con la alarma?  
10. ¿Crees que los sueños son similares o diferentes a los del resto de tus compañeros y compañeras de clase? Compara tus respuestas en la puesta en común.

Ficha 3: “Compara tus sueños”

## 2.4. DEPORTE

### 2.4.1. Aprendizaje del deporte

Aprender habilidades motoras supone una compleja relación entre el cuerpo y el cerebro. Mientras el cuerpo aprende un movimiento concreto por medio de una constante repetición y práctica, el cerebro también aprende. Cada nivel de la habilidad que se está aprendiendo es almacenado en un área diferente mientras el cerebro continúa aprendiendo. Una vez que la actividad ya ha sido controlada, el deportista encuentra maneras de hacer que el cerebro recuerde todo lo que ha ido aprendiendo a lo largo de su entrenamiento.

En el caso de las personas que practican deporte, las áreas cerebrales dedicadas (entre otras) a una tarea concreta se desarrollan más que en otras personas que no realizan dicha tarea. Podemos poner algún ejemplo de otros ámbitos de la vida, por ejemplo las zonas cerebrales dedicadas a mover los dedos de la mano están más desarrolladas en los músicos, o la zona encargada del movimiento del pulgar derecho está muchísimo más desarrollada hoy en día que hace unos años debido que es el dedo que se usa para escribir mensajes cortos (sms) en el teléfono móvil.

Vemos que el uso intensivo o continuado de los circuitos cerebrales favorece su mantenimiento pero también produce una expansión de los mismos: cuantas más veces se realiza una tarea, más neuronas se van dedicando a ella, por lo que la tarea se va perfeccionando, obteniendo cada vez mejores resultados (como los músicos que ya hemos mencionado). Este proceso se llama “reclutamiento”, lo que va produciendo la expansión de diversas áreas cerebrales. Evidentemente, esta expansión es posible porque otras áreas menos utilizadas disminuyen su tamaño, ya que en la edad adulta el cerebro, en su totalidad, no crece, lo que ocurre es una especialización.

### 2.4.2. Beneficios cerebrales del ejercicio

Se podría decir que el deporte nos hace más listos, pero para que esto sea cierto, el ejercicio debe modificar la estructura cerebral de alguna manera. Pero, ¿lo hace?

Siempre se ha recurrido a “Mens sana in corpore sano” para relacionar el ejercicio o el buen estado físico con la buena salud mental, pero hasta no hace mucho, no se habían realizado demasiadas investigaciones sobre esta relación. Hasta hace poco, se pensaba que los beneficios que el ejercicio físico producía en el cerebro se limitaban al aumento del flujo sanguíneo,

consiguiendo así que las células estén mejor oxigenadas y alimentadas. Esto es correcto, pero no es el único efecto.

El hacer ejercicio causa el aumento de la producción de factores neurotróficos (o neurotrofinas), que son unas proteínas que inducen la supervivencia, el desarrollo y el funcionamiento de neuronas. Más concretamente, el deporte estimula la secreción de la proteína BDNF (Brain-derived neurotrophic factor, en inglés, o factor neurotrófico derivado del cerebro, en castellano).

Pero ¿qué hay en el deporte para que estimule el BDNF? Cuando hacemos deporte se segrega IGF-1 (un factor de crecimiento) que llega al cerebro a través de la sangre y facilita la producción de BDNF. Este aumento favorece la salud cognitiva (potencial del cerebro para desarrollarse), lo que convierte al deporte en una terapia preventiva ante las enfermedades neurodegenerativas. De todas maneras, estos beneficios son temporales y no son inmediatos, es decir, debemos ser constantes en el ejercicio para notarlos, de lo contrario, los beneficios desaparecen.

La producción del IGF-1 también es estimulada a partir de la hormona de crecimiento o GH (principal responsable del crecimiento del cuerpo), que es liberada a la sangre tras la realización de ejercicio. Este proceso hace que aumente el tamaño del músculo.

Ya que el ejercicio protege al cerebro de las enfermedades neurodegenerativas, podemos decir que la vida sedentaria de las sociedades modernas es un claro factor de riesgo a la hora de poder llegar a sufrirlas. Pero no debemos alarmarnos demasiado, no es necesario ser un deportista de élite para gozar de una buena salud física y mental. El andar distancias cortas en lugar de hacerlas en coche o el autobús, el subir las escaleras andando en lugar de utilizar el ascensor... se consideran actividad física. Lo realmente importante es huir de la vida sedentaria.

*\*Es un buen momento para transmitir a los alumnos la importancia de realizar ejercicio. Para ello, la práctica de algún deporte que les guste es la mejor opción.*

La necesidad de ejercicio se debe a que el cuerpo humano está diseñado para mantener una actividad física constante, que para el hombre de hoy en día puede considerarse muy elevada: correr, brincar, trepar, etc. durante muchas horas al día. La fisiología humana se ha desarrollado para cubrir estas necesidades físicas, y más aún, las requiere. Mientras que nuestros hábitos han cambiado en poco menos de un siglo, nuestra fisiología sigue siendo la misma. En resumen, el cuerpo humano necesita la actividad física

para mantener una serie de funciones básicas, entre las que se encuentra el mantener la salud de nuestras neuronas.

### 2.4.3. Ejercicio coordinado

Pero el mover todo el cuerpo mientras se realiza ejercicio requiere una activación cerebral generalizada, ya que además de mover los músculos de forma coordinada también se debe aumentar el flujo sanguíneo, el consumo de glucosa, la respiración, el ritmo cardíaco, etc., todos estos, procesos regulados por diferentes partes del cerebro.

#### **Propuesta de actividad 8:**

##### **“¡Ejercita tu cerebro!”**

Este es un buen punto para que los alumnos realicen una “tormenta de ideas” sobre las funciones cerebrales que se realizan a la hora de practicar deporte.

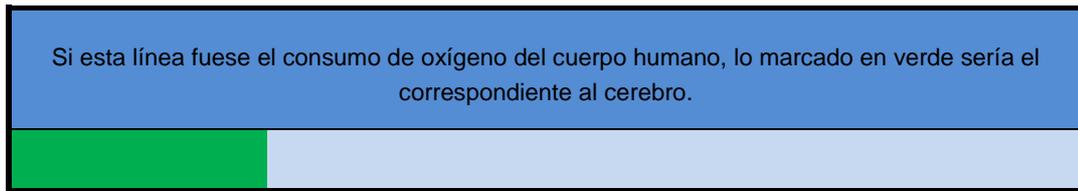
Por ejemplo, se puede proponer a toda la clase que vayan diciendo las actividades y funciones que se realizan mientras se realiza un deporte de grupo como, por ejemplo, el baloncesto. Iremos escribiendo en la pizarra las respuestas que los alumnos vayan aportando. En este caso concreto participan el tacto, la vista, la rapidez de movimiento, la organización del plan de ataque, interacciones sociales, emociones, soluciones a problemas, estrategias de equipo, etc. entre otras.

También puede realizarse la misma actividad pero organizando a la clase en grupos. Cada uno será responsable de analizar el mayor número de acciones que se activan al realizar el deporte elegido.

Se pueden plantear tantos ejemplos como se quieran y, dependiendo del nivel de los alumnos, se puede profundizar más o menos, llegando incluso a relacionar las funciones con la zona del cerebro que las controla.

## 2.5. ALIMENTACIÓN

Igual que el coche necesita gasolina, aceite, líquido de frenos y otros materiales para funcionar correctamente, el cerebro también necesita compuestos específicos para cumplir sus funciones. Además de vitaminas, minerales y otros compuestos químicos, el cerebro necesita su propia gasolina que es la GLUCOSA. Recordemos que:



Gráfica 3: Consumo de oxígeno del cerebro con respecto al consumo total del cuerpo.

La glucosa se obtiene, sobre todo, ingiriendo hidratos de carbono, pero también se puede obtener glucosa de otros alimentos. Pero además de la glucosa, el cerebro debe producir las proteínas y grasas necesarias para poder crear nuevas conexiones o añadir mielina a los axones. Esto se consigue ingiriendo alimentos ricos en proteínas y grasas y utilizando como material de construcción los componentes básicos de éstos, que son los aminoácidos y los ácidos grasos respectivamente. Sin el correcto equilibrio de estos ladrillos para la construcción, el cerebro no funcionará correctamente, tanto la escasez como la sobreabundancia de los nutrientes necesarios afectan al sistema nervioso.

### 2.5.1. La dieta y los neurotransmisores

Algunos alimentos contienen precursores (materiales de inicio) para la síntesis de algunos neurotransmisores. Si una dieta es deficiente en algunos de estos precursores, el cerebro no será capaz de producir ciertos neurotransmisores, y si el balance de éstos se pierde pueden ocurrir desórdenes neurológicos y mentales.

Éstos son algunos de los precursores de neurotransmisores y los alimentos en los que los podemos encontrar:

- Ácido aspártico, para crear **aspartato**. En cacahuetes, patatas, huevos y grano.
- Colina, para crear **acetilcolina**. En huevos, hígado y soja.
- Ácido glutámico, para crear **glutamato**. En harina y patatas.
- Fenilalanina, para crear **dopamina**. En remolacha, soja, almendras, huevos, carne y grano.
- Triptófano, para crear **serotonina**. En huevos, carne, leche desnatada, plátanos, yogur, leche y queso.
- Tirosina, para crear **norepinefrina**. En leche, carne, pescado y legumbres.

*\*Aprovecharemos para recordarles que una dieta saludable es imprescindible y que aunque haya alimentos que no nos gusten es importantísimo que los comamos para que nuestro cerebro se desarrolle como debe. Podemos decirles aquello de...*

**¡Come variado y equilibrado y... comerás sano!**

### 2.5.2. Malnutrición

La mala alimentación, tanto insuficiente como sobreabundante, causa diversos efectos en nuestro cuerpo y, por tanto, en nuestro cerebro. Una dieta equilibrada nos permite estar sanos física y mentalmente.

