

TEMA 2. Bases biológicas de la conducta

2.1.- La arquitectura del cerebro

2.2.- Las funciones mentales en el cerebro

2.3.- Métodos de estudio del cerebro

2.1.- La arquitectura del cerebro

2.1.1.- Mente y cerebro

2.1.2.- Elementos neuro-computacionales

2.1.3.- El sistema nervioso

2.1.3.1.- Sistema nervioso periférico (SNP)

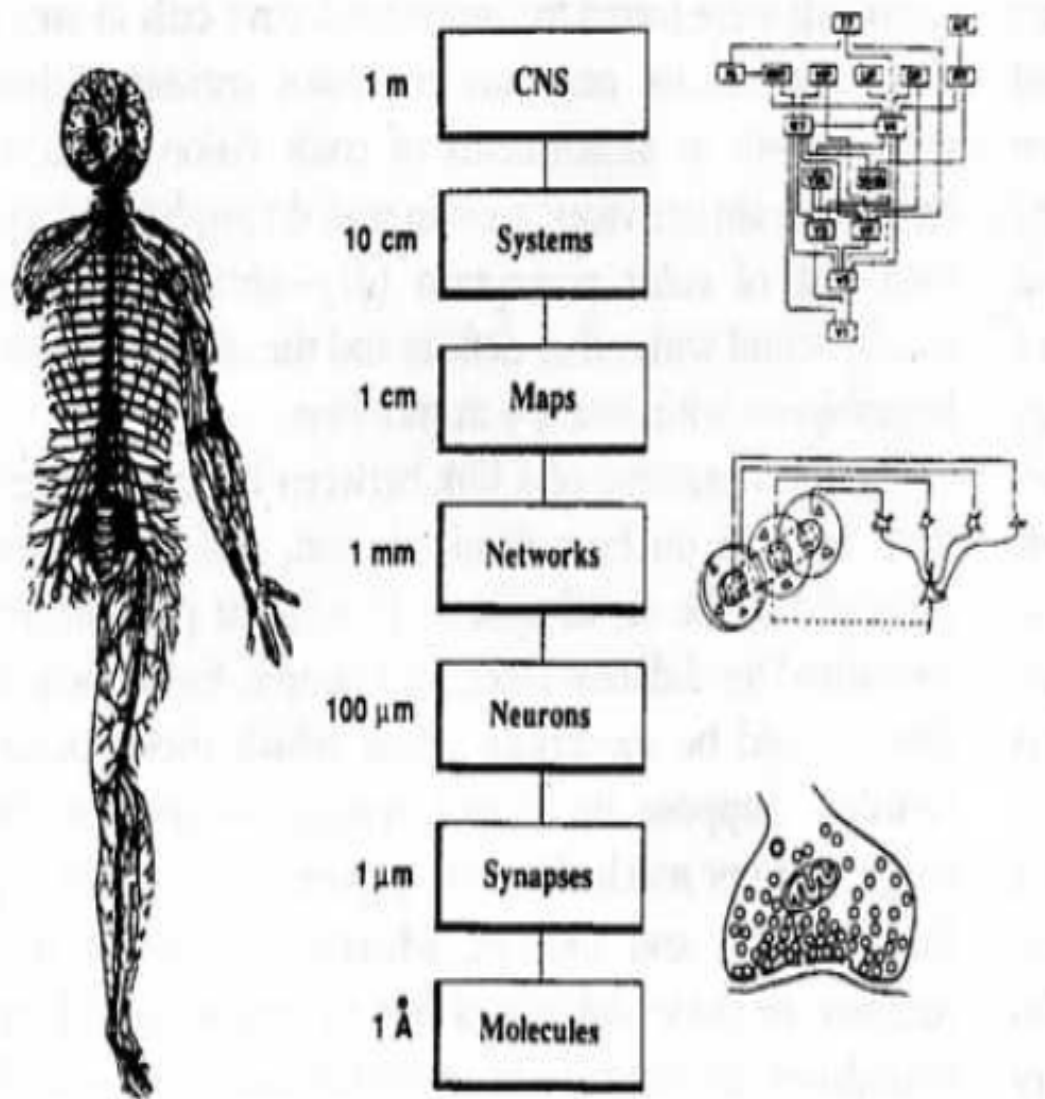
2.1.3.2.- El sistema endocrino

2.1.3.3.- Sistema nervioso central (SNC)

Mente y cerebro

- Platón (427-347 a.C.): el alma racional reside en el cerebro
- Aristóteles (384-322 a.C.):
 - la mente reside en el corazón (caliente y activo)
 - el cerebro (frío e inerte) refrigera y purifica la sangre
- Galeno (130-216): el alma racional está en los ventrículos cerebrales
- Descartes (1596-1650): alma y cuerpo se comunican en la glándula pineal

Elementos neuro-computacionales (I)

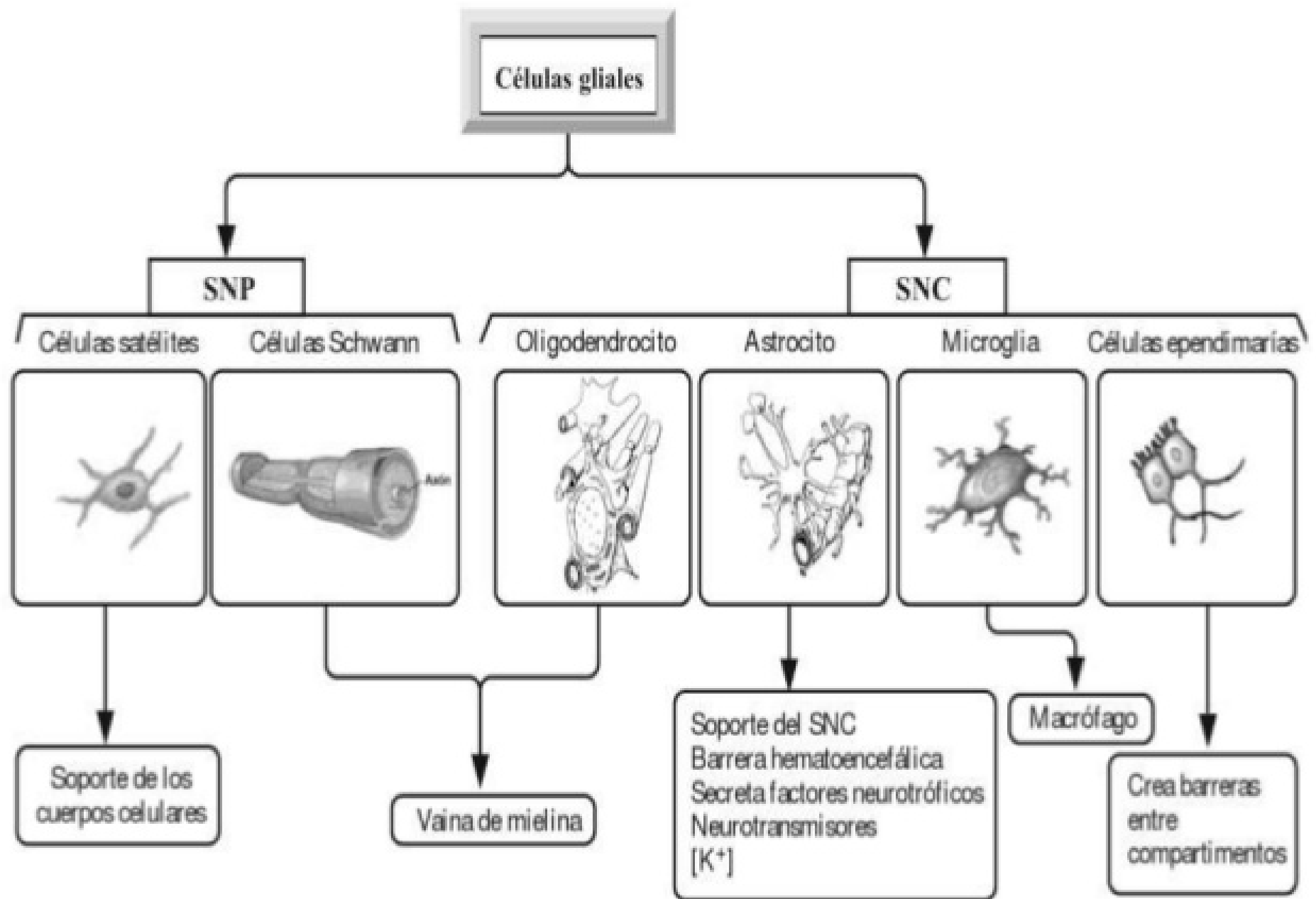


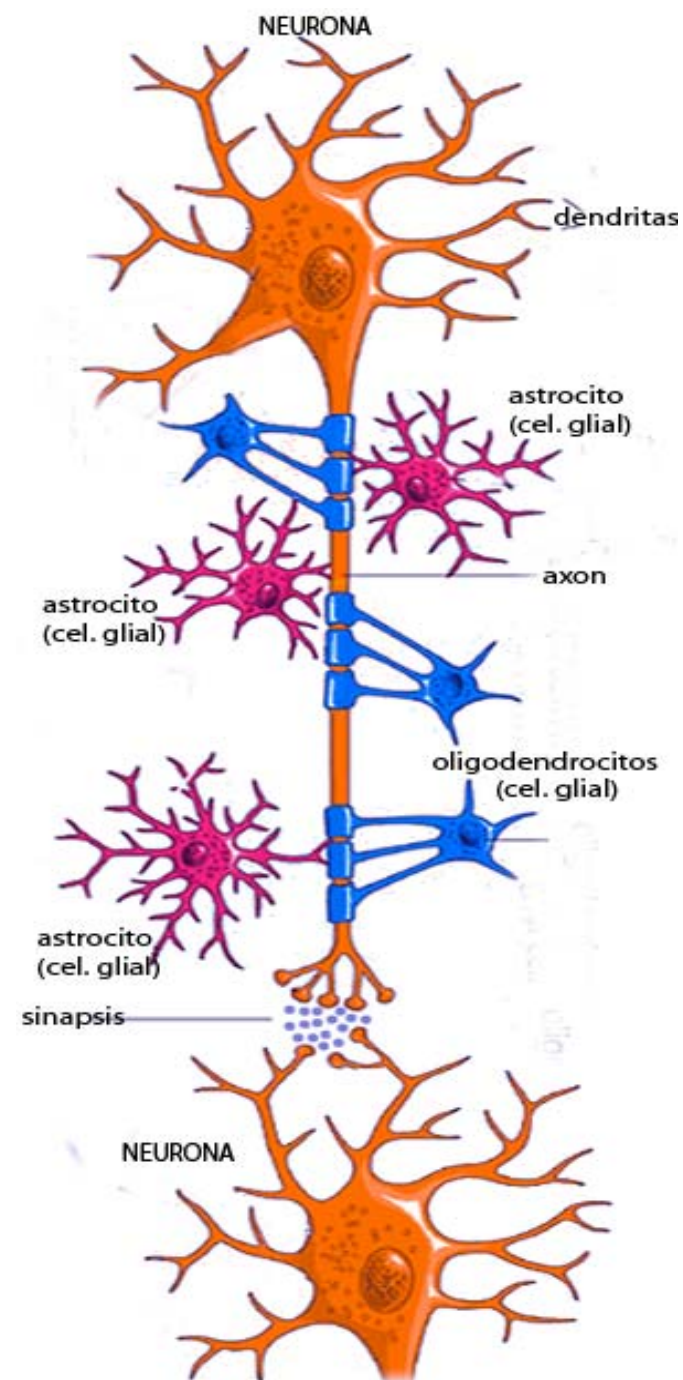
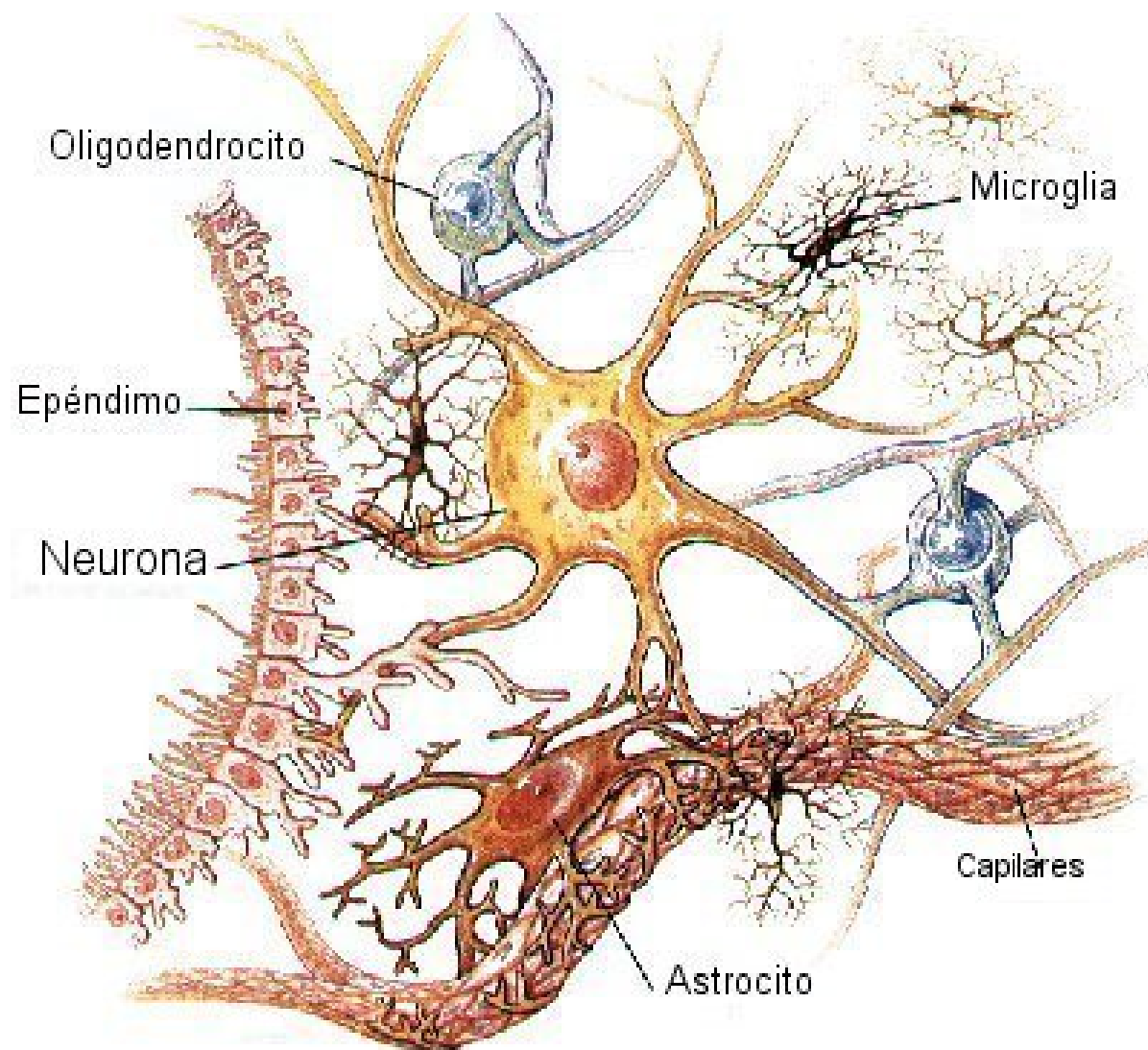
Niveles de análisis:

- Sistema nervioso central (SNC) 1 metro
- Sistemas 10 centímetros
- Mapas 1 centímetro
- Redes 1 milímetro
- Neuronas 100 micras
- Sinapsis 1 micra (0,000, 001 mts.)
- Moléculas 1 Å (0.000,000,000,1 mts.)

Elementos neuro-computacionales (II)

- *Células gliales* (microglías, astrocitos, oligodendrocitos, células de Schwann, etc.)
 - rodean y mantienen a las neuronas
 - suponen la mitad de masa total del cerebro
 - protegen al cerebro de virus y bacterias
 - sostienen y reparan tejidos
 - producen mielina (capa aislante que recubre los axones de las neuronas)

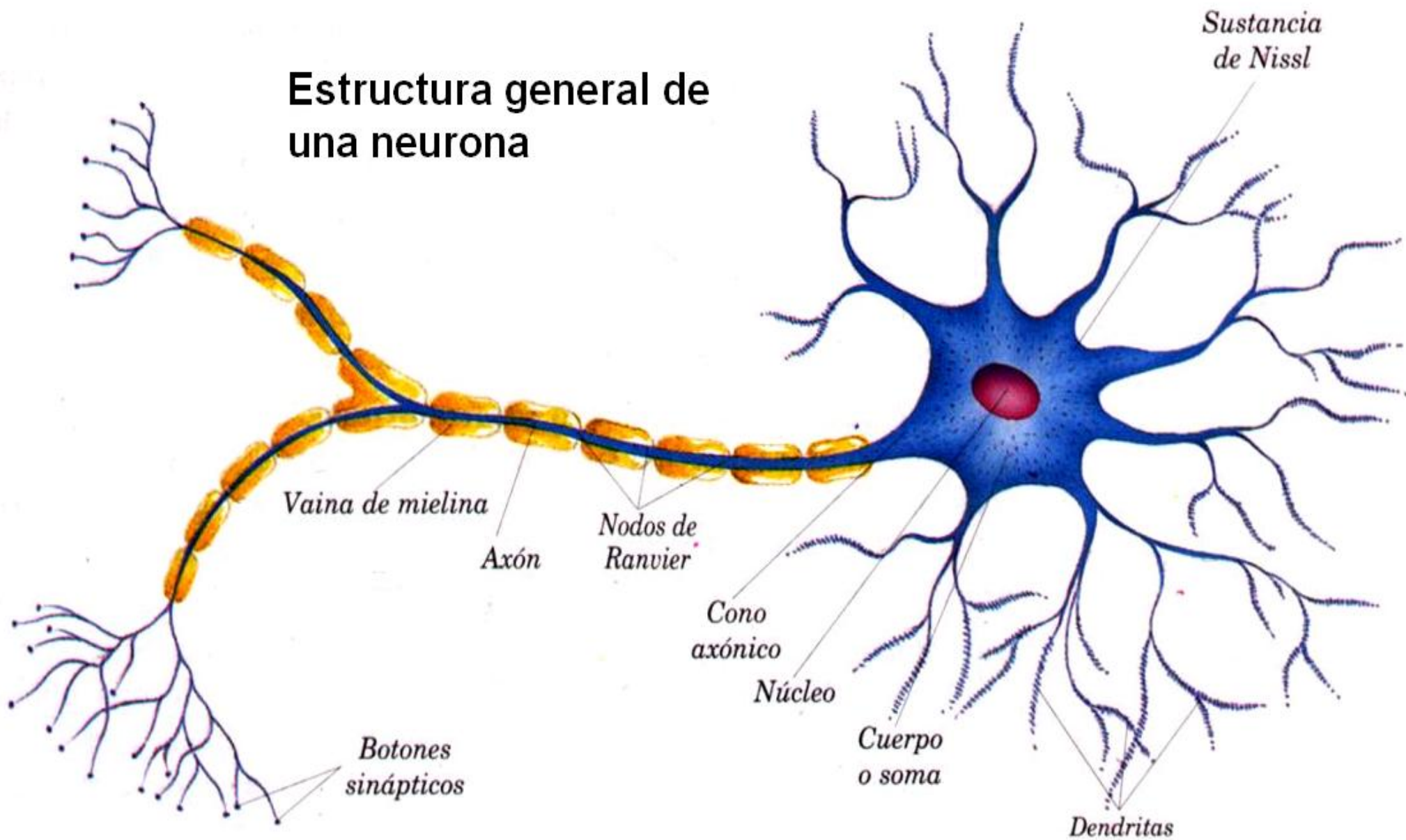




Elementos neuro-computacionales (III)

- *Neuronas*
 - Procesan y transmiten la información nerviosa. Compuestas de:
 - *Soma o cuerpo celular* (materia gris):
 - contiene el núcleo (información genética) y los orgánulos (sintetizan ARN y proteínas)
 - *Axón* (materia blanca -mielina-):
 - fibra larga envuelta en *mielina* [esclerosis múltiple] que transmite el impulso nervioso del soma a otras neuronas a través de los *botones terminales o sinápticos*
 - *Dendritas*:
 - ramificaciones del cuerpo celular desde el que las neuronas reciben las señales de otras neuronas
 - La *sinapsis* es la unión en la que dos neuronas transmiten información

Estructura general de una neurona



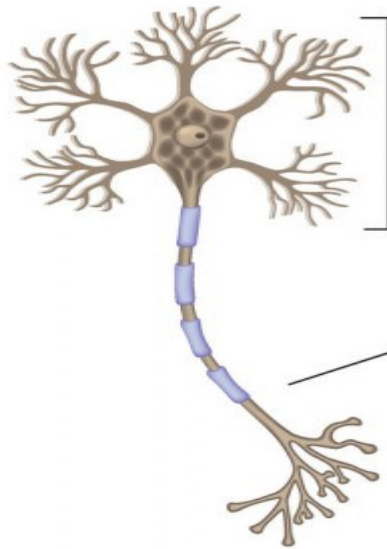
Elementos neuro-computacionales (IV)

- Clasificación estructural de las neuronas:
 - *Unipolares*: una sola prolongación
 - *Bipolares*: dos prolongaciones (normalmente sensoriales)
 - *Multipolares*: un axón y muchas dendritas (normalmente motoras)
- Clasificación funcional de las neuronas:
 - *Sensoriales o aferentes*: sensibles a diferentes estímulos. Envían información desde los tejidos y los órganos a la médula espinal y el cerebro
 - *Motoras o eferentes*: transmiten información desde el cerebro o la médula espinal a los músculos y glándulas
 - *Interneuronas*: recogen impulsos sensitivos y los transmiten a neuronas motoras

