

Curso Neurociencia Cognitiva: las facultades mentales

Posgrado de Filosofía de la Ciencia (Ciencias cognitivas), Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM

José Luis Díaz

www.joseluisdiaz.org

Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina, Facultad de Medicina UNAM

Primer semestre 2013. Jueves 16-20 hrs



Knitted brain. Sarah Illenberger

Esquema del Curso de Neurociencia Cognitiva: Las facultades mentales 2013

- 1. Neurociencia: generalidades (31 enero y 7 de febrero)**
- 2. Sensación y sistemas sensoriales (14 de febrero)**
- 3. Percepción (21 de febrero)**
- 4. Emoción y sistema afectivo (28 febrero)**
- 5. Pensamiento y lenguaje (7 marzo)**
- 6. Imaginación y sueños (14 marzo)**
- 7. Memoria y aprendizaje (4 abril)**
- 8. Intención y voluntad (11 abril)**
- 9. Comportamiento y control motor (18 abril)**
- 10. Conducta social y neurociencia social (25 abril)**
- 11. Conocimiento, solución de problemas e inteligencia (2 mayo)**
- 12. Atención (9 mayo)**
- 13. Conciencia (16 mayo)**
- 14. El problema mente-cuerpo (23 mayo)**
- 15. Examen (30 Mayo)**

En cada uno de los temas se abordarán los siguientes asuntos y problemas

- Definición
- Clases y modelos funcionales
- Métodos de análisis
- Fenomenología y expresión
- Fundamento nervioso
- Psicopatología



Esquema de clase

Lugar: Coordinación de Humanidades UNAM

Sesiones semanales: Jueves de 16 a 20 hrs

Bibliografía general

Gazzaniga, M. S., Ivri, R.B., Mangun, G.R. (eds): *The New Cognitive Neurosciences. The Biology of Mind*. MIT Press, Tercera edición, 2008.

Eric Kandel, James Schwartz, Thomas Jessell, Steven Siegelbaum, A.J. Hudspeth (eds) *Principles of Neural Science*. McGraw-Hill, 1760 pp

THIRD EDITION

Cognitive Neuroscience

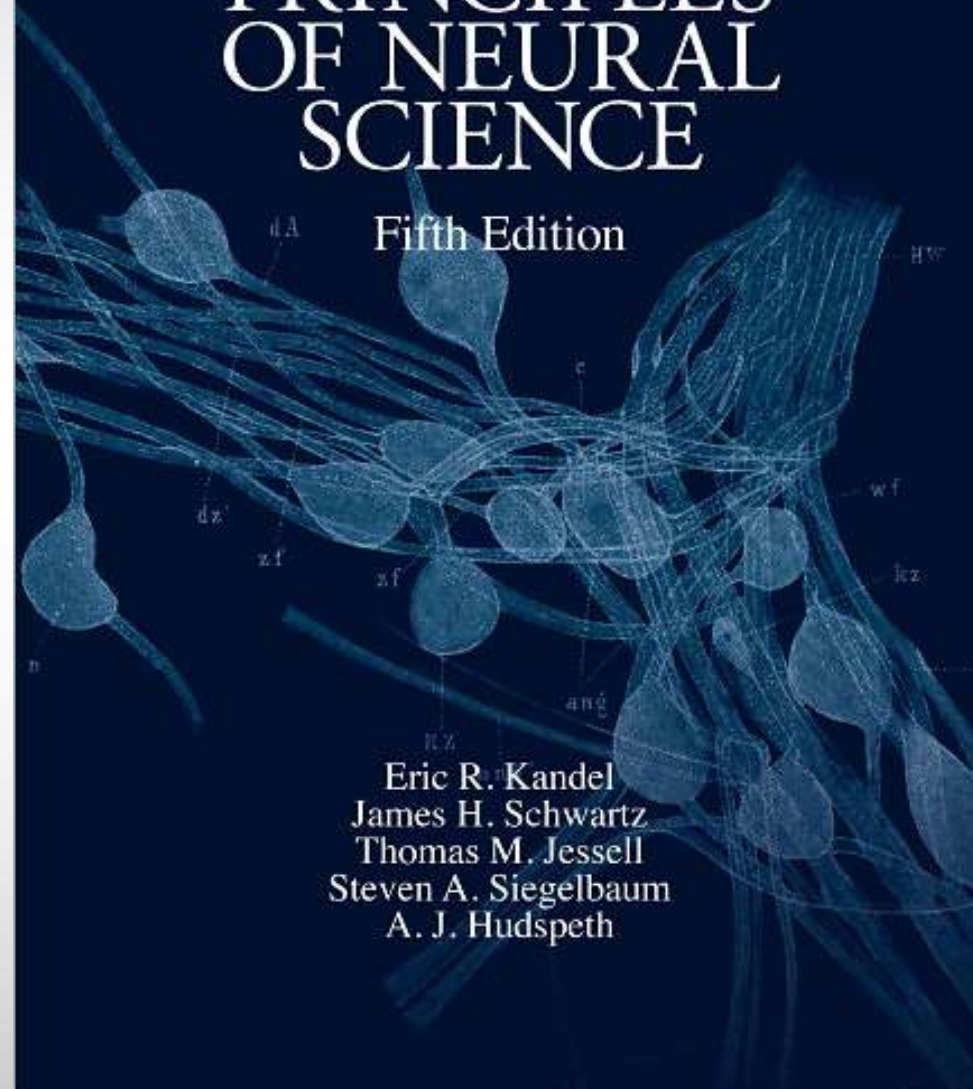
The Biology of the Mind



Michael S. Gazzaniga
Richard B. Ivry
George R. Mangun

PRINCIPLES OF NEURAL SCIENCE

Fifth Edition



Eric R. Kandel
James H. Schwartz
Thomas M. Jessell
Steven A. Siegelbaum
A. J. Hudspeth

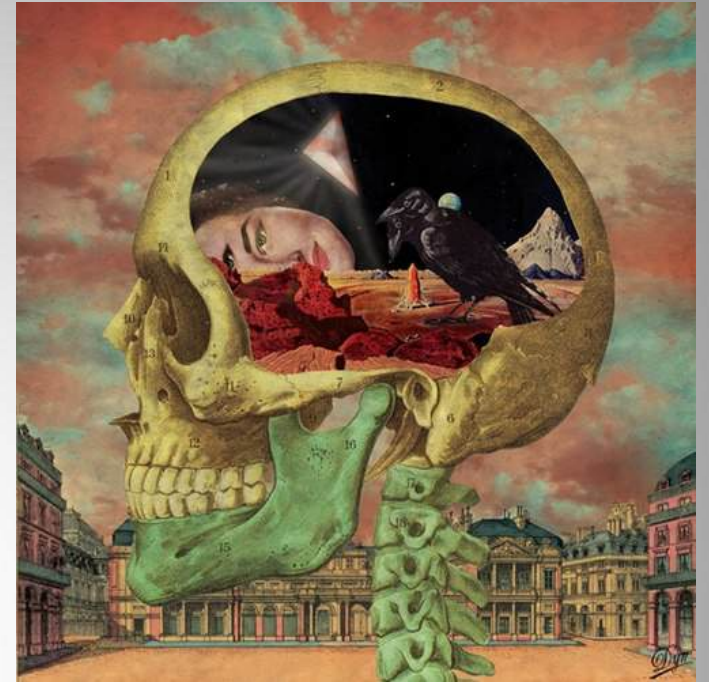
- En *Dorian Gray* dije que los grandes pecados del mundo ocurren en el cerebro; pero es en el cerebro que todo ocurre. Es en el cerebro que la amapola es roja, la manzana olorosa, que la alondra canta.

- Oscar Wilde





<http://movingtofreedom.org/2010/05/08/mind-grapes/#commentS>



Neurociencia: generalidades

- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Definición de “mente”

Sistema de capacidades cognitivas, sensitivas, afectivas, volitivas y motrices de los organismos que los facultan para:

- seleccionar
- captar
- evaluar
- transformar
- almacenar
- recuperar
- proyectar
- recrear

Información
mediante
representaciones

Información y sistema mente/cerebro

Información

Función mental

captar

sensación, percepción

evaluar

emoción

transformar

pensamiento, razonamiento

simbolizar

lenguaje

recrear

imaginación

almacenar

aprendizaje, memoria

recuperar

recuerdo

proyectar

intención, voluntad

emitir

conducta, acción

seleccionar

atención

percatarse

conciencia

Sistema mente/cerebro

El sistema mente/cerebro implica una unidad ontológica de procesos mentales y cerebrales que si bien se manifiesta de manera distinta como conciencia y morfofisiología nerviosa, debe tener una correspondencia final (Díaz, 2007).



Concepto “Neurociencia”

- Proyecto *Mens* (Francis O. Schmitt)
- Neurosciences Research Program (MIT, 1962)
- Psicofisiología y Neurociencia cognitiva



Una teoría de la función cerebral

From neuron to brain (Kuffler y Nichols, 1976)

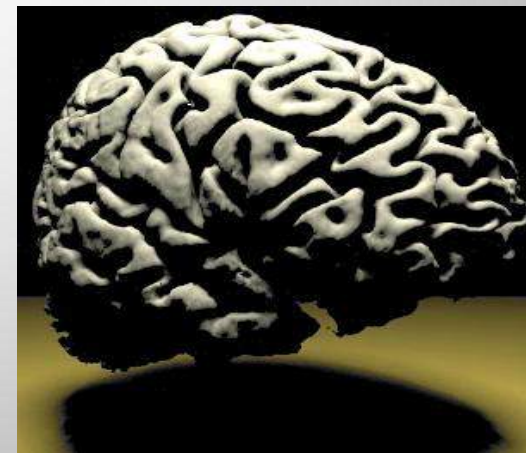
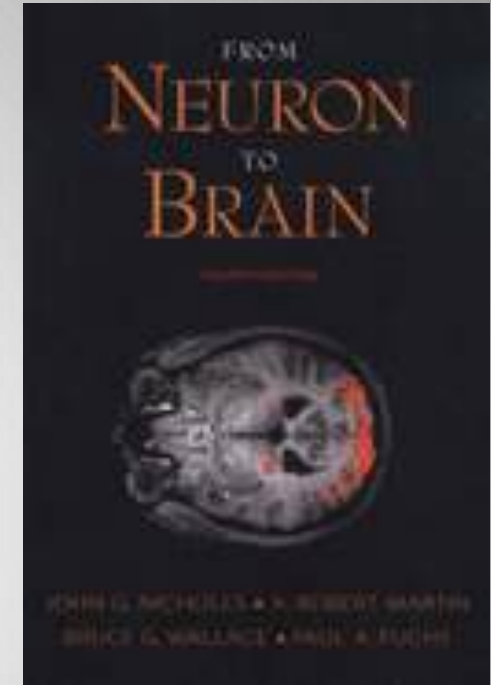
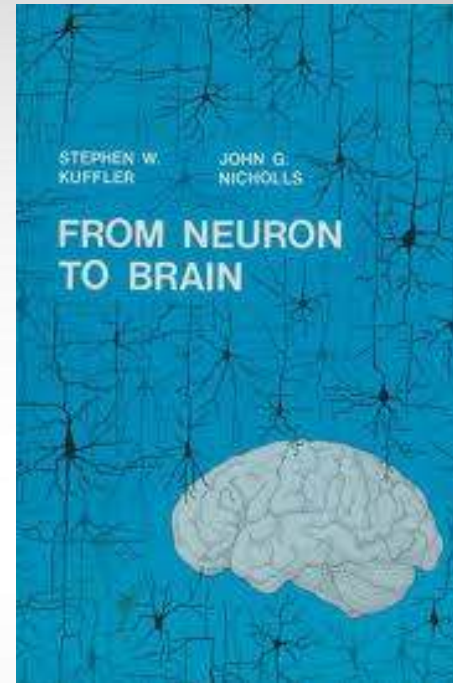
El cerebro usa señales eléctricas para procesar la información

Las señales eléctricas son idénticas en todas las neuronas

Las señales constituyen códigos de decodificación y *representación*

El origen y destino de las fibras determinan el *contenido* de la información

El *significado* de las señales está en las interconexiones



Ordenamiento piramidal

La información es procesada en el sistema cerebro/mente en seis niveles sucesivos de complejidad creciente, en cada uno de los cuales sufre una ganancia cualitativa de integración, densidad y alcance:

Organísmico: Integración del sistema nervioso en el resto de los sistemas corporales.

Orgánico: Integración de los diversos módulos cerebrales en el encéfalo.

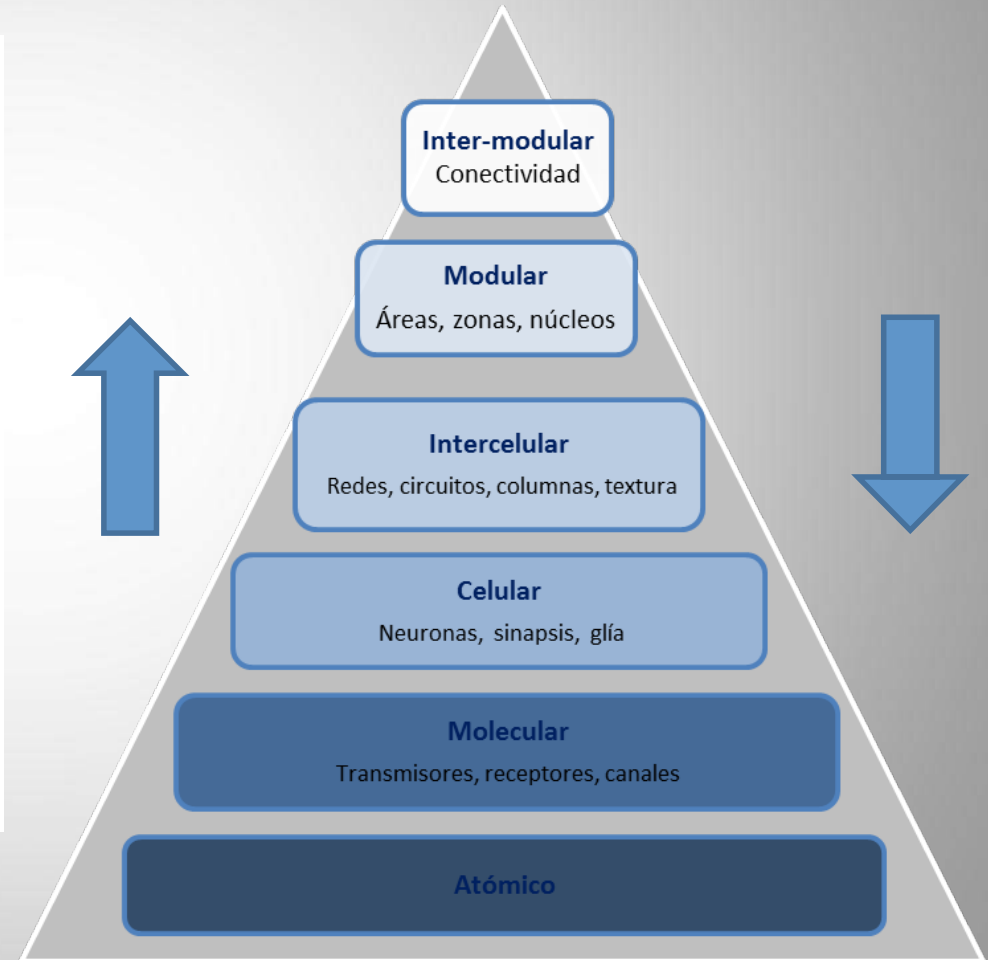
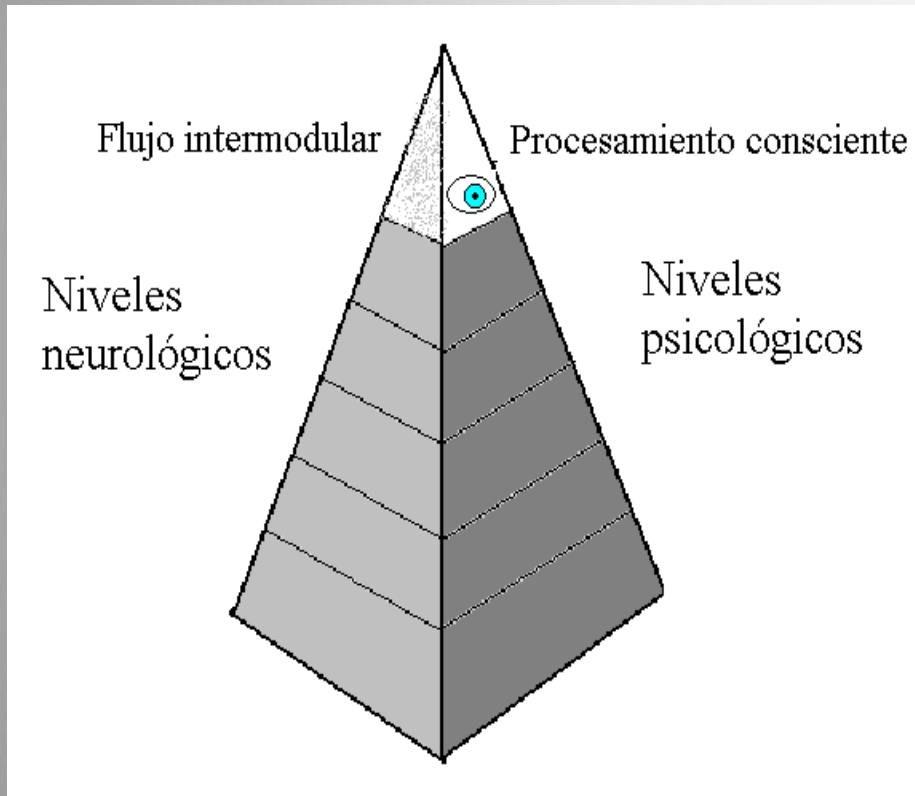
Modular: Conjunto de los módulos cerebrales y sus interconexiones.

Intercelular: Diseños y enlaces funcionales entre neuronas (redes, columnas).

Celular: Conjunto de las células cerebrales (neuronas y glía).

Molecular: Componentes neuroquímicos que intervienen en la transmisión de información (neurotransmisores, receptores, neurohumores, canales iónicos).

La pirámide neurocognitiva

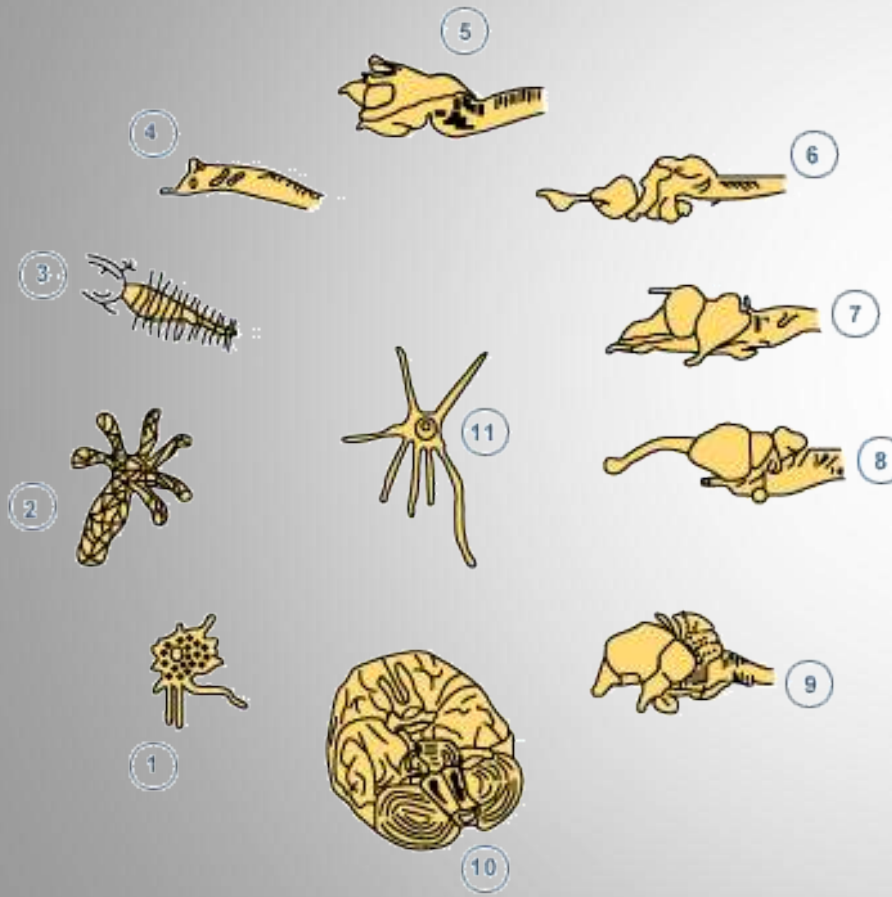




Neurociencia: generalidades

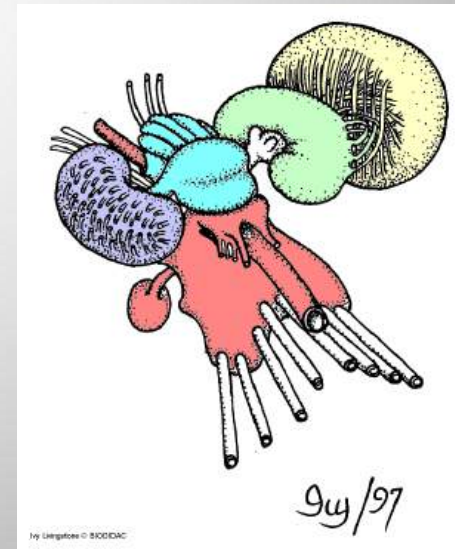
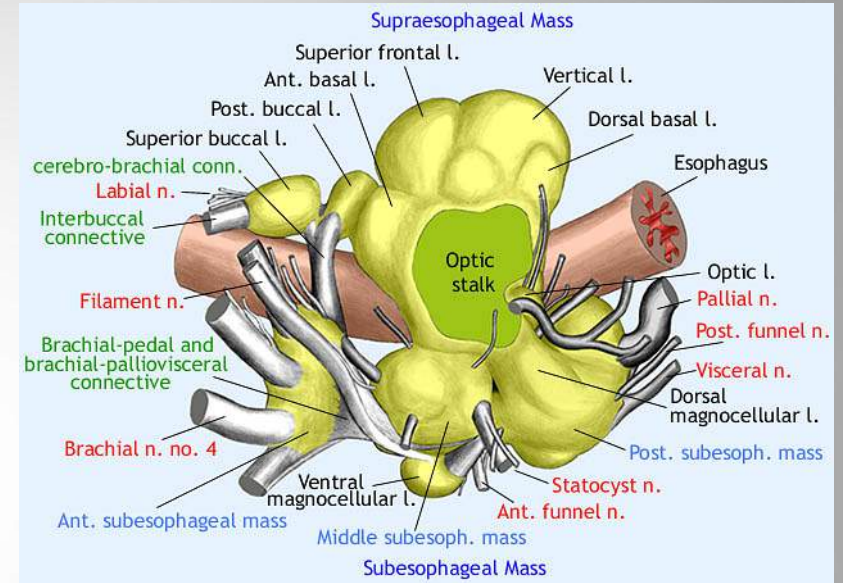
- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Filogenia del sistema nervioso



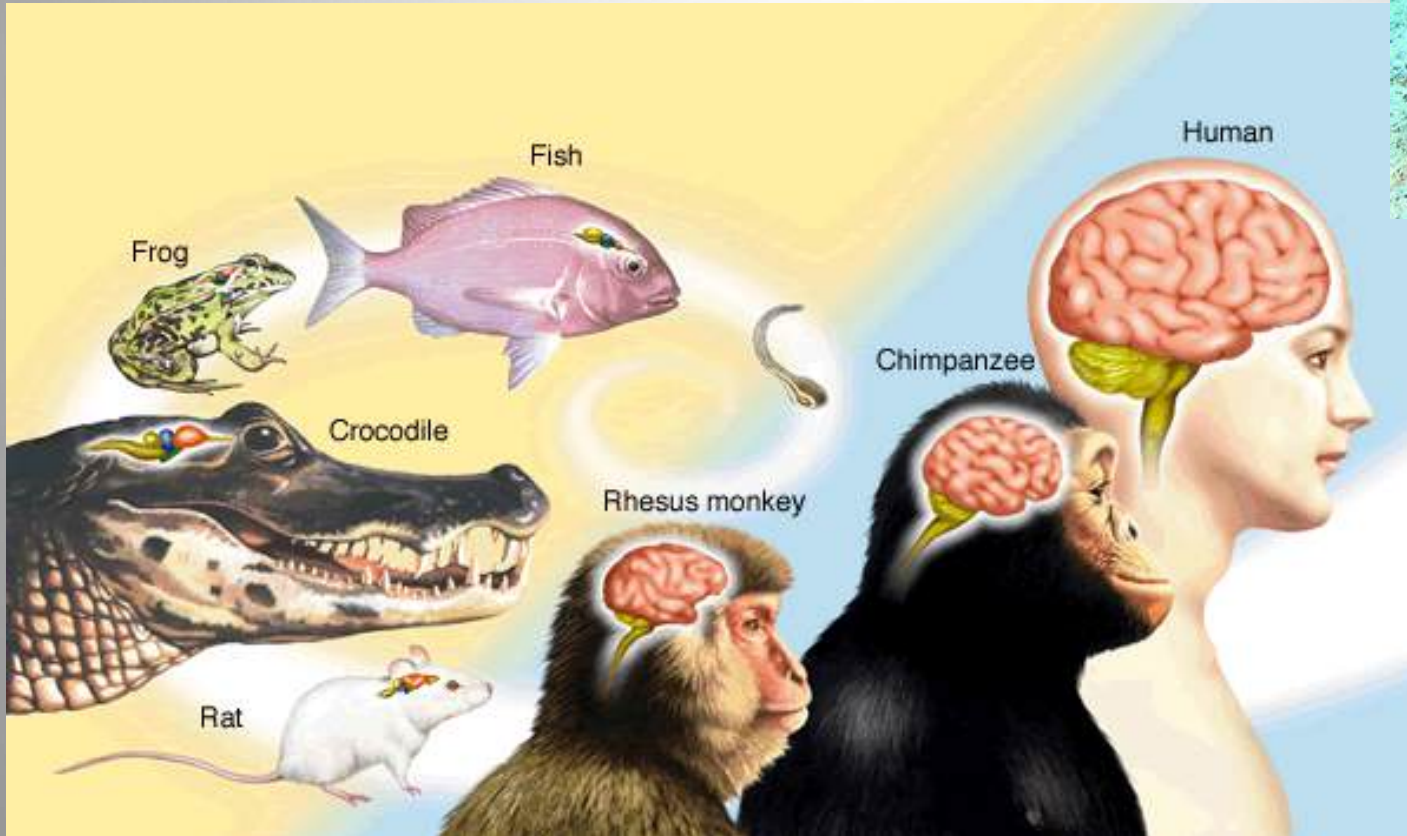
1. Organismo unicelular (sin sistema nervioso)
2. Cnidarios (sistema nervioso reticular)
3. Sistema ganglionar (anélidos, artrópodos)
4. Sistema cerebral (cordado primitivo; anfioxus)
5. Ciclóstomos
6. Peces
7. Anfibios
8. Reptiles
9. Aves
10. Mamíferos
11. Neurona (unidad funcional del S.N.)