Debido a que, como ya hemos mencionado, el desarrollo del cerebro empieza en el vientre materno, una buena alimentación durante el embarazo es incuestionable. El cerebro de un feto humano crece muy rápidamente entre la décima y la decimoctava semana de embarazo, y también lo hace el de un niño alrededor del segundo año de vida. Una mala alimentación durante estos periodos puede tener efectos devastadores en el sistema nervioso y puede afectar no solo a las neuronas sino también al desarrollo y crecimiento de las células gliales. Los efectos en éstas últimas pueden hacer cambiar el desarrollo del recubrimiento mielínico durante varios años tras el nacimiento.

### 2.5.3. Conexión entre nutrición y comportamiento cerebral

El estudio de cómo la alimentación afecta al cerebro y al comportamiento es relativamente nuevo. Los científicos no han hecho más que empezar a entender cómo los cambios en ciertos nutrientes alteran el cerebro y, en consecuencia, estos cambios neurales afectan a la inteligencia, humor y comportamiento de las personas.

## 2.6. ADICCIÓN

### 2.6.1. Alimentos adictivos

#### Chocolate



Cuando hablamos de alimentos que causan adicción viene a nuestra mente, sobre todo, el chocolate. Evidentemente, no supone un problema de adicción (generalmente) como los que causan las drogas, pero algunas de las sustancias que contiene afectan a nuestro cerebro de la misma manera que lo hacen compuestos químicos presentes en ellas. Las sensaciones placenteras, o no, derivadas del consumo de drogas se deben a cambios ocurridos en el cerebro como consecuencia de la llegada de estas sustancias al sistema nervioso.

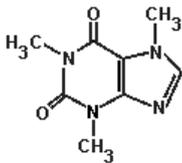
### ¿Qué tiene el chocolate que lo convierte en irresistible?

El chocolate tiene más de 300 sustancias conocidas, algunas de ellas actúan de una manera similar a la que lo hace el THC (o tetrahidrocannabino, la sustancia química activa del cannabis). El chocolate activa algunos de los receptores que también activa el THC, haciendo aumentar la producción de dopamina. Ésta, al estar relacionada con el centro del placer del cerebro causa taquicardia e hipertensión, entre otros efectos. De todas maneras, para alcanzar los mismos efectos que causa el cannabis, una persona de 60 kg debería comer 11 kg de chocolate de una sentada.

También encontramos cafeína en el chocolate, junto con otras sustancias excitantes de la misma familia. Éstas producen un fuerte ritmo cardíaco además de activar el estado de alerta. De todas maneras, al igual que en el caso anterior, la cantidad de chocolate que habría que ingerir para igualar los efectos producidos por una taza de café nos causaría un fuerte dolor de estómago.

La feniletilamina es una sustancia relacionada con las anfetaminas y también está presente en el chocolate causando, a quien lo consume, un aumento de la presión sanguínea y una situación de alerta. La feniletilamina también recibe el nombre de la “droga del amor”, ya que aumenta el ritmo cardíaco, como cuando las personas se enamoran.

### Cafeína. Efectos en el sistema nervioso



La podemos llamar 3,7-dihidro-1,3,7-trimetil-1H-purina-2,6-diona o 1,3,7-trimethylxantina, pero realmente estamos hablando de la cafeína que es, probablemente, la “droga” más popular del mundo. La consumimos en forma de café, té, cacao, chocolate, algunas otras bebidas (como las bebidas refrescantes de cola) y algunas drogas.

Las principales fuentes de cafeína son la vaina de la planta del café y la hoja de té. Ambas plantas tienen un aroma muy característico, paradójico si tenemos en cuenta que la cafeína pura es totalmente inodora, aunque su sabor es amargo.

La cafeína es un estimulante del sistema nervioso central (SNC). En dosis moderadas la cafeína puede aumentar el nivel de alerta, reducir la coordinación motora, causar insomnio y dolores de cabeza, nerviosismo y vértigos o mareos.

En dosis masivas la cafeína es letal. Se ha calculado que una dosis fatal de cafeína es de alrededor de 10 gramos (170 mg por kg de peso corporal), similar a beber 100 tazas de café una tras otra, algo nada fácil de hacer.

La cafeína entra en el torrente sanguíneo a través del estómago y el intestino delgado y sus efectos neurológicos se empiezan a notar a los 15 minutos de haber sido consumida. Una vez que está en el interior del cuerpo la cafeína lo recorre durante horas.



Pertenece al grupo químico de las xantinas. La adenosina es una xantina natural del cerebro y se usa como neurotransmisor en algunas sinapsis. Un efecto de la cafeína es que interfiere con el proceso de la neurotransmisión de la adenosina a varios niveles y en múltiples lugares del cerebro. También actúa en otras partes de la anatomía aumentando el ritmo cardíaco, constriñendo los vasos sanguíneos, relajando los pasos del aire para facilitar la respiración y facilitando la contracción de algunos músculos.

Algunos estudios demuestran que la cafeína causa dependencia física. Una manera de saber si alguien “necesita” una taza de café o una botella de cola es eliminarla de su alcance y ver si desarrolla algún síntoma de abstinencia. Los típicos síntomas de la abstinencia de cafeína son el dolor de cabeza, la fatiga y el dolor muscular. Estos pueden ocurrir en las siguientes 24 horas tras la última dosis ingerida. Un estudio ha situado el consumo mínimo de cafeína que causa dependencia en 4 tazas diarias, aunque no existe un acuerdo total entre los investigadores.

*\*Quizá alguno de los alumnos sea un gran consumidor de café o refrescos de cola (Coca Cola, Pepsi Cola, etc.) y quizá, aunque no llegue a los niveles de adicción, pueda comenzar a considerar una reducción de la cantidad que ingiere.*

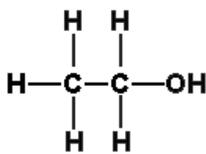
### 2.6.2. Algunas drogas

La mayoría de las drogas afectan al sistema nervioso central (SNC) actuando sobre algún neurotransmisor, sobre todo la dopamina. Generalmente, las drogas, influyen en alguna de las etapas del proceso de neurotransmisión de la dopamina haciendo que sus niveles aumenten. Debido a que ésta está involucrada en el comportamiento, la motivación y las experiencias recompensantes, entre otros, las alteraciones de la dopamina son las responsables de las sensaciones causadas por las drogas (ver página 28, “Dopamina”). Pero algunas drogas, además de causar la liberación de dopamina, también inducen la liberación de endorfinas y endocannabinoides.

Aunque el consumo de drogas induzca la liberación de dopamina, la drogadicción crónica conlleva una reducción en la liberación de este neurotransmisor. Este cambio parece causar una pérdida de intensidad en las respuestas a las recompensas naturales, como la comida, el sexo y las interacciones sociales, que dependen de las mismas áreas cerebrales.

*\*Este apartado se puede dirigir de manera que conozcan los riesgos reales que el consumo de estas sustancias conlleva. No pretendemos decirles lo que tienen o no tienen que hacer, pero sí queremos que sean, de alguna manera, conscientes de los riesgos que algunas actitudes y algunos hábitos suponen.*

### Alcohol



Puede que el alcohol sea la droga conocida más antigua. Durante miles de años, se han utilizado grano fermentado, zumos de fruta y miel para hacer alcohol (alcohol etílico o etanol). La producción de productos que contienen alcohol se ha convertido en una gran industria en la sociedad de hoy en día y las enfermedades procedentes del consumo y del abuso de alcohol son un gran problema.

### Efectos del alcohol en el sistema nervioso

El alcohol es un depresor del SNC y factores como la edad, el género, la condición física, la dieta y el consumo de medicinas u otras drogas influyen en sus efectos.

En bajas dosis, produce efectos relajantes, reduce la tensión, desinhibe, hace perder la concentración, ralentiza los reflejos, disminuye el tiempo de reacción a los estímulos externos y reduce la coordinación. En medias dosis, dificulta el habla, altera las emociones y causa somnolencia. Y en dosis altas, además de todo lo anterior, produce vómitos, dificultades en la respiración, inconsciencia y hasta coma.

Como hemos mencionado, el alcohol actúa como depresor del sistema nervioso. Sus efectos se aprecian en muchas partes de la anatomía, incluyendo la espina dorsal, el cerebelo y la corteza cerebral, además de en los sistemas de neurotransmisores.

La rapidez de sus efectos se debe a que el alcohol es una molécula liposoluble (soluble en lípidos) e hidrosoluble (soluble en agua), llega muy rápidamente al torrente sanguíneo y cruza la barrera hematoencefálica (barrera entre torrente sanguíneo y encéfalo).

Algunos de los efectos neuroquímicos del alcohol son el aumento de la acción de la norepinefrina (o noradrenalina) y de la dopamina, el descenso de

la transmisión de los sistemas de acetilcolina, aumento de la producción de endorfinas en el hipotálamo, etc. (ver página 26, “Tipos de neurotransmisores”).

Los bebedores crónicos pueden llegar a convertirse en dependientes y adictos al alcohol y pueden sufrir problemas neurológicos adicionales. Algunos síntomas típicos de retirar el alcohol a una persona adicta a éste son los temblores, problemas de insomnio y náuseas. Algunos síntomas más severos incluyen alucinaciones e incluso ataques.