Tipos de neuronas

Neuronas multipolares

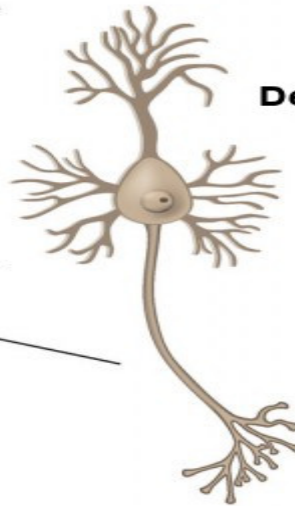
Neurona motora



Dendritas

Axón

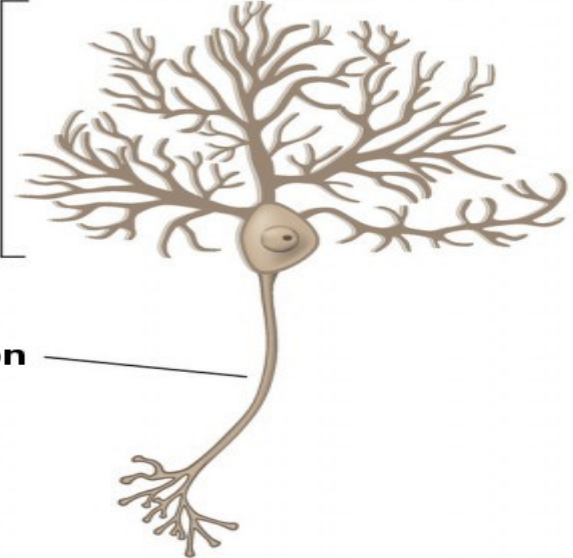
Neurona piramidal



Dendritas

Axón

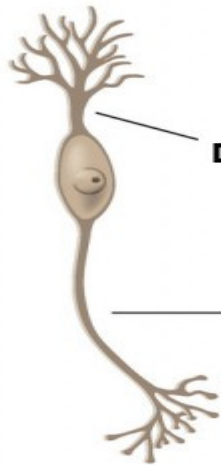
Neurona de purkinje



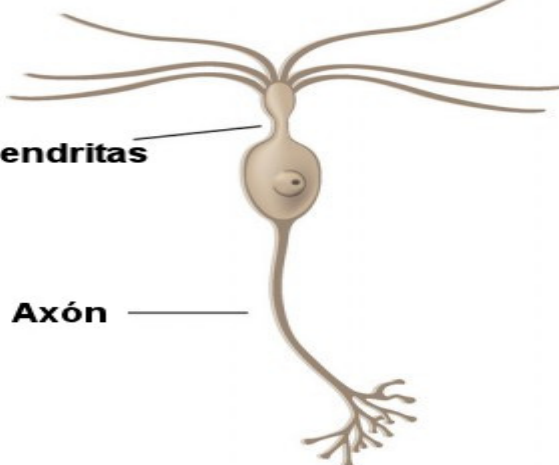
Axón

Neuronas bipolares

Neurona retiniana



Neurona olfativa

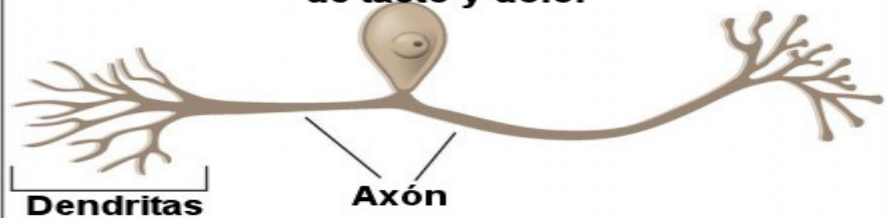


Dendritas

Axón

Neurona unipolar

Por ejemplo neuronas sensoriales de tacto y dolor



Dendritas

Axón

Neurona anaxónica

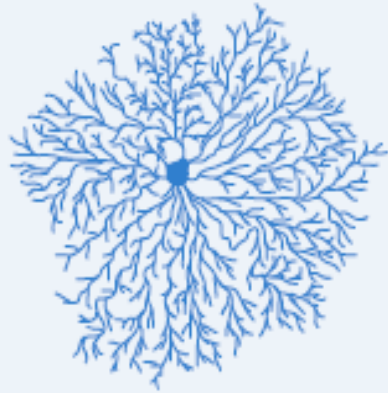
(célula amacrina)



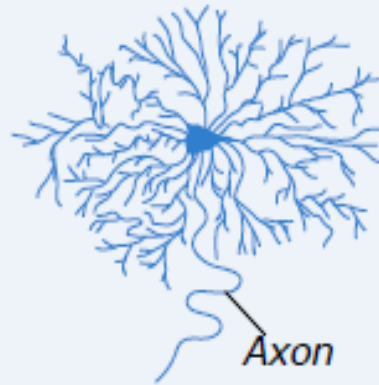
Dendritas



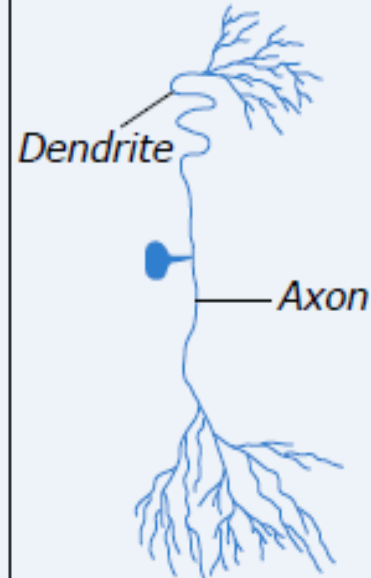
**Pyramidal Cell
(Cortex)**



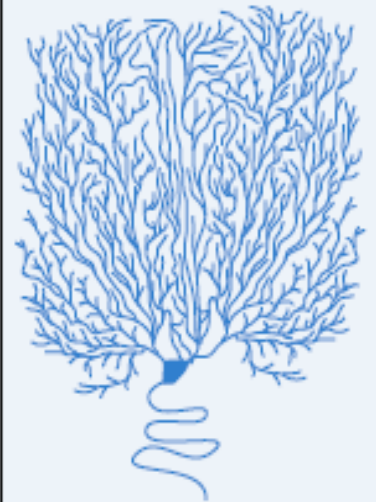
**Association cell
(Thalamus)**



**Motor Neuron
(Spinal Cord)**



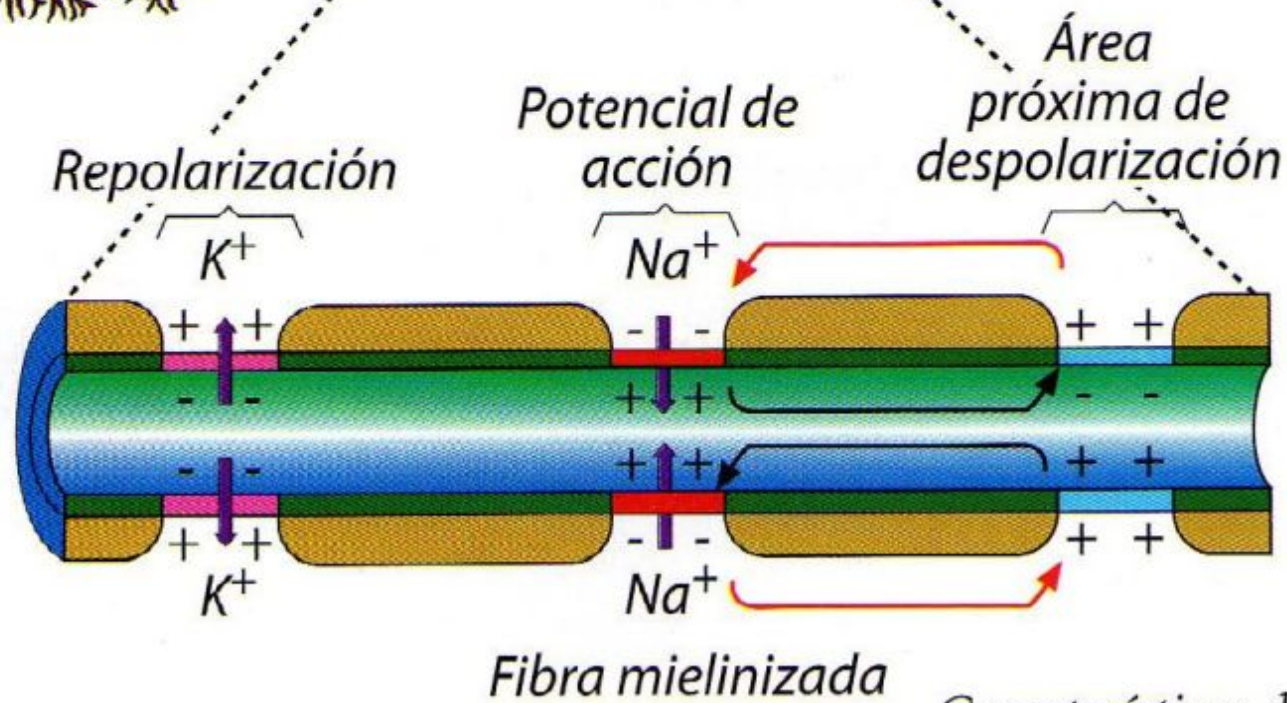
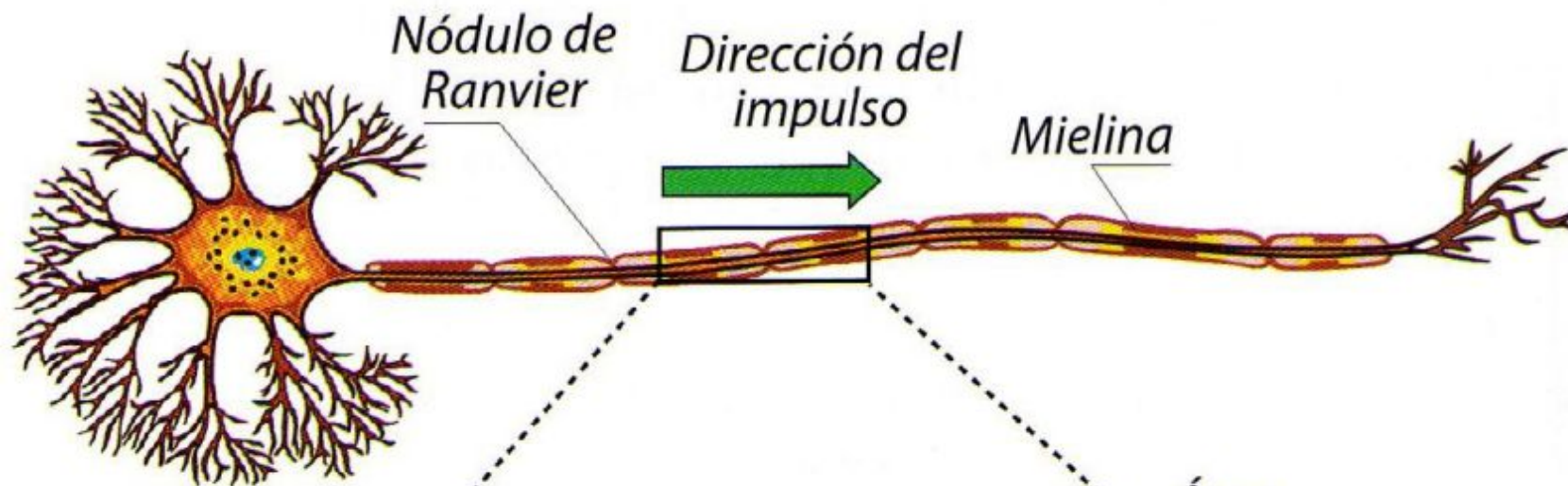
**Somatosensory Cell
(Skin)**



**Purkinje Cell
(Cerebellum)**

Elementos neuro-computacionales (V)

- El impulso nervioso
 - El *potencial de reposo* de una neurona es su carga negativa estable cuando la célula se encuentra inactiva
 - El *potencial de acción* es un cambio muy breve en la carga eléctrica de la neurona y se desplaza por el axón
 - El *periodo refractario absoluto* es el tiempo posterior a un potencial de acción durante el cual no puede iniciarse otro potencial
- La sinapsis (I)
 - Las neuronas no se tocan entre ellas, sino que las separa una *hendidura sináptica*, un hueco microscópico entre el botón terminal de una y la membrana celular de otra



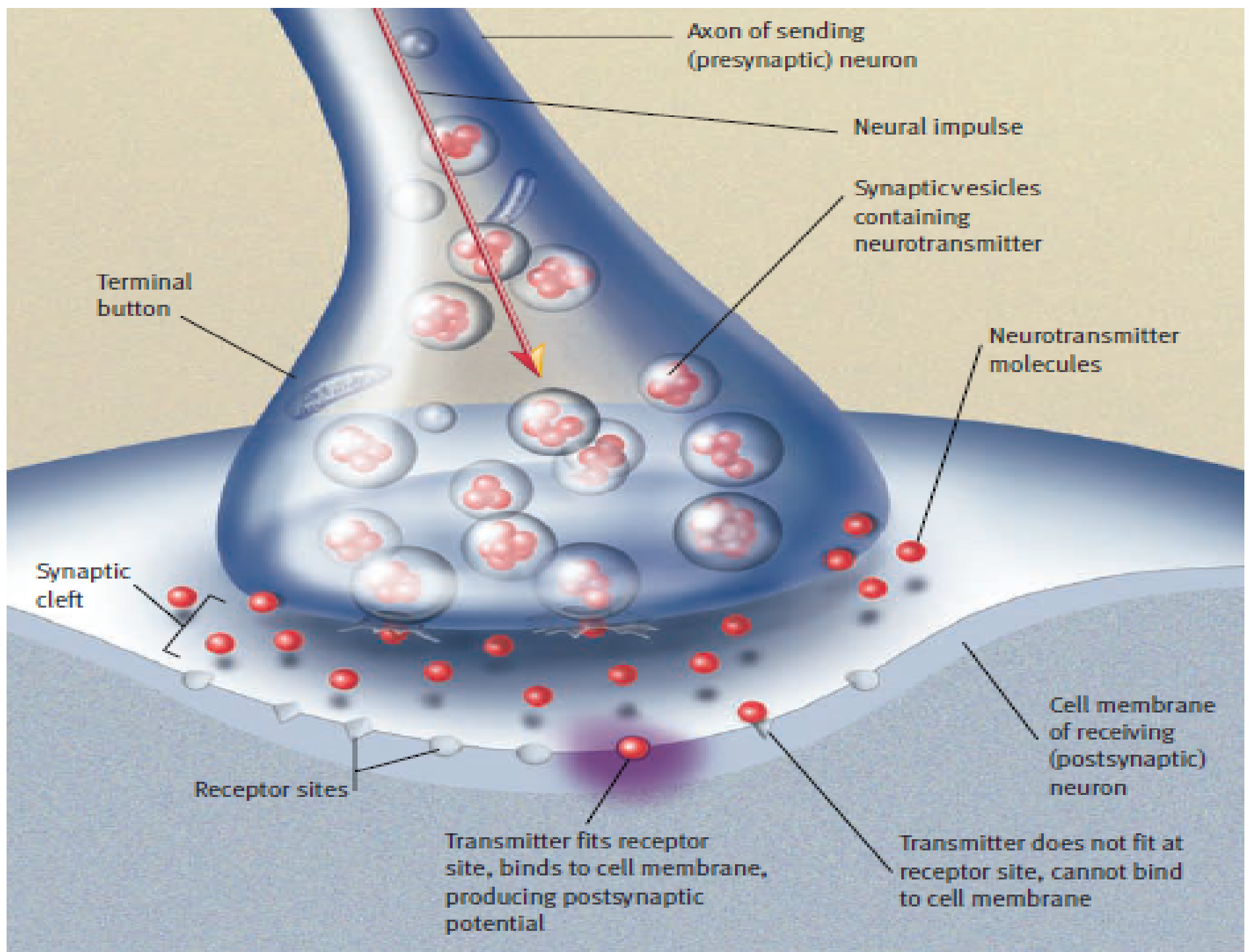
Características del potencial de acción en una neurona mielinizada.