El pulpo y sus ganglios



<http://www.wired.com/wiredscience/2009/09/octopuscontrol/>

Evolución del cerebro: encefalización



Encefalización en primates

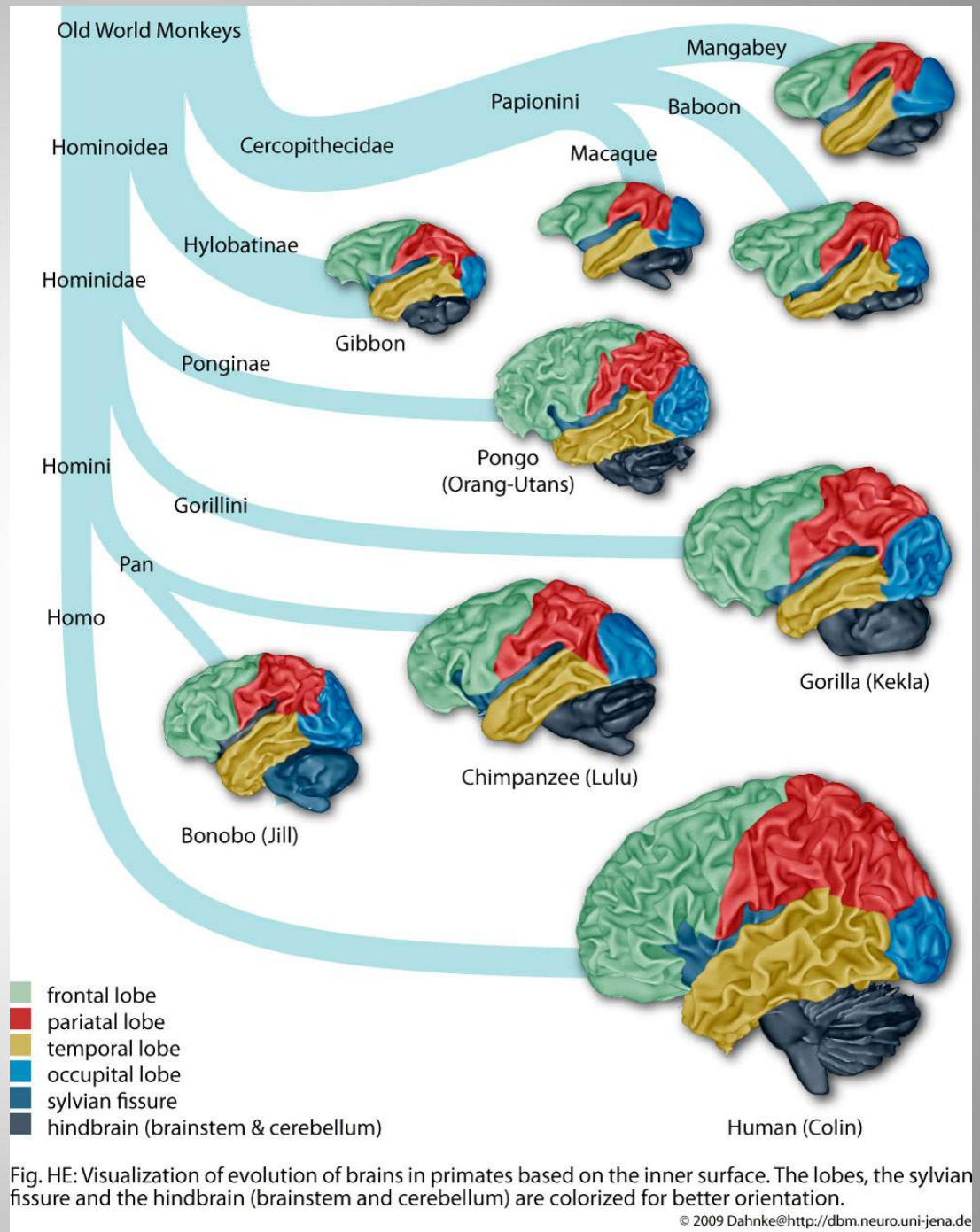


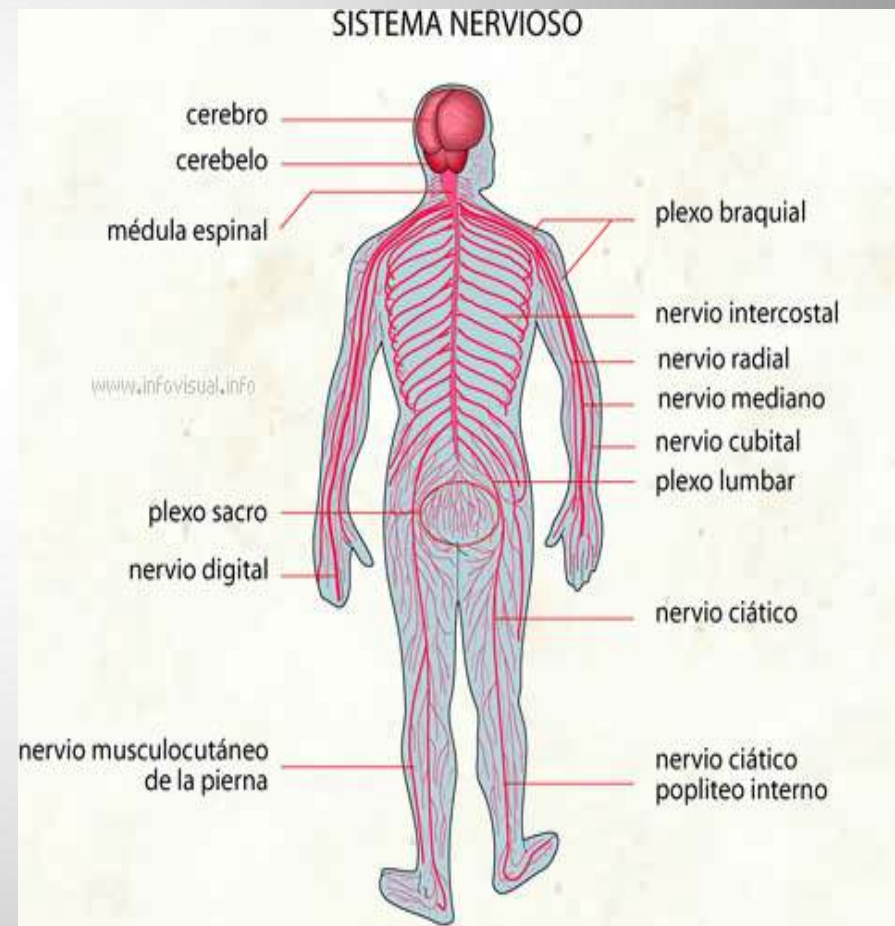
Fig. HE: Visualization of evolution of brains in primates based on the inner surface. The lobes, the sylvian fissure and the hindbrain (brainstem and cerebellum) are colored for better orientation.

Neurociencia: generalidades

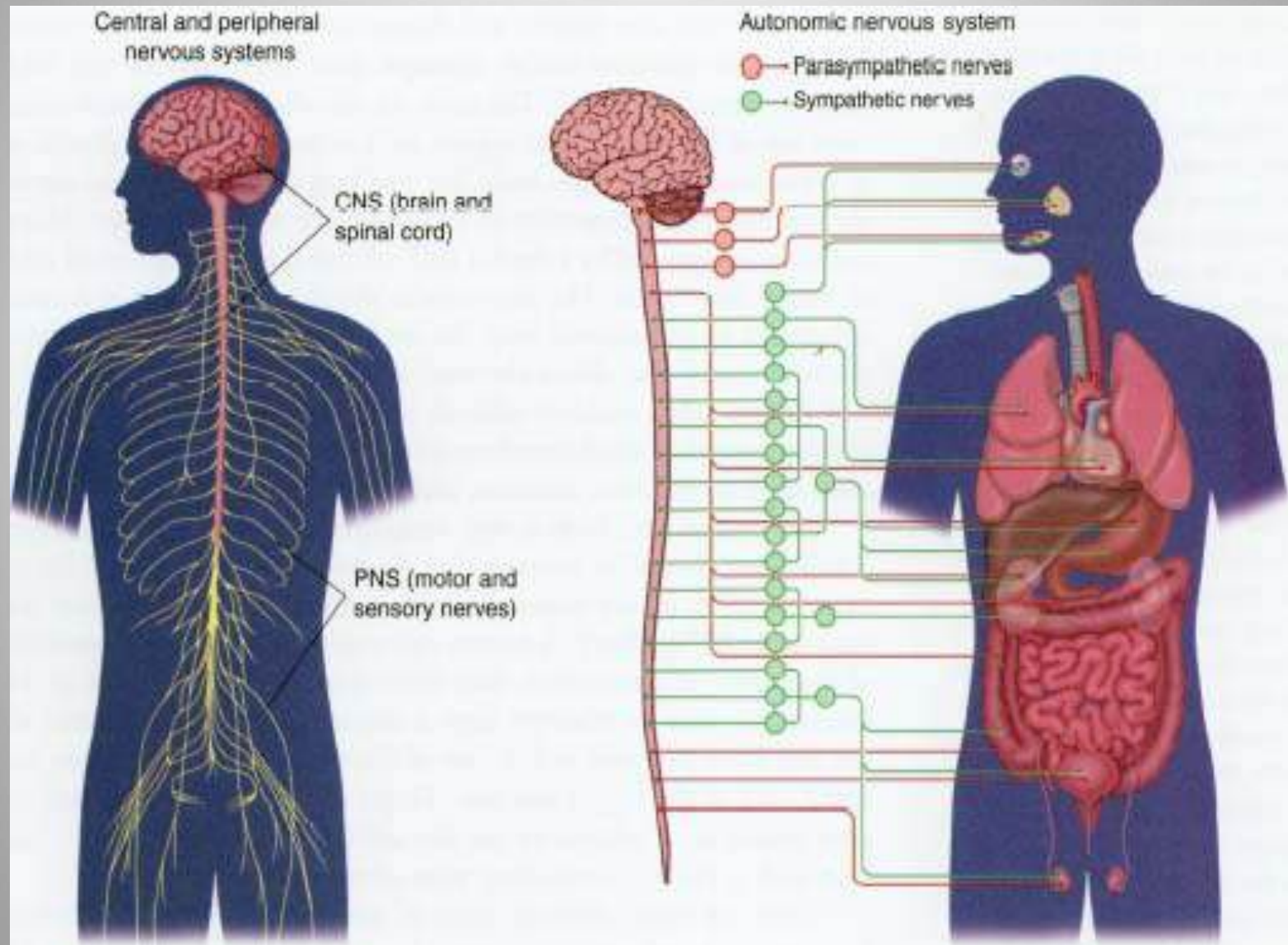
- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Nivel del organismo: el sistema nervioso

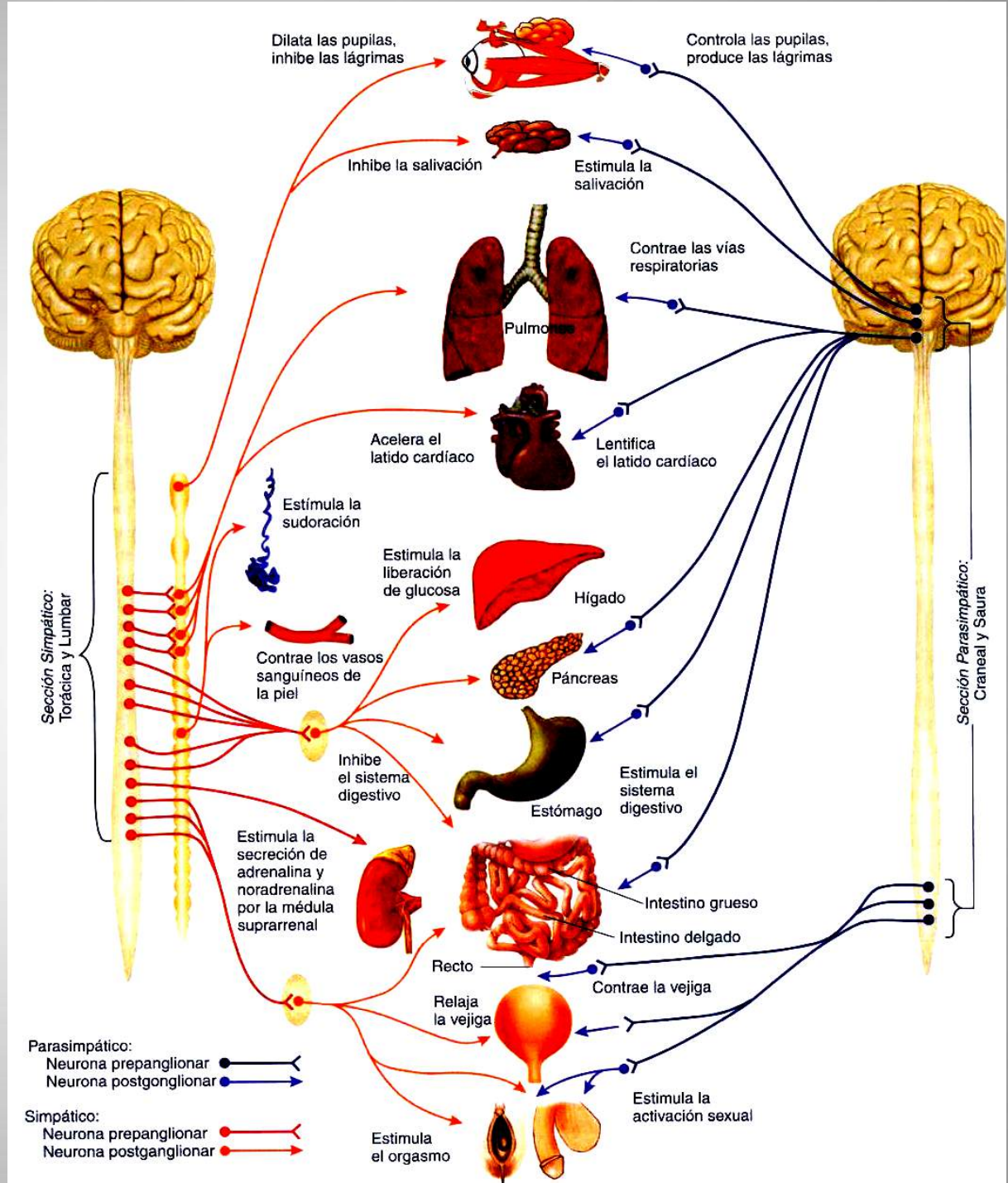
- Sistema nervioso central:
cerebro y médula espinal
- Sistema nervioso periférico:
Nervios aferentes y eferentes,
receptores, transducción
- Sistema nervioso autónomo:
simpático, parasimpático



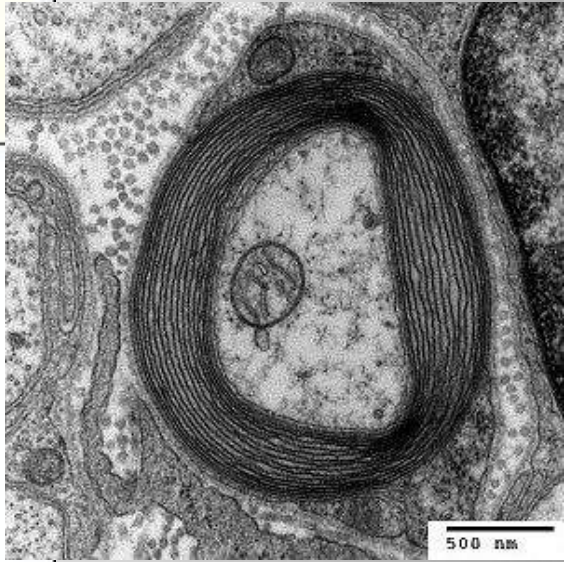
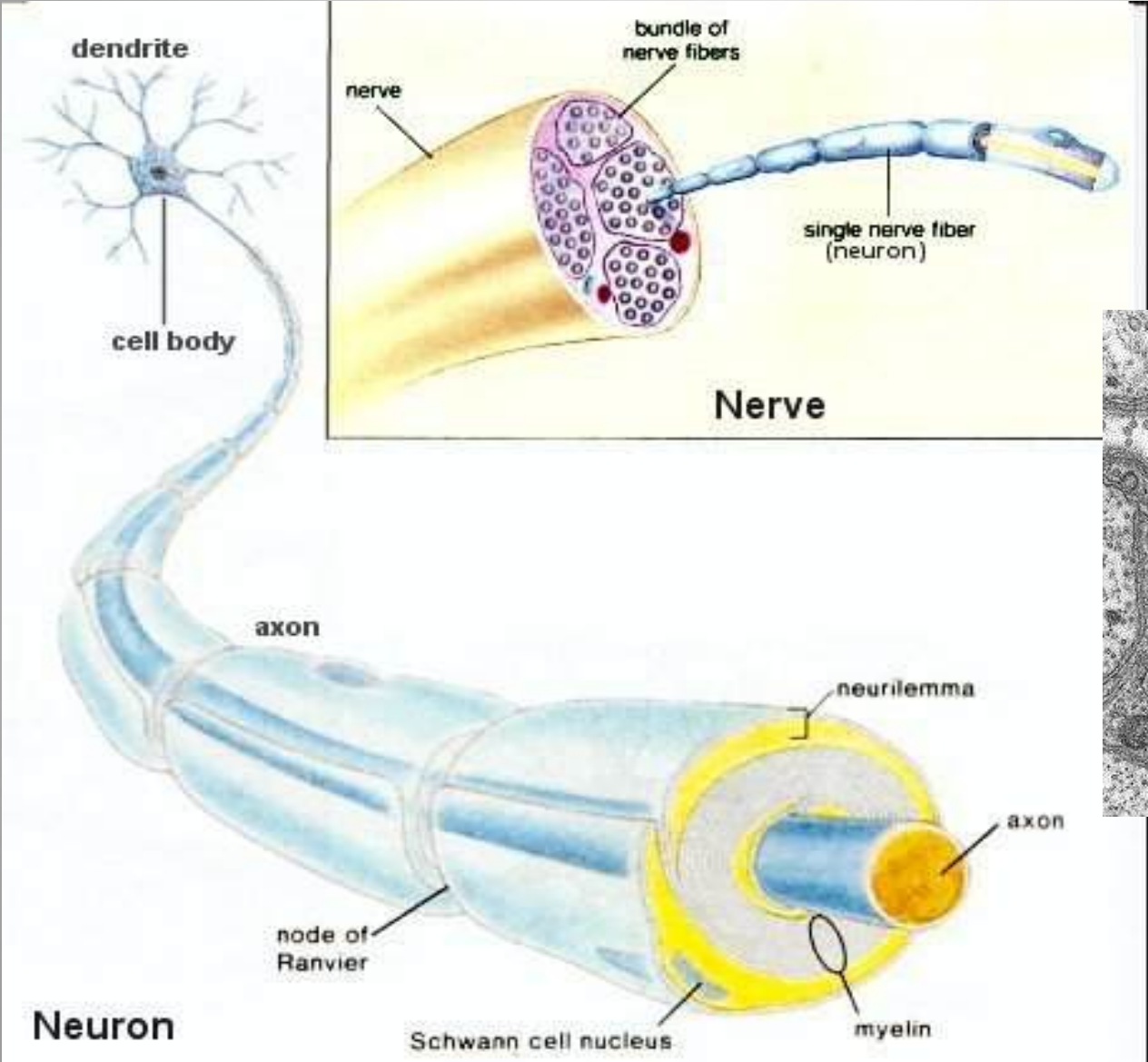
Sistema nervioso periférico y autónomo



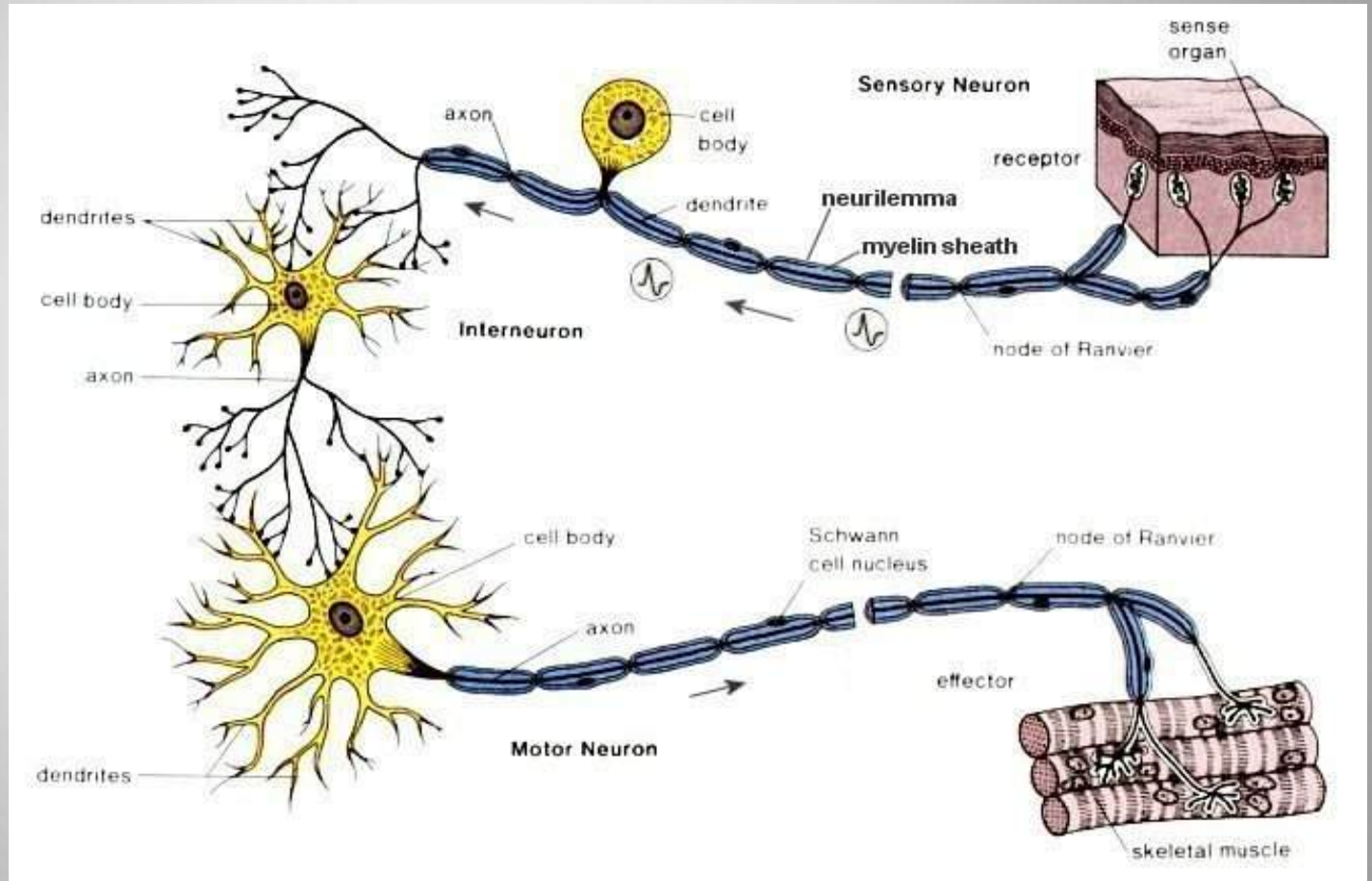
Sistema nervioso autónomo



Estructura del nervio periférico



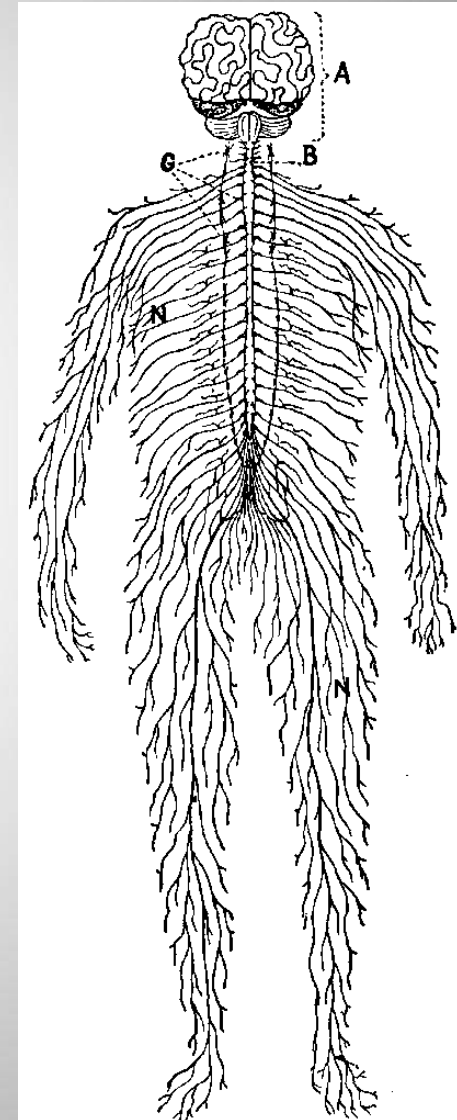
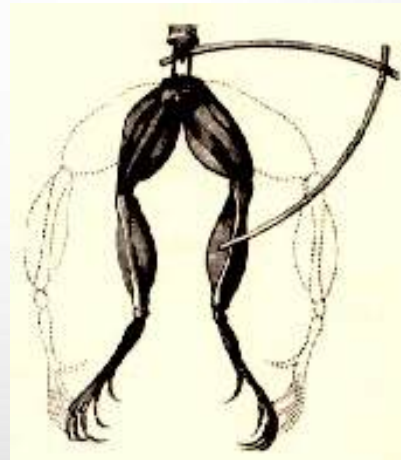
El arco reflejo y el concepto de circuito



René Descartes 1596-1650

La actividad eléctrica: nivel orgánico

- Señalización aferente (de entrada) y eferente (de salida) de los impulsos nerviosos entre el sistema nervioso central y el resto del cuerpo.



Galvani 1773

Concepto organísmico

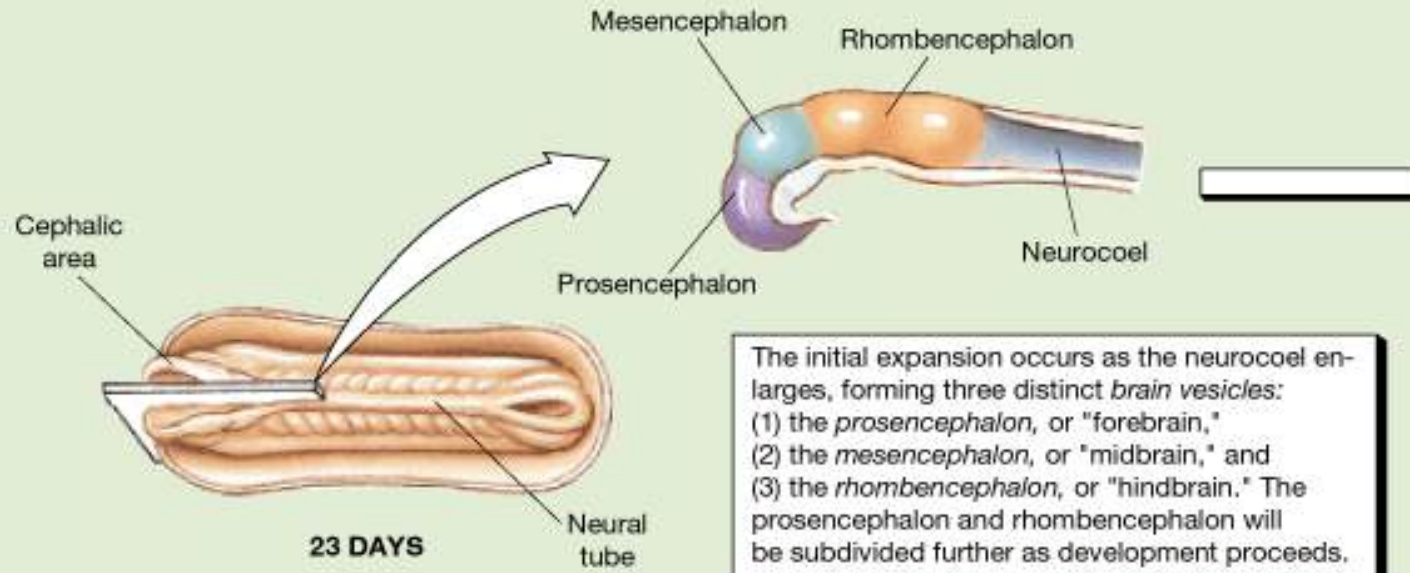
- El sistema nervioso modula y es modulado por los otros sistemas corporales, en especial:
 - Sistema musculo-esquelético
 - Sistema endócrino
 - Sistema inmunológico
 - Sistema gastrointestinal
 - Sistema cardiovascular



Neurociencia: generalidades

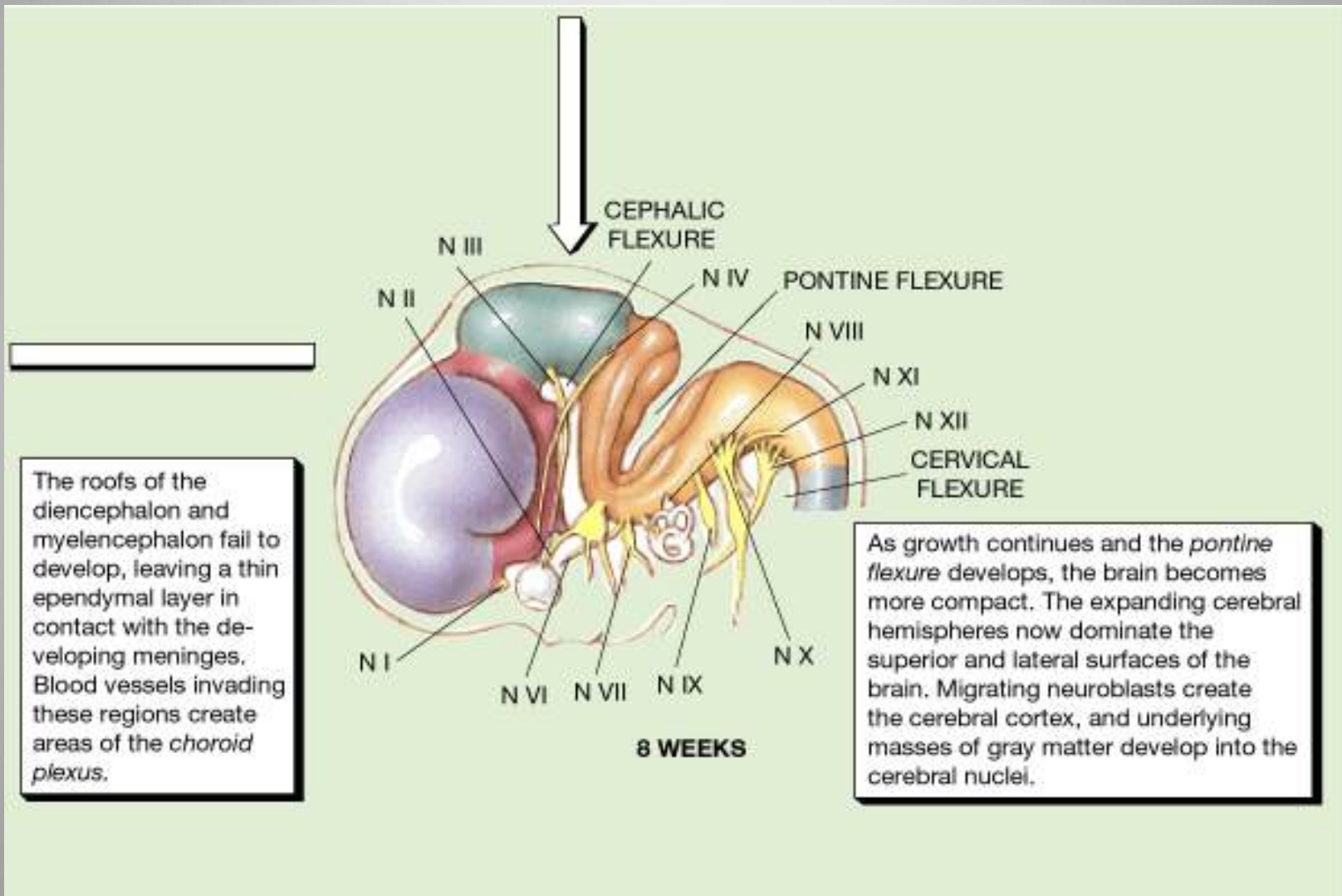
- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Las divisiones embrionarias