El uso crónico del alcohol puede causar daños en los lóbulos frontales y la reducción del tamaño medio del cerebro. Además puede llevar al alcoholismo (adicción al alcohol) y resultar en intolerancia a los efectos del alcohol y una gran variedad de problemas de salud. Causa deficiencia de vitaminas porque el sistema digestivo de personas alcohólicas es incapaz de absorber vitamina B1 (tiamina) y, consecuentemente, puede desarrollarse un síndrome conocido como “Encefalopatía de Wernicke”. Este síndrome está caracterizado por problemas de memoria, confusión y falta de coordinación. Mayores deficiencias de tiamina llevan al “Síndrome de Korsakoff”, un desorden caracterizado por amnesia, apatía y desorientación.

### *Alcohol y actividades de riesgo*

Todos estos efectos que produce el alcohol en el sistema nervioso son, evidentemente, totalmente incompatibles con la conducción de vehículos y cualquier otro tipo de actividad que conlleve un peligro, como puede ser la realización de deportes de riesgo o la utilización de maquinaria peligrosa en el trabajo.

Es un hecho que el alcohol causa disminución de reflejos, sensación de ausencia de riesgo, desinhibición, etc. Debemos ser capaces de controlar todos estos riesgos evitando realizar cualquier actividad de riesgo si estamos bajo los efectos del alcohol o evitando que alguna otra persona que no esté en estado adecuado realice alguna de estas actividades.

### *Consecuencias del consumo de alcohol durante el embarazo*

Durante el embarazo, cada vez que la madre bebe alcohol el feto, que se está desarrollando en su interior, recibe una dosis que interfiere en su desarrollo cerebral. La exposición del cerebro del feto al alcohol puede dañar el desarrollo del cuerpo calloso (la mayor conexión entre los dos hemisferios cerebrales), puede reducir el tamaño de los ganglios basales y dañar el cerebelo y la corteza cerebral.

Los niños cuyas madres han consumido alcohol durante el embarazo pueden presentar cabezas y cerebros más pequeños, algún tipo de retraso mental, mala coordinación, hiperactividad o rasgos faciales diferentes, entre otros.

#### Tabaco. Efectos de la nicotina en el sistema nervioso

Lo que hace que el tabaco sea adictivo es la nicotina, que se encuentra en el alquitrán que contiene el tabaco. Al fumar, esta mezcla de nicotina y alquitrán llega a los pulmones, donde la nicotina es rápidamente absorbida y alcanza el cerebro en cuestión de segundos.



Fumar puede resultar estimulante o relajante, dependiendo del humor de la persona y de la dosis de nicotina “consumida”. Además de estimular el SNC, también actúa en el sistema nervioso periférico (SNP) causando un aumento del ritmo cardíaco y de la presión arterial y haciendo que la respiración sea más rápida.

Realmente no está del todo claro por qué causa adicción y dependencia la nicotina, pero parece que los caminos que utiliza la dopamina se ven afectados por la nicotina, lo que puede ser la razón de sus propiedades adictivas.

Los síntomas de abstinencia que sufren las personas que intentan dejar de fumar son la ansiedad, la depresión, dolores de cabeza y fatiga.

#### Marihuana (*Cannabis sativa*). Efectos en el sistema nervioso



La marihuana es una de las drogas ilegales más consumidas en el mundo. Proviene de la planta llamada *Cannabis sativa* y el compuesto químico que altera el estado de conciencia es el delta-9 tetrahidrocannabinol o THC.

El THC actúa en los receptores de cannabinoides de varias neuronas situadas en varias partes del cerebro. Estas zonas están involucradas en la memoria (el hipocampo), la concentración (corteza cerebral), la percepción (zonas sensoriales de la corteza cerebral) y el movimiento (el cerebelo y la corteza cerebral motora). Cuando el THC activa los receptores de cannabinoides interfiere en el funcionamiento normal de estas áreas.

En bajas dosis la marihuana produce relajación, disminución de la coordinación, bajada de la presión arterial, sueño, disminución de la atención y alteración del sentido del tiempo y el espacio. En mayores dosis puede causar alucinaciones, pérdida de memoria y desorientación.

El cerebro tiene su propio THC, se llama anandamida (de la misma manera que la endorfina es la morfina del cerebro), aunque los científicos todavía no conocen su función en el cerebro.

El tema de si la marihuana puede causar adicción es controvertido, así como si ésta causa anormalidades en el cerebro a largo plazo.

### Cocaína

La cocaína se extrae de una planta llamada *Erythroxylon coca* y actúa como anestésico local y como estimulante del SNC.

#### *Un poco de historia*

Los primeros exploradores españoles que llegaron a América del Sur apreciaron cómo los nativos eran capaces de luchar sin fatiga masticando hojas de coca, razón por la cual, ya en el siglo XVI, se publicó un artículo médico que trataba sobre la planta de la coca. Más tarde, en el siglo XIX, se aisló la cocaína de esta planta y se describió el efecto anestésico de la droga. Más tarde se descubrió que causaba adicción.



#### *Efectos de la cocaína en el sistema nervioso*

Los efectos de una dosis de cocaína tardan pocos segundos en aparecer, sensaciones de euforia, excitación, disminución del hambre y de fuerza y poder se apoderan de la persona.

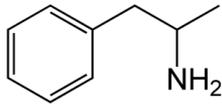
Tras estos primeros efectos, que duran alrededor de una hora, los consumidores entran en un pequeño periodo más “depresivo”, lo que causa ganas de consumir más, razón por la que se puede llegar a la adicción. La abstinencia de la cocaína causa depresión, ansiedad y paranoia mientras que el adicto tiende a sufrir periodos de gran cansancio y puede dormir durante muchas horas. Un consumo habitual de cocaína puede producir mareos, dolores de cabeza, problemas de movimiento, ansiedad, insomnio, depresión e incluso alucinaciones.

Esta droga afecta al SNP pudiendo causar un aumento de la presión arterial que podría resultar en hemorragias cerebrales. La constricción de los vasos sanguíneos cerebrales puede causar ataques. Además, una sobredosis de cocaína puede desencadenar problemas respiratorios y cardíacos que pueden causar la muerte.

También actúa en el SNC bloqueando la recaptación de la dopamina, la norepinefrina (noradrenalina) y la serotonina, además de facilitando la

expulsión de dopamina. Por tanto, estos neurotransmisores permanecen en el espacio sináptico durante más tiempo del debido.

### Anfetaminas. Efectos en el sistema nervioso



Las anfetaminas son drogas como la dextroanfetamina, benzedrina y ritalina.

Originalmente las anfetaminas se desarrollaron para tratar el asma (se utilizaba la efedrina), desórdenes del sueño como la narcolepsia y la hiperactividad. En China la planta *Ephedra vulgaris* se ha usado durante siglos para tratar el asma en personas y es un hecho que la planta funciona, y es que contiene efedrina. En 1932 se comercializó la efedrina sintética, que se vendía sin ningún tipo de receta hasta 1954. Durante la Segunda Guerra Mundial se suministraba anfetaminas a los soldados y a los pilotos para mantenerlos alerta y eliminar la fatiga.

Las anfetaminas son estimulantes del SNC y de parte del sistema nervioso periférico. El mayor efecto de las anfetaminas es que aumenta la actividad sináptica de los sistemas de neurotransmisión de la dopamina y la norepinefrina.

Las anfetaminas pueden causar la liberación de dopamina en los terminales de los axones, pueden bloquear la recaptación de la dopamina, inhibir su almacenamiento en vesículas e inhibir su destrucción enzimática. Todas estas acciones resultan en una mayor cantidad de dopamina en el espacio sináptico, donde ésta actúa con los receptores.

El consumo de anfetaminas causa adicción así como síndrome de abstinencia (en el caso de parón repentino del consumo), este último caracterizado por fatiga y depresión severa. El consumo de anfetaminas, además, puede causar una intolerancia a sus efectos, siendo necesario consumir cada vez más cantidad para apreciar sus consecuencias.

Los efectos a corto plazo que producen las anfetaminas son: aumento del ritmo cardíaco y de la presión sanguínea, reducción del apetito, dilatación de las pupilas, sensación de felicidad y poder y reducción de fatiga. Los efectos a largo plazo, por el contrario, son el insomnio y la incapacidad de descanso, psicosis paranoide, alucinaciones, comportamiento agresivo y violento, pérdida de peso y temblores.

## 2.7. BOSTEZOS, RISAS Y MÁS (LAS NEURONAS EN ESPEJO)

### **Ejemplo práctico 2:**

#### **“Entre bostezos y...”**

Antes de comenzar a tratar este tema, es conveniente poner a la clase en situación. Podemos empezar bostezando a propósito, de una manera discreta y disimulada al principio (para que no se note que estamos fingiendo) y más exagerada después. Observaremos que en seguida más de un alumno se habrá unido al bostezo de manera totalmente inconsciente. Es el momento de lanzar la pregunta: “¿Os aburrís?” Estamos listos para comenzar.



Existen muchos vídeos en “YouTube” cuya finalidad es contagiar el bostezo a los espectadores así como la risa. Es un buen recurso para comprobarlo.

Los bostezos, son acciones claramente contagiosas, como también lo es la sonrisa. Cuando vemos a alguien bostezar sabemos, a ciencia cierta, que nosotros también acabaremos haciéndolo. Incluso cuando simplemente hablamos de bostezos, también nos entran ganas de hacerlo. ¡Seguro que las ganas de bostezar ya andarán rondando...! Solo con ver imágenes o con hablar del tema ya estarán llegando las ganas. Y cuando todos bostezamos al mismo tiempo acabamos sonriendo o echándonos a reír, ¿a que sí? Estas acciones, el bostezo y la sonrisa o la risa, son acciones que nos hacen sentir bien y, por tanto, acciones de las que nos dejamos contagiar. Pero no todas las acciones o sensaciones de las que nos contagiamos son agradables. La empatía, o la capacidad de ponernos en la piel de otra persona, se basa en los mismos mecanismos y no siempre nos hace sentir bien.