Elementos neuro-computacionales (VI)

- La sinapsis (II)
 - Al llegar un potencial de acción a los botones terminales de un axón se liberan *neurotransmisores*, esto es, sustancias químicas que envían información de una neurona a otra
 - dentro de los botones hay *vesículas sinápticas* que almacenan la mayoría de esas sustancias químicas
 - Al encajar un neurotransmisor en la membrana celular de una neurona receptora se produce un cambio de voltaje en ese lugar: el *potencial postsináptico*

Elementos neuro-computacionales (VII)

- La sinapsis (III)
 - El potencial postsináptico puede ser:
 - *Excitatorio*: cambio de voltaje positivo que aumenta la probabilidad de que la neurona postsináptica descargue potenciales de acción
 - *Inhibidor*: cambio de voltaje negativo que mengua la probabilidad de que la neurona postsináptica descargue potenciales de acción
 - Terminados los efectos del potencial postsináptico los neurotransmisores se alejan de los receptores, son inactivados por enzimas o son reabsorbidos en la neurona presináptica
 - la *recaptación* es el proceso por el que la membrana presináptica asimila los neurotransmisores de la hendidura sináptica



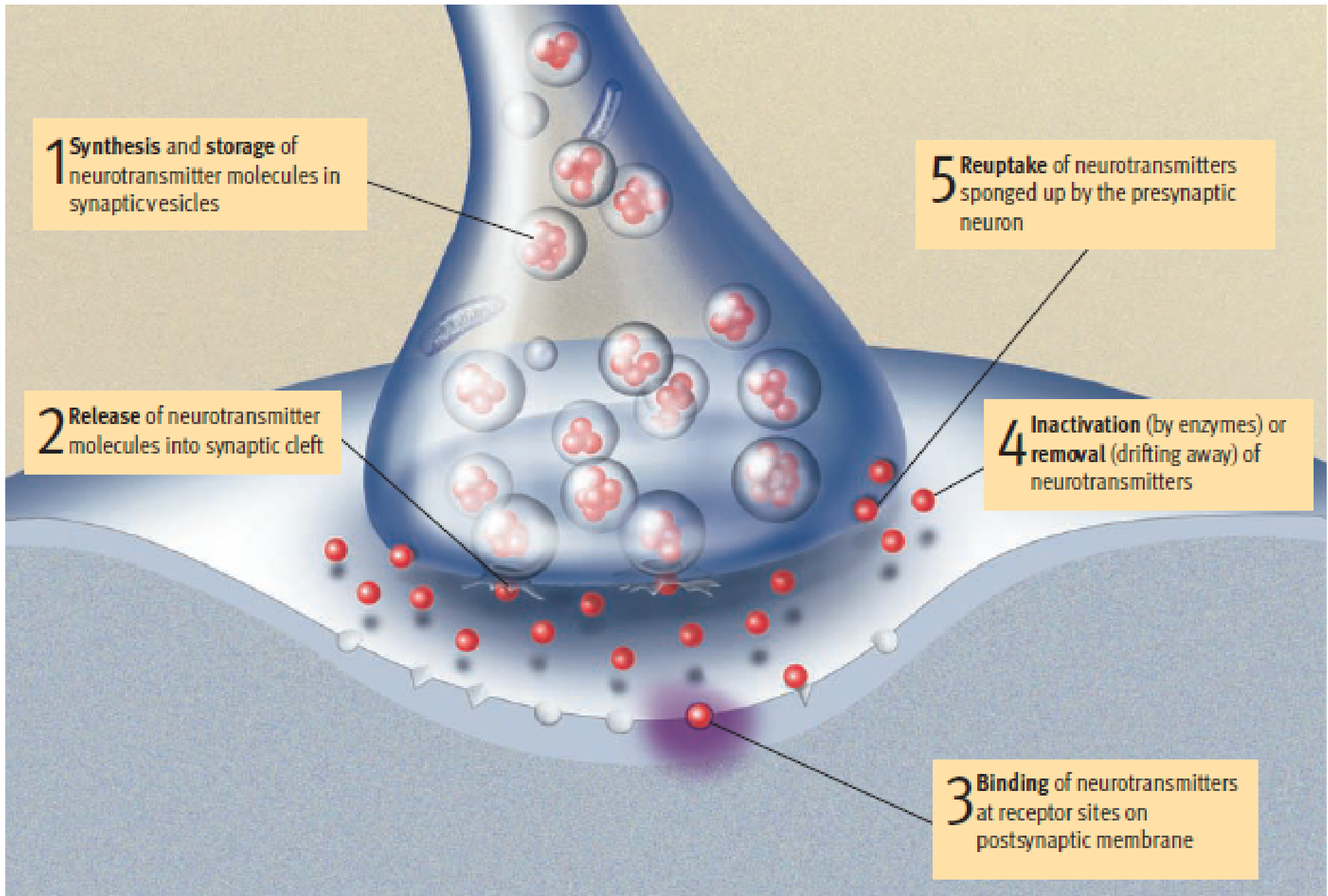
1 Synthesis and storage of neurotransmitter molecules in synaptic vesicles

2 Release of neurotransmitter molecules into synaptic cleft

5 Reuptake of neurotransmitters sponged up by the presynaptic neuron

4 Inactivation (by enzymes) or removal (drifting away) of neurotransmitters

3 Binding of neurotransmitters at receptor sites on postsynaptic membrane



Elementos neuro-computacionales (VIII)

- Neurotransmisores (I):
 - *Acetilcolina* (ACh):
 - activa las neuronas motoras que controlan a los músculos esqueléticos
 - interviene en el control de la atención, la excitación y la memoria (Alzheimer → bajos niveles de ACh en la corteza cerebral)
 - el veneno curare bloquea sus receptores, provocando una parálisis total; la nicotina estimula algunos de sus receptores
 - *Noradrenalina* (NE):
 - modula el estado de ánimo y la excitación
 - interviene en las respuestas de emergencia (↑pulsaciones, ↑tensión arterial, dilatando los bronquios)
 - su efecto aumenta con la cocaína y las anfetaminas

Elementos neuro-computacionales (IX)

- Neurotransmisores (II):
 - *Dopamina* (DA):
 - responsable del movimiento voluntario y las sensaciones placenteras
 - niveles bajos se relacionan con el Parkinson
 - niveles altos (aumenta con la cocaína y anfetaminas) se relacionan con la esquizofrenia
 - *Ácido gamma aminobutírico* (GABA)
 - es un inhibidor del sistema nervioso central en mamíferos
 - el Valium y otros ansiolíticos funcionan en sus sinapsis

Elementos neuro-computacionales (X)

- Neurotransmisores (III):
 - *Serotonina*:
 - regula los estados de ánimo (agresión), el control de la ingesta, el sueño y la sensación de dolor
 - niveles anormales pueden favorecer la depresión y el trastorno obsesivo-compulsivo (TOC)
 - Prozac y otros antidepresivos inhiben su recaptación para favorecer su unión al receptor postsináptico
 - *Endorfinas*:
 - alivian el dolor y la tensión nerviosa
 - generan sensaciones placenteras
 - estructura y efectos semejantes a los opiáceos

El sistema nervioso (I)

- El SNC tiene cerca de 1.000.000.000.000 neuronas
 - 1.000.000.000.000.000 sinapsis
 - 100.000 kilómetros de axones mielinizados
 - más de 160.000 kilómetros de dendritas

El sistema nervioso (II)

- El SNC tiene cerca de 1.000.000.000.000 neuronas
 - 1.000.000.000.000.000 sinapsis
 - 100.000 kilómetros de axones mielinizados
 - más de 160.000 kilómetros de dendritas
 - hasta 15.000 conexiones por célula
 - cada axón hace sinapsis con unas 1.000 neuronas diferentes

El sistema nervioso (III)

- El SNC tiene cerca de 1.000.000.000.000 neuronas
 - 1.000.000.000.000.000 sinapsis
 - 100.000 kilómetros de axones mielinizados
 - más de 160.000 kilómetros de dendritas
 - hasta 15.000 conexiones por célula
 - cada axón hace sinapsis con unas 1.000 neuronas diferentes
- cada neurona tiene la capacidad de procesamiento de un ordenador mediano que calcule alrededor de 1000 multiplicaciones y sumas cada 10 milisegundos

El sistema nervioso (IV)

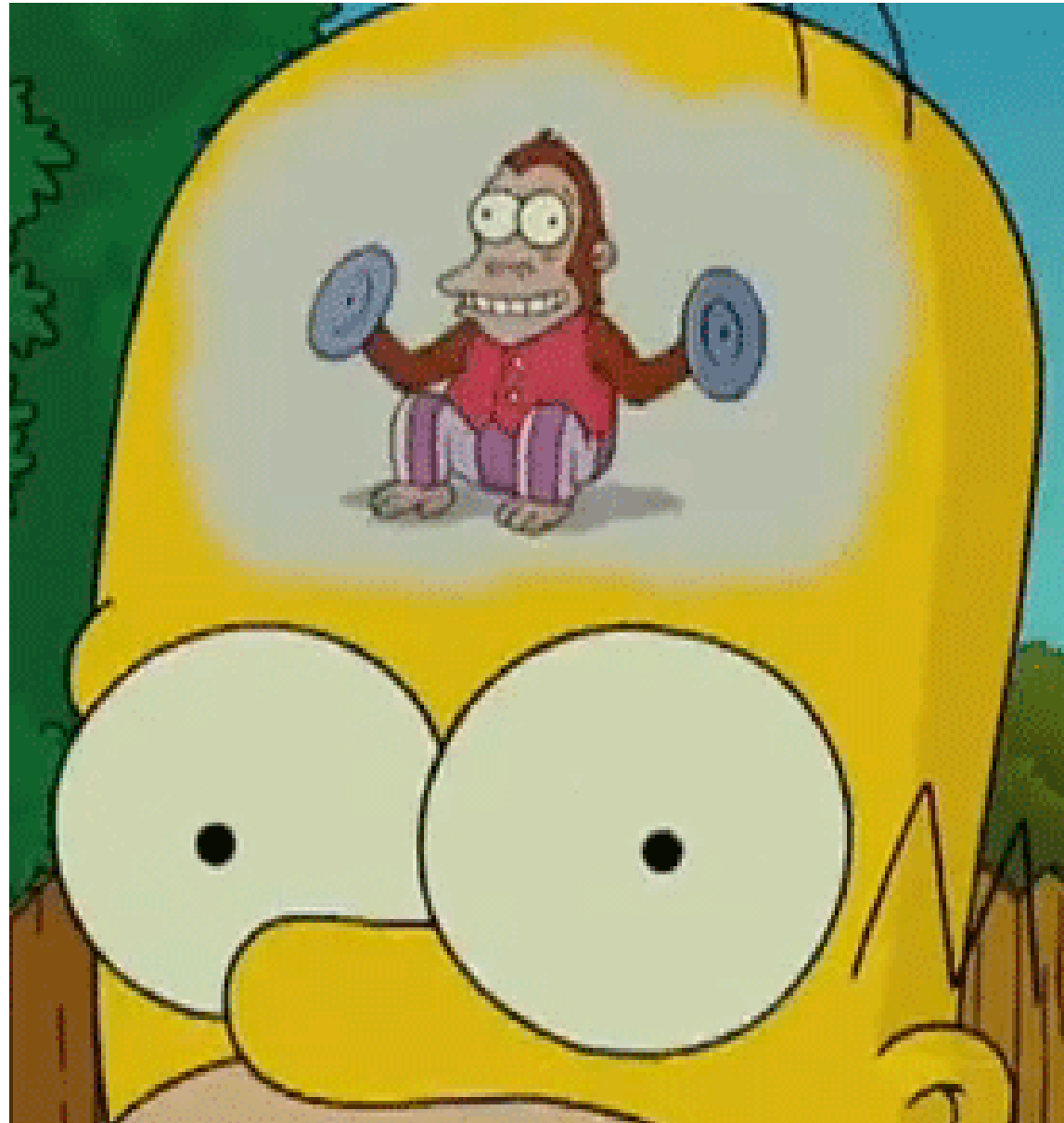
- El SNC tiene cerca de 1.000.000.000.000 neuronas
 - 1.000.000.000.000.000 sinapsis
 - 100.000 kilómetros de axones mielinizados
 - más de 160.000 kilómetros de dendritas
 - hasta 15.000 conexiones por célula
 - cada axón hace sinapsis con unas 1.000 neuronas diferentes
- cada neurona tiene la capacidad de procesamiento de un ordenador mediano que calcule alrededor de 1000 multiplicaciones y sumas cada 10 milisegundos
- la información pasa de una neurona a otra en unos 10 milisegundos (más lento que un ordenador rápido, pero lo hace en paralelo)