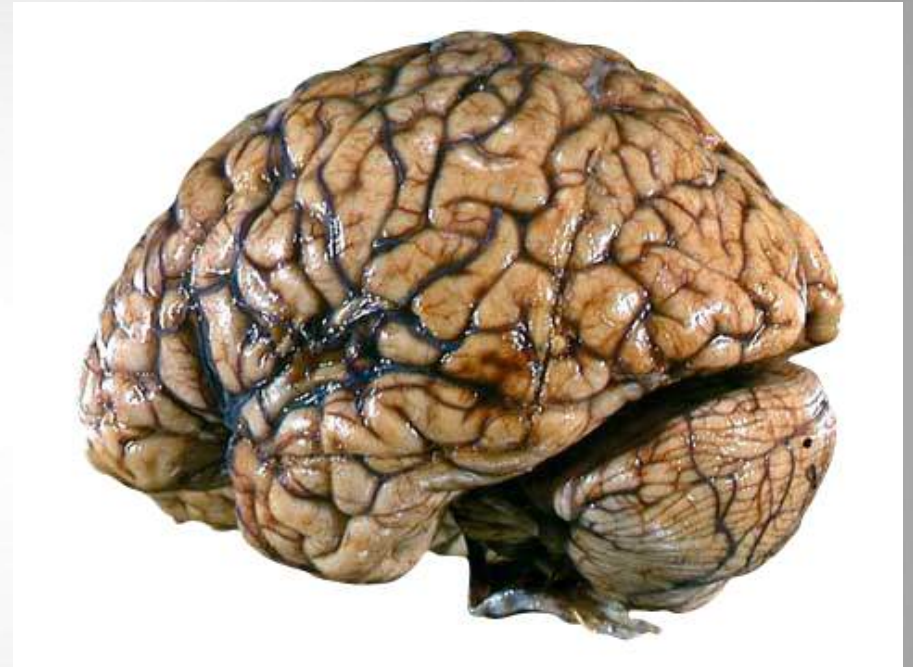
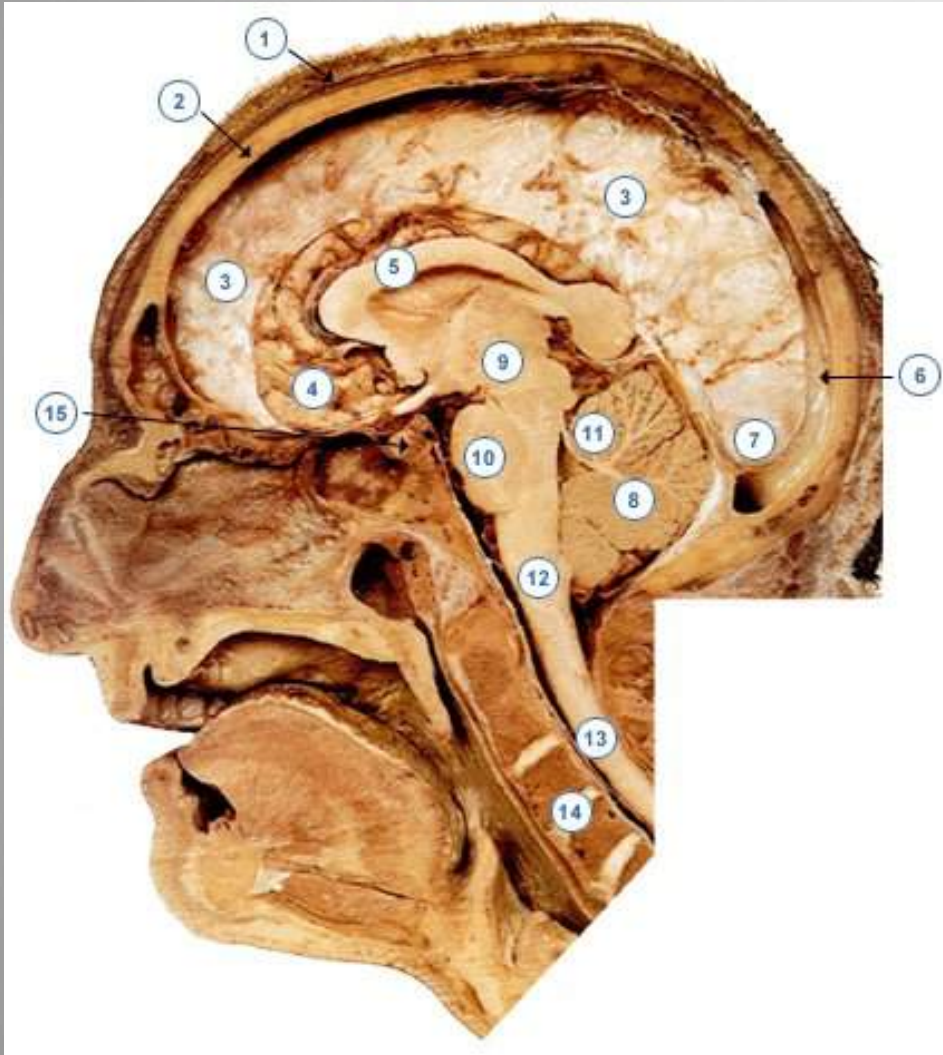


Even before *neural tube* formation has been completed, the cephalic portion begins to enlarge. Major differences in brain versus spinal cord development include (1) early breakdown of mantle (gray matter) and marginal (white matter) organization; (2) appearance of areas of neural cortex; (3) differential growth between and within specific regions; (4) appearance of characteristic bends and folds; and (5) loss of obvious segmental organization.

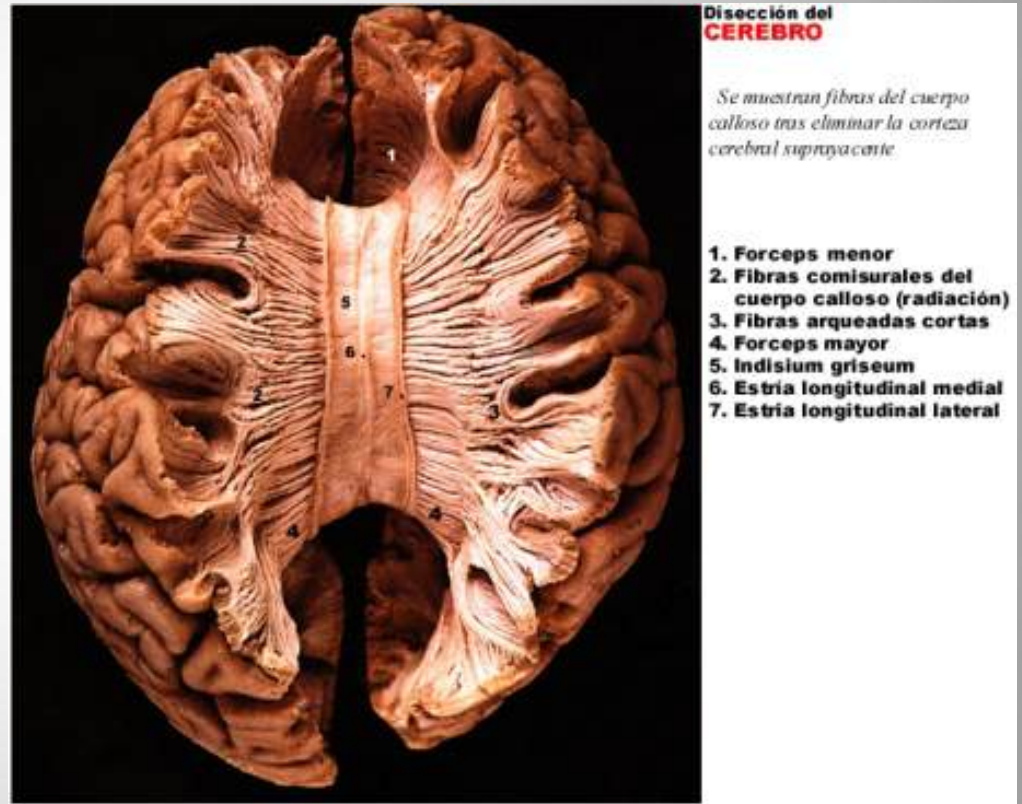
Las divisiones a la 8a semana



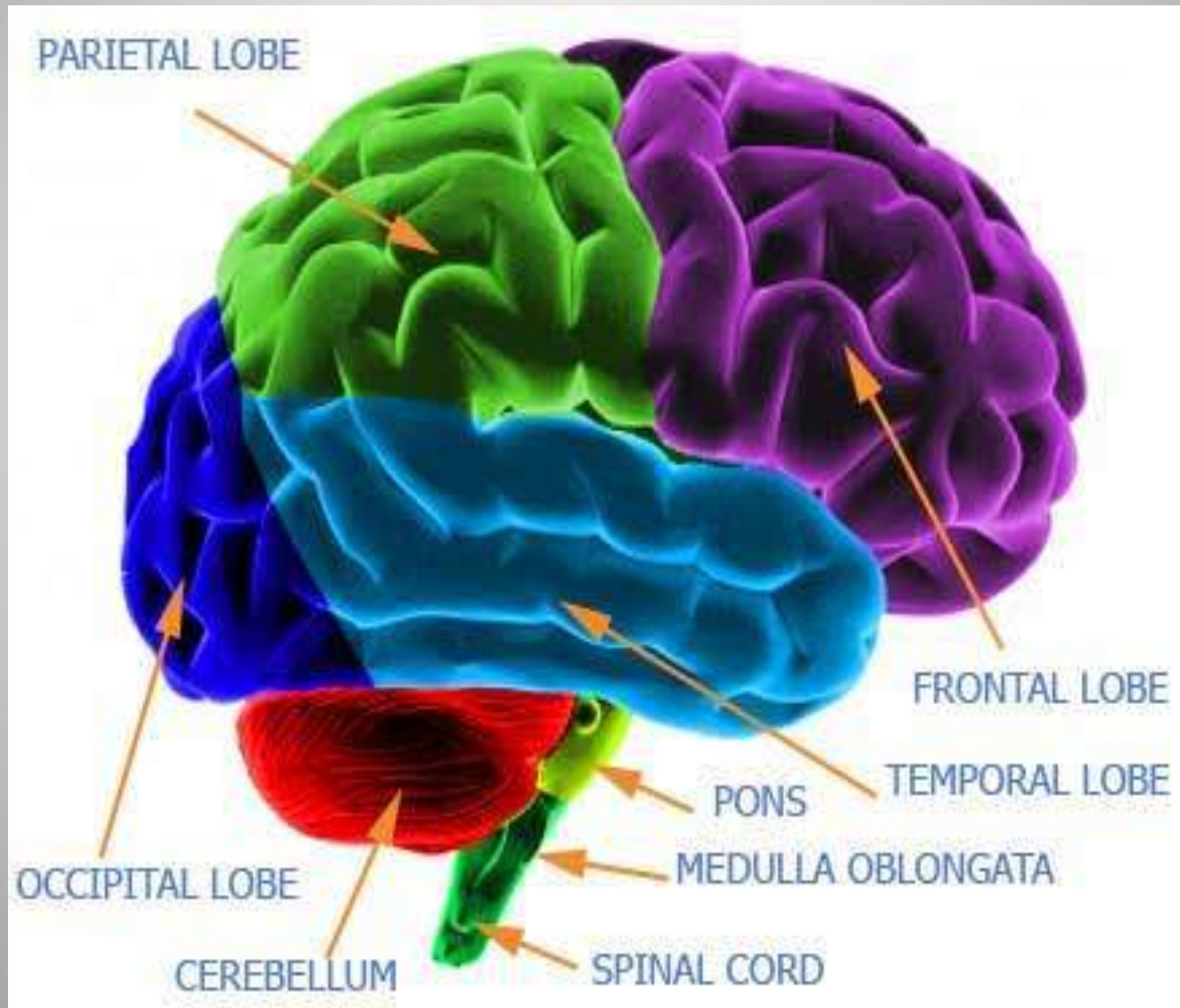
Topografía del cerebro



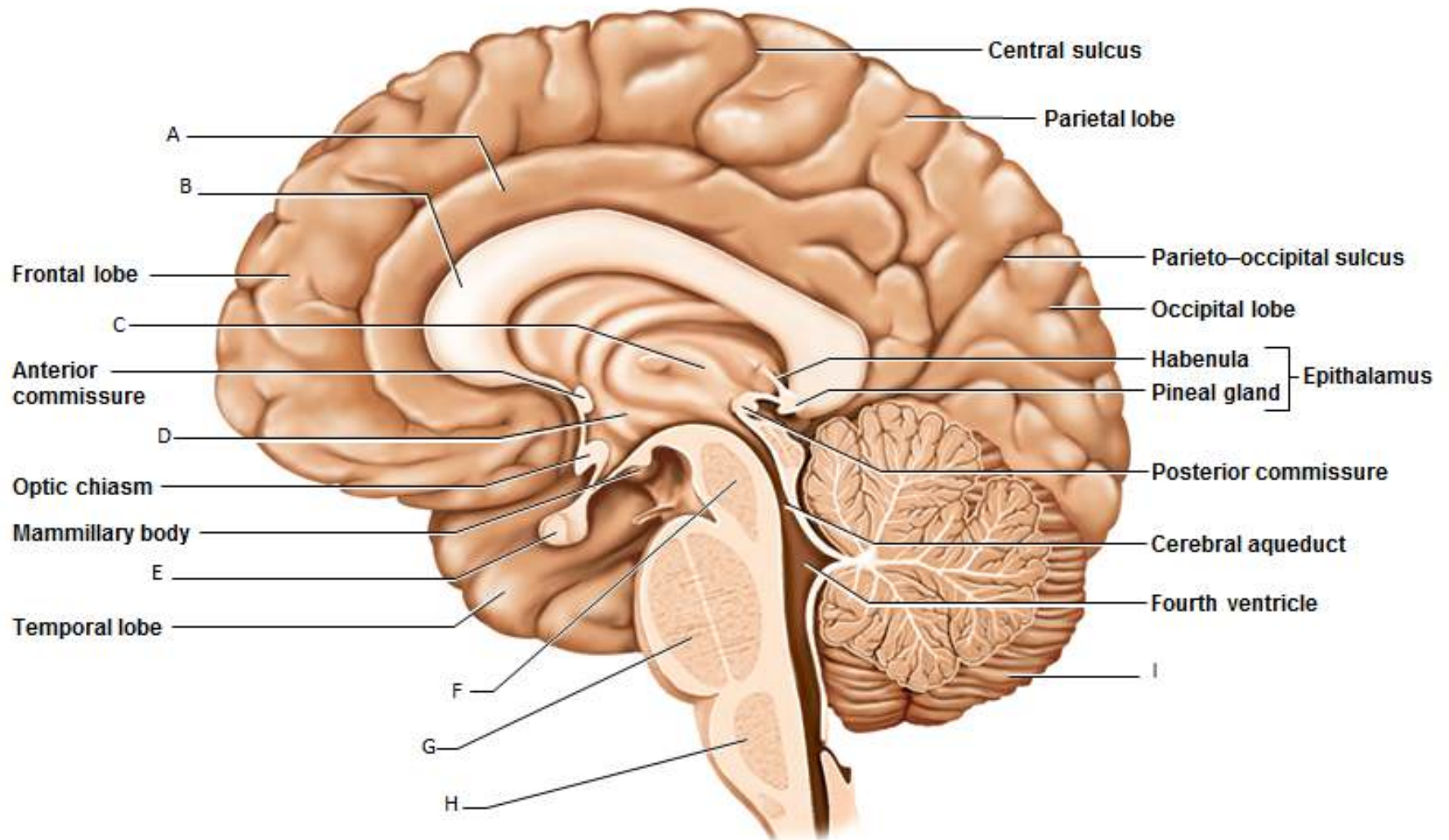
Hemisferios y cuerpo calloso



Lóbulos



Vista medial de corte sagital



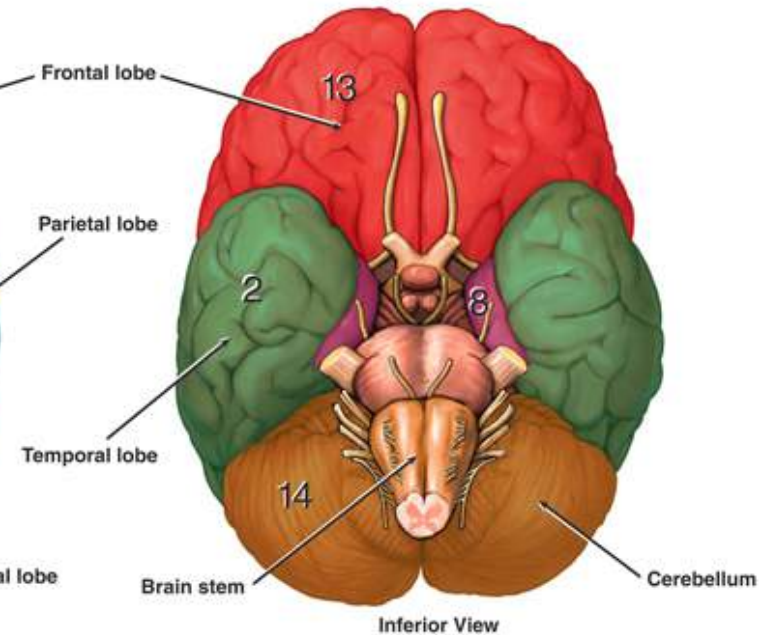
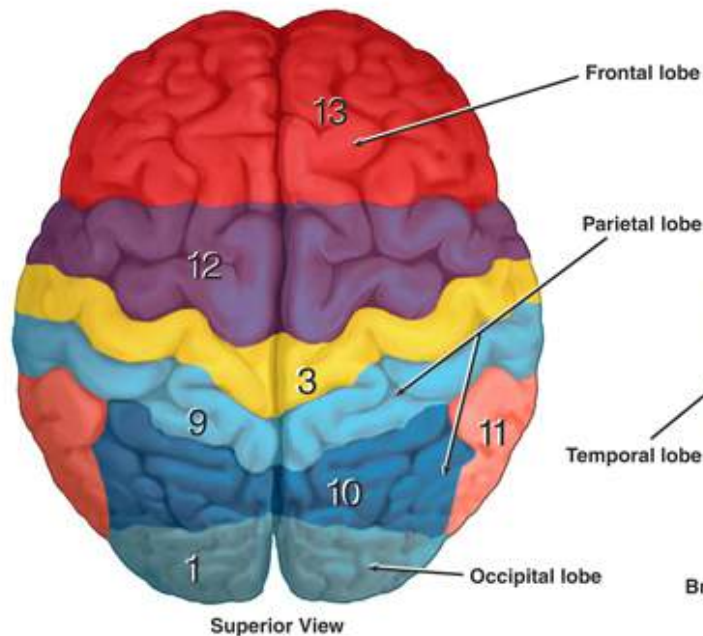
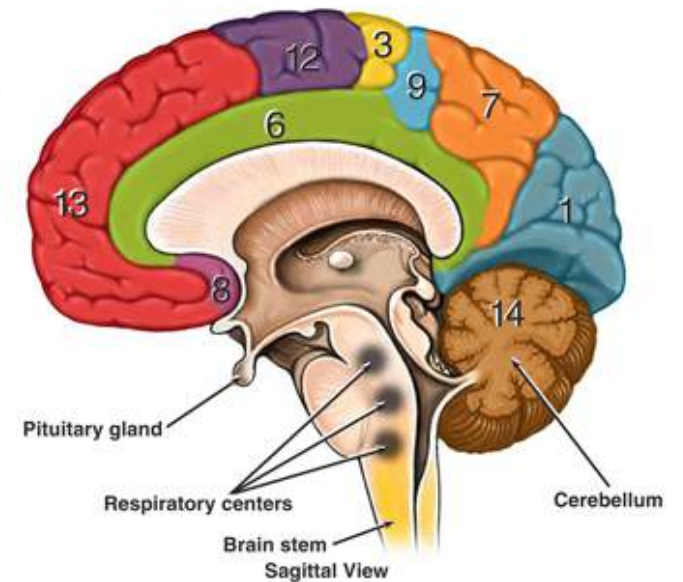
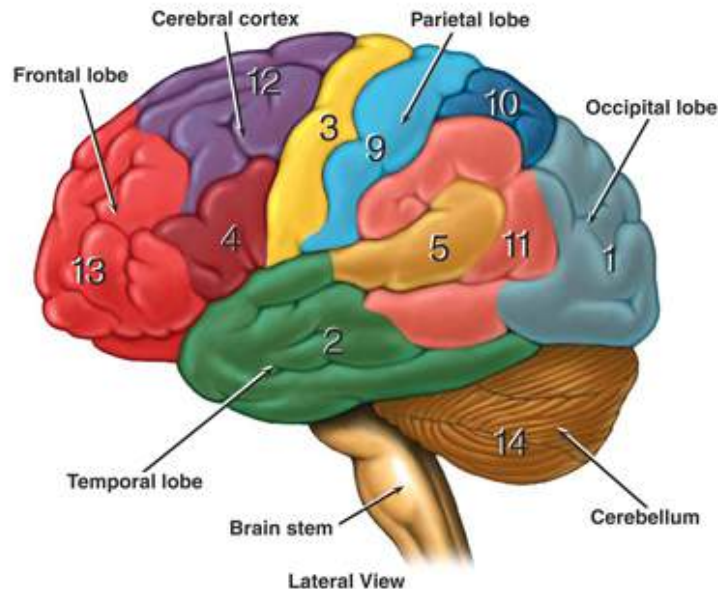
Anatomy and Functional Areas of the Brain

Functional Areas of the Cerebral Cortex

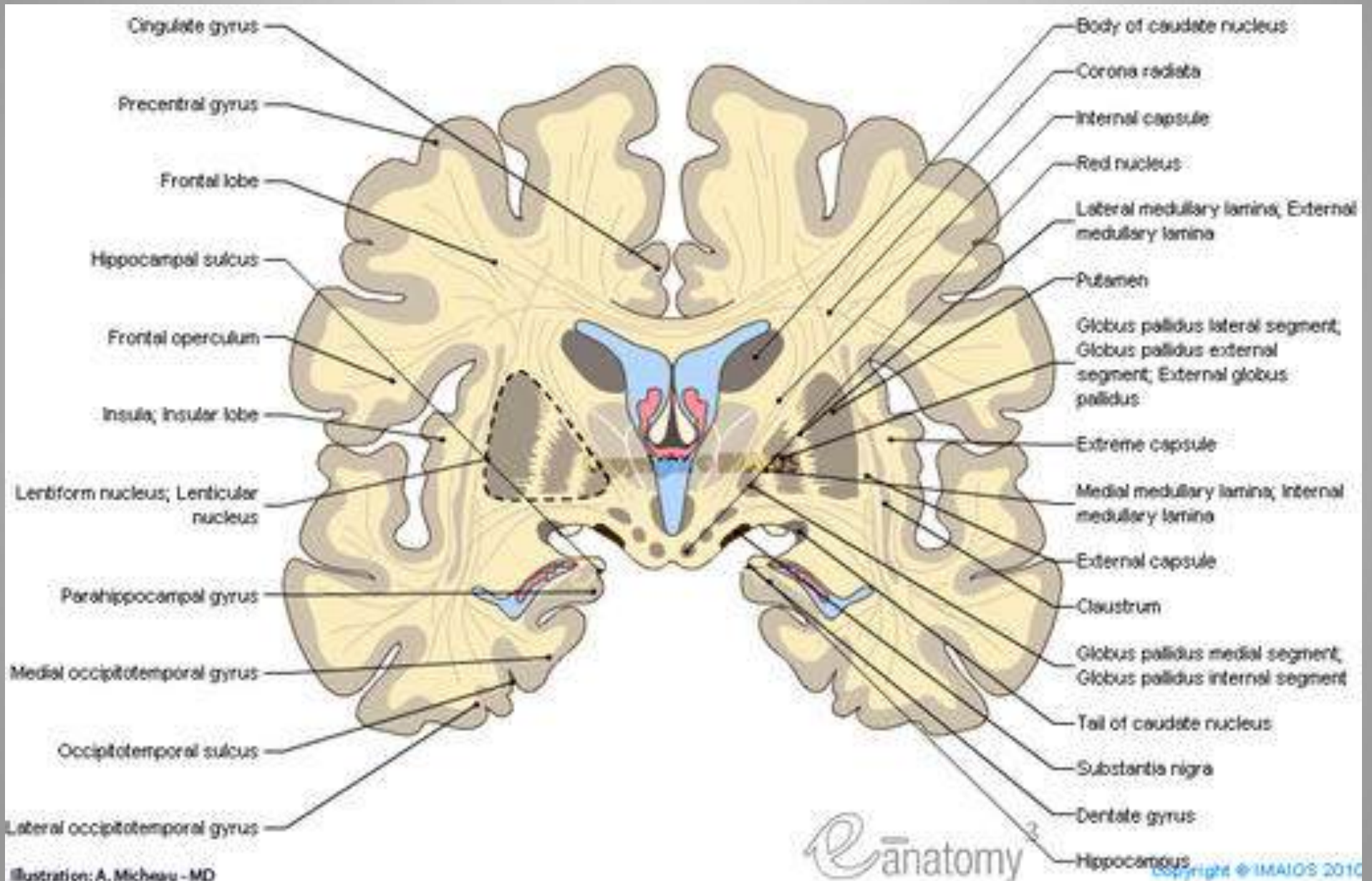
- 1 **Visual Area:**
Sight
Image recognition
Image perception
- 2 **Association Area**
Short-term memory
Equilibrium
Emotion
- 3 **Motor Function Area**
Initiation of voluntary muscles
- 4 **Broca's Area**
Muscles of speech
- 5 **Auditory Area**
Hearing
- 6 **Emotional Area**
Pain
Hunger
"Fight or flight" response
- 7 **Sensory Association Area**
- 8 **Olfactory Area**
Smelling
- 9 **Sensory Area**
Sensation from muscles and skin
- 10 **Somatosensory Association Area**
Evaluation of weight, texture,
temperature, etc. for object recognition
- 11 **Wernicke's Area**
Written and spoken language comprehension
- 12 **Motor Function Area**
Eye movement and orientation
- 13 **Higher Mental Functions**
Concentration
Planning
Judgment
Emotional expression
Creativity
Inhibition

Functional Areas of the Cerebellum

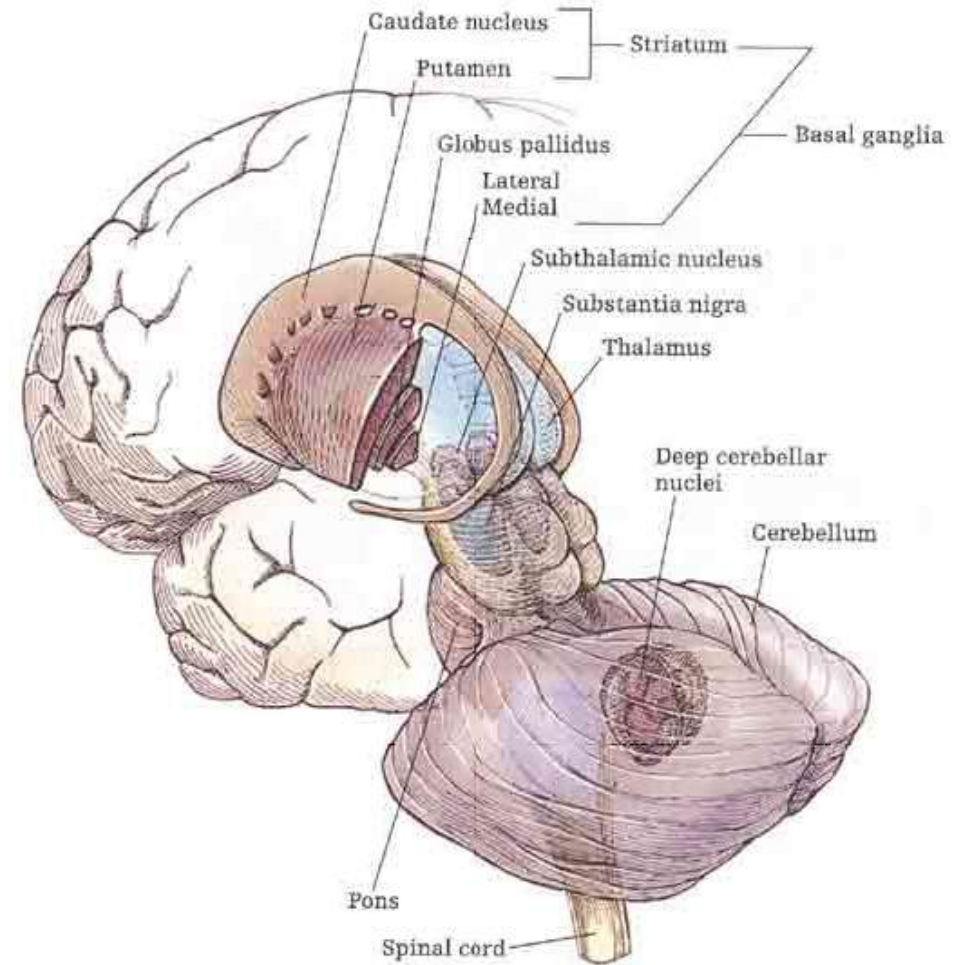
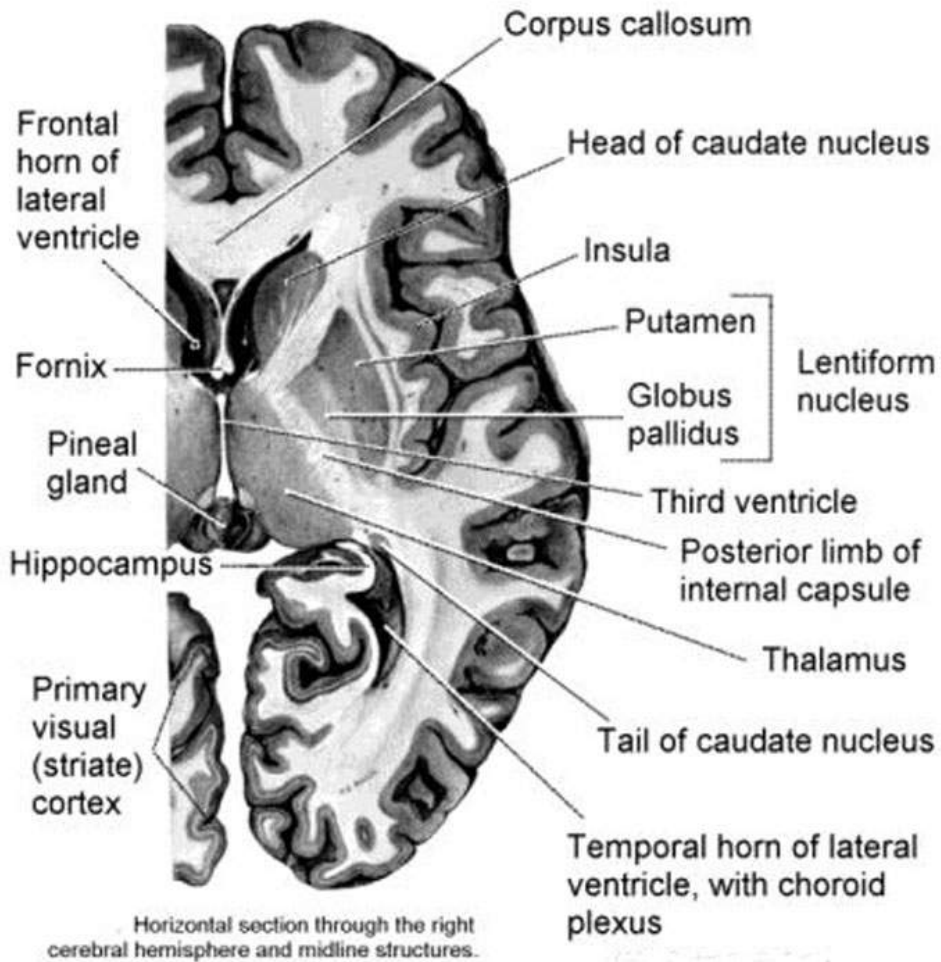
- 14 **Motor Functions**
Coordination of movement
Balance and equilibrium
Posture