Estos mecanismos son unas neuronas especiales llamadas “neuronas en espejo”. Sabemos que se activan cuando una persona, o un animal, realiza la misma actividad que está observando ejecutar por otro individuo. Estas neuronas imitan la acción observada.

Las “neuronas en espejo” son realmente importantes para nuestro comportamiento social. Como ya hemos mencionado, somos seres empáticos y esto sucede, principalmente, gracias a ellas. Son imprescindibles para comprender las acciones realizadas (y quizás sentidas) por otras personas y para aprender nuevas habilidades por imitación. Hay personas con gran

capacidad de sentir lo que siente la persona con quien están interactuando. Así, si la persona que tienen enfrente se siente alegre ellas se sentirán igual, de la misma manera que sentirán la tristeza en el caso de que la otra persona se sienta deprimida. Por el contrario, parece ser que algunas disfunciones en el sistema de estas neuronas pueden ser causantes de algunos tipos de autismos en los que las personas no son capaces de apreciar los matices, tanto del lenguaje verbal como del corporal.

### 2.7.1. El bostezo

Aunque asociamos el bostezar a la somnolencia y el aburrimiento, su función parece ser la de espabilarnos. Los bostezos causan una expansión masiva de la faringe y de la laringe, permitiendo que grandes cantidades de aire entren en los pulmones, la sangre se oxigena y hace que estemos más alerta. El estado de alerta es vital para la supervivencia, lo que puede que ésta sea una de las razones por las que esta acción es contagiosa.

### 2.7.2. La risa

Ya que hemos mencionado la risa, hablemos un poco más de ella, aunque no lo hagamos desde el punto de vista neuronal.

#### Reír es gracioso...pero ¿por qué lo hacemos? ¿Qué parte es la responsable de la risa y el humor?

No hay muchas respuestas al respecto, porque la risa no supone un problema clínico y, por tanto, no se ha estudiado de la misma manera que otras acciones. La gente no va al médico por reírse y sentirse bien.

Todo el mundo sonríe y se ríe. Hasta los monos y simios tienen expresiones faciales similares a la sonrisa humana. Es posible que los hechos de sonreír, reír y hacer cosquillas se utilicen para crear lazos entre bebés y padres. Cuando un padre hace cosquillas a su hijo éste responde con una sonrisa o risa y el padre también ríe o sonríe (gracias a las “neuronas en espejo”). De esta manera, los padres e hijos llegan a conocerse mutuamente y el hijo aprende observando y respondiendo al progenitor. ¡Una feliz manera de aprender!

#### ¿Por qué no nos podemos hacer cosquillas a nosotros mismos?

Las cosquillas nos provocan la risa, pero si intentamos hacernos cosquillas a nosotros mismos, incluso de la misma manera que otra persona nos las haría, no nos reímos, no las sentimos. ¿Por qué?

La información que se envía a la espina dorsal y al cerebro es la misma pero, aparentemente, para que las cosquillas funcionen, el cerebro necesita

tensión y/o sorpresa. Cuando uno se intenta hacer cosquillas a sí mismo sabe exactamente lo que va a pasar, por lo que no hay tensión y mucho menos sorpresa. De todas maneras, por muy preparados que estemos para que alguien nos realice cosquillas, aunque no nos pille de sorpresa, también solemos sentir las. Lamentablemente la manera en la que el cerebro utiliza la información sobre esta tensión y sorpresa es un misterio, pero parece haber alguna prueba de que el cerebelo pueda estar involucrado.

**Ejemplo práctico 3:**

**“¡Cosquillas!”**

Podemos proponer a los alumnos que intenten hacerse cosquillas a sí mismos. Seguramente, ninguno obtendrá efecto alguno. A continuación, les pediremos que se las hagan los unos a los otros, las consecuencias serán diferentes ahora.

**¿Es la risa una buena medicina?**

El estudio fisiológico de la risa tiene nombre propio: “gelotología”. Los estudios muestran que la risa es mucho más que la voz y el movimiento de una persona.

- Reír requiere coordinación de muchos músculos de todo el cuerpo.
- Aumenta la presión sanguínea.
- Incrementa el ritmo cardíaco.
- Produce cambios en la respiración.
- Reduce los niveles de ciertas sustancias neuroquímicas (hormonas...)
- Estimula el sistema inmune.

¿Puede la risa mejorar la salud? Puede ser una buena manera de relajarse porque la tensión muscular disminuye tras reír. En algunos casos, una buena sesión de risa ha ayudado a mejorar problemas respiratorios limpiando las vías de mucosa y ayudando a la ventilación. Reír también podría ayudar a pacientes cardíacos dando al corazón un poco de trabajo extra. De hecho, algunos hospitales tienen sus propias “salas del humor”.

Pero reír no es siempre una buena medicina. Hay algunos pocos casos en los que la risa ha causado ataques al corazón o derrames. Inmediatamente después a una operación abdominal la gente no debe reír por riesgo a que algún punto de la cicatriz se desprenda. También hay que tener especial cuidado con pacientes con costillas rotas.

La manera en la que reír afecta al sistema nervioso y al resto del cuerpo no se comprende totalmente. Una nueva área de la neurociencia llamada psiconeuroinmunología estudia las interacciones entre el cerebro y el sistema inmune, combinando métodos y técnicas de psicología, neurociencia e inmunología.

## **2.8. RELACIONES SOCIALES: AMOR, CARIÑO, AMISTAD Y MÁS**

### **2.8.1. Factores que intervienen en las relaciones sociales**

Las emociones intervienen en todos los tipos de relaciones sociales. Los causantes de éstas son varios.

#### **La oxitocina**

Un abrazo prolongado, señal de amor o, cuanto menos, de cariño o amistad, induce la secreción de oxitocina. Recordemos que la oxitocina es una hormona que también actúa como neurotransmisor y que está involucrada en las relaciones sociales positivas y en el deseo sexual y estrechamente ligada al parto y a la lactancia, facilitando, en todos los casos, la creación de lazos de confianza.

#### **Las neuronas en espejo**

Como ya hemos mencionado en el apartado anterior, dedicado a los bostezos y la risa, las neuronas en espejo son aquellas por las cuales imitamos acciones que realizan otras personas y que son responsables de la empatía.

Por esta razón, el funcionamiento de estas neuronas también es aplicable a relaciones cercanas entre personas. Generalmente, si una persona cercana, como puede ser un familiar o alguien a quien queremos de una forma u otra, se siente bien o feliz, nosotros también nos sentimos de esa manera. La felicidad de nuestros allegados también nos hace sentir. Pero ocurre lo mismo en los casos en los que los sentimientos no son positivos, los estados de tristeza o desánimo también son contagiosos.

#### **El sistema límbico**

El sistema límbico es la parte emocional del cerebro. Esta parte se activa considerablemente al ver imágenes de alguien de quien estamos enamorados, creando gran sensación de bienestar. En estos casos, además de activarse el sistema o circuito límbico, las partes del cerebro relacionadas con la tristeza, el miedo o la agresión se tornan menos activas. Es por todo esto que el amor nos hace felices pero también audaces y tiernos.

En los casos de rupturas amorosas, se activan las mismas partes del cerebro que en los casos de enamoramiento, además de otros circuitos relacionados con la ira y el estrés.

### 2.8.2. Amor y amores

“El amor es un conjunto de impulsos eléctricos y señales químicas entre neuronas de regiones cerebrales vinculadas a la necesidad de conseguir un beneficio”. Esta es, realmente, una definición poco romántica del amor... A algunos no nos apetece creérnosla.

Cuando hablamos de amor, podemos hablar de varios tipos de amor; existe el amor maternal, el amor familiar, el amor romántico, el amor para con los congéneres, el amor religioso, etc. Algunas culturas tienen más de diez palabras diferentes para referirse al amor y los poetas y algunos letrados de canciones encuentran la manera de escribir a los miles de aspectos del amor.

Pero, ¿qué pasa en nuestro cerebro cuando nos enamoramos? ¿Qué es lo que sucede durante la montaña rusa de euforia y desesperación que supone el enamorarse? El amor ha sido definido como un estado patológico del cerebro, se puede decir que muestra similitud con volverse levemente “loco” o con sufrir desórdenes obsesivo-compulsivos. Estas definiciones se basan en los cambios de conducta que tienen lugar cuando se experimenta el amor. La persona de la que estamos enamorados se convierte en algo parecido a una obsesión, nuestra vida gira en torno a ella. Todo es, a primera vista, bonito, pero también pueden darse síntomas físicos no tan agradables, como pueden ser el cosquilleo en el abdomen, la sudoración, las náuseas o el insomnio, síntomas, todos ellos, que se apaciguan con el paso del tiempo.

Aunque la ciencia del estudio del amor todavía está en su infancia, ahora podemos mirar al interior de los cerebros humanos para ver los cambios en los patrones de actividad y cambios bioquímicos que tienen lugar durante el amor. Los escáneres cerebrales de personas enamoradas muestran que la vieja frase que dice que “el amor es ciego” es real. Se sabe que ciertas zonas de la parte emocional del cerebro se activan cuando una persona está enamorada debido a la dopamina. Algunas de estas zonas son las mismas que estimula el consumo de cocaína, las que tienen que ver son su efecto euforizante y placentero. De la misma manera, zonas relacionadas con las emociones negativas y juicios sociales se tornan menos activas. Cuando una persona sufre una ruptura amorosa, cuando pierde un amor, se activan las mismas áreas que lo hacen al estar enamorados, además de otras implicadas con la ira y con el estrés.