El sistema nervioso periférico (I)

- El SNP está constituido por los nervios (haces de fibras neuronales o axones) situados fuera del cerebro y de la médula espinal
- Se divide en somático y autónomo:
 - Sistema nervioso *somático* (o voluntario)
 - Compuesto por nervios que se conectan a los músculos esqueléticos voluntarios y a los receptores sensoriales
 - *aferentes*: desde la periferia al SNC
 - *eferentes*: desde el SNC a la periferia

El sistema nervioso periférico (II)

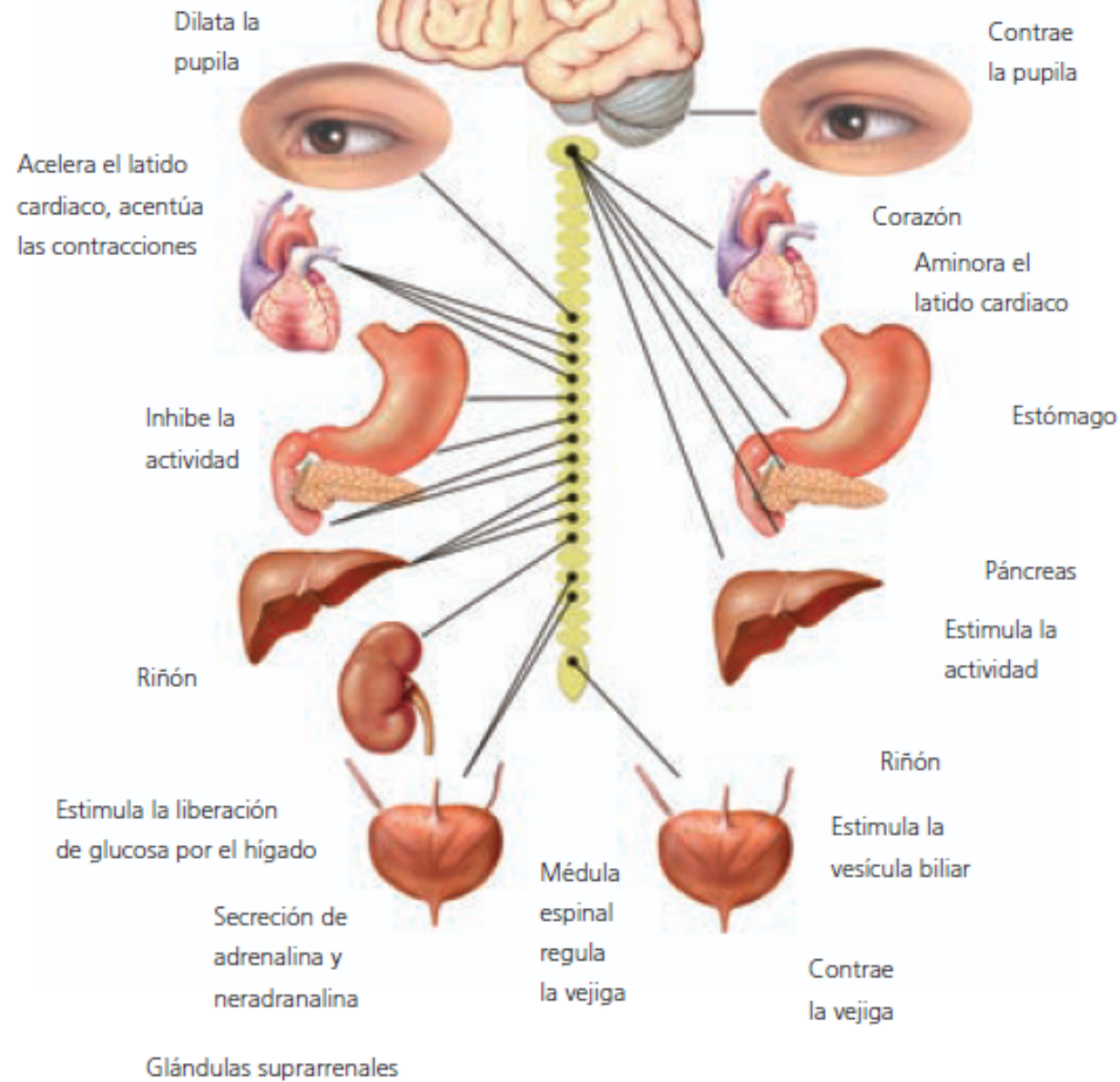
- Sistema nervioso *autónomo* (o involuntario)
 - Formado por nervios que se conectan al corazón, los vasos sanguíneos, el músculo liso y las glándulas
 - Sistema nervioso *simpático*
 - moviliza los recursos del organismo en casos de emergencia (acelerando el ritmo cardíaco, aumentando la tensión arterial, etc.)
 - Sistema nervioso *parasimpático*
 - conserva los recursos del organismo, ahorrando energía (reduce la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, etc.)



Sistema nervioso
simpático
(excita)

Cerebro

Sistema nervioso
parasimpático
(amortigua)



El sistema endocrino (I)

- El *sistema endocrino* colabora con el sistema nervioso autónomo para mantener el equilibrio corporal u *homeostasis*
- Está compuesto por glándulas que segregan hormonas bajo la dirección del hipotálamo y la hipófisis
 - Las *hormonas* son sustancias químicas que actúan como mensajeros por el torrente sanguíneo
 - Principales glándulas endocrinas:
 - Hipófisis o glándula pituitaria (en la base del cerebro):
 - controlada por el hipotálamo
 - libera hormonas muy diversas y que estimulan la actividad de otras glándulas endocrinas

El sistema endocrino (II)

- Glándula pineal (en la base del cerebro):
 - produce *melatonina* ($\uparrow$ oscuridad, $\downarrow$ luz), que regula el sueño
- Glándula tiroides (en la garganta):
 - produce *tiroxina*, que regula el ritmo metabólico del cuerpo
- Glándulas paratiroides (en la garganta):
 - produce la *hormona paratiroidea* (PTH), que regula el calcio en sangre
- Páncreas:
 - produce *insulina* y *glucagón*, que regulan el azúcar en sangre
- Glándulas suprarrenales (sobre los riñones):
 - producen *adrenalina* y *cortisona*, que regulan el ritmo cardíaco y la tensión arterial

El sistema endocrino (III)

- Riñones:
 - producen *eritropoyetina* (EPO), que regula los glóbulos rojos en sangre
- Ovarios:
 - producen *estrógeno* y *progesterona*, que controlan la ovulación, el embarazo y el ciclo menstrual
- Testículos:
 - producen *testosterona*, responsable de la producción de esperma y el desarrollo de los caracteres sexuales masculinos

Glándula	Hormonas producidas	Función	Efectos por su disminución	Efectos por su aumento
Hipófisis (Pituitaria)	Hormona del crecimiento (Somatotropina) Prolactina TSH, ACTH, LH y FSH (vasopresina) Oxitocina	Estimula la síntesis de proteínas y produce el crecimiento del hueso. Estimula el crecimiento mamario y la producción de leche. Estimula la secreción de hormonas de la glándula tiroides. Estimula la secreción hormonal de las glándulas suprarrenales. Controla el funcionamiento de los órganos sexuales. Controla el oscurecimiento de la piel. Actúa sobre los riñones y controla la pérdida de agua. Estimula la contracción del útero durante el parto.	Estatura pequeña Impulso sexual reducido Metabolismo lento, hinchazón Puede causar infertilidad Aumenta la pérdida de agua Parto prolongado	Gigantismo Superproducción de óvulos Produce retención de líquidos, hinchazón
Tiroides	Tiroxina Calcitonina	Regula la actividad química celular. Esencial para el crecimiento físico y el desarrollo mental de los niños. Inhibe la liberación de calcio del hueso.	Retraso del crecimiento y el desarrollo en los niños. Enanismo.	Hipertiroidismo: nerviosismo, insomnio e irritabilidad, sudoración excesiva y pérdida de peso. Aumento de la presión sanguínea.
Paratiroides	Hormona paratiroidea (PTH)	Regula los niveles de calcio en sangre; importante para el funcionamiento de nervios y músculos.	Tetanización: espasmos musculares.	Puede causar adelgazamiento de los huesos (osteoporosis) o piedras en el riñón.
Suprarrenal	Adrenalina Cortisona Aldosterona	Prepara al cuerpo frente al miedo angustia, shock. Controla el metabolismo, la forma corporal. Controla los niveles de sales y agua en el cuerpo.	Enfermos de Addison: desequilibrio salino, presión sanguínea baja, debilidad, pérdida de peso, problemas intestinales.	Enfermedad de Cushing: obesidad, cara de luna, presión sanguínea elevada, niveles altos de azúcar en sangre, pilosidad.
Páncreas	Insulina Glucagon	Controla el nivel de azúcar en sangre.	Diabetes: exceso de azúcar en sangre.	Rara: coma debido a la disminución de azúcar en sangre.
Riñones	Eritropoyetina Renina	Actúa sobre la médula ósea para producir glóbulos rojos. Contribuye al control de la presión sanguínea.	Anemia	Presión sanguínea elevada.
Ovarios	Estrógeno Progesterona	Estimula el crecimiento mamario y la producción de óvulos, el vello púbico y corporal, cambios en la distribución de grasa corporal en la pubertad. Engrosa las paredes del útero tras la ovulación.	Infertilidad	Niveles naturalmente altos durante el embarazo; en otras circunstancias puede causar coágulos sanguíneos.
Testículos	Testosterona	Estimula la producción de espermatozoides; desarrolla y mantiene las características sexuales masculinas. Presente en pequeñas cantidades en las mujeres.	En los varones causa disminución de espermatozoides y del impulso sexual. Debilitamiento del pelo.	Desarrollo excesivo de los músculos y del vello corporal. En hombres puede causar erecciones dolorosas y persistentes (priapismo).