Corte coronal



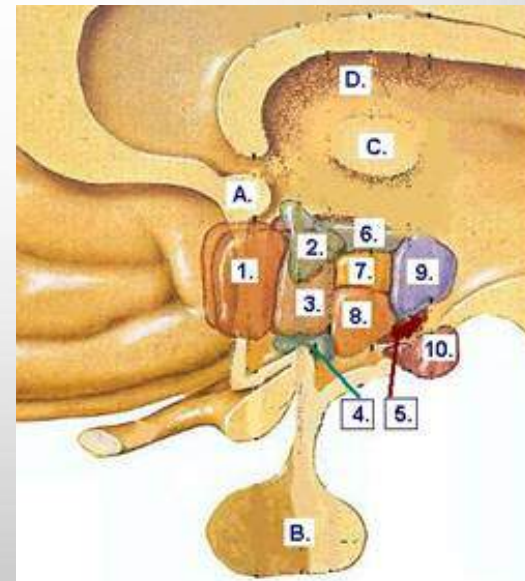
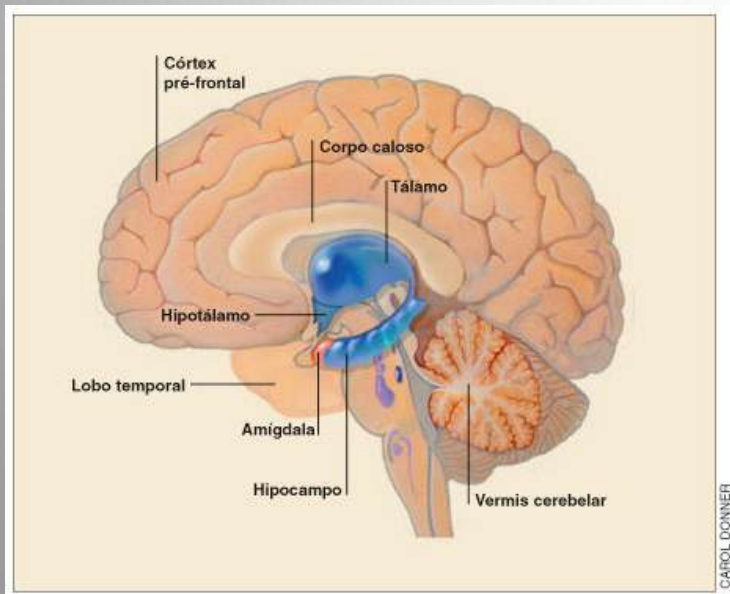
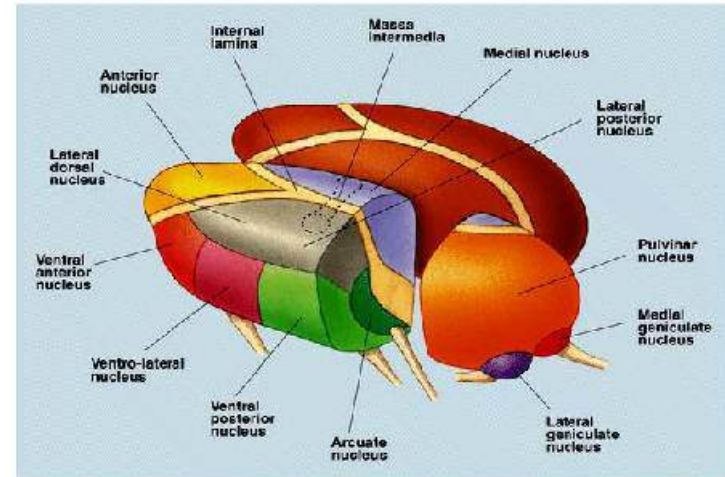
Ganglios basales



Diencéfalo

- **Tálamo** (último relevo sensorial)
- **Hipotálamo** (Control neuroendócrino y autónomo)
- **Epitálamo** (Pineal, melatonina)

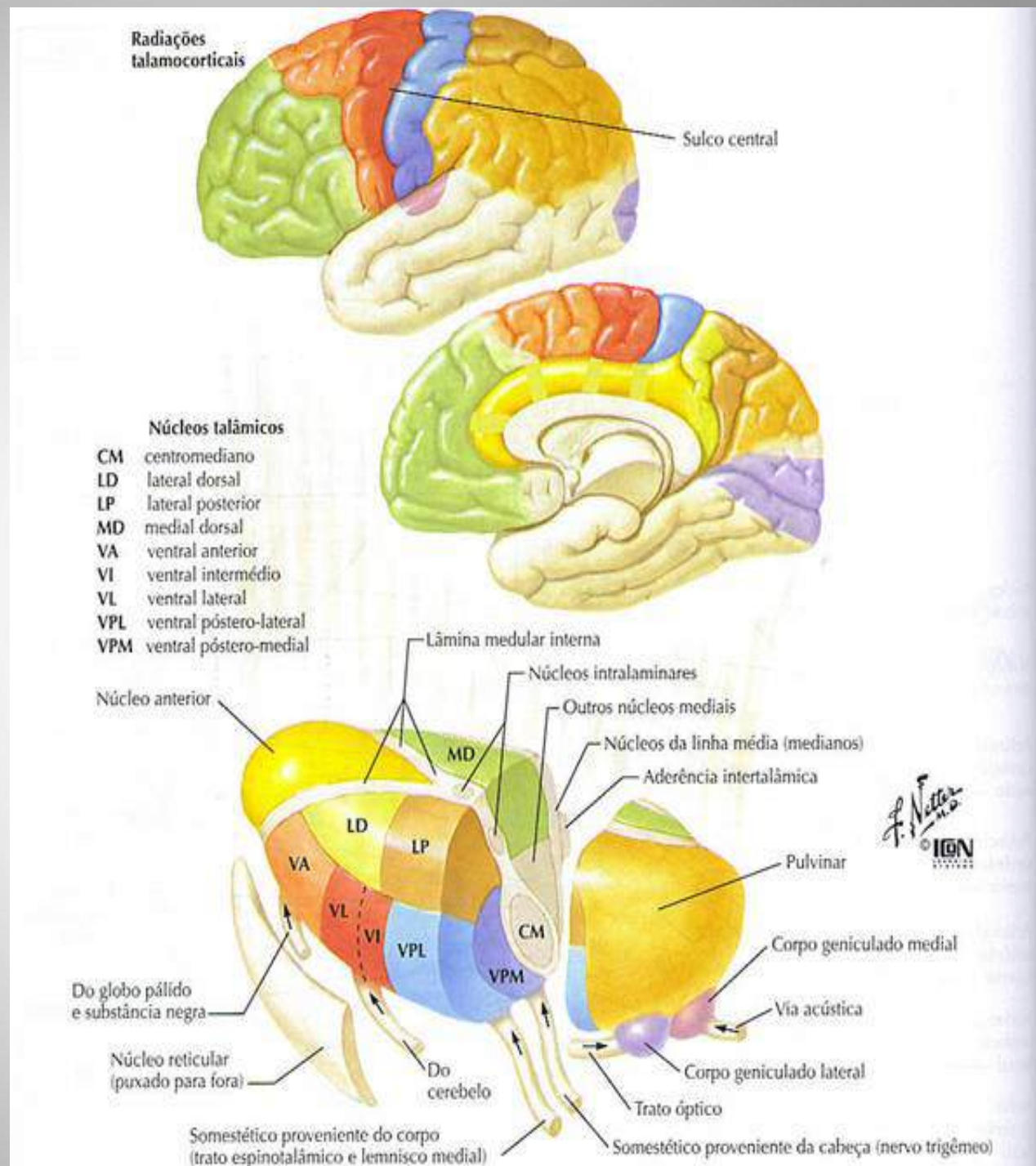
► Nuclei of the Thalamus



1. Núcleos Preópticos
2. Núcleos Paraventriculares
3. Área Hipotalámica Anterior
4. Núcleo Supraóptico
5. Área Hipotalámica Lateral
6. Área Hipotalámica Dorsal
7. Núcleo Dorsomedial
8. Núcleo Ventromedial
9. Área Hipotalámica Posterior
10. Cuerpo Mammilar

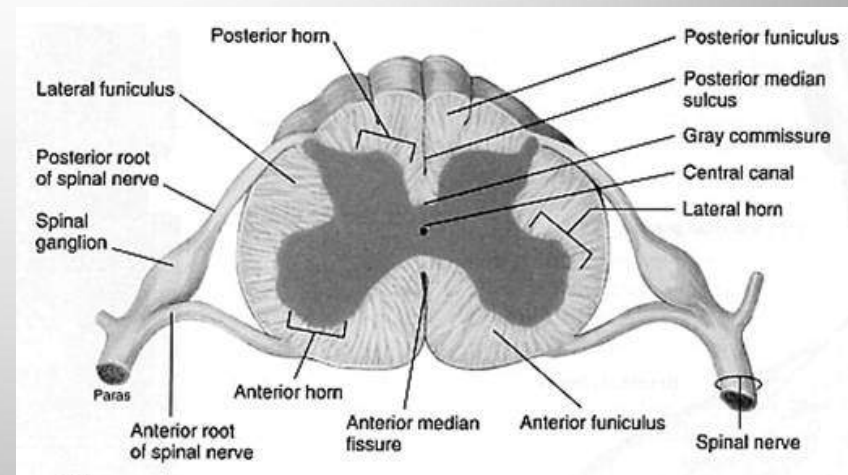
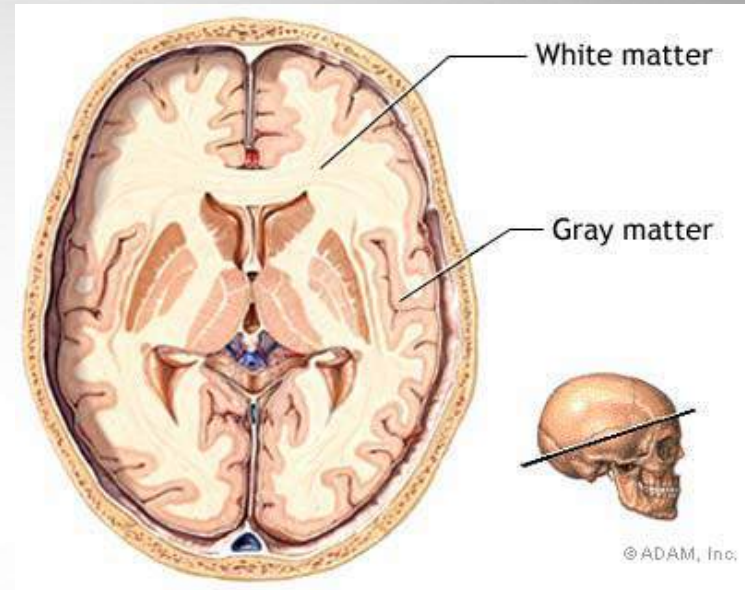
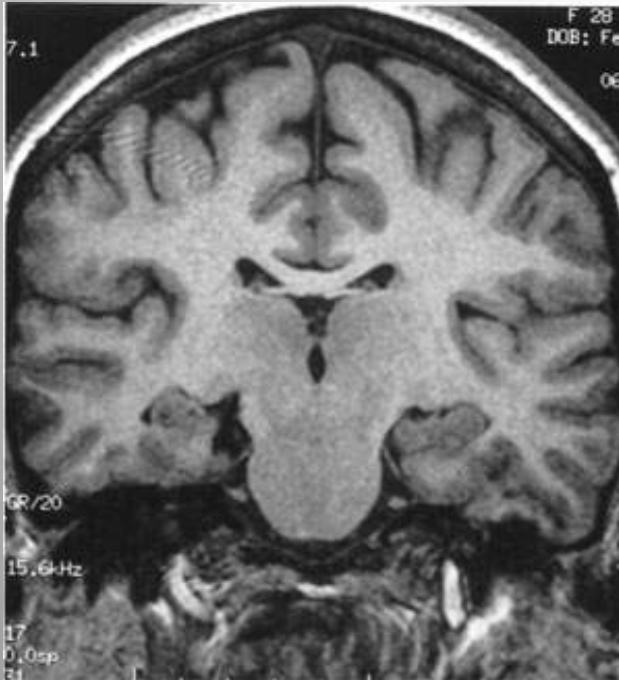
- A. Comisura Blanca Anterior
 B. Hipófisis
 C. Adhesión Intertalámico
 D. Tálamo

Radiaciones tálamo-corticales



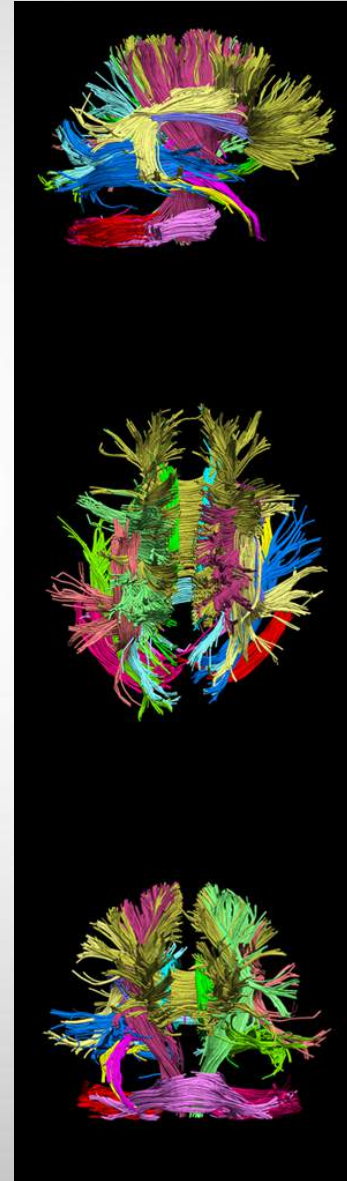
Materia gris, materia blanca

- Materia gris: cuerpos neuronales
- Materia blanca: fibras

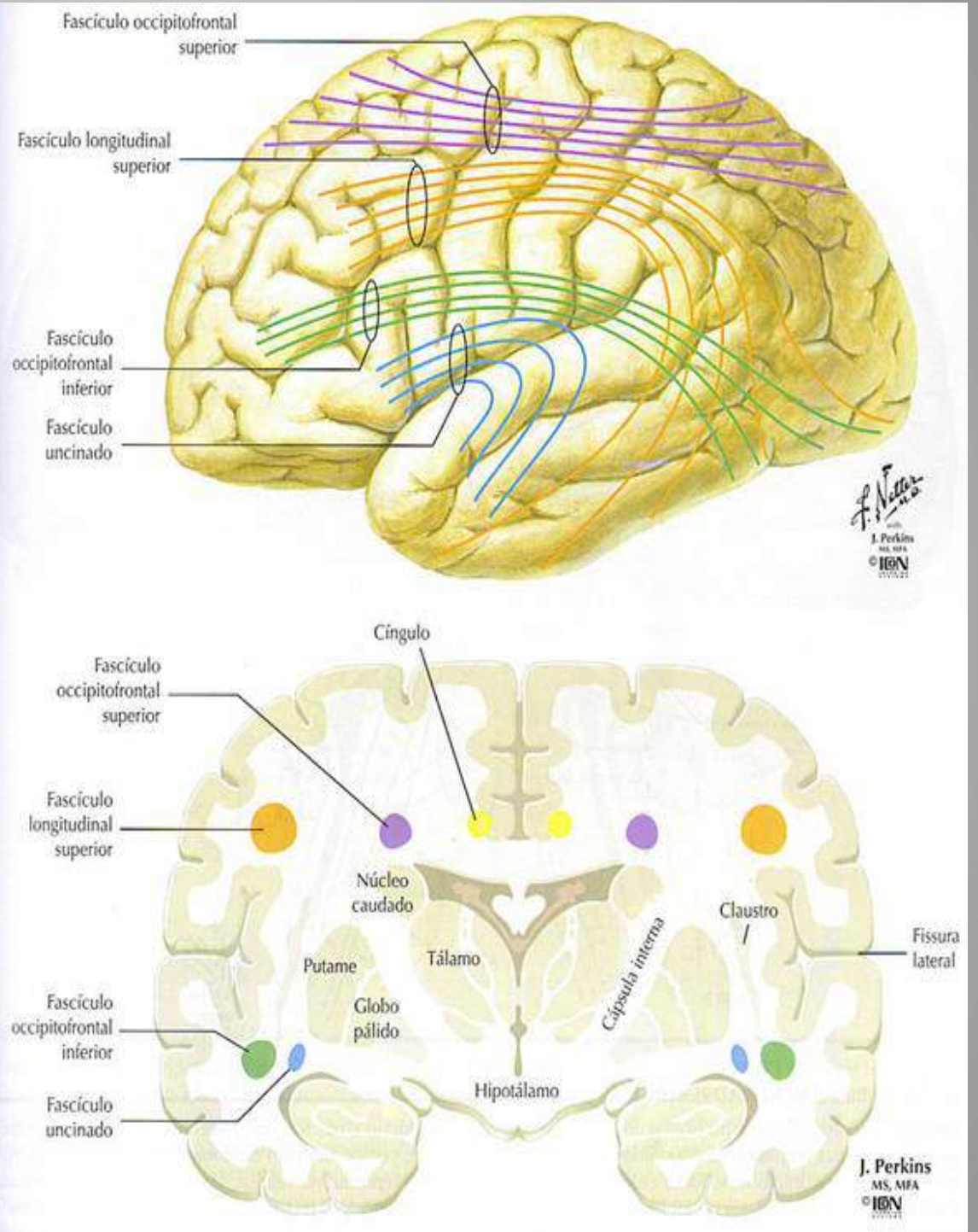


Nivel del órgano: conectividad

- Proyecto conectoma NIH (Harvard, UCLA)
- www.humanconnectomeproject.org



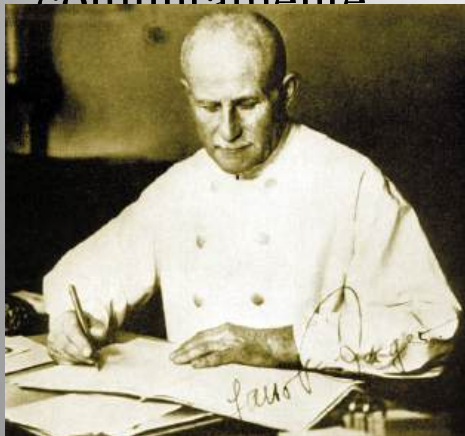
Conectividad cortical



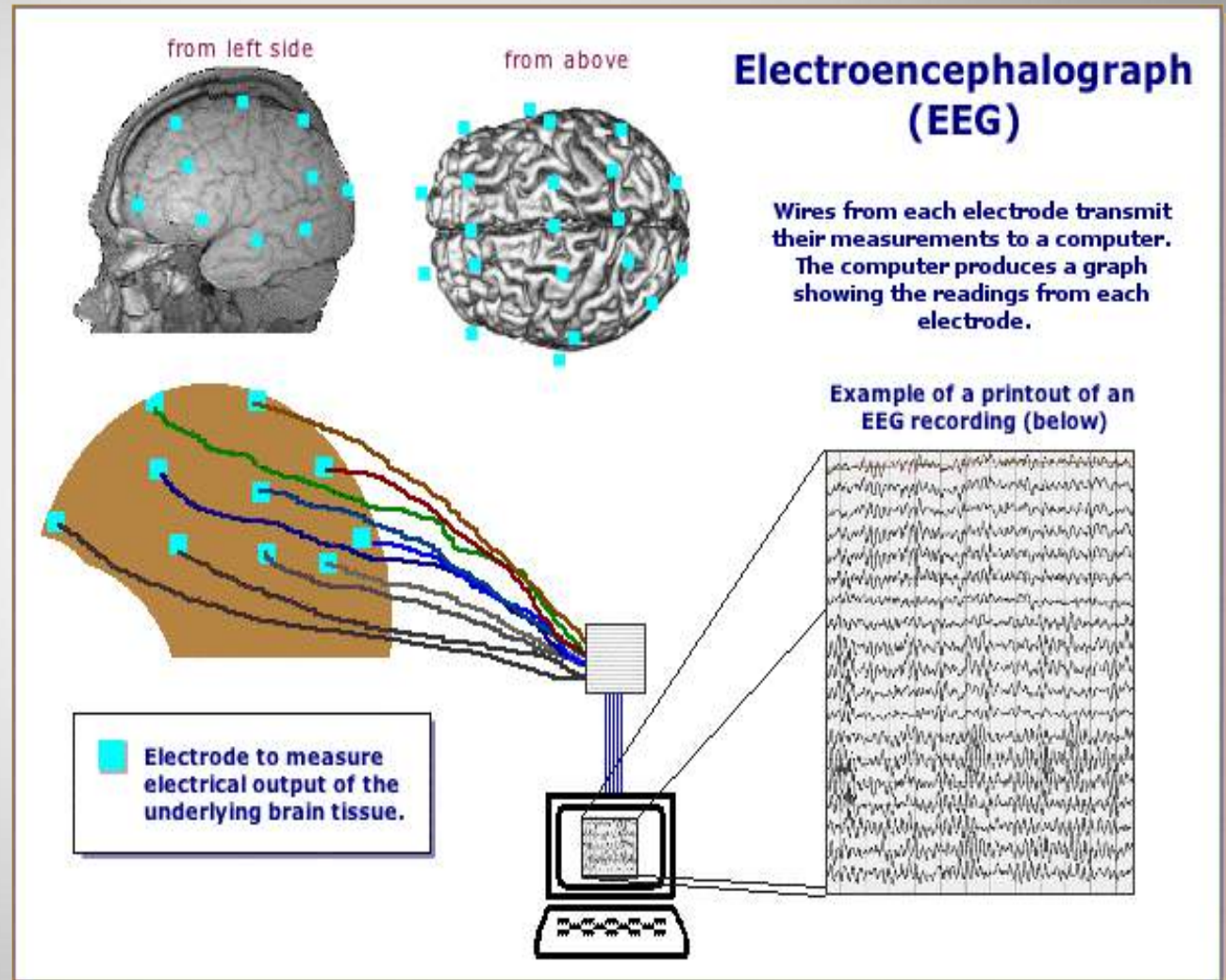
- www.sistemanervioso.com

Nivel del órgano: La actividad eléctrica EEG

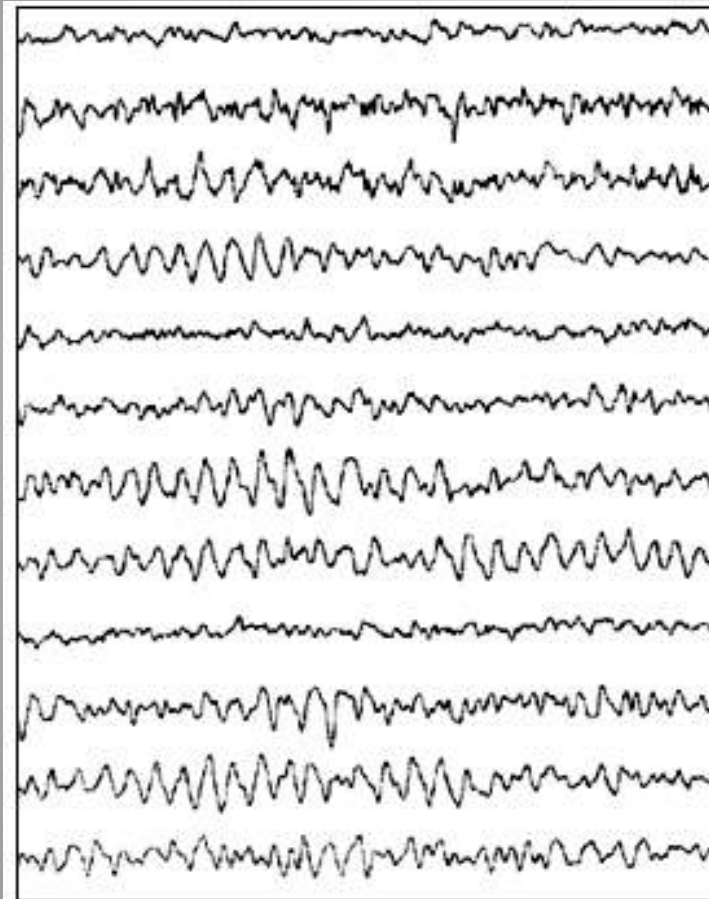
- Integración eléctrica del EEG (electroencefalograma)
- Enlace funcional entre zonas distantes que descargan conjuntamente