## Coctel químico

Los niveles de **serotonina** caen en picado cuando una persona se enamora y los centros de recompensa del cerebro se inundan de **dopamina**.

El deseo, por el contrario, es consecuencia de hormonas sexuales como la **testosterona**, cuyos niveles pueden desestabilizarse. Con la excitación, los niveles de la hormona del estrés o **cortisol** y los de la **feniletilamina** aumentan considerablemente.

Los efectos de hormonas como la **oxitocina** y la **vasopresina**, comienzan a ser notables más tarde, y son cruciales para la formación de relaciones duraderas.

## 2.9. DOLOR

Cuando un individuo se lesiona cualquier parte del cuerpo el dolor se transmite a la espina dorsal y después al cerebro. Incluso si la lesión es una fractura en un pie, el dolor se percibe en el cerebro. Todos percibimos dolor cuando sufrimos una lesión, puede ser leve o intenso, pero este tipo de dolor solamente dura un rato, persiste mientras dura la lesión pero después desaparece. El dolor crónico, por el contrario, nunca desaparece.

### 2.9.1. ¿Por qué nos duele?

Puede que no nos guste, pero necesitamos el dolor. El dolor actúa como indicador o alarma del sistema que nos protege. El dolor dice, “atención, atención... deja de hacer lo que estás haciendo y haz alguna otra cosa”. Por ejemplo: si ponemos la mano en un horno caliente, el dolor nos dice que dejemos de tocar el horno, que pongamos la mano en otro lugar. De esta manera, el dolor protege nuestro cuerpo de un daño mayor y, a veces, nos lleva a la curación, ya que si algo nos duele, nos cuidamos.

Algunas personas nacen sin la capacidad de sentir dolor. Estas personas sufren lo que se denomina “insensibilidad congénita al dolor”. Su sistema nervioso no está equipado para detectar la información dolorosa (dolor físico). Quizá podríamos pensar que esta incapacidad puede ser una ventaja, pero no lo es. Sin la habilidad de detectar eventos dolorosos nos estaríamos haciendo daño o causándonos lesiones continuamente. Por ejemplo, si nos rompiésemos un brazo seguiríamos utilizándolo “normalmente” ya que no nos dolería, acción que podría causarnos una lesión todavía más grave.

Algunos estímulos externos son los causantes del dolor, se dice que los estímulos son dolorosos cuando éstos dañan tejidos. El dolor es la manera natural de decirle al cerebro que alguna parte del cuerpo está dañada. Los estímulos que causan estos daños pueden ser mecánicos (grandes presiones

o traumas), térmicos (frío o calor extremo), eléctricos (descargas eléctricas) o químicos (quemaduras químicas, intoxicaciones). Pero también podemos hablar de estímulos dolorosos viscerales, los que provienen del interior del cuerpo.

Pero ¿cómo activa el sistema nervioso los estímulos dolorosos? Tanto en la piel como en los órganos internos existen receptores especializados que son sensibles a estos estímulos, se llaman “nociceptores” y son finalizaciones nerviosas conectadas a fibras nerviosas mielinizadas y no mielinizadas (ambas son las responsables de la “insensibilidad congénita al dolor”). Cuando los nociceptores detectan un estímulo nocivo mandan un mensaje a la espina dorsal. Por tanto, la “nociocepción” es la responsable de la estimulación dolorosa.

### 2.9.2. ¿Cómo controlar el dolor?

Existen diferentes métodos para intentar controlar el dolor. La aspirina, por ejemplo, actúa reduciendo inflamaciones.

La morfina, por el contrario, actúa en el SNC (sistema nervioso central, cerebro y espina dorsal) bloqueando los mensajes del dolor y activando en el cerebro sistemas moduladores del dolor que se proyectan a la espina dorsal.

Otro tipo de medicinas contra el dolor actúan sobre algún punto de los sistemas de neurotransmisión. Pero también se puede llegar a actuar en estos sistemas sin necesidad de utilizar fármacos. Los placebos son suministrados en ocasiones ya que, aunque no contienen ningún tipo de medicación, reducen la ansiedad en los pacientes (debido a que creen que ya están siendo tratados) lo que produce una subida de los niveles de endorfinas. Recordemos que las endorfinas son neurotransmisores que, entre otras funciones, modulan el dolor ya que tiene efectos analgésicos.

### 2.9.3. ¿Duele el cerebro?

El dolor se experimenta cuando se dañan órganos o tejidos que tienen receptores concretos y terminaciones nerviosas que se estimulan y que están conectados con las áreas cerebrales capaces de procesar esos estímulos como dolorosos. A veces son los mismos receptores encargados del tacto y de la presión, pero que perciben el estímulo con una intensidad o cualidad diferente.

Curiosamente, aunque el cerebro es el encargado de procesar las señales de dolor de otras partes del cuerpo, no siente dolor, es decir, el cerebro no duele. Esto es debido a que no tiene terminaciones nerviosas, por lo que es incapaz de sentir.

## 2.10. MÚSICA

Hay gente a la que le gustan todos los estilos de música, pueden gustar solo algunos, incluso hay gente a la que le gusta un único estilo musical. El cerebro, de alguna manera, toma conciencia de la música y toma decisiones sobre nuestros gustos musicales. La música, básicamente, es solo sonido, aunque tiene varias características como son el ritmo, el timbre o la melodía.

Las ondas sonoras que llegan al oído a través de la oreja se convierten en movimiento haciendo vibrar partes específicas del oído medio y del oído interno. Este movimiento es convertido en una señal eléctrica que viaja a través del nervio craneal hasta el cerebro, primero al tallo cerebral, luego al tálamo y, finalmente, a la corteza auditiva, situada a ambos lados del lóbulo temporal.

### 2.10.1. Los lóbulos de la música

Los daños en el lóbulo temporal del cerebro pueden causar que una persona tenga problemas para cantar una canción, tocar un instrumento o seguir un ritmo. A veces, este daño causa problemas relacionados con el reconocimiento de la música, aunque no se genera ningún problema a la hora de escuchar un discurso u otro tipo de sonido. A esta condición se le llama *amusia*, por lo que la gente que sufre esta enfermedad tiene problemas a la hora de reconocer melodías.

Algunas investigaciones sugieren que la música se procesa en el hemisferio derecho, otras investigaciones añaden que el hemisferio izquierdo también es importante. Escuchar música y apreciarla son procesos complejos que implican la memoria, el aprendizaje y las emociones. Es probable que haya múltiples áreas del cerebro importantes para la experiencia musical.

### 2.10.2. La música y el electroencefalograma (EEG)

No existen muchos experimentos que hayan mostrado cómo procesa la música el cerebro. La medición de la actividad cerebral, utilizando el electroencefalograma, ha demostrado que tanto el hemisferio derecho como el izquierdo responden ante la música.

Parece que el lóbulo temporal está involucrado de alguna manera en la música, aunque no está claro cómo se usa exactamente para la apreciación musical.

### 2.10.3. Gusanos de oído. ¡Ya estoy tarareando otra vez la misma canción!

Prácticamente todos hemos experimentado alguna vez la sensación de no poder sacar una melodía o un fragmento de una canción de nuestra cabeza,

bien oyéndola en nuestro interior constantemente o bien sin poder dejar de tararearla. A este fenómeno lo llamamos gusano de oído (o earworm en inglés) o melodía pegajosa.

Algunas de las áreas cerebrales involucradas en la audición y percepción de la música pueden seguir activas una vez que la melodía o canción ya ha finalizado, lo que causa una continua repetición en nuestra cabeza.

#### 2.10.4. Apoteosis musical

Prácticamente en todas las canciones o composiciones musicales existe un momento cumbre, un momento de mucha mayor intensidad musical que se traduce en una gran intensidad emocional y, por lo tanto, mental. En estos momentos cumbre, o cuando la melodía está a punto de llegar a él, nuestro cerebro comienza a segregar más dopamina (recordemos, una vez más, que es el neurotransmisor de la recompensa cerebral). No se puede decir que los grandes compositores como Bach o Mozart, entre muchos otros supiesen mucho de neurología, aún así, sus piezas musicales más atractivas juegan al despiste con las neuronas, exponiendo una magnífica melodía que parece estar a punto de salir a relucir varias veces pero que casi nunca llega a hacerlo del todo, generando una sensación de ansiedad e incertidumbre.

#### Propuesta de actividad 9:

##### “¿Qué suscitan diferentes músicas?”

Proponemos escuchar música de diferentes estilos en clase. Podemos empezar con música clásica, luego podemos pasar al rock, alguna canción del momento, canciones de heavy metal, etc. Tras escuchar cada una de las canciones, se puede realizar una puesta en común analizando o debatiendo lo que cada una de ellas les ha sugerido o les ha hecho sentir.

Se puede aprovechar este ejercicio para preguntarles, al día siguiente, si alguna de las canciones escuchadas la víspera se les ha “aparecido” repetidamente, si han estado canturreándola...

## 2.11. COMPETITIVIDAD

### 2.11.1. Competir por sobrevivir

A lo largo de la evolución, el cerebro humano ha ido creciendo a una velocidad a la que no lo ha hecho ninguna otra especie de mamíferos, y parece que este crecimiento ha sido causa directa de la presión demográfica o competitividad social, entre otras razones (como los cambios de las

condiciones climáticas o las demandas ambientales), quizá, no tan influyentes.

Parece que las investigaciones nos llevan a concluir que el cerebro de los humanos aumentó más en áreas más densamente pobladas donde, seguramente, la competitividad social y la competición por los recursos eran significativamente mayores de la misma manera que lo era la relación con otros individuos. El cambio climático también supuso una nueva necesidad de afrontar cambios en la estrategia de supervivencia, para lo que un cerebro mayor era, sin duda, una ventaja. Por tanto, la competitividad generó el escenario necesario para la evolución del cerebro.