El sistema nervioso central (I)

- El sistema nervioso central (SNC) se encarga de procesar la información del resto del cuerpo y controlar todas las actividades humanas (pensamientos, sentimientos y comportamiento)
 - está constituido por el *encéfalo* (cerebro, cerebelo y bulbo raquídeo) y la *médula espinal*
 - está protegido por las *meninges* (membranas *duramadre*, *piamadre* y *aracnoides*)
 - el *líquido cefalorraquídeo* nutre y ofrece protección al SNC

El cerebro triuno

Paul Mac Lean ha propuesto que en nuestro cráneo anida no un cerebro, sino tres interconectados entre sí, aunque distinguibles anatómica y funcionalmente, y cada uno con sus funciones.

El cerebro humano ha evolucionado de tal forma que ha creado tres capas cerebrales en distintas etapas evolutivas, como estratos arqueológicos de una vieja ciudad. Según el orden de aparición en la historia evolutiva, estos cerebros son: cerebro reptiliano, cerebro límbico y el neocórtex.

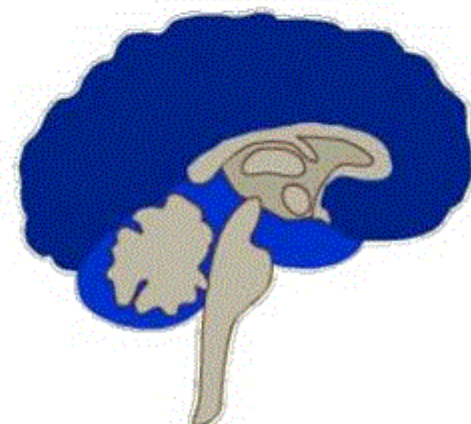
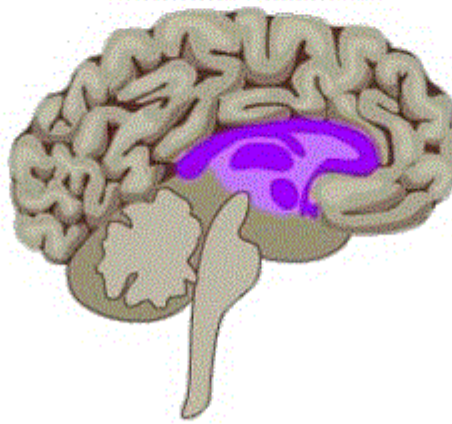
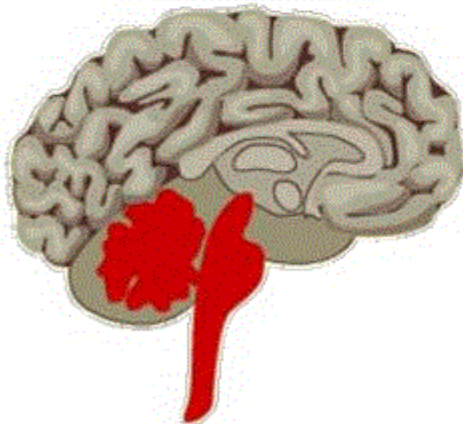
Cerebro reptiliano (visceral): es la parte más primitiva del cerebro y está ubicado en la médula espinal y el cerebro medio (el complejo R). Actúa por instinto (no piensa o siente), sus conductas son inconscientes y automáticas. No tiene capacidad de aprendizaje, responde al esquema estímulo-respuestas. Asegura las necesidades primarias del individuo como: dormir, comer y defender el territorio.

Cerebro límbico (emocional): está formado por la amígdala, el hipocampo, el tálamo, el hipotálamo y la hipófisis. Es el centro de las emociones y rige la vida afectiva del individuo, los sentimientos sexuales, los lazos sociales, las creencias y valores. Tiene capacidad de memoria a largo plazo, lo cual le permite registrar y procesar información dentro de una concepción de experiencia y aprendizaje.

Cerebro cognitivo (neocórtex): Es el cerebro humano más evolucionado y está dividido en dos hemisferios (izquierdo y derecho). Es el que nos permite pensar, hablar, percibir, imaginar, analizar y comportarnos como seres civilizados. Tiene la capacidad de percepción y reflexión, pensamiento abstracto y lenguaje y es la sede de la conciencia simbólica.

Triune Brain Theory

Lizard Brain	Mammal Brain	Human Brain
Brain stem & cerebellum	Limbic System	Neocortex
Fight or flight	Emotions, memories, habits	Language, abstract thought, imagination, consciousness
Autopilot	Decisions	Reasons, rationalizes



The Triune Brain in Evolution, Paul MacLean, 1960

El sistema nervioso central (II)

- El encéfalo se puede dividir en tres grandes regiones:

1. Metencéfalo:

- *Cerebelo*: coordinación, equilibrio, etc.
- *Bulbo raquídeo*: funciones inconscientes como la respiración, movimientos reflejos, circulación de la sangre, etc.
- *Puente*: sueño y activación

2. Mesencéfalo

3. Prosencéfalo

El sistema nervioso central (III)

- El encéfalo se puede dividir en tres grandes regiones:

1. Metencéfalo

2. Mesencéfalo: es el segmento del tallo cerebral situado entre el metencéfalo y el prosencéfalo

- integra la visión y la audición

3. Prosencéfalo:

- *Diencéfalo:*

- Tálamo: procesa y distribuye información sensorial y motora
- Hipotálamo: regula el SNA y el sistema endocrino

- *Telencéfalo*

El sistema nervioso central (IV)

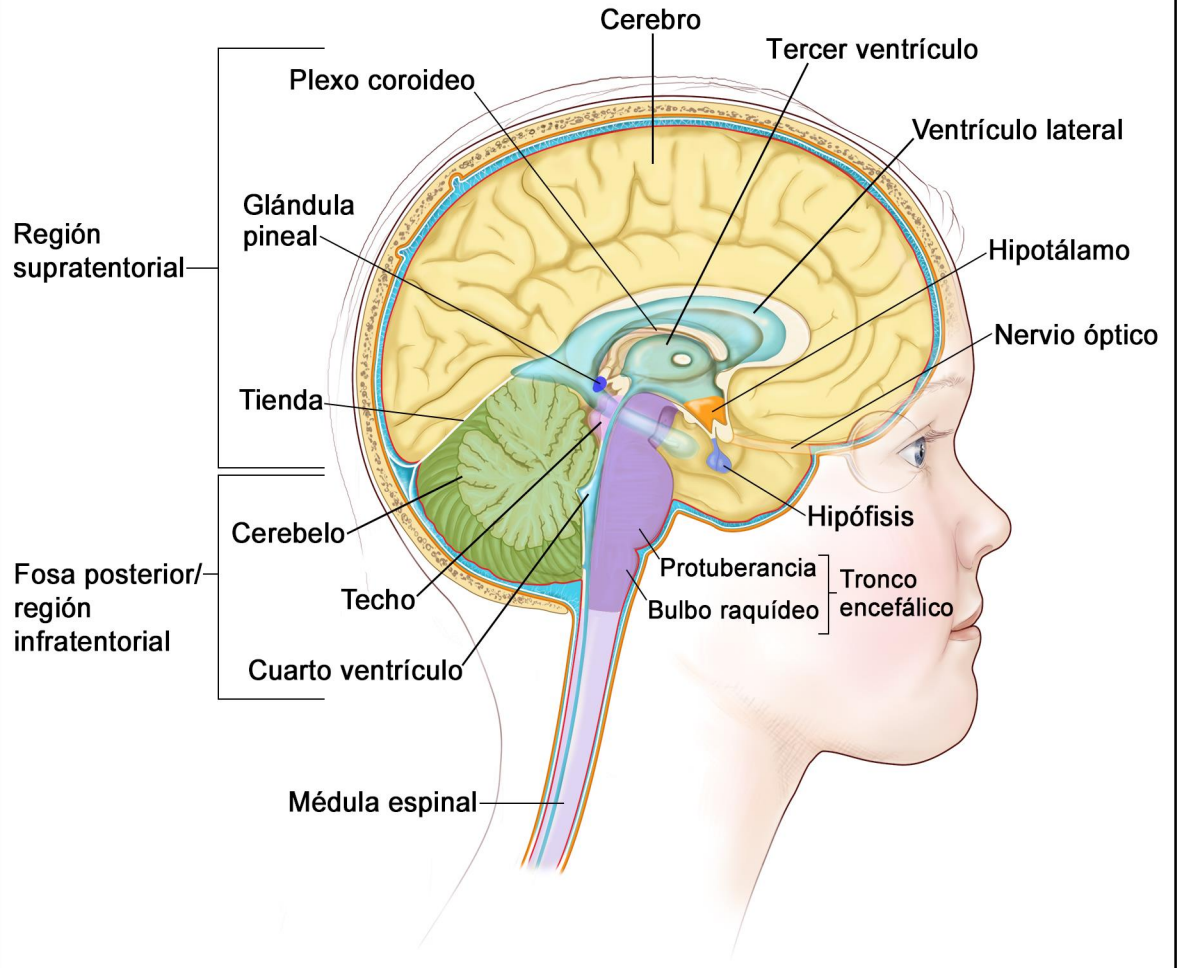
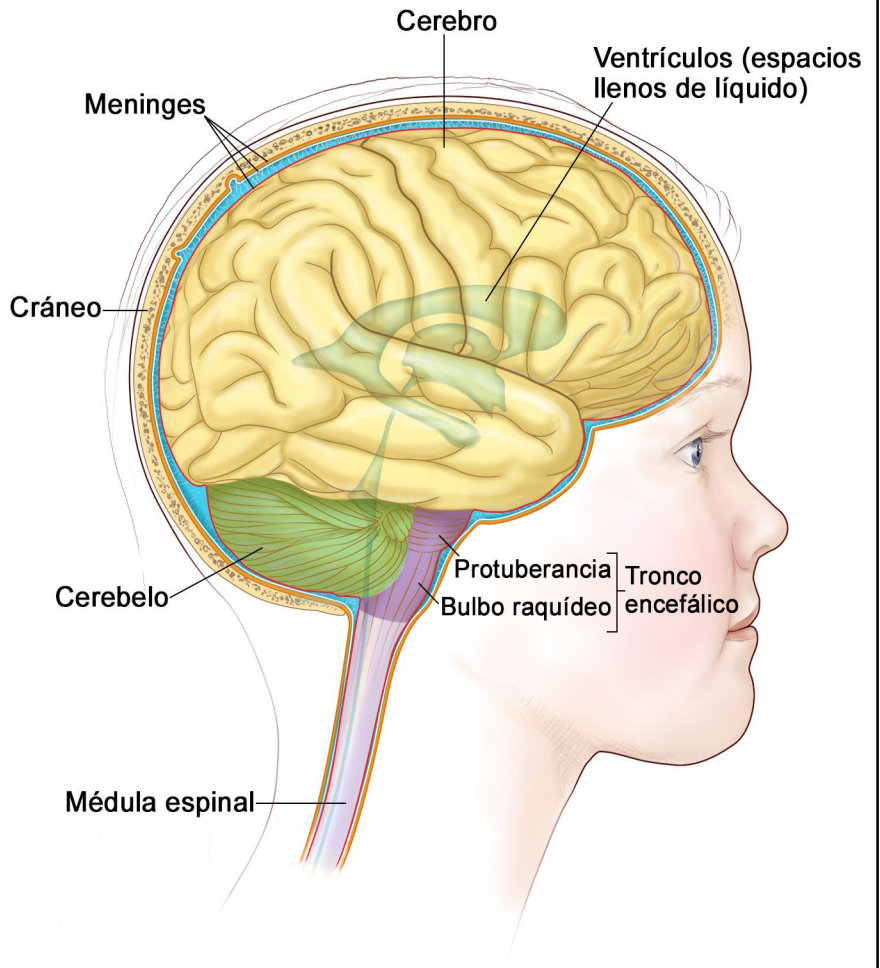
- El encéfalo se puede dividir en tres grandes regiones:

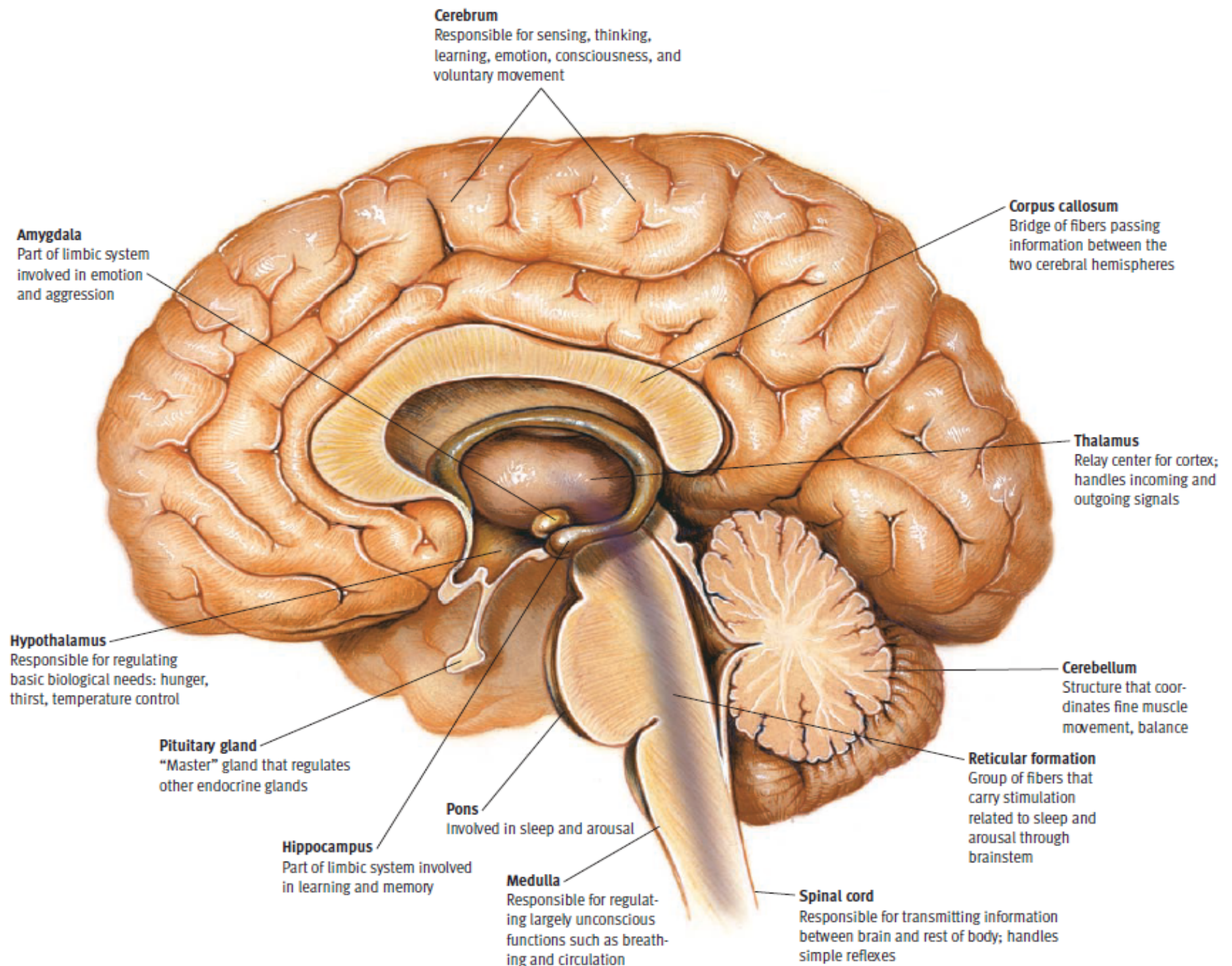
1. Metencéfalo

2. Mesencéfalo

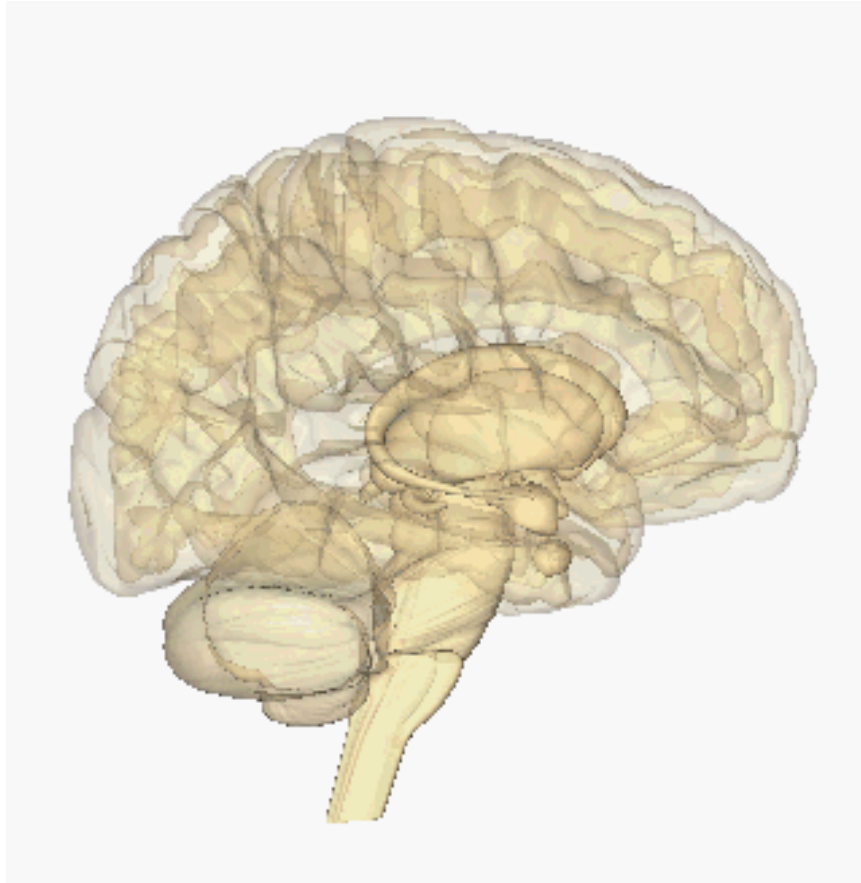
3. Prosencéfalo:

- *Diencéfalo*
- *Telencéfalo* (hemisferios cerebrales unidos por el cuerpo calloso):
 - Corteza cerebral
 - Ganglios basales (movimientos automáticos)
 - Sistema límbico (hipocampo -memoria- y amígdala -emociones-)





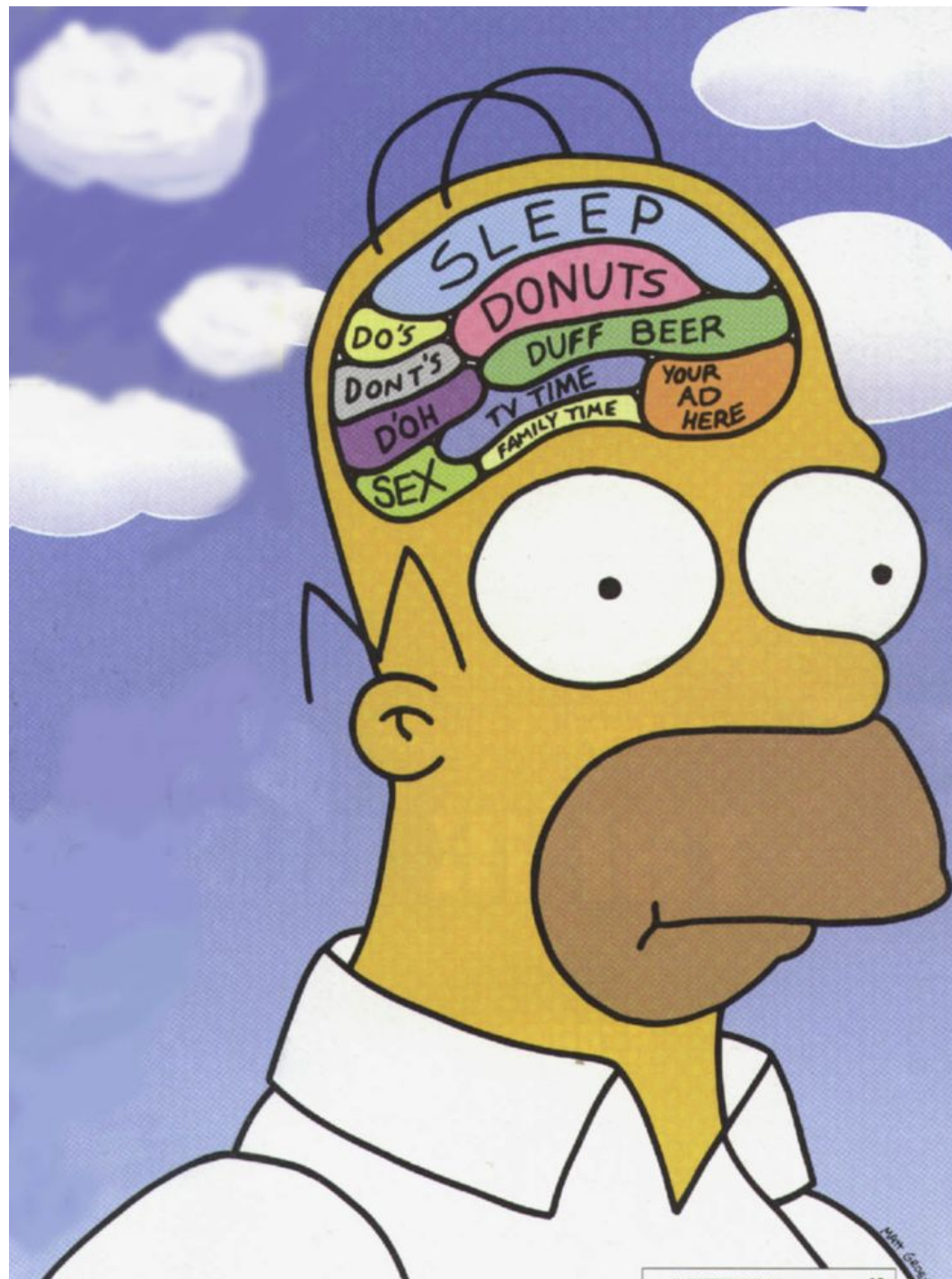
El sistema nervioso central (V)



- Hemisferios cerebrales
 - hemisferio izquierdo: controla el lado derecho del cuerpo
 - relacionado con el lenguaje, el habla, el cálculo, el sentido temporal, el ritmo, movimientos complejos, etc.
 - hemisferio derecho: controla el lado izquierdo del cuerpo
 - relacionado con el reconocimiento de patrones visuales y sonoros, sentido espacial, lenguaje simple, etc.

El sistema nervioso central (VI)

- Los hemisferios se dividen en cuatro porciones llamadas lóbulos:
 - *Lóbulo occipital* (parte posterior): procesamiento visual
 - *Lóbulo parietal* (parte superior): sensaciones
 - *Lóbulo temporal* (parte inferior): recibe sonidos y olores; controla el habla y la memoria
 - *Lóbulo frontal* (parte delantera): funciones mentales superiores como la planificación, decisión, etc.