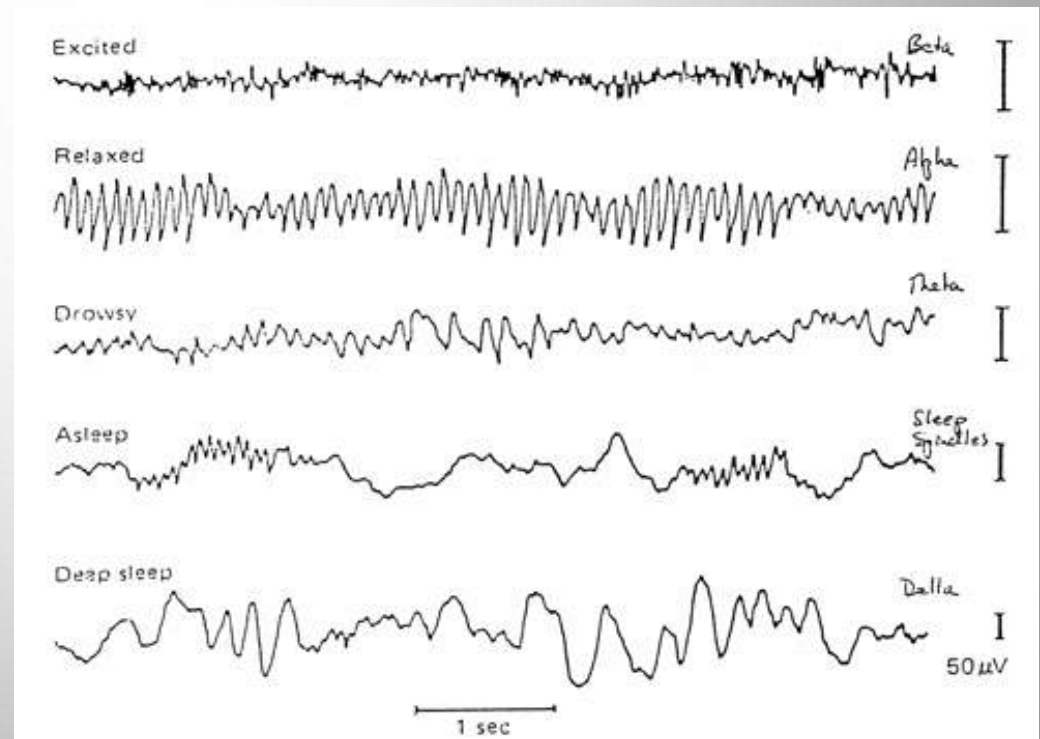
Hans Berger 1873-1941



Nivel del órgano: EEG



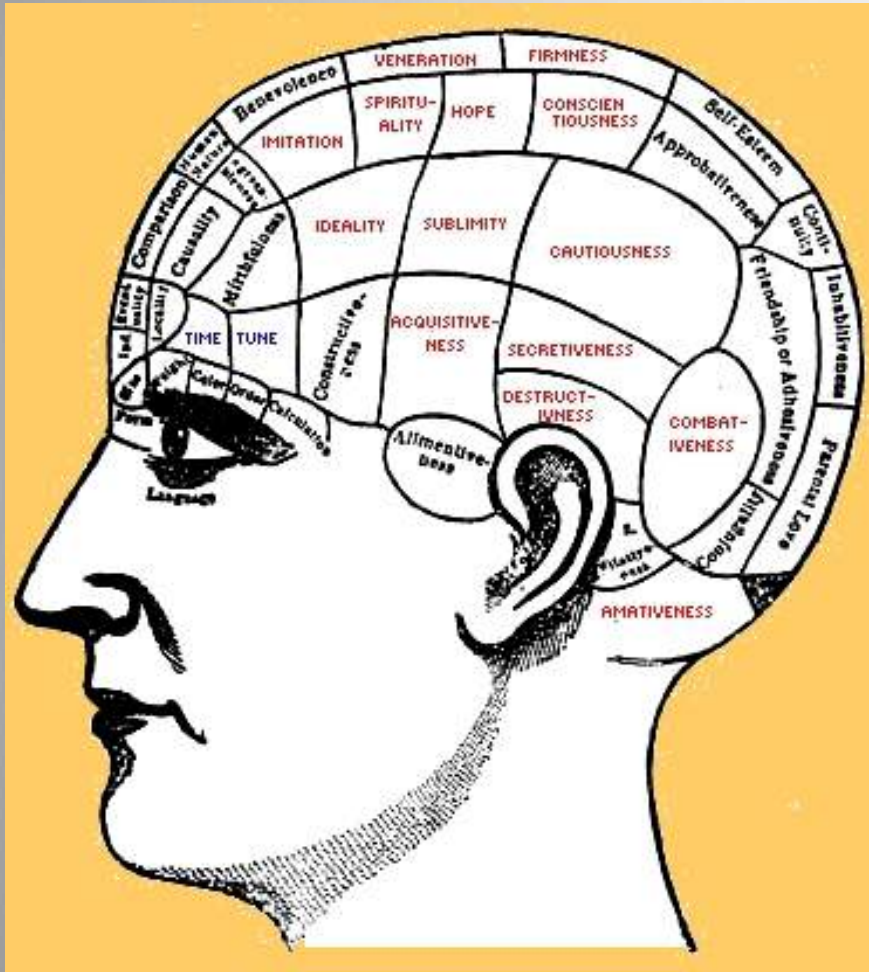
Waveforms produced during an EEG



Neurociencia: generalidades

- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Nivel modular: frenología

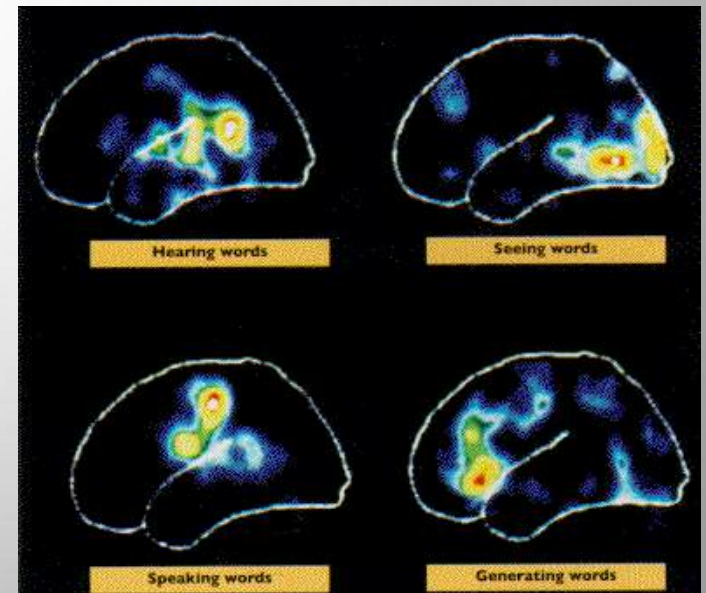
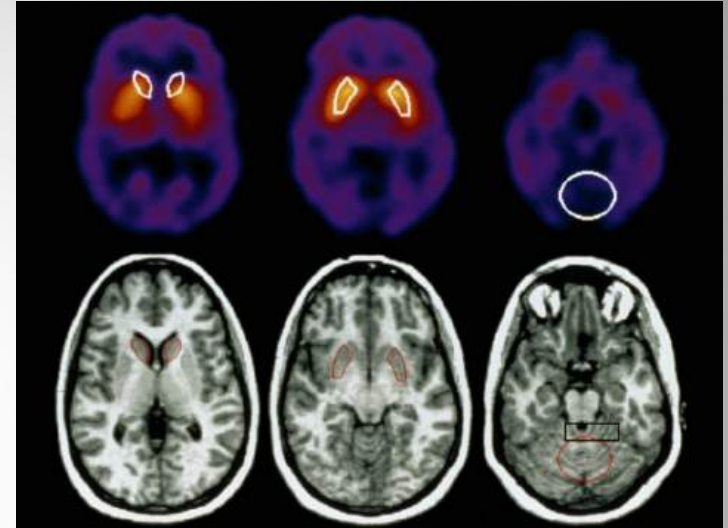
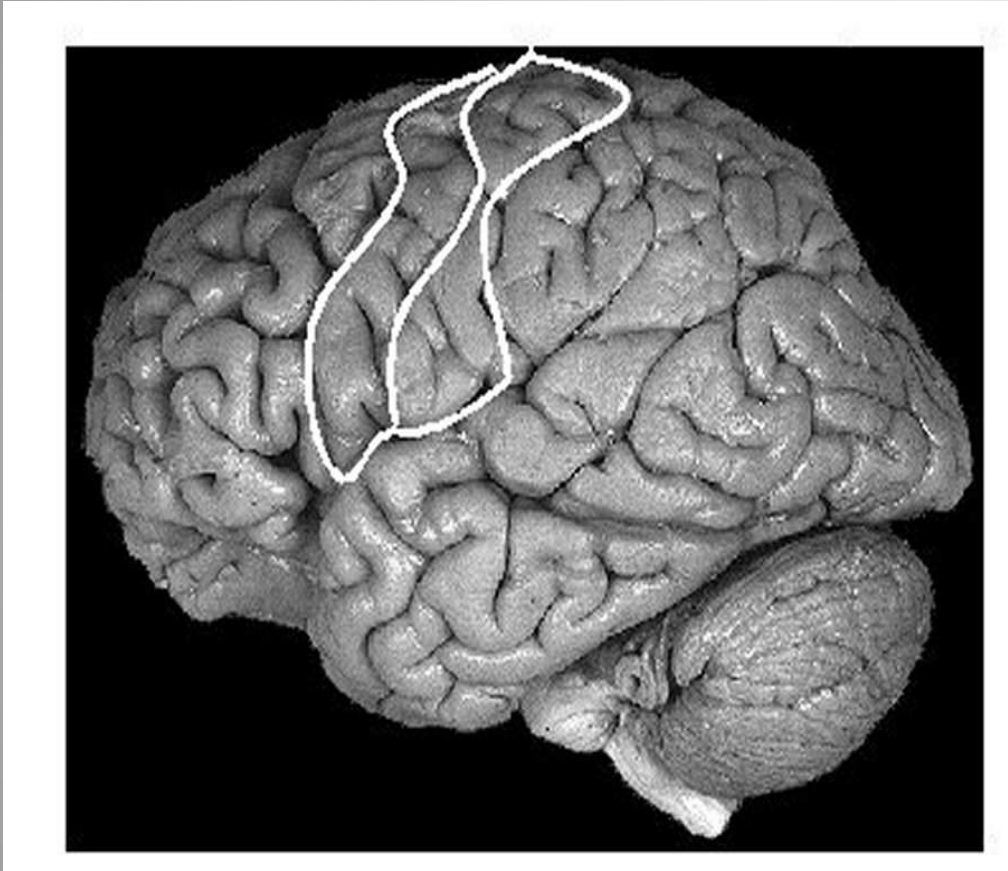


Franz Joseph Gall 1758-1828

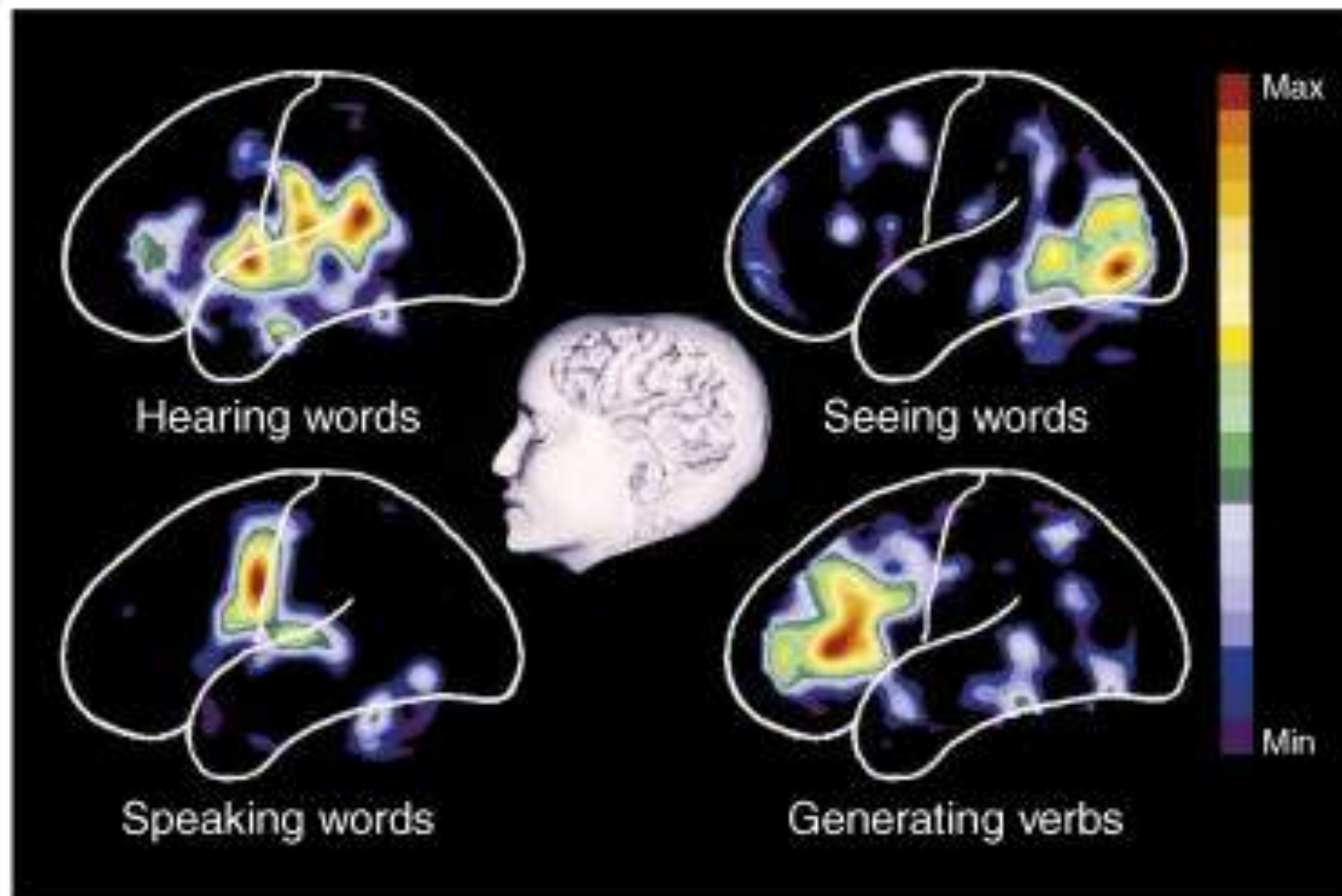


*Image: Anonymous, 19th century. Photograph by Eszter Blahak/Semmelweis Museum
<http://www.wired.com/wiredscience/2010/11/portraits-of-the-mind-gallery/>*

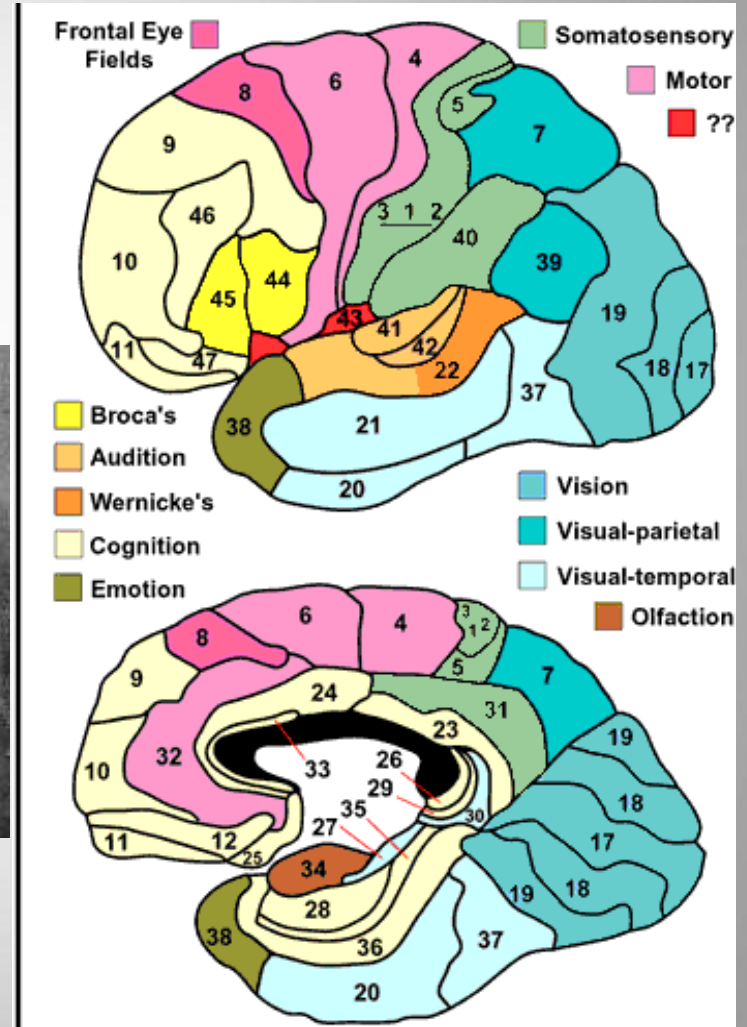
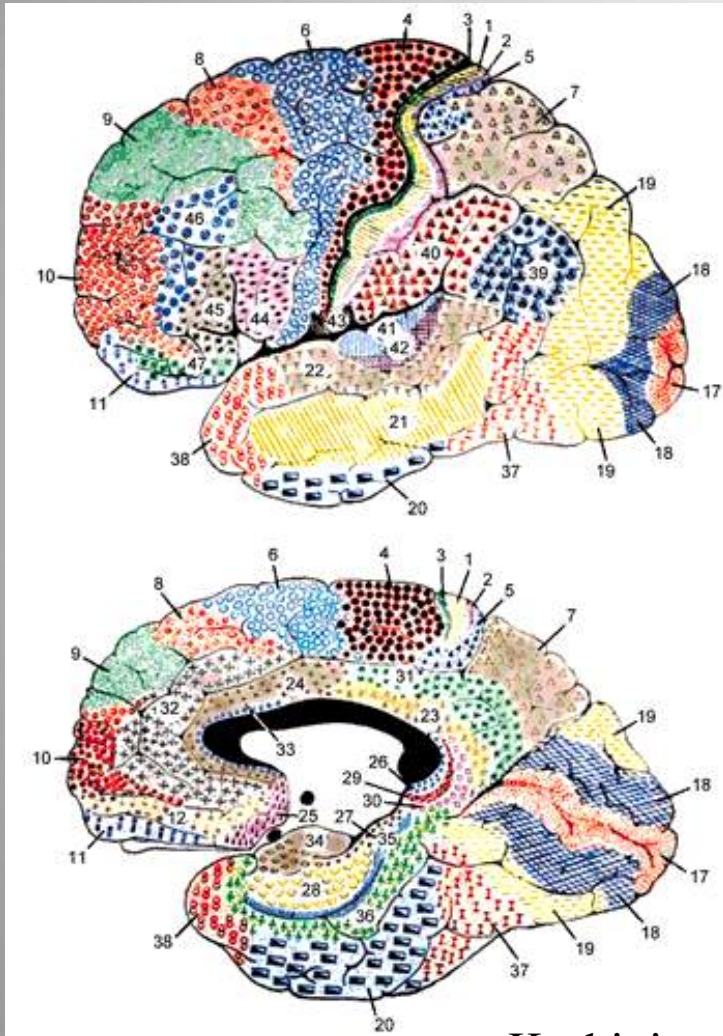
¿Qué es un módulo cerebral?



Zona anatómicamente delimitada y definible que procesa un tipo preponderante de información



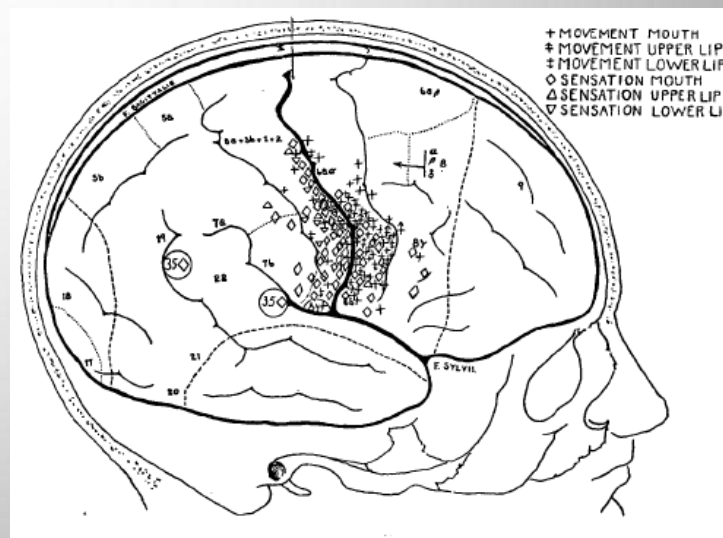
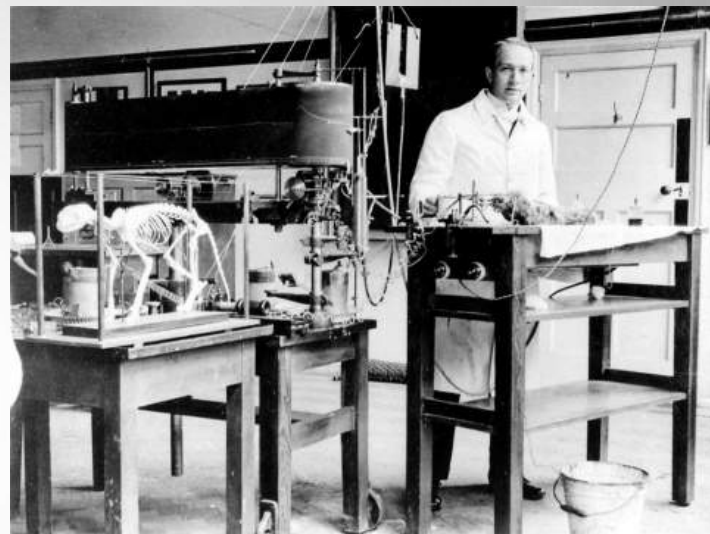
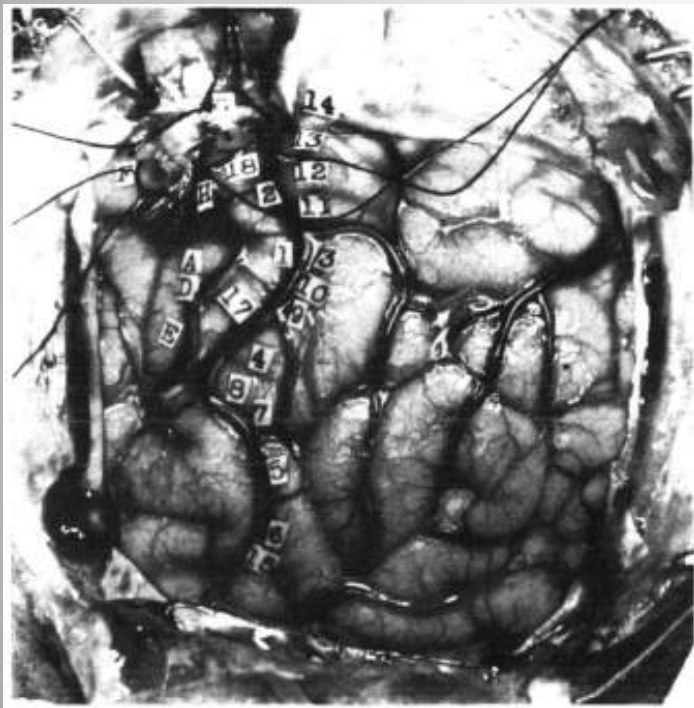
Regiones de Brodmann



Korbinian Brodmann 1868-1918

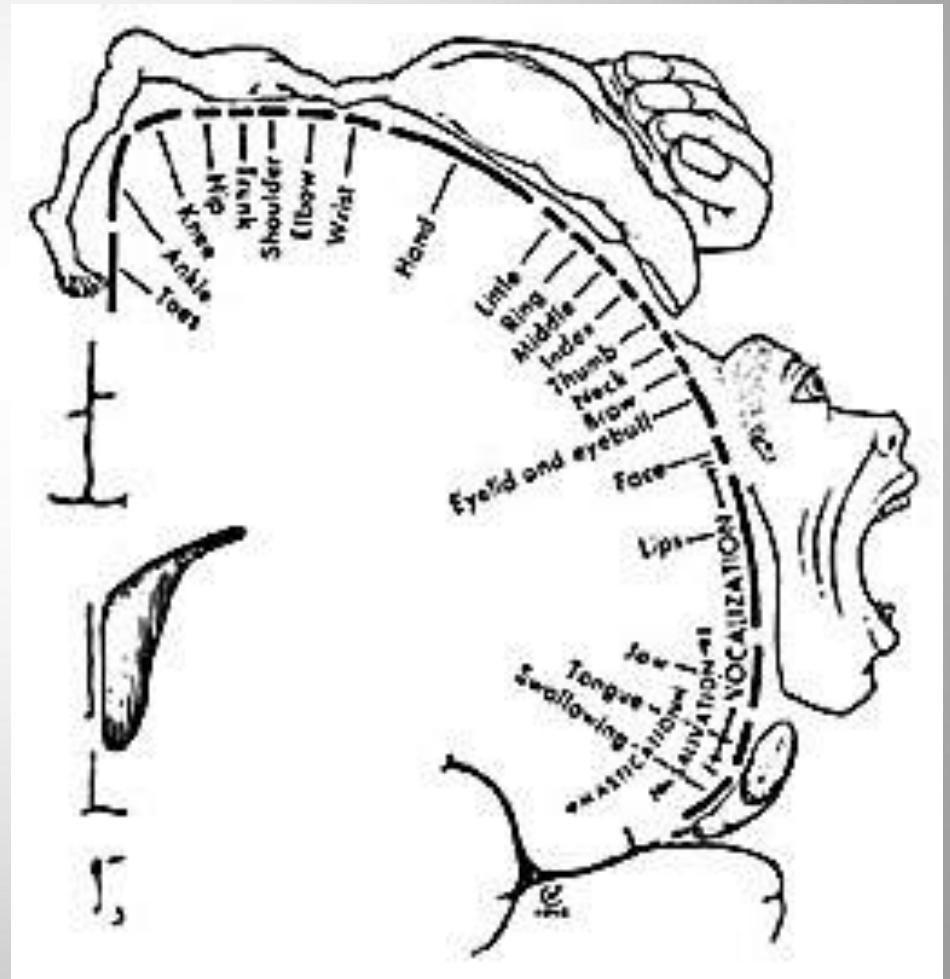
Estimulación de la corteza: Penfield

- “Neurocartografía”

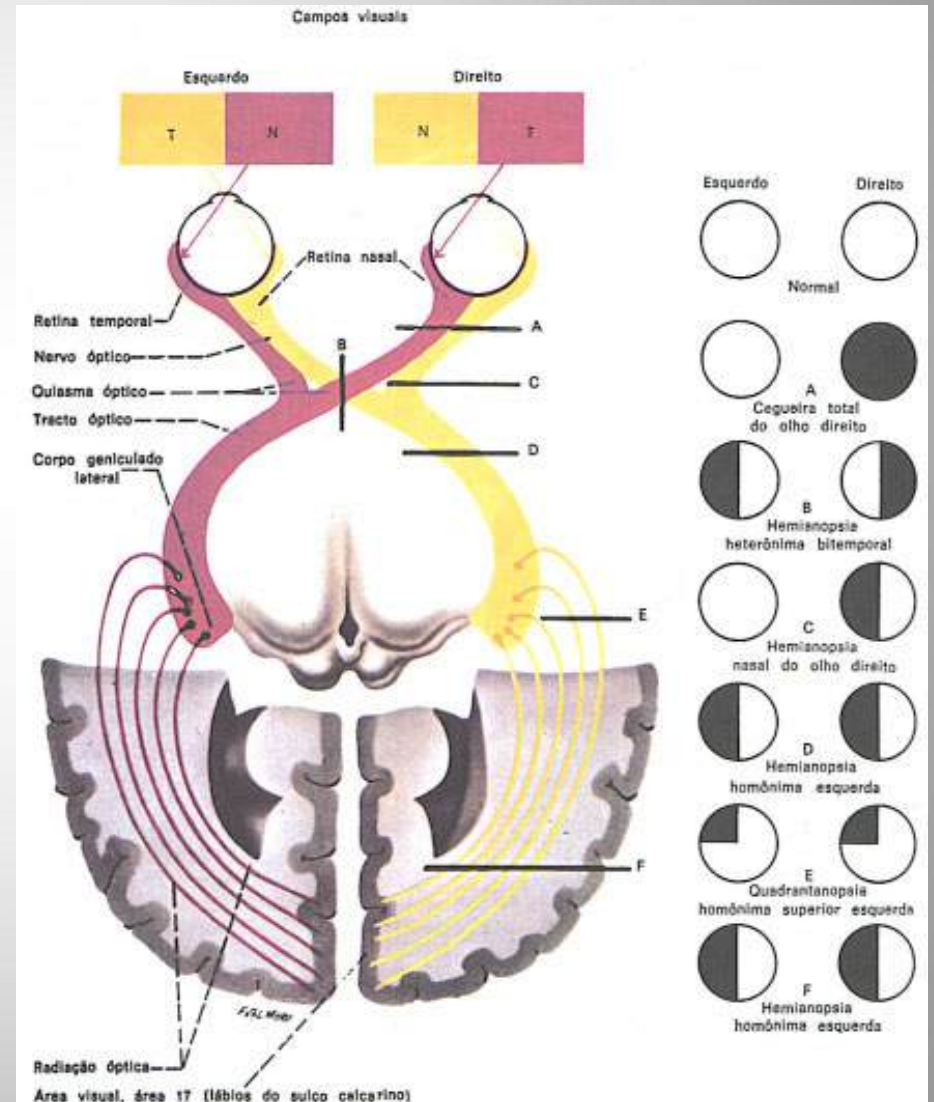
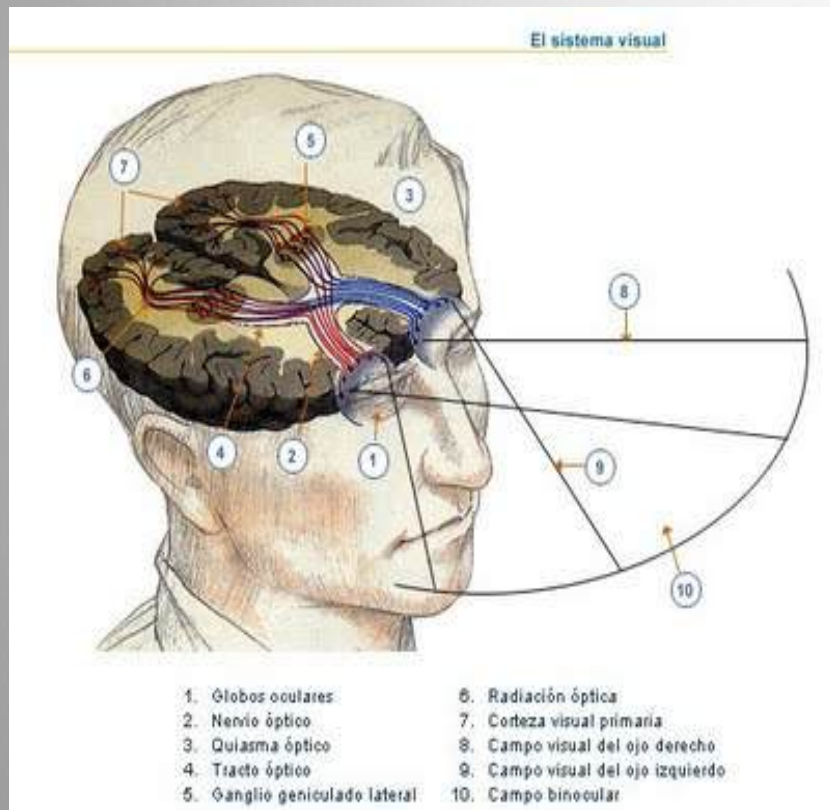


Wilder Penfield 1891-1976
Alumno de Sherrington y Cushing
Instituto Neurológico de Montreal

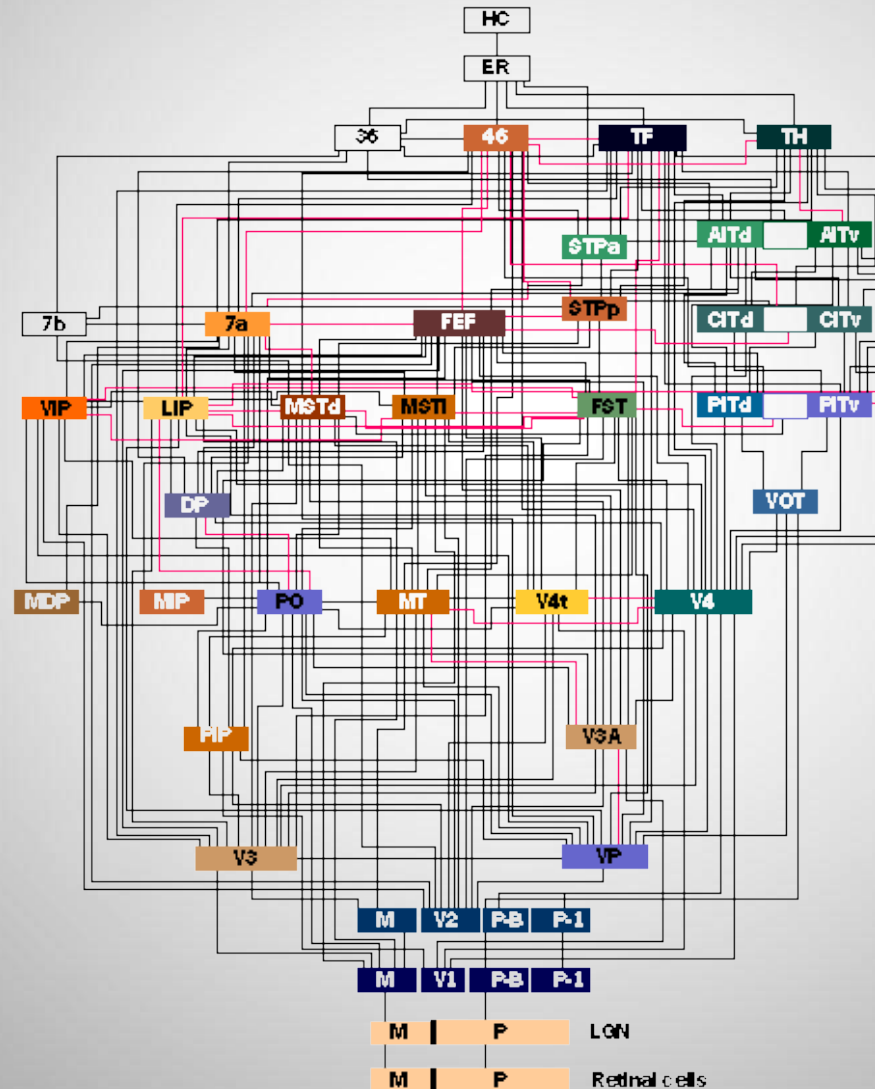
El homúnculo de Penfield



Ejemplo de sistema modular: la vía visual

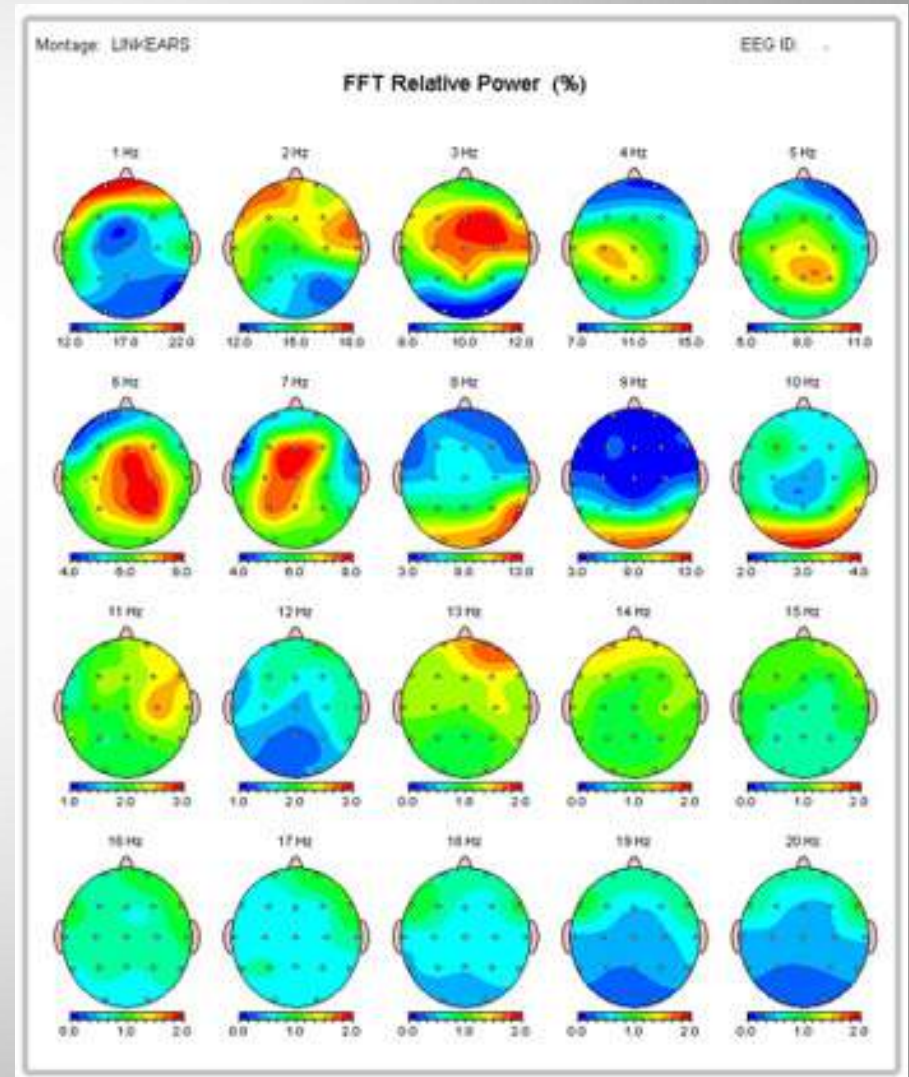
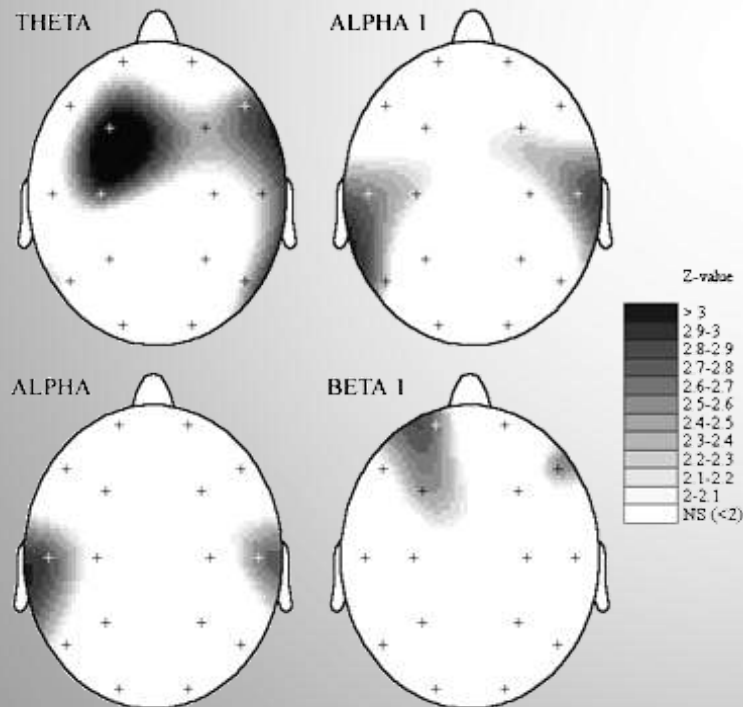


Módulos de la visión

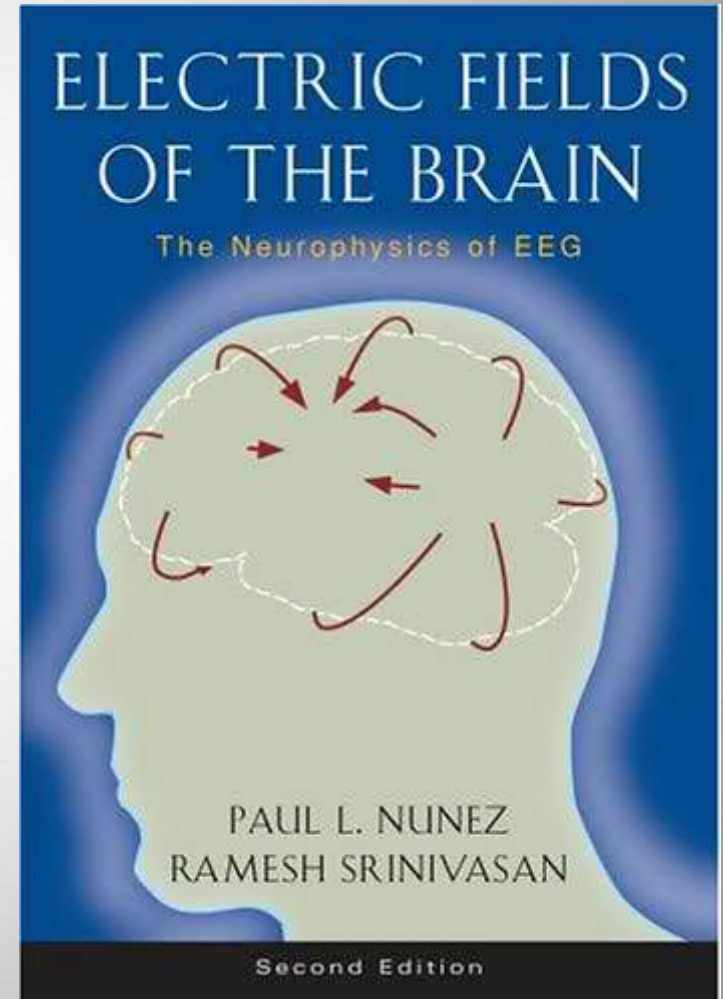
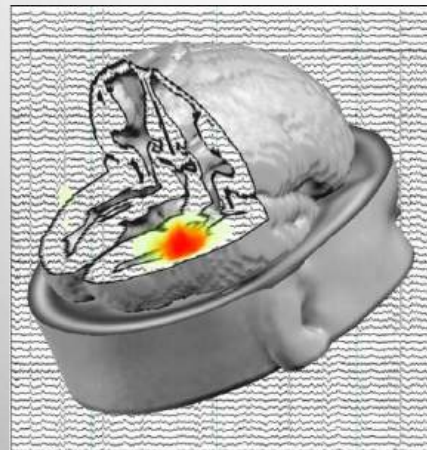
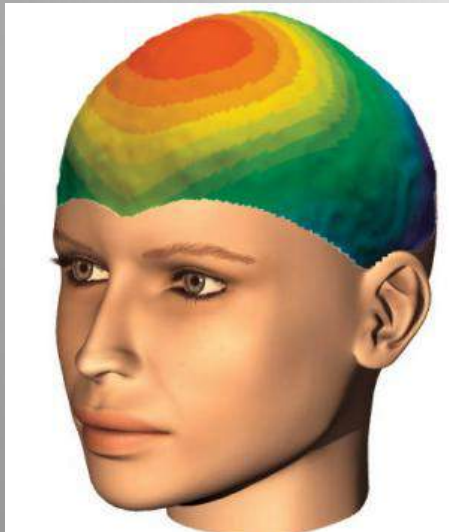
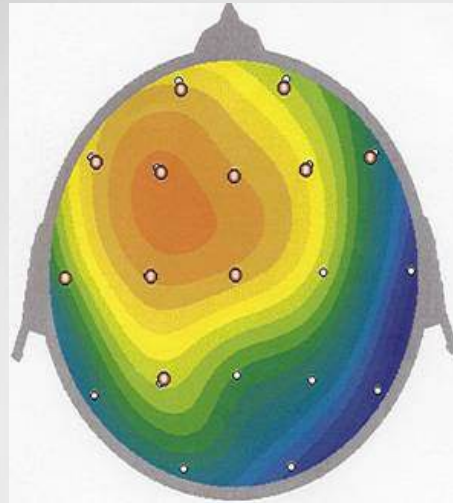
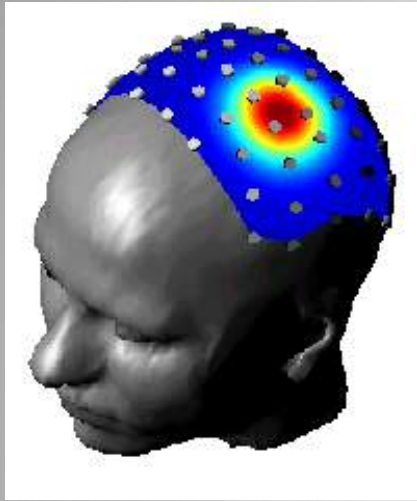


La actividad eléctrica: nivel modular

- Génesis de los diferentes ritmos electroencefalográficos.
- Campos receptivos y motores
- QEEG



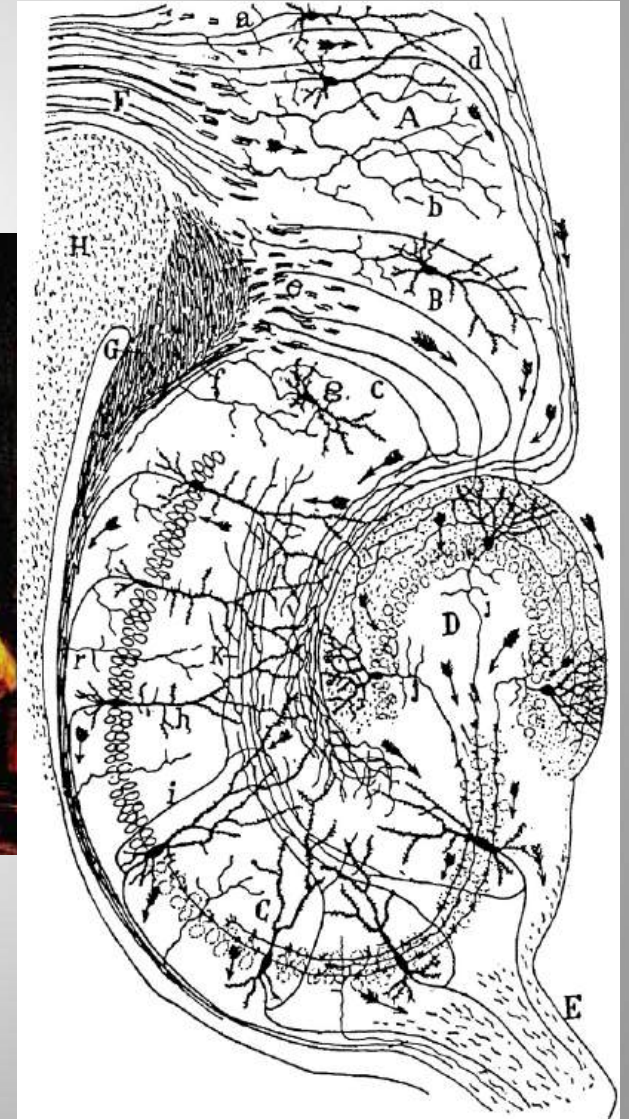
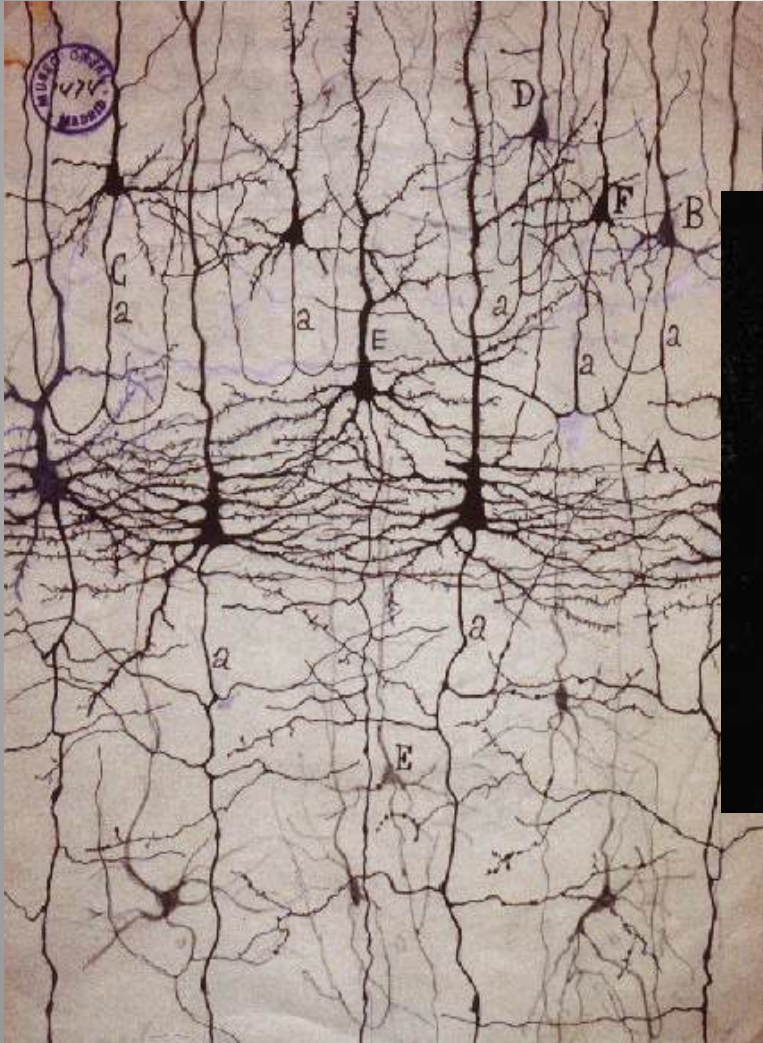
Módulos eléctricos: fuentes, mapeo



Neurociencia: generalidades

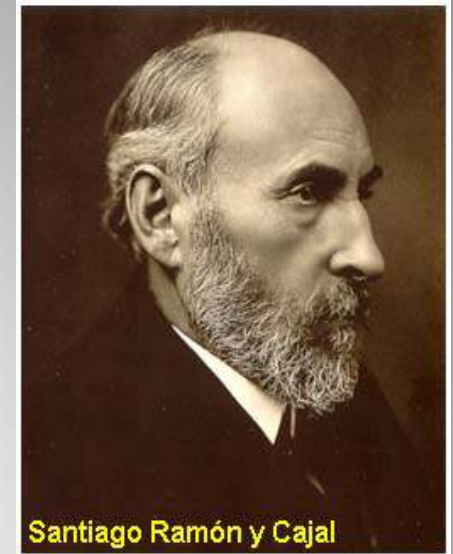
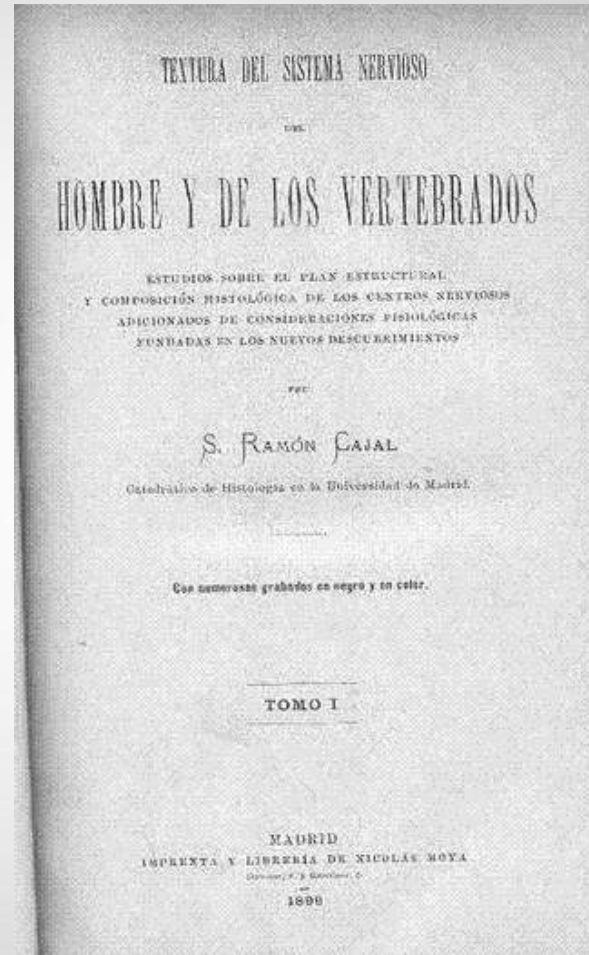
- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Nivel intercelular: Redes y circuitos neuronales

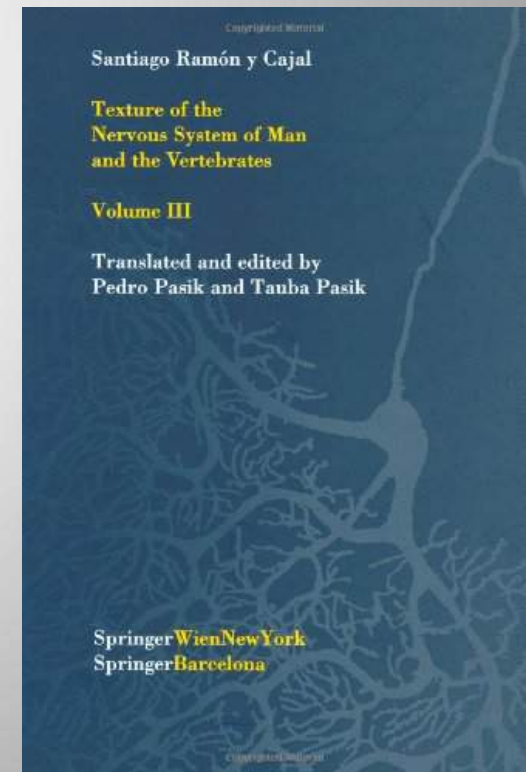


La “textura” de Cajal

- **Santiago Ramón y Cajal**
(1852-1934)
- Técnicas de tinción argéntica (derivadas de la fotografía)
- Teoría de la neurona
- Descripción de la textura del sistema nervioso (comparativa, ontogenia, filogenia) mediante tinción, observación, dibujo y atribución
- Premio Nobel 1904
- Padre de la neurociencia moderna



Santiago Ramón y Cajal



*Fig. 1. -
L'œuf de la poutre
au fort et jeune paille d'ail*

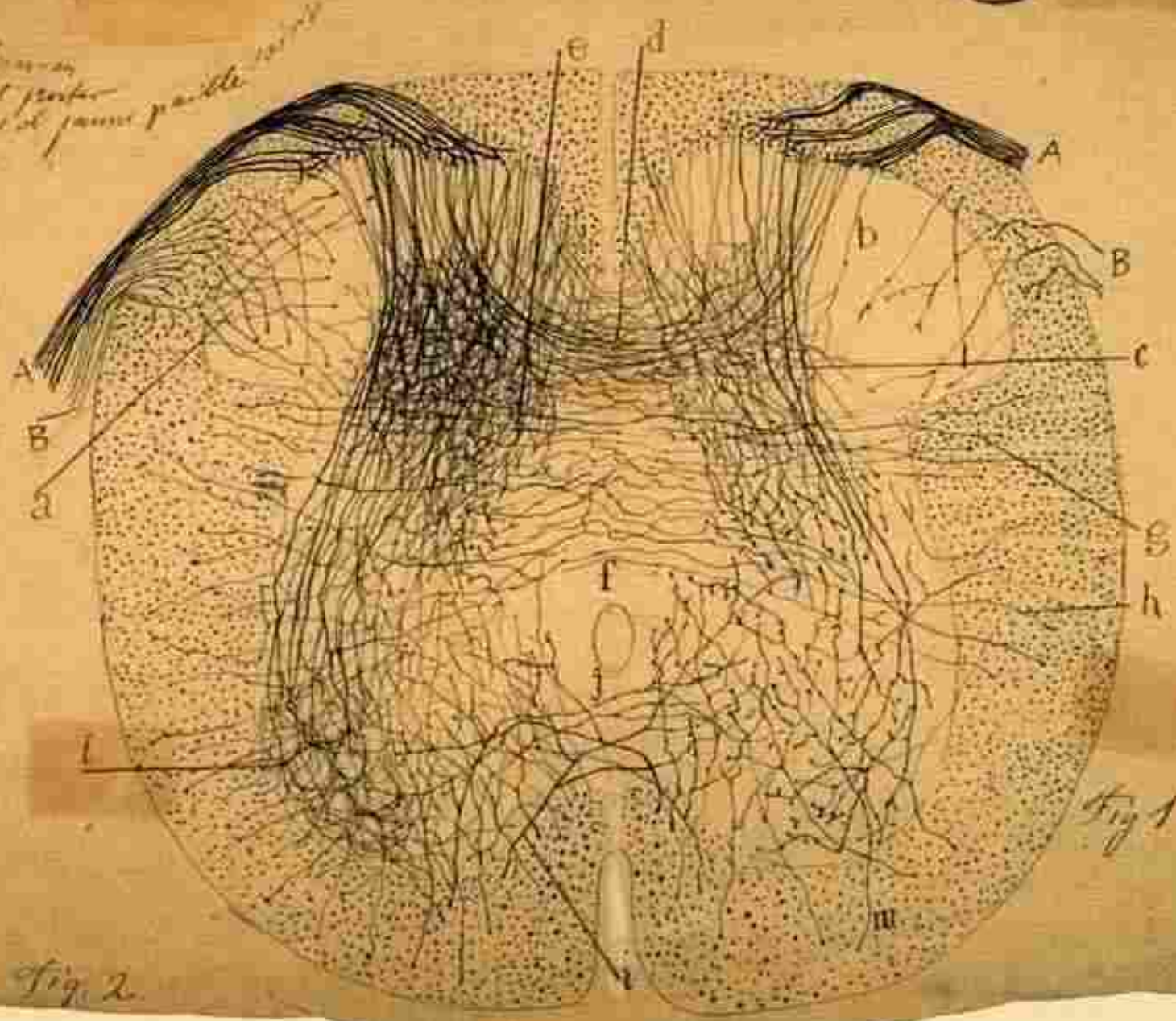
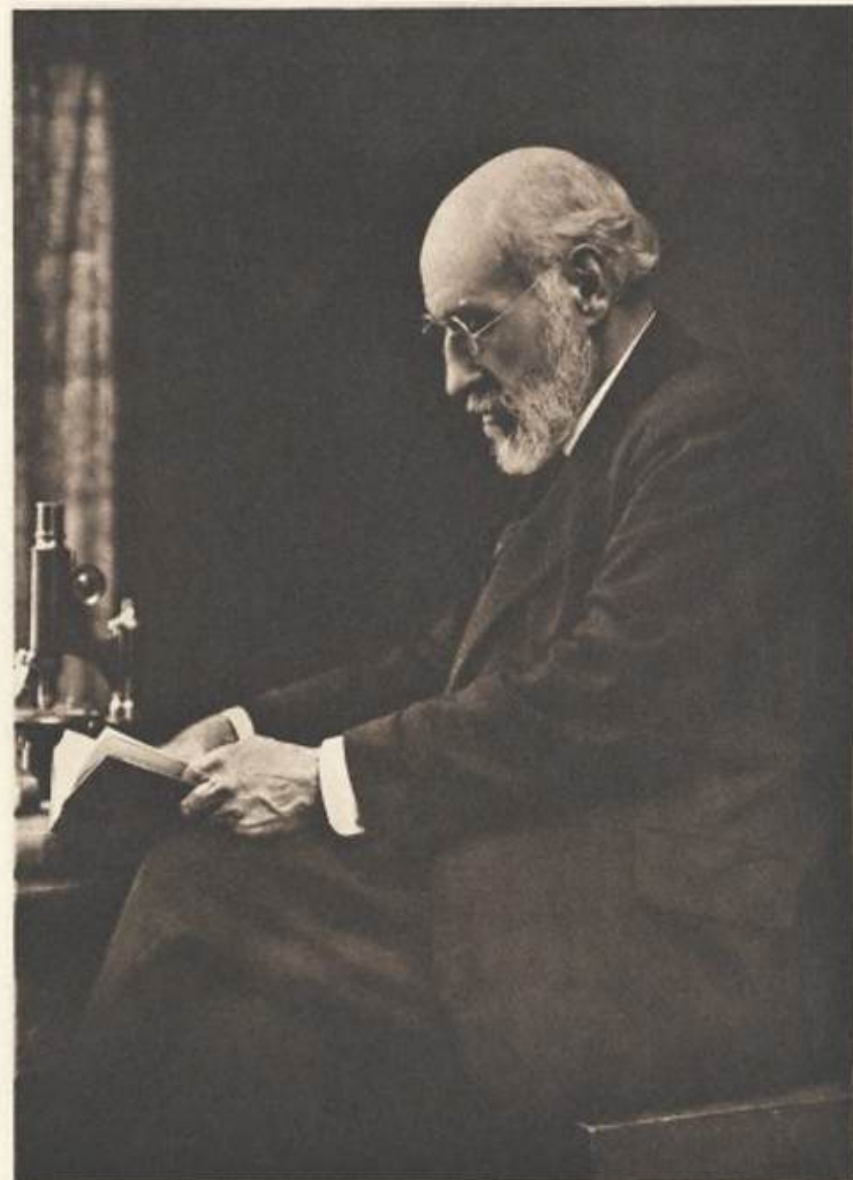


Fig. 2.

Fig. 1.