### 2.11.2. Nos gusta ganar

A nuestro cerebro le gusta ganar, es normal. Cuando ganamos en cualquier actividad nuestros circuitos cerebrales responsables de la recompensa se activan. En general, las situaciones que provocan placer pueden ser consideradas como recompensa y son, también, importantes para la supervivencia. Dado que estos circuitos se activan con el placer, se debe tener cuidado de no acabar desencadenando adicciones, ya que un estímulo incontrolado puede llevarnos a la drogadicción, ludopatía u otros tipos de problemas del estilo. La activación de este sistema de recompensa es mayor cuanto más difícil es el reto que se nos plantea, por lo que las victorias contra contrincantes poderosos son más dulces.

La dopamina (otra vez) es la responsable de este sistema, recordemos que es considerada como la droga del placer o de la felicidad. Curiosamente, la deficiencia de dopamina está relacionada con una menor tasa de errores al tomar decisiones arriesgadas. Si durante los momentos de competitividad los niveles de dopamina son altos, también lo es el riesgo de tomar decisiones inadecuadas. Por tanto, cuando suframos nuestra próxima derrota, nuestro sistema de recompensa no liberará dopamina por lo que nos sentiremos decepcionados a falta de la sustancia que nos da la felicidad.

### 2.12. ZURDOS

La gran mayoría de la población es diestra, alrededor del 90%, y el restante 10% se reparte entre las personas zurdas y las ambidiestras, personas que son diestras o zurdas indistintamente y que son muy escasas entre la población. Esta tendencia viene de tiempos ancestrales, según demuestran las pinturas rupestres o los análisis de fracturas de cráneos provocadas en animales por los cazadores de la Edad de Piedra. De todas maneras, el pertenecer al 10% de personas que no son diestras no supone, en absoluto, ninguna tara (*\*conviene dejarlo bien claro entre los alumnos, ser diestro o*

*zurdo no es ni mejor ni peor*), lo único que sucede es que la organización del cerebro es diferente. Pongamos un ejemplo: en el 70% de los zurdos las áreas del lenguaje están representadas en el hemisferio izquierdo del cerebro, como en los diestros, en el 30% restante ambos hemisferios del cerebro se encargan de dicha función.

Como ya hemos mencionado (ver página 34, "Área de Broca"), en el 99.9% de la población diestra y en el 90% de la zurda, el hemisferio izquierdo es el hemisferio dominante. También sabemos que la parte derecha del cerebro controla la parte izquierda del cuerpo y al revés, esto ocurre tanto en el sistema motor como en el sistema sensorial.

De todas maneras, el por qué la gente es diestra o zurda es, todavía hoy en día, de alguna manera, un misterio.

Cuando hablamos de ser diestros o zurdos nos referimos a la mano con la que realizamos la mayoría de las acciones, pero también tenemos un ojo dominante, un oído dominante, un pie o pierna dominante, etc. Generalmente, somos diestros o zurdos para todas las acciones que realizamos y para todas las partes de nuestro cuerpo, pero puede haber excepciones. El tenista Rafael Nadal, por ejemplo, es zurdo solamente para jugar al tenis, capacidad que desarrolló para obtener cierta ventaja a la hora de enfrentarse a sus rivales.

En la propuesta de actividad que mostramos a continuación, presentamos diferentes pruebas para conocer a qué nivel somos diestros o zurdos.

**Propuesta de actividad 10:**

**“¿Eres diestro o zurdo?”**

Generalmente relacionamos el ser diestro o zurdo con la mano con la que realizamos la mayoría de las tareas, pero no debemos fijarnos solamente en las extremidades superiores, cualquier acción que pueda ser realizada con el lado derecho o izquierdo del cuerpo demuestra la predominancia de algunos de los lados sobre el otro.

A continuación mostramos algunos juegos/ejercicios para comprobar cuál es nuestro hemisferio cerebral dominante. Se adjunta ficha.

**Manos.** Podemos pedir a los alumnos que anoten con qué mano realizan las acciones de la siguiente lista para ayudarles a conocer si cada uno de ellos es diestro o zurdo. En la mayoría de los casos, los alumnos realizarán la mayor parte de las actividades listadas con una única mano, pero habrá alumnos que utilicen diferentes manos para realizar diferentes acciones.

MANOS	IZQUIERDA	SIN PREFERENCIA	DERECHA
Escribir			
Dibujar			
Lanzar un balón			
Utilizar una raqueta			
Sujetar el cepillo de dientes			
Sujetar tijeras			
Repartir cartas (juego)			
TOTAL			

*Ficha 4a: ¿Diestro o zurdo? Manos.*

Sumar las marcas de las preferencias, la que más veces se utilice será la mano dominante.

**Pies.** Podemos pedir a los alumnos que realicen las siguientes tareas y anotaremos con qué pie las realizan predominantemente.

PIES	IZQUIERDO	SIN PREFERENCIA	DERECHO
Dar una patada a un balón			
Subir el primer peldaño de una escalera (*)			
Pisar un objeto del suelo (**)			
TOTAL			

Ficha 4b: ¿Diestro o zurdo? Pies.

Sumar las marcas de las preferencias, el que más veces utilizemos será nuestro pie dominante.

(\*) Pedir al alumno que se coloque mirando a una escalera con los dos pies juntos. Cuando se lo digamos deberá comenzar a subir.

(\*\*) Pedir a un alumno que pise un objeto que previamente habremos colocado en el suelo, por ejemplo, una moneda.

**Ojos.** Podemos pedir a los alumnos que realicen las siguientes tareas y anotaremos con qué ojo las realizan predominantemente.

OJOS	IZQUIERDO	SIN PREFERENCIA	DERECHO
Observar a través de un tubo de cartón (de papel de cocina) (*)			
Observar a través de un agujero en un folio (**)			
Observar un objeto lejano y apuntarlo con el dedo (***)			
TOTAL			

Ficha 4c: ¿Diestro o zurdo? Ojos.

Sumar las marcas de las preferencias, el que más veces se utilice será el ojo dominante.

(\*) Mirar a través de un tubo de cartón (por ejemplo, de papel de cocina). ¿Qué ojo utiliza para realizar esta tarea? El ojo dominante.

(\*\*) Hacer un agujero en un folio y pedir al alumno que mira a través de él y se lo vaya acercando hasta que lo toque con la nariz. Al final, estará mirando con un único ojo, éste será el

dominante.

(\*\*\*) Apuntar a un objeto con el dedo de manera que éste lo tape completamente. Cerrar un ojo y después el otro. Al cerrar uno de los dos el objeto seguirá tapado, mientras que al cerrar el otro el objeto será visible. El ojo que esté abierto mientras se ve el objeto tapado por el dedo es el ojo dominante.

**Oído.** Podemos pedir a los alumnos que realicen las siguientes tareas y anotaremos con qué oído las realizan predominantemente.

OIDOS	IZQUIERDO	SIN PREFERENCIA	DERECHO
Escuchar un susurro (*)			
Escuchar a través de una pared (**)			
Escuchar el sonido que sale de una caja (***)			
TOTAL			

*Ficha 4d: ¿Diestro o zurdo? Oídos.*

Sumar las marcas de las preferencias, el que más veces se utilice será el oído dominante.

(\*) Contar algo a alguien susurrando y observar que oído acerca a nosotros. Ése será el oído dominante.

(\*\*) Escuchar algo a través de una pared. El oído que se acerque será el dominante.

(\*\*\*) Escuchar un (posible) sonido que viene de una caja. El oído que se acerque será el dominante.

### **Propuesta de actividad 11:**

#### **“Destreza cerebral”**

Las personas que utilizan su mano derecha para dibujar (más o menos bien dependiendo de la habilidad de cada uno) tienen grandes dificultades para hacerlo con la izquierda (y viceversa) porque el cerebro y la mano que habitualmente no usamos tienen menos experiencia trabajando juntos, ya que la tendencia natural del cerebro es hacer funcionar la mano dominante.

Para comprobarlo propondremos a los alumnos que calquen una imagen con la mano que generalmente utilizan y que hagan lo mismo con la otra, para sentir y ver la diferencia. Conviene que la imagen sea la misma para toda la clase, de esta manera se podrán realizar comparaciones, que podrán ser perfectamente anónimas (o no).

### 2.13. PLASTICIDAD CEREBRAL. MEMORIA Y APRENDIZAJE

La plasticidad cerebral, o la neuroplasticidad, es la capacidad del cerebro para reorganizar circuitos neuronales basados en nuevas experiencias. Esta capacidad se mantiene a lo largo de toda la vida, a medida que aprendemos adquirimos nuevos conocimientos y habilidades a través de instrucción o experiencia. Para aprender o memorizar un hecho o una nueva habilidad deben persistir los cambios funcionales del cerebro que representan el nuevo conocimiento.

En la plasticidad cerebral se ven involucrados varios tipos de células cerebrales como son las neuronas, las células de la Glía y las células vasculares.

#### **Ejemplo práctico 4:**

##### **Plasticidad cerebral. Memoria a corto plazo y memoria a largo plazo**

Para ilustrar el concepto de plasticidad, imaginemos la película de una cámara. Pensemos que la película representa nuestro cerebro, ahora imaginemos que utilizamos la cámara para fotografiar un árbol. Una vez que la foto ha sido tomada, la película queda expuesta a nueva información además de la de la foto del árbol (que representa la memoria a corto plazo). Para que la imagen permanezca, la película debe ser revelada bajo la luz (cuando los recuerdos pasan a la memoria a largo plazo quedan afianzados). De una manera similar, para que el conocimiento sea retenido en la memoria deben ocurrir cambios en el cerebro.