Frontal lobe

Parietal lobe

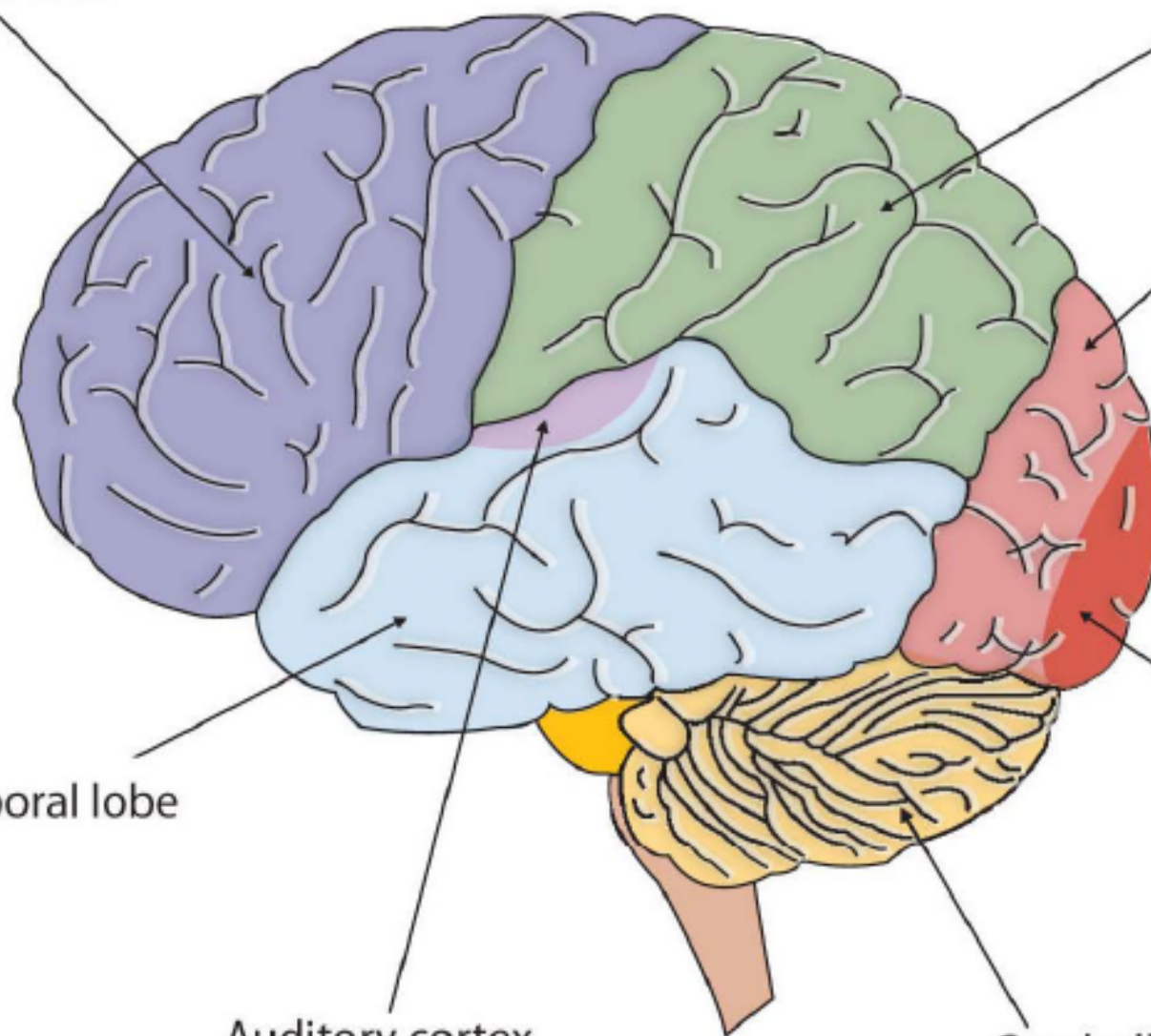
Occipital lobe

Temporal lobe

Visual cortex

Auditory cortex

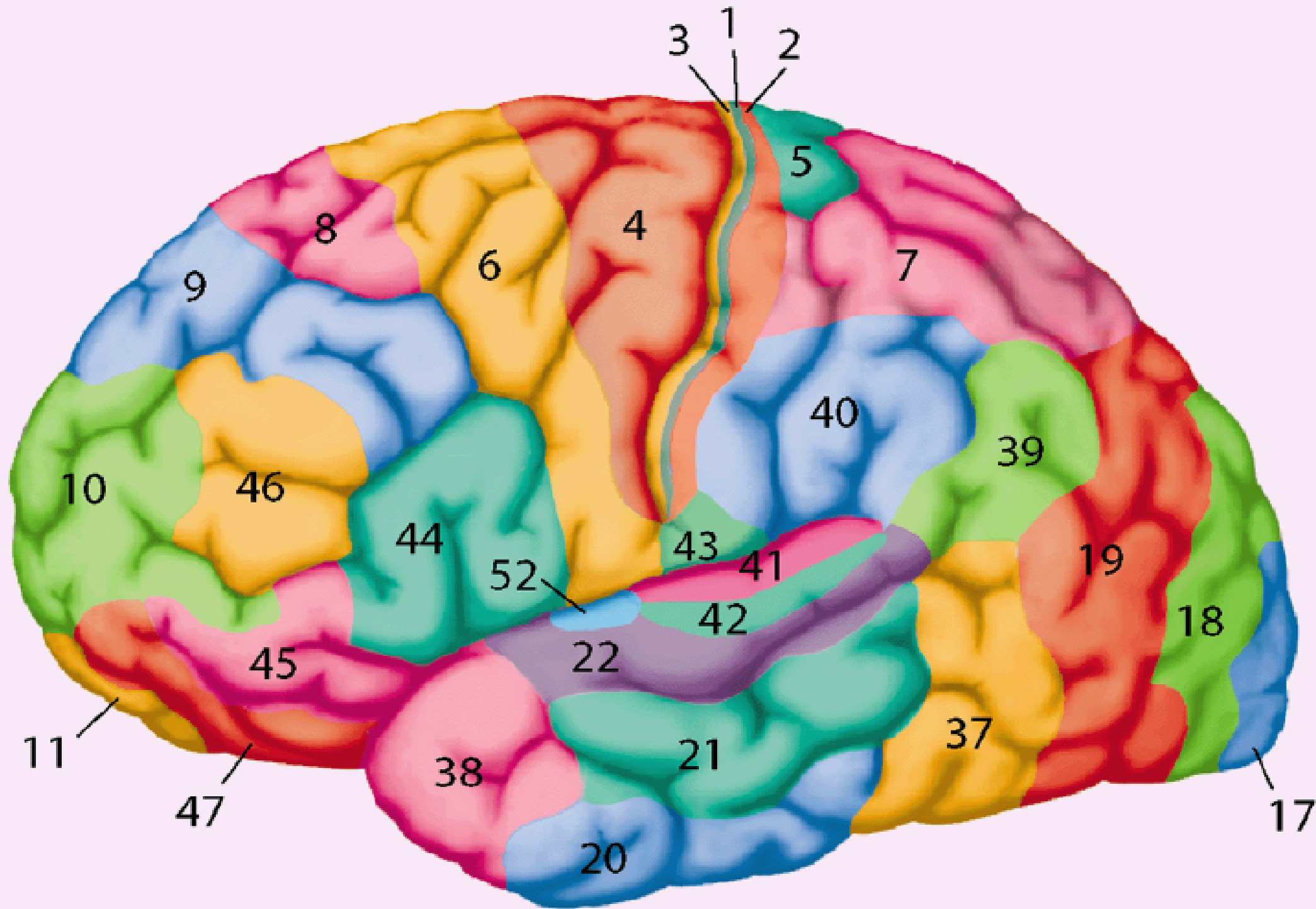
Cerebellum

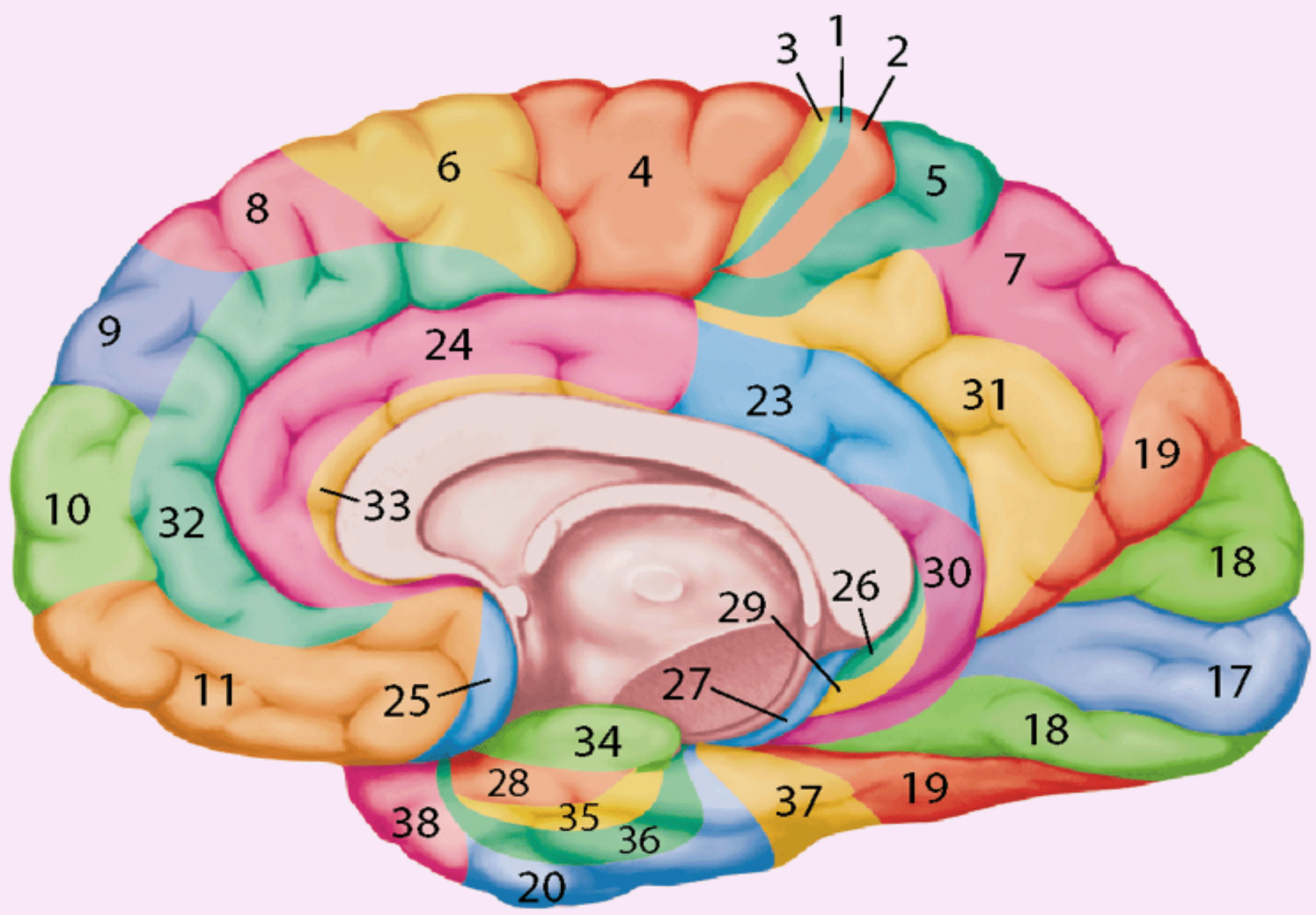


El sistema nervioso central (VII)

Hay otras maneras de clasificar distintas regiones cerebrales. Una de las más populares es la creada por Korbinian Brodmann a principios de siglo XX (ha sufrido revisiones), basándose en la estructura organizacional de las células.

Estas son las *áreas de Brodmann*:





1-2-3) Córtex somatosensorial primario.
4) Córtex motor.
5) Córtex somatosensorial asociativo.
6-7) Córtex premotor y postmotor.
8-10) Córtex motor secundario.
9-12) Córtex prefrontal.
9) Córtex dorsolateral prefrontal.
10) Área frontopolar.
11-*15) Área orbitofrontal.
12) Área orbitofrontal.
*13-*14-*15) Circunvoluciones homeostáticas.
*16) Peripaleocortical claustral.
17) Córtex visual primario.
18) Córtex visual asociativo.
19) Córtex visual asociativo.
20) Circunvolución temporal inferior.
21) Circunvolución temporal media.
22) Circunvolución temporal superior.
23-26) Sistema lúnico.
23) Área ventral posterior del cíngulo.
*24) Área ventral anterior del cíngulo.
25) Área subcallosa.
26) Área ectoespinal del cíngulo.
27-28-34) Rinoencéfalo.
27) Corteza piriforme.

28) Corteza entorrinal.
29) Área retrosplenial del cíngulo.
30) Área subesplenial del cíngulo.
31) Área dorsoposterior del cíngulo.
32) Área dorsoanterior del cíngulo.
33) Indeseum griseum.
34) Uncus.
35) Corteza perirrinal.
*36) Corteza parahipocampal.
37) Circunvolución occipitotemporal lateral.
38) Polo temporal.
22-42) Área de Wernicke.
39) Circunvolución angular asociación heteromodal.
40) Circunvolución supramarginal asociación heteromodal.
41) Córtex auditivo primario.
42-22) Córtex auditivo asociativo.
43) Córtex gustativo.
44-45) Área de Broca.
44) Circunvolución opércular.
45) Circunvolución triangular.
46) Córtex prefrontal dorsolateral.
47) Circunvolución frontal inferior.