Duro's photographer Madrid

Emory Walker photo

S. Ramon Cajal.

Redes neuronales

- Sherrington 1925
- Pitts y McCulloch, 1943
- Hebb, 1949

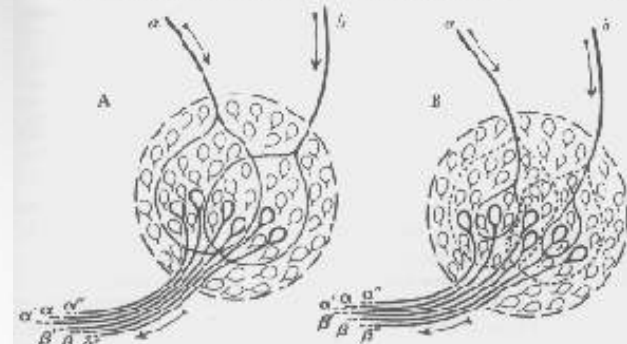
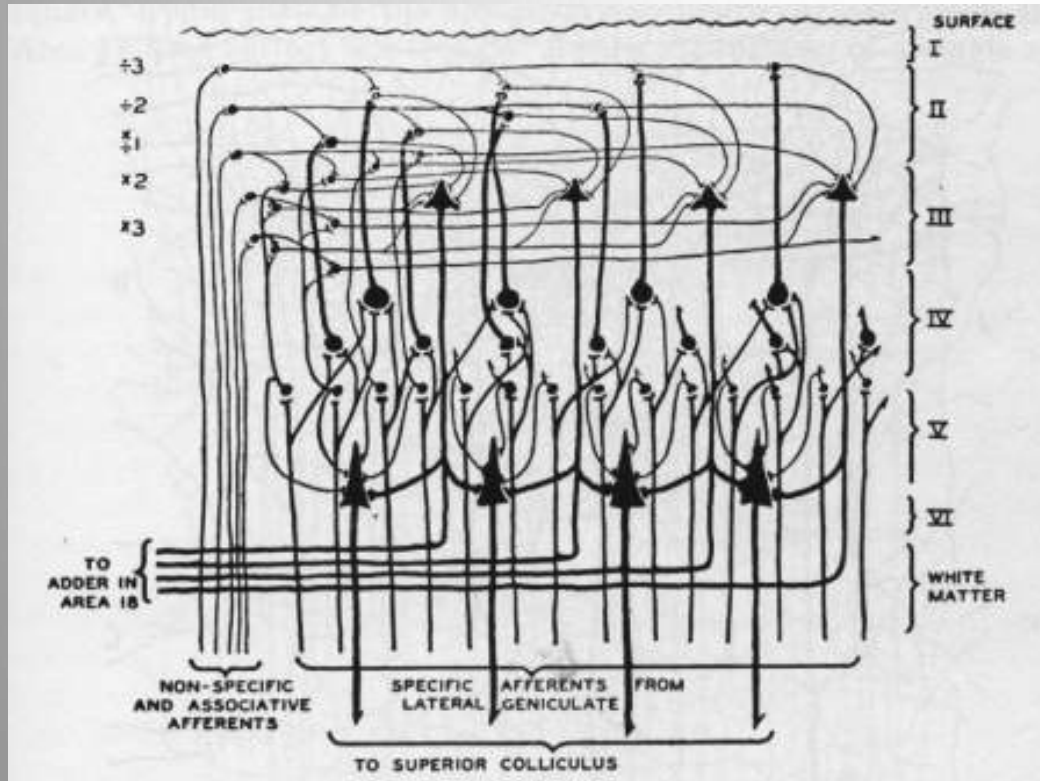
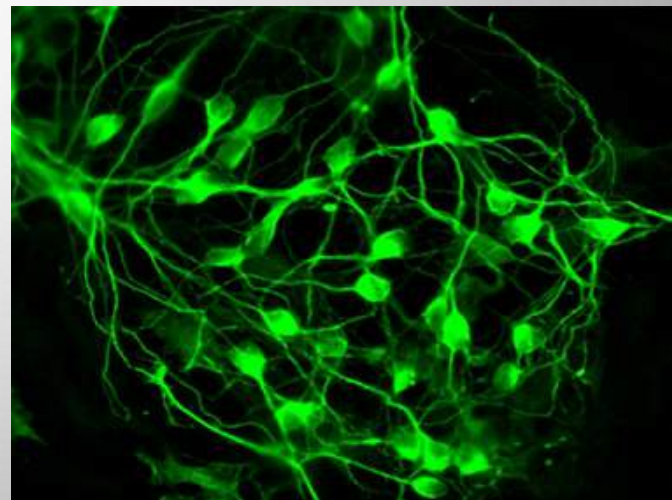


Fig. 3. From Sherrington's *Lectures*, 1929.
 A Two excitatory afferents, a and b, with their foci of supraliminal effect in the motor unit pool of a muscle. a activates by itself - units ($\alpha, \alpha', \alpha''$ and β, β', β''); b by itself (α', α'' and β, β'). Concurrently they activate not 3 but 6 units, give contraction 30% by addition of contraction to α and β' . B Weaker stimulation of a and b restricting their supraliminal fields of effect in the pool as shown by the continuous-line units, α' by itself activates 1 unit; β similarly, concurrently they activate 4 units (α', α', β' and β) owing to summation of subliminal effects in the overlap of the subliminal fields of effect not marked by dots. (Subliminal fields of effect are not indicated in diagram A)



Redes neuronales: Sistemas neuroquímicos

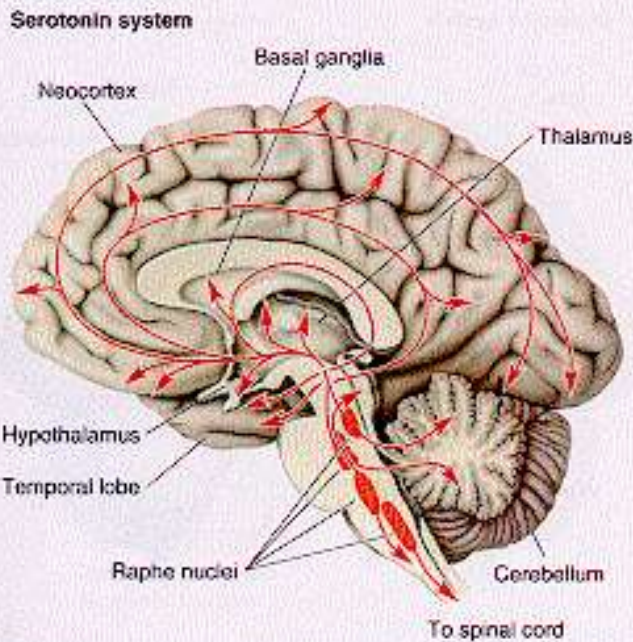
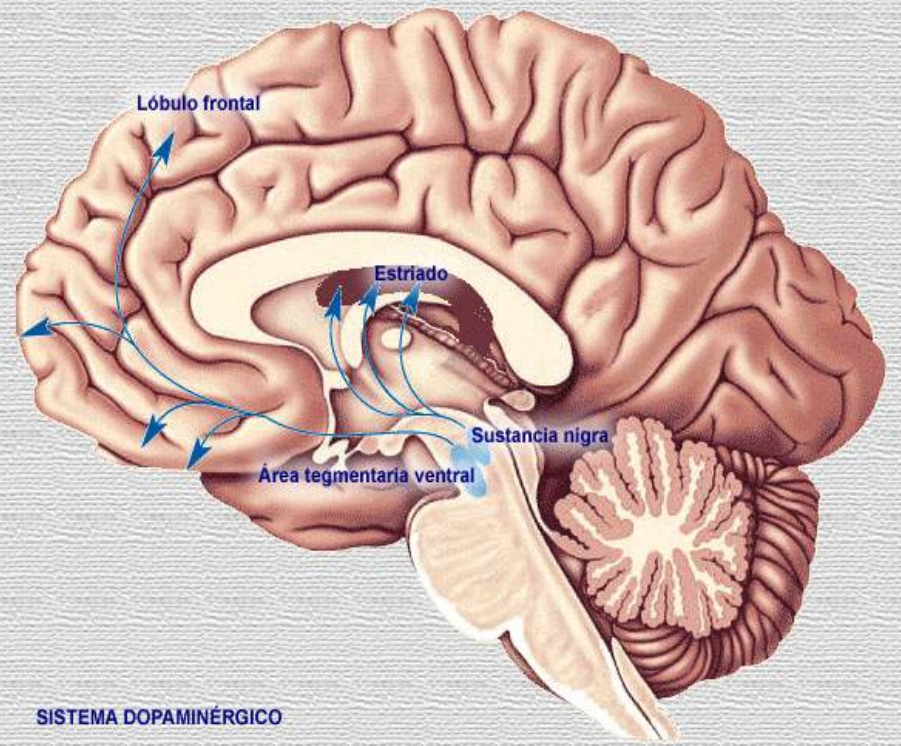


Figure 15.12
The serotonergic diffuse modulatory systems arising from the raphe nuclei. The raphe nuclei are clustered along the midline of the brain stem and project extensively to all levels of the CNS.



SISTEMA DOPAMINÉRGICO

Nivel intercelular: Organización de la retina

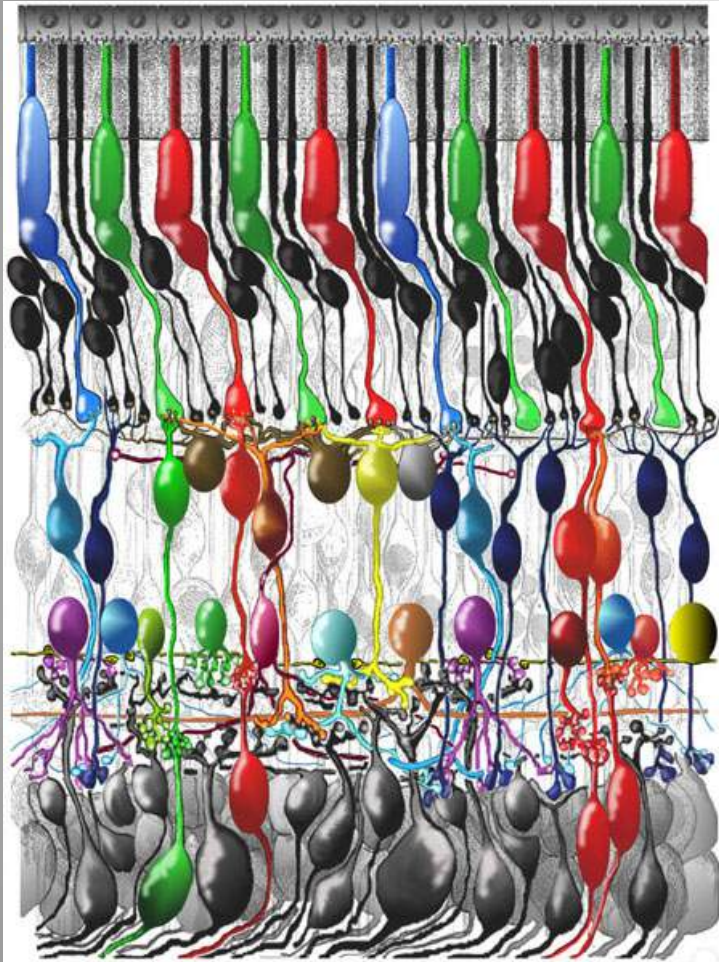
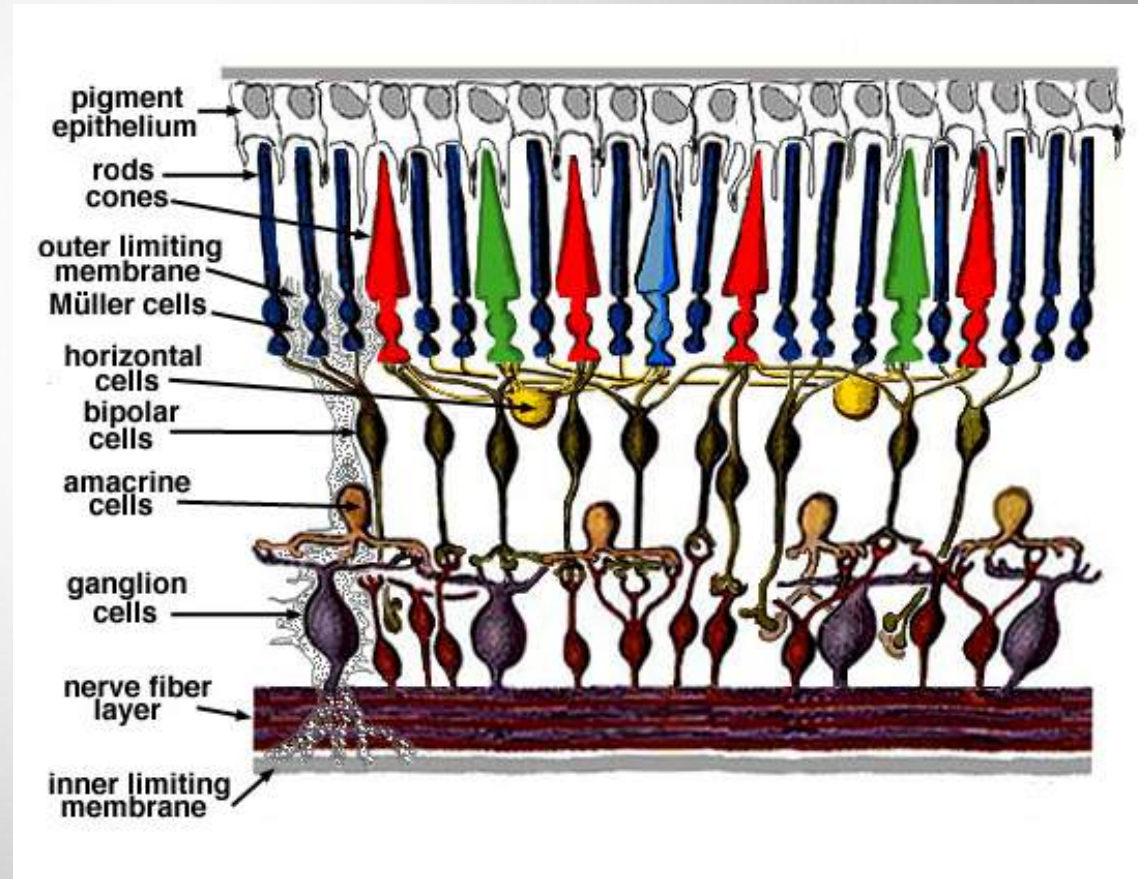
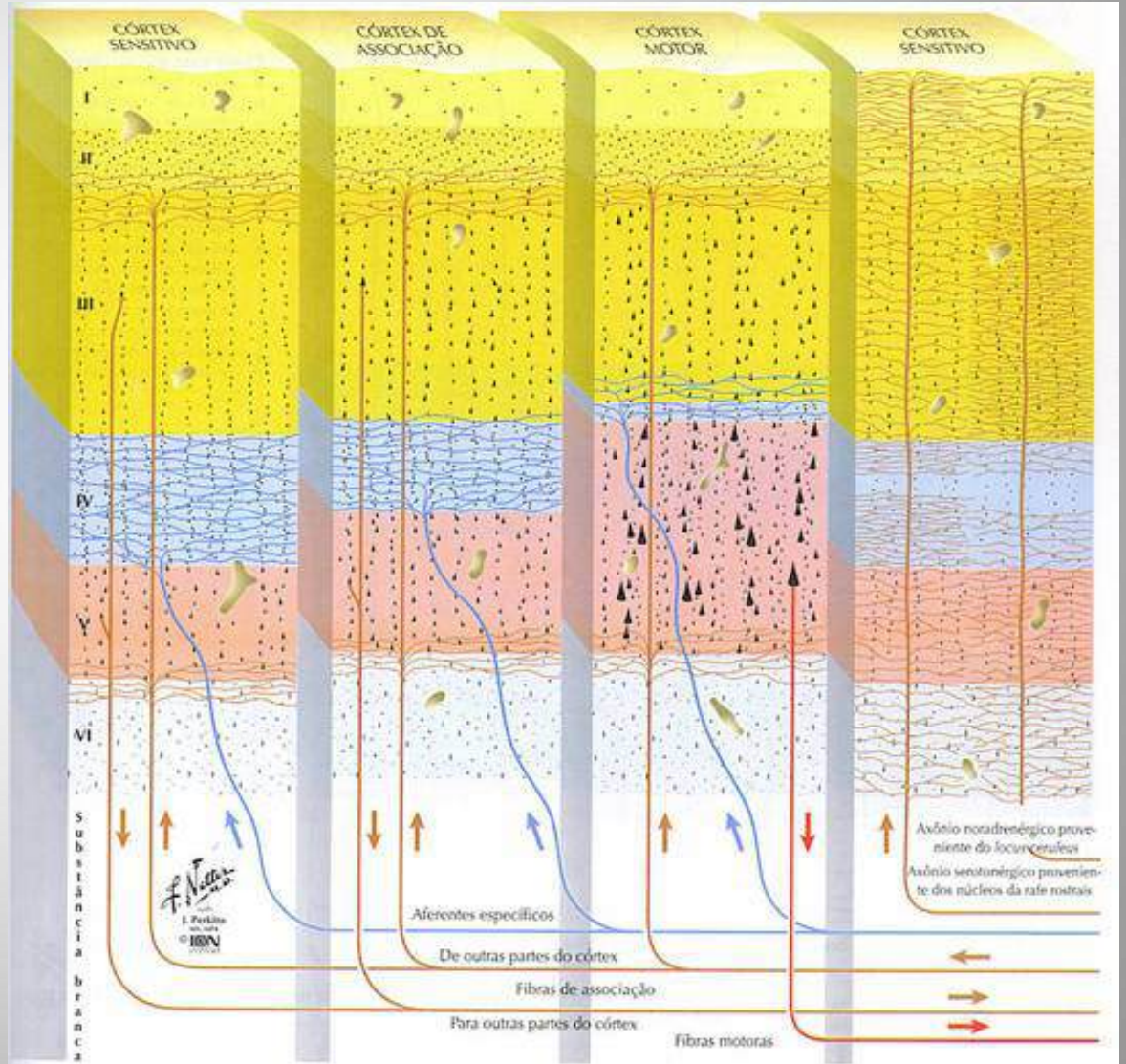
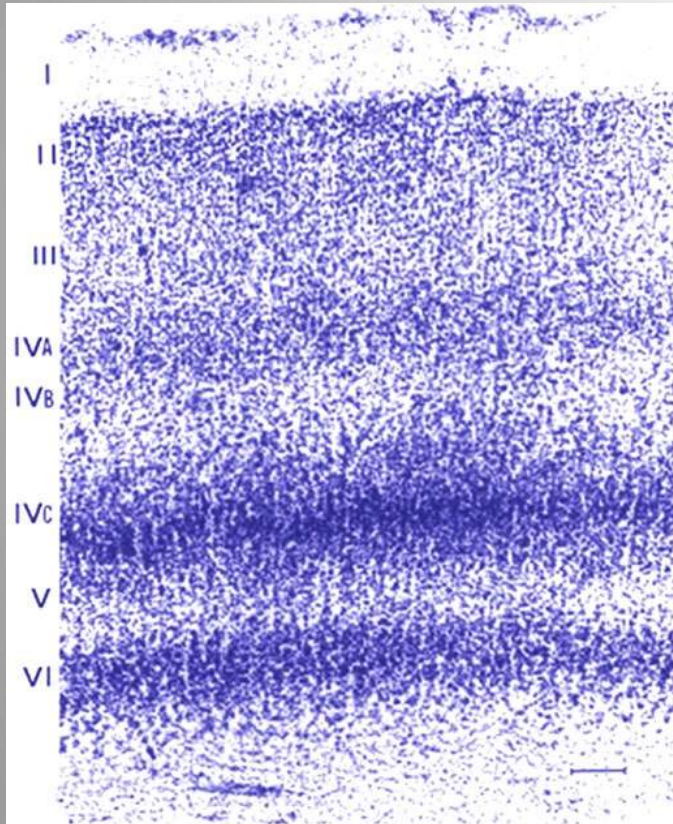


Fig. 5. Drawing of a vertical section through the human retina to show the organization of the different neurons and glial cells constituting it.



Organización horizontal de la corteza: capas

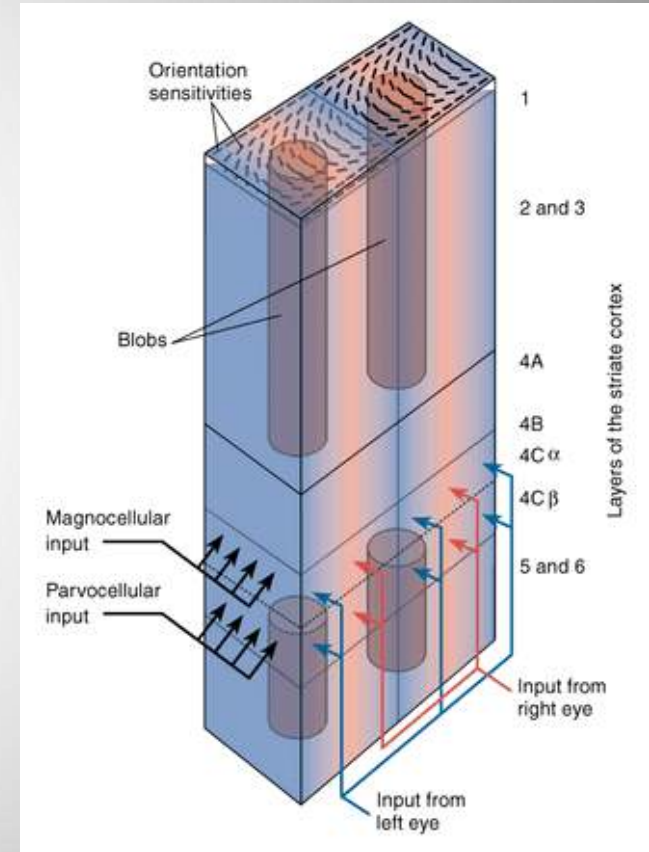
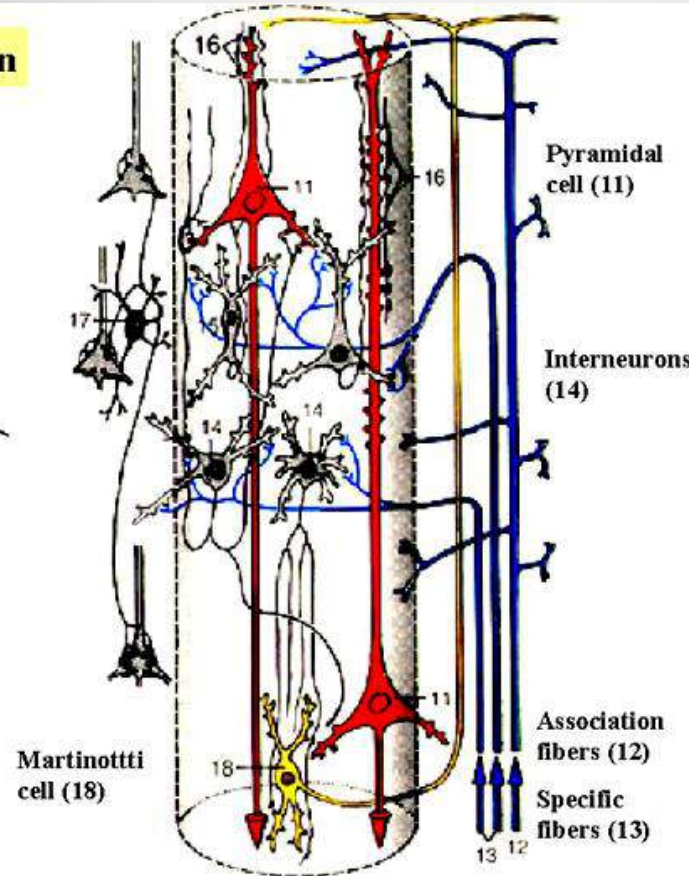
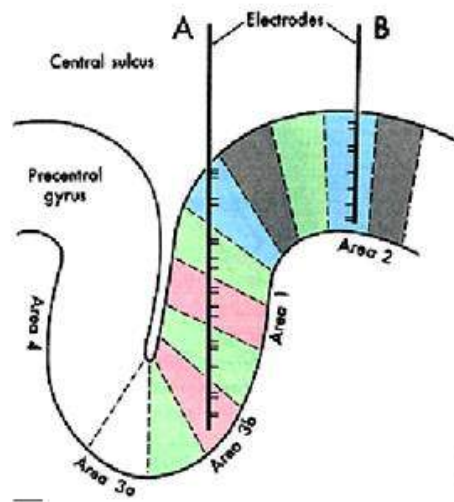


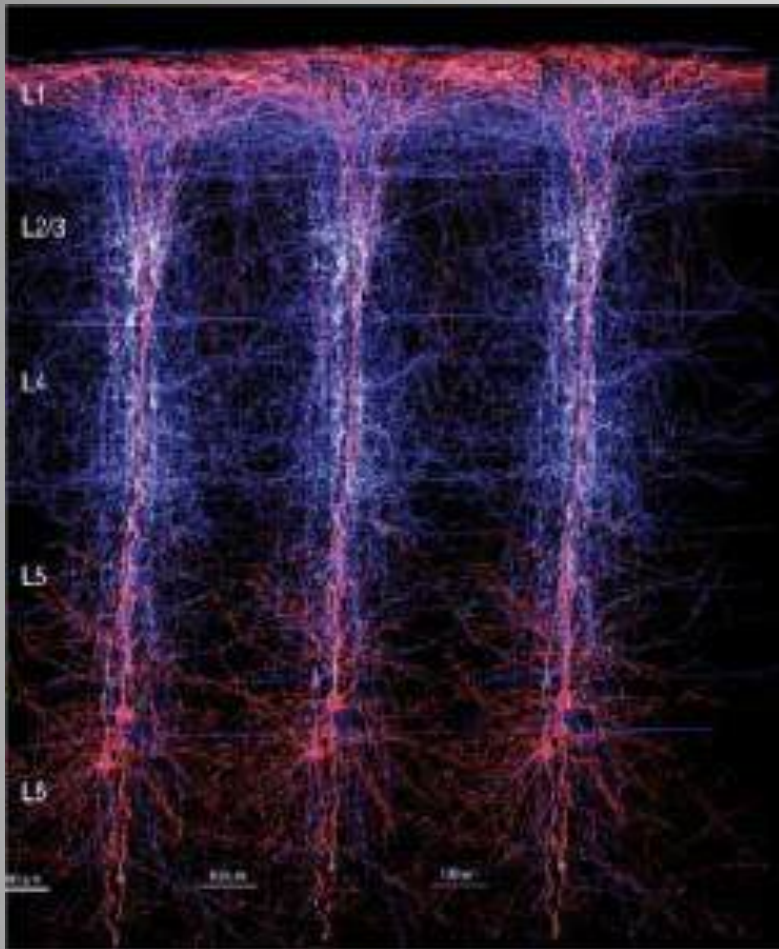
Organización vertical: Columnas corticales

Columnar Organization

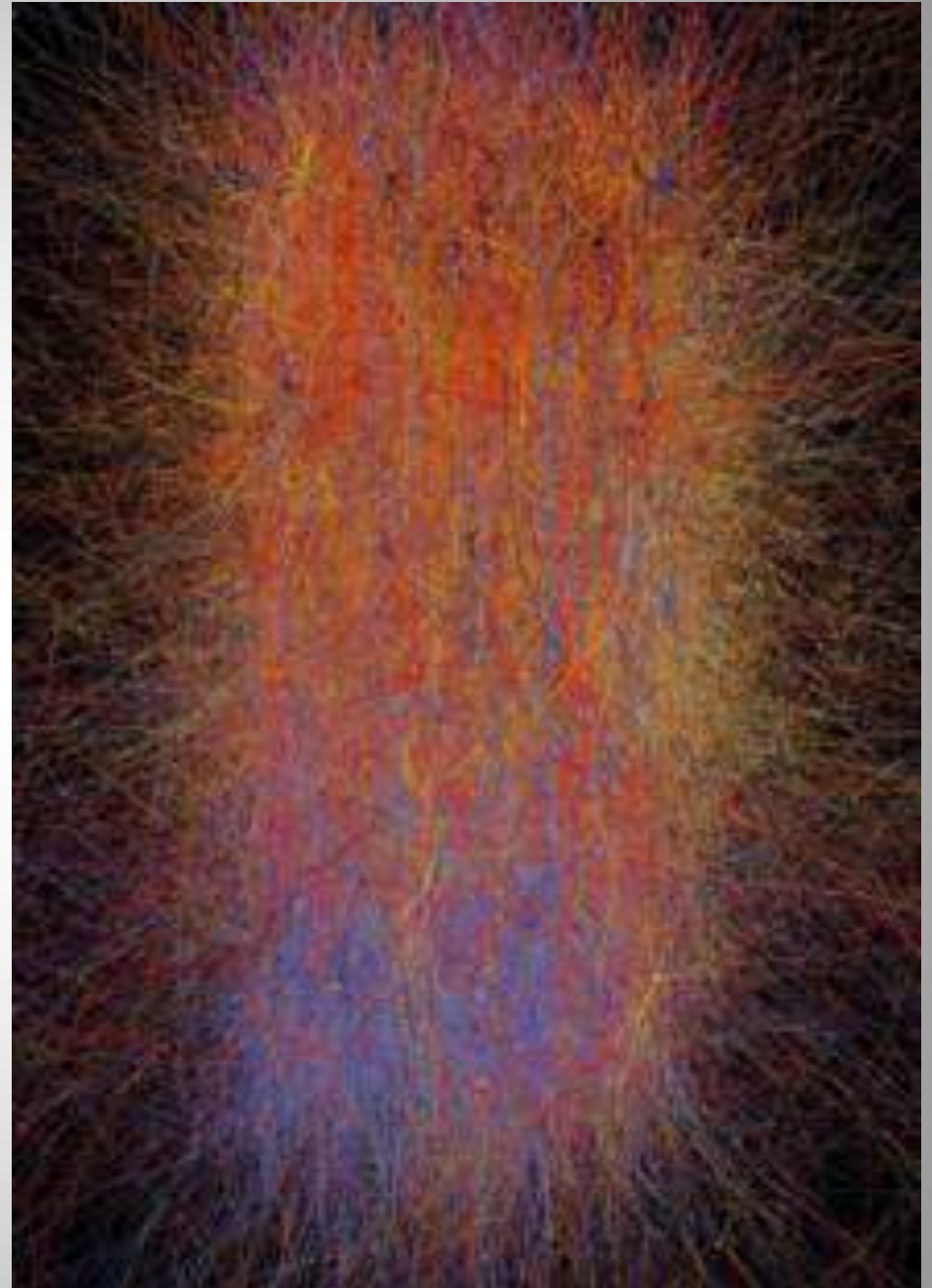
Cortical Column

= vertical column

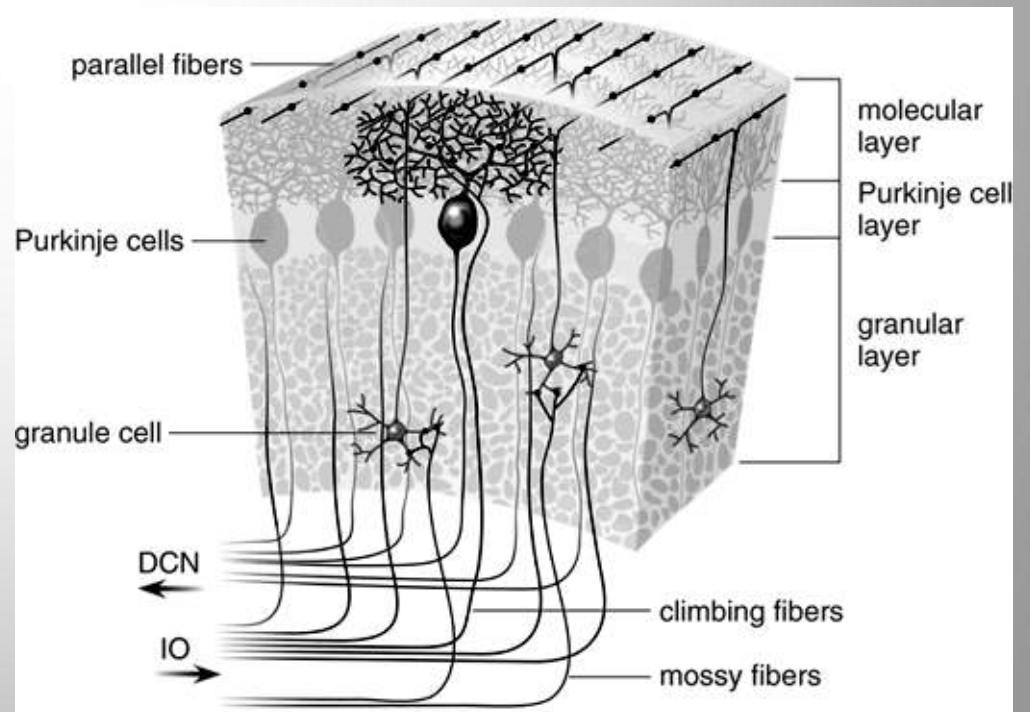
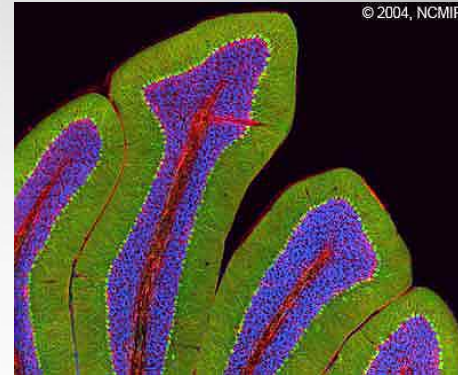
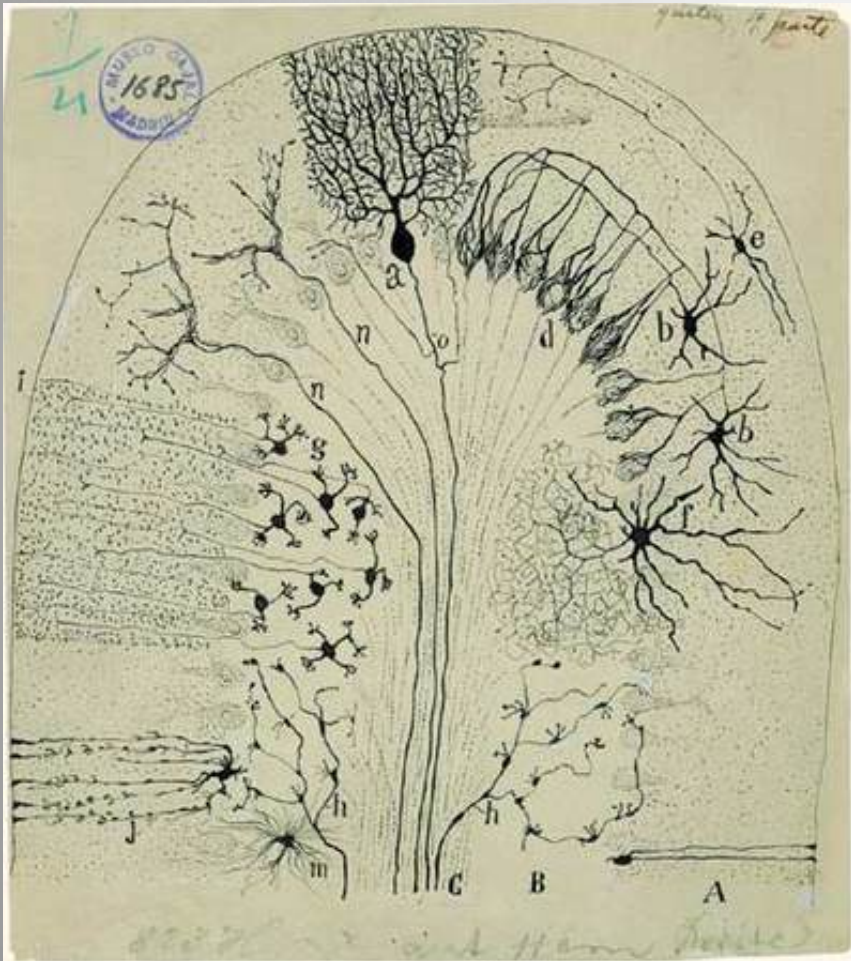




Cortical column development in mammals Credit:
Flickr.com <http://www.flickr.com/photos/mark-ashton-smith/4187284211/>



Circuito del cerebelo



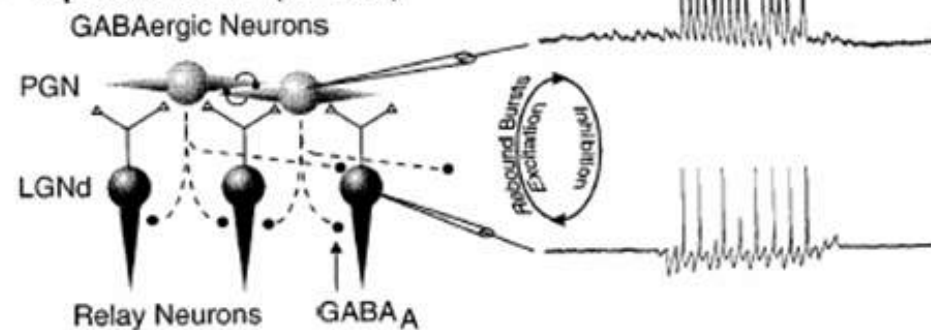
La actividad eléctrica: nivel intercelular

- Transmisión sináptica de los impulsos eléctricos.
- Potenciales de campo.
- Actividad local en redes neuronales.
- Redes de coherencia

A Field Potential (in vivo)



B Spindle Wave (in vitro)



Redes de coherencia

- Redes o ensambles funcionales
- Acoplamiento de frecuencias entre áreas distantes
- Enlace funcional
- Probable fundamento de actividades cognitivas y conscientes



Delta (1 – 3.5 Hz)

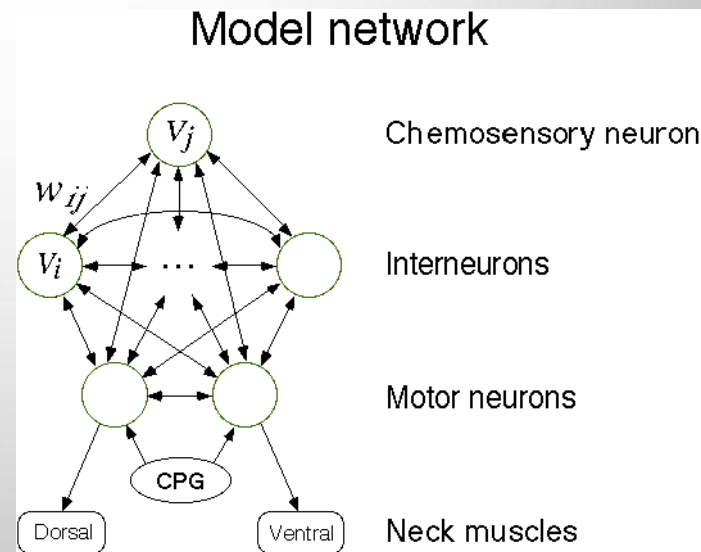
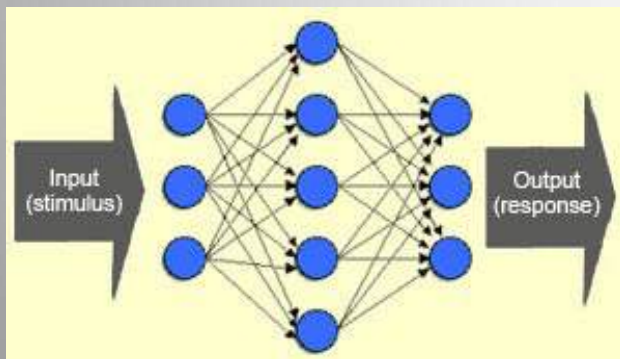
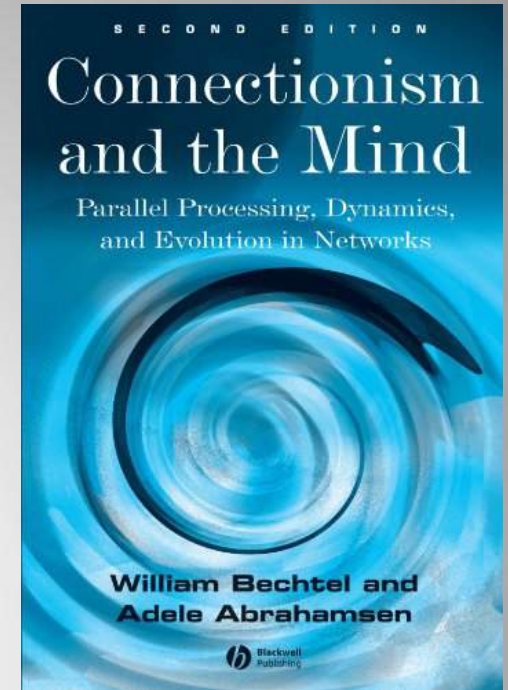


Beta (12.5 – 25 Hz)



Conexionismo

- Ensamblajes o redes neuronales naturales y artificiales
- Funciones: entradas, activación y salidas
- Procesamiento distribuido en paralelo (PDP)
- Representación por enlace de múltiples agentes (neuronas) distribuidos, cooperativos, auto-organizados

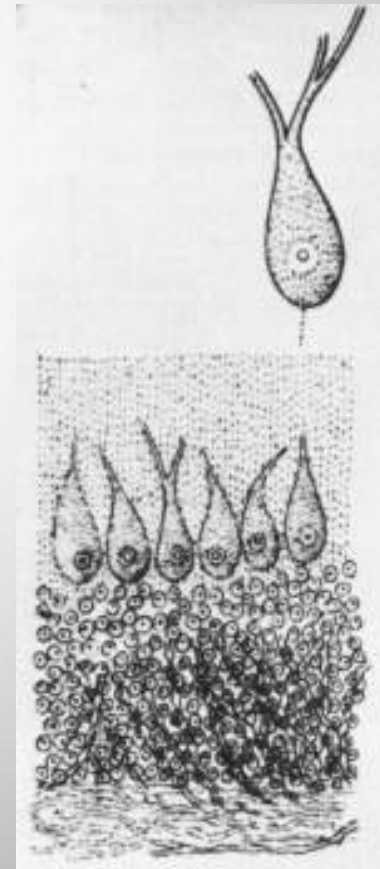


Neurociencia: generalidades

- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

Nivel celular: la neurona

- Descubrimiento de la neurona por Johannes Evangelista Purkinje (1787-1869) de Bohemia.
- Primer Departamento de Fisiología (1839). Universidad de Breslau, Prusia.
- Primera descripción de Otto Dieters en 1863.
- La teoría reticular

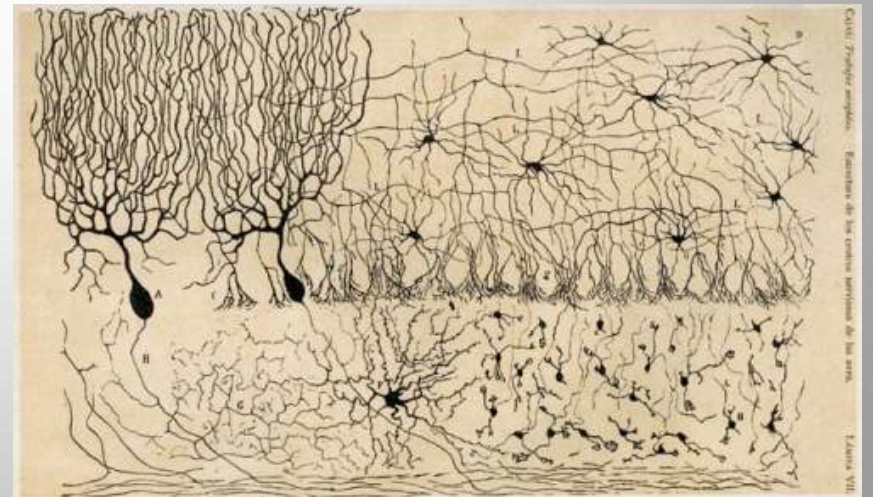


Teoría de la neurona (Cajal)

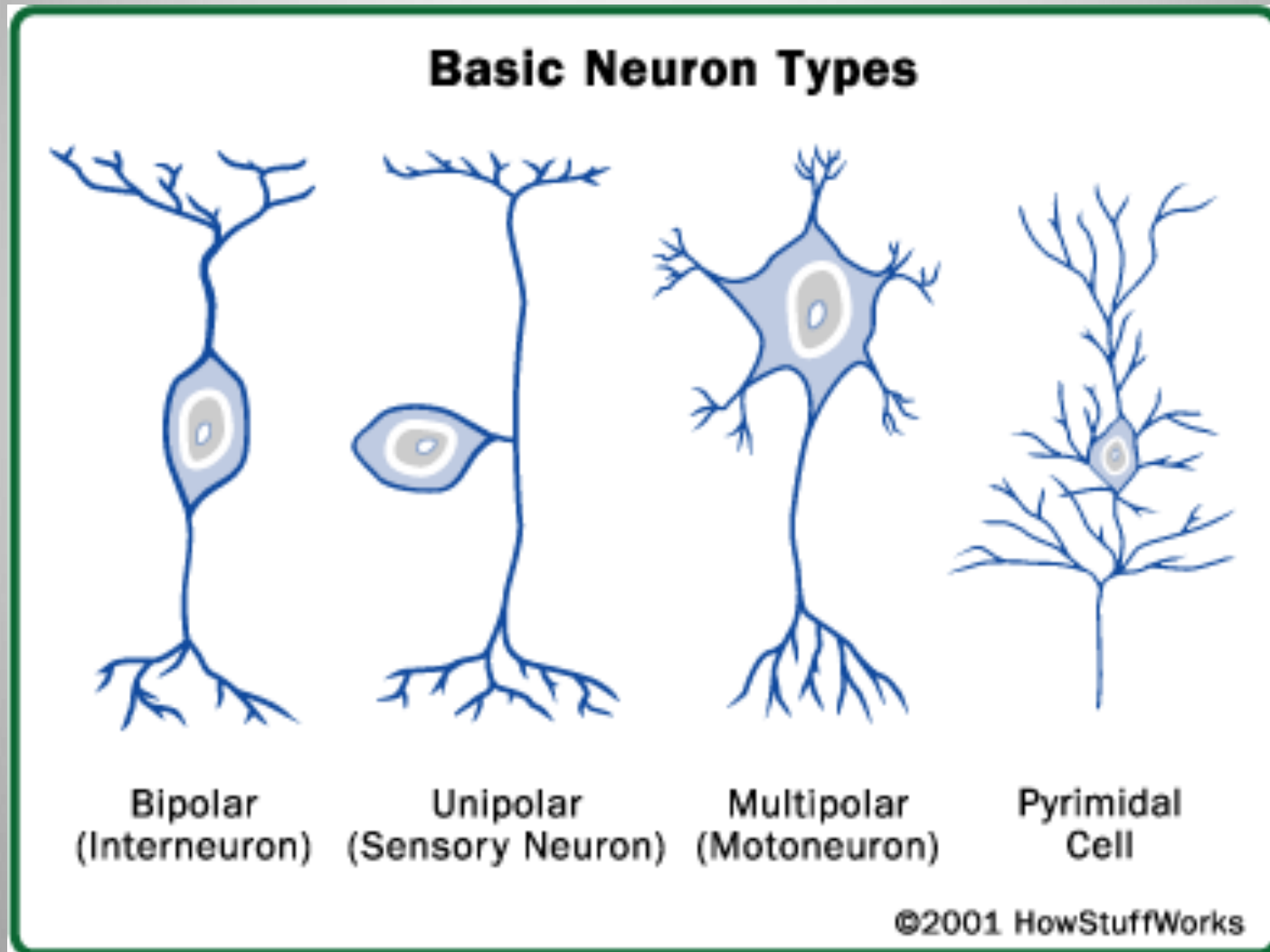
- Unidad anatómica: neurona como célula discreta.
- Unidad embriológica: cuerpo, dendritas, axón.
- Polarización dinámica: dirección dendritas hacia axones.
- Unidad metabólica: degeneración anterógrada y retrógrada.
- Unidad informacional.



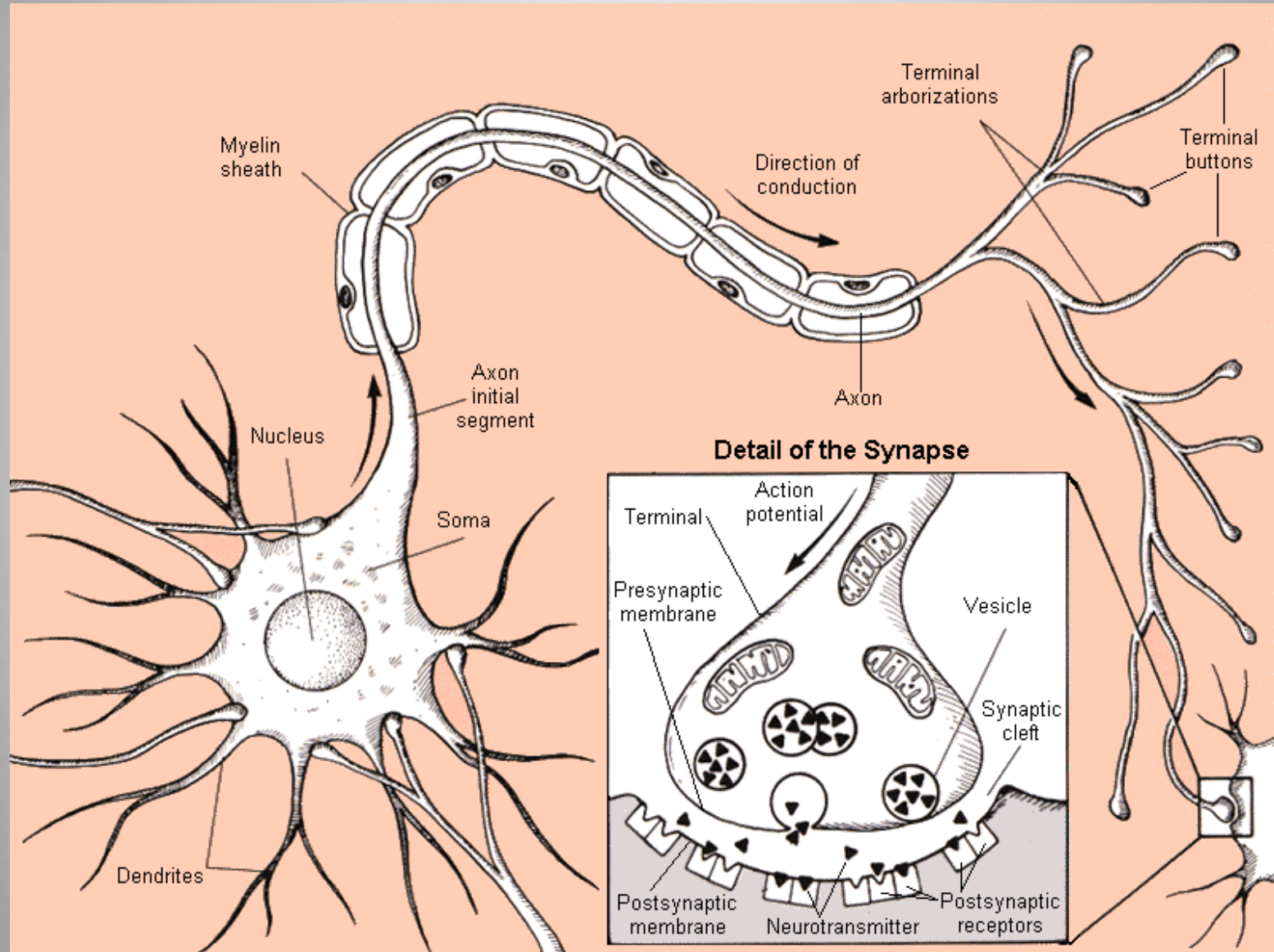
Santiago Ramón y Cajal



Neurona: tipos



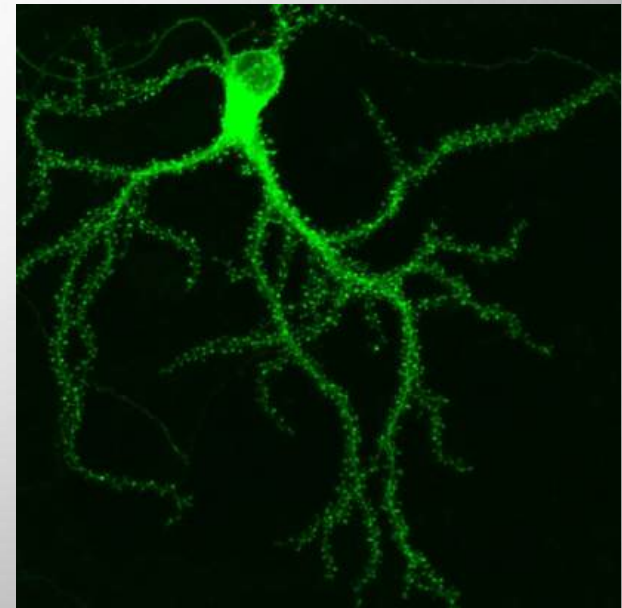
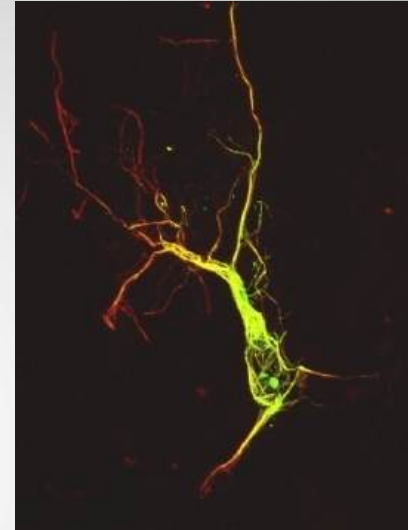
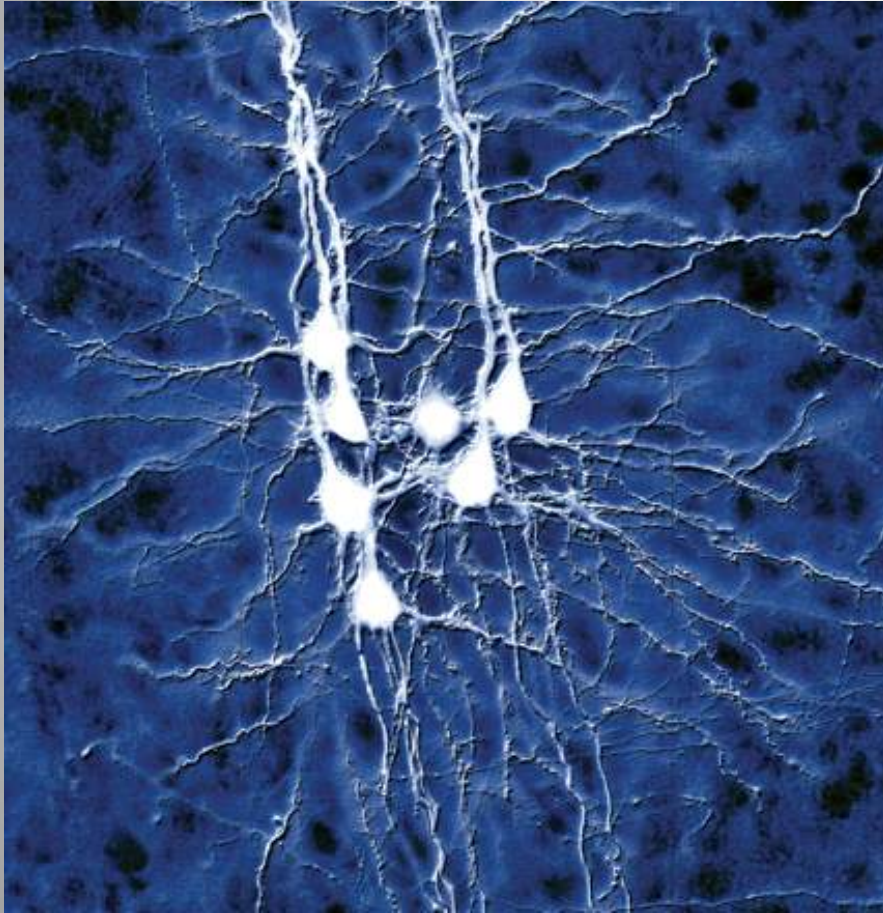
Neurona: estructura

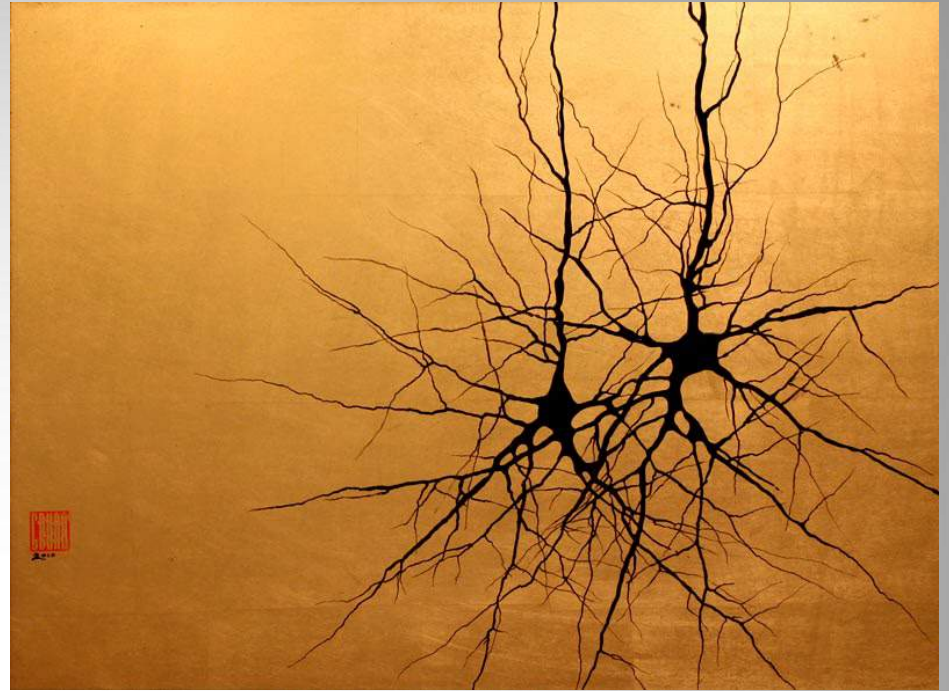




La famosa célula de Purkinje dibujada por Cajal

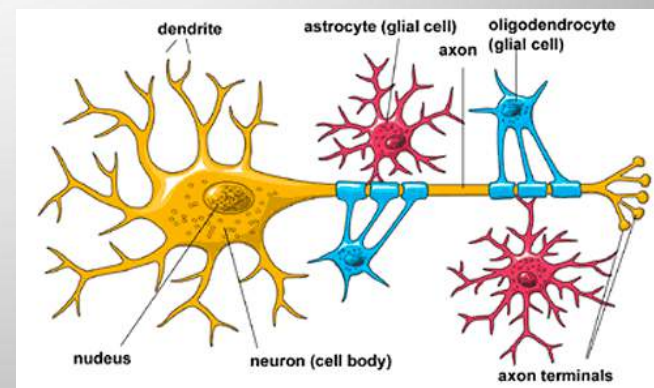