#### **Ejemplo práctico 5:**

##### **Plasticidad cerebral. Modificaciones del circuito neuronal**

Otra manera de ilustrar la plasticidad es imaginarnos la impresión de una moneda en barro. Para que la impresión aparezca en el barro deben ocurrir algunos cambios en éste, la forma cambia al ser presionado con la moneda. Si lo aplicamos al cerebro vemos que el circuito neuronal debe reorganizarse en base a las experiencias o a la estimulación sensorial. De la misma manera que el barro existente es el mismo y lo único que cambia es la forma, las neuronas que tenemos son las mismas antes y después de la adquisición del conocimiento, lo único que cambia es la forma en la que éstas se reorganizan.

Pero aunque sea un proceso de por vida, la neuroplasticidad varía con la edad y con la época que se esté viviendo. En algunos momentos este proceso es mucho más activo que en otros. Durante el desarrollo cerebral

(infancia, adolescencia), el cerebro inmaduro procesa muchísima información que va afianzándose a modo de conocimiento. Otra época de gran actividad de plasticidad cerebral puede ocurrir en casos de lesiones causantes de daños cerebrales, en cuyo caso la llamamos plasticidad inducida. Algunas de estas lesiones causan la pérdida de funciones cerebrales. Algunas partes del cerebro asumen funciones que antes no realizaban de manera que se compensan, en alguna medida, las actividades que se procesaban en la zona dañada.

Antes se creía que a medida que nuestra edad va avanzando las redes neuronales iban fijándose, pero ahora se sabe que el cerebro nunca deja de cambiar y de ajustarse. El aprendizaje se puede definir como la habilidad de adquirir conocimientos a través de la instrucción o la experiencia y la memoria como el proceso por el cual el conocimiento se retiene a lo largo del tiempo. Entonces, ¿cómo cambia el cerebro con el aprendizaje? Ocurren cambios en las sinapsis entre neuronas así como en el número de éstas.

Los datos recientemente adquiridos se almacenan en la memoria a corto plazo, que es la habilidad temporal de recordar algunas piezas de información. Nuestra corteza cerebral prefrontal nos ayuda con la información que necesitamos inmediatamente. Un ejemplo es cuando retenemos un número de teléfono el suficiente tiempo como para marcarlo, o cuando retenemos la parte inicial de una frase para poder entenderla por completo una vez finalizada. Este tipo de información no queda almacenado para su posterior recuerdo, pero otra parte de la memoria a corto plazo pasará a afianzarse en nuestro cerebro, para ello deberá pasar antes, obligatoriamente, por el hipocampo.

Recordemos el caso de H.M. (ver página 59, “Recuerdos y memoria”), quien perdió la capacidad de generar nuevos recuerdos debido a que le fue extirpada gran parte del hipocampo. De la misma manera, en la enfermedad de Alzheimer, el hipocampo es una de las primeras regiones cerebrales en sufrir daños, razón por la cual la pérdida de memoria es tan evidente en las personas que sufren esta enfermedad.

Tras un periodo de tiempo, la información puede trasladarse a lo que denominamos memoria a largo plazo. En este caso suceden cambios cerebrales anatómicos o bioquímicos. La información se almacena en diversas áreas del cerebro dependiendo del tipo de memoria (semántica, olfativa, visual, auditiva, etc.), pero siempre participan en su fijación las áreas prefrontales y la amígdala.

### **Propuestas de actividad 12:**

#### **“Memoria”**

Existen múltiples actividades para trabajar y poner a prueba la memoria, a continuación mostramos unas pocas propuestas clásicas.

-SIMÓN: Juego de memoria visual (y sonora). Es un tablero con 4 pulsadores de diferente color. En la primera ronda se ilumina un pulsador, al apagarse debemos pulsar el mismo. En la siguiente ronda se iluminan dos pulsadores, uno tras otro, al apagarse debemos pulsarlos en el mismo orden. El juego acaba cuando se comete algún error. Existen páginas web en las que se puede jugar en línea.

-MEMORY: Juego de memoria visual que consiste en un set de fichas, todas ellas duplicadas, que se ponen boca abajo y que hay que emparejar. En cada turno se vuelven dos fichas, si son iguales las guardamos y repetimos la misma tarea. Si no lo son, se vuelven a dejar en el mismo lugar donde estaban y el turno pasa al siguiente equipo o persona. Es importante intentar recordar el dibujo de cada una de las fichas, para poder emparejarlas posteriormente.

-LISTAS DE LETRAS: Consiste en mostrar a los alumnos una letra durante unos segundos. La deberán memorizar y en el momento que la retiremos deberán escribirla en la ficha. Volveremos a repetir la misma acción, pero esta vez mostrando dos letras, seguiremos con tres, con cuatro... hasta una cantidad de letras que nos parezca adecuada. Al finalizar cada alumno realizará una comprobación y verá la cantidad de letras que ha recordado en cada serie. A continuación mostramos un ejemplo, pero puede realizarse cualquiera. Es importante que las series de letras no formen demasiados sonidos pronunciables, para tener que recordar cada una de ellas de manera independiente. Se adjuntan fichas (*Ficha 5*).



TERCERA PARTE:

## EL ESTUDIO DEL CEREBRO

## ¿TE GUSTARÍA SER NEUROCIENTÍFICO?



## **EL ESTUDIO DEL CEREBRO. ¿TE GUSTARÍA SER NEUROCIENTÍFICO?**

¿Cómo hemos llegado a saber todo esto sobre el cerebro? Los neurocientíficos son los científicos, investigadores y médicos que analizan el sistema nervioso. A ellos debemos el conocimiento que tenemos actualmente y los trabajos que realizan para saber más. Gracias a ellos se pueden arreglar algunos de los daños y lesiones que hemos visto durante el taller.

Estudian lo que causa que los animales, incluidas las personas, hagan lo que hacen y que lo hagan como lo hacen. Investigan el funcionamiento de diferentes sistemas nerviosos, como el visual o el auditivo, el funcionamiento de las neuronas, lo que ocurre en las sinapsis, etc.

### **¿QUÉ ESTUDIAN LOS NEUROCIENTÍFICOS?**

Probablemente, la mejor manera de describir lo que estudian los neurocientíficos es realizar una lista de “niveles” en los que se puede experimentar:

1. Nivel de comportamiento. El estudio de las bases neurológicas del comportamiento. En otras palabras, lo que causa que las personas y el resto de los animales hagan lo que hacen.
2. Nivel de sistema. El estudio de varias partes del sistema nervioso como el sistema visual o el auditivo. Esto también puede incluir investigaciones sobre qué partes del cerebro están conectadas con otras partes.
3. Nivel de circuitos locales. Estudia la función de grupos de neuronas (células nerviosas).
4. A nivel neuronal. Estudia lo que cada neurona, a nivel individual, hace en relación a algún suceso de cualquier tipo. También puede estudiar lo que una neurona contiene (estudios sobre neurotransmisores).
5. A nivel de sinapsis. Estudia lo que sucede en las sinapsis.
6. A nivel de membrana. Estudia lo que ocurre en los canales de iones de membranas neuronales.
7. A nivel genético. Estudia las bases genéticas de las funciones neuronales.

## ¿CÓMO LLEGAR A SER NEUROCIENTÍFICO?

La realidad es que para llegar a ser neurocientífico y poder estudiar el cerebro son necesarios muchísimos años de estudio. Esto, de ninguna manera debe resultar desalentador, ya que cada paso del aprendizaje puede llegar a ser apasionante.

Haremos un repaso de los años durante los que habrá que estudiar:

1. Primero se debe finalizar el instituto. Esto significa, 6 años de primaria, 4 de secundaria y 2 de bachillerato. En total, 12 años. (No tenemos en cuenta la educación infantil ya que ésta no es obligatoria).
2. Después es necesario estudiar una carrera universitaria, unos 5 años.
3. En tercer lugar hay que realizar un doctorado o estudios de medicina durante, al menos otros 4 años.

\*Esto nos lleva a  $12+5+4=21$  años de estudio, por lo menos.

¡Más de 20 años de estudio! Durante los estudios médicos se puede decir que se es un neurocientífico en entrenamiento. Al conseguir el doctorado ya se es neurocientífico. Muchos de los neurocientíficos continúan su formación en otros laboratorios realizando su formación postdoctoral, aprendiendo y creando nuevas técnicas, durante 2 o 4 años.

## ¿QUÉ TIPOS DE TRABAJOS SE PUEDEN REALIZAR?

Son muchas las especialidades existentes en el campo de la neurología, muy distintas entre sí pero todas igual de importante respecto a la labor que realizan.

Estas son algunas de las especializaciones existentes:

- Neuroanatomía*. Estudia la estructura (anatomía) del sistema nervioso.
- Neurobiología*. Estudia la biología del sistema nervioso.
- Neuroquímica*. Estudia la química (por ejemplo, los neurotransmisores) del sistema nervioso.
- Neurocirugía*. Cirugía del sistema nervioso.
- Neurología*. Realiza diagnósticos y trata desórdenes del sistema nervioso.
- Neuropatología*. Estudia las enfermedades del sistema nervioso.
- Neurofarmacología*. Estudia la acción de drogas (medicamentos) en el sistema nervioso y en el comportamiento.
- Neuropsicología*. Estudia la relación entre cerebro y comportamiento.

-*Neurofisiología*. Estudia la fisiología del sistema nervioso.

-*Psicobiología*, Biología Psicológica. Estudia las bases neurológicas del comportamiento.

-*Psiquiatría*. Realiza diagnósticos y trata desórdenes mentales.

-*Psicofísica*. Estudia la relación entre estímulos ambientales (como la luz, el sonido o el calor) y las sensaciones y percepciones resultantes que éstos producen.

...antes de finalizar:

**Propuesta de actividad Obis:**

**“El antes y el después”**

Es la hora de retomar la ficha que repartimos a los alumnos al comenzar a tratar el tema del cerebro. Les pediremos que repitan el dibujo inicial, pero esta vez teniendo en cuenta lo que han aprendido. Es la hora de comprobar los conocimientos que han adquirido.

Nombre: _____	
Antes	Después

Un Día en el Cerebro  
en kutxaEspacio de la Ciencia

→

*Ficha 1: Evaluación de adquisición de conocimientos.*

## ANEXOS



## FICHAS DE ACTIVIDADES

### Ficha I: EL ANTES Y EL DESPUÉS

<b>Nombre:</b>	<b>Después</b>	
		<b>Un Día en el Cerebro</b> en kutxaEspacio de la Ciencia
	<b>Antes</b>	

## Ficha 2: DIARIO DE SUEÑOS

Éstos son los sueños que yo, *(nombre)*.....  
he recordado el día *(fecha: día, mes y año)*.....

NOTA: No hay que escribir los sueños en el orden en el que se han tenido.

SUEÑO 1

SUEÑO 2

SUEÑO 3

**SUEÑO 4**

---

**SUEÑO 5**

---

**SUEÑO 6**

---

**SUEÑO 7**

---

## Ficha 3: COMPARA CÓMO SUEÑAS

**Responde a las siguientes preguntas y, al finalizar, compara tus respuestas con las del resto de tus compañeros.**

1. **¿Sueñas en color?**
  2. **¿Notas el paso del tiempo en tus sueños?**
  3. **¿Sientes emociones?** (¿Te sientes triste, alegre, animado, asustado, etc.?).
  4. **¿Cuántos sueños puedes recordar por la mañana?**
  5. **En diferentes sueños, ¿se repiten las personas, lugares y objetos que aparecen?**
  6. **¿Crees que tu estado de ánimo influye en lo que sueñas?**
  7. **¿Recuerdas sueños que tuviste hace mucho tiempo? ¿Cuánto tiempo?**
  8. **¿Has tenido el mismo sueño más de una vez?**
  9. **¿Recuerdas mejor los sueños cuando te despiertas tú solo o cuando alguien o algo (un ruido, el despertador, etc.) te despierta?**
- **¿Crees que tus sueños son similares o diferentes a los del resto de tus compañeros y compañeras de clase? Compara tus respuestas en la puesta en común.**

## Ficha 4: ¿ERES DIESTRO O ZURDO?

Las tablas que presentamos te servirán para determinar si las diferentes partes de tu cuerpo son predominantemente diestras o zurdas (o ambidiestras, en el caso de que no se muestre una clara preferencia por ninguna de las dos opciones).

Marca con una X la MANO con la que realizas cada acción. A continuación, suma las marcas de las preferencias, la que más veces se utilice será la mano dominante.

MANOS	IZQUIERDA	SIN PREFERENCIA	DERECHA
Escribir			
Dibujar			
Lanzar un balón			
Utilizar una raqueta			
Sujetar el cepillo de dientes			
Sujetar tijeras			
Repartir cartas (juego)			
<b>TOTAL</b>			

Marca con una X el **PIE** con el que realizas cada acción. A continuación, suma las marcas de las preferencias, el que más veces se utilice será el pie dominante.

PIES	IZQUIERDO	SIN PREFERENCIA	DERECHO
Dar una patada a un balón			
Subir un peldaño			
Pisar un objeto del suelo (*)			
<b>TOTAL</b>			

(\*) Pisa un objeto que esté en el suelo, por ejemplo, una moneda. ¿Con qué pie lo pisas?

Marca con una X el **OJO** con el que realizas cada acción. A continuación, suma las marcas de las preferencias, el que más veces se utilice será el ojo dominante.

OJOS	IZQUIERDO	SIN PREFERENCIA	DERECHO
Observar a través de un tubo de cartón			
Observar a través de un agujero en un folio (*)			
Observar un objeto lejano y apuntarlo con el dedo (**)			
<b>TOTAL</b>			

(\*) Haz un agujero en un folio, mira a través de él y vete acercándolo hasta que lo toques con la nariz. Al final, estarás mirando con un único ojo, éste será el dominante.

(\*\*) Apuntar a un objeto con el dedo de manera que éste lo tape completamente. Cerrar un ojo y después el otro. Al cerrar uno de los dos el objeto seguirá tapado, mientras que al cerrar el otro el objeto será visible. El ojo que esté abierto mientras se ve el objeto tapado por el dedo es el ojo dominante.

Marca con una X el OIDO con el que realizas cada acción. A continuación, suma las marcas de las preferencias, el que más veces se utilice será el oído dominante.

OIDOS	IZQUIERDO	SIN PREFERENCIA	DERECHO
Escuchar un susurro (*)			
Escuchar a través de una pared (**)			
Escuchar el sonido que sale de una caja (***)			
<b>TOTAL</b>			

(\*) Acércate a alguien y escucha lo que te susurra. ¿Qué oído acercas? El dominante.

(\*\*) Intenta escuchar algo a través de una pared. El oído que acerques a la pared será el dominante.

(\*\*\*) Escucha un (posible) sonido que viene de una caja. El oído que acerques será el dominante.

## Ficha 5: MEMORIA – Listas de letras

El profesor o la profesora te irá mostrando diferentes series de letras, cuando esconda cada una de ellas, deberás recordarla y escribirla en la ficha.

RONDA	LETRAS QUE RECUERDAS	NÚMERO DE ACIERTOS
1		.../1
2		.../2
3		.../3
4		.../4
5		.../5
6		.../6
7		.../7
8		.../8
9		.../9

Compara tus resultados con los del resto de tus compañeros y compañeras.

## FICHAS PARA EL PROFESOR.

A continuación presentamos el resumen de resultados de las letras mostradas:

RONDA	LETRAS QUE RECUERDAS
1	Z
2	I G
3	H K L
4	I Y S J
5	A H R D L
6	T N X Y P C
7	O W J T B K C
8	G M C N S R P T
9	S D F G K L N B M

En las próximas páginas están disponibles las fichas para mostrar a los alumnos.

Fichas de letras:

Z

I G

H K L

I Y S J

A H R D L

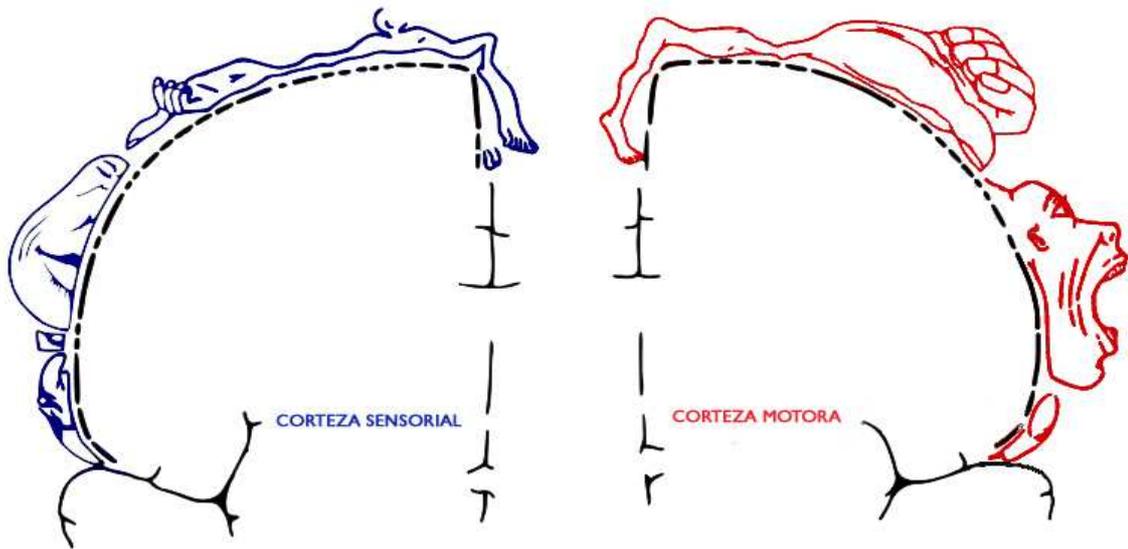
T N X Y P C

O W J T B K C

G M C N S R P T

S D F G K L N B M

# CORTEZA SOMATOSENSORIAL





## **BIBLIOGRAFÍA**

- Neuroscience For Kids:  
<http://faculty.washington.edu/chudler/neurok.html>
- LEGATO, Marianne J. Legato: “Por qué los hombres nunca recuerdan y las mujeres nunca olvidan”. Ed. Urano, Barcelona, 2006.
- AAMODT, S. y S. Wang: “Entra en tu cerebro”. Ed. Ediciones B, Barcelona, 2008.
- CARTER, R.: “El nuevo mapa del cerebro”. Ed. Integral, Barcelona, 1998.
- BALOG, D.: “The Dana Book of Brain Science; Resources for Teachers and Students”. Ed. Dana Press, New York – Washington, DC, 2006.
- PHILIPS, H.: New Scientist: “Introduction: The Human Brain”. September 2006.
- PICKRELL, J.: New Scientist: “Introduction: Drugs and Alcohol”. September 2006.
- PICKRELL, J.: New Scientist: “Introduction: Teenagers”. September 2006.
- CALLAWAY, E.: New Scientist: “Why teenagers can’t see your point of view”. February 2009.

## **RELACIÓN DE IMÁGENES**

Las imágenes han sido obtenidas vía Wikimedia Commons.





# Un Día en el Cerebro

en kutxaEspacio de la Ciencia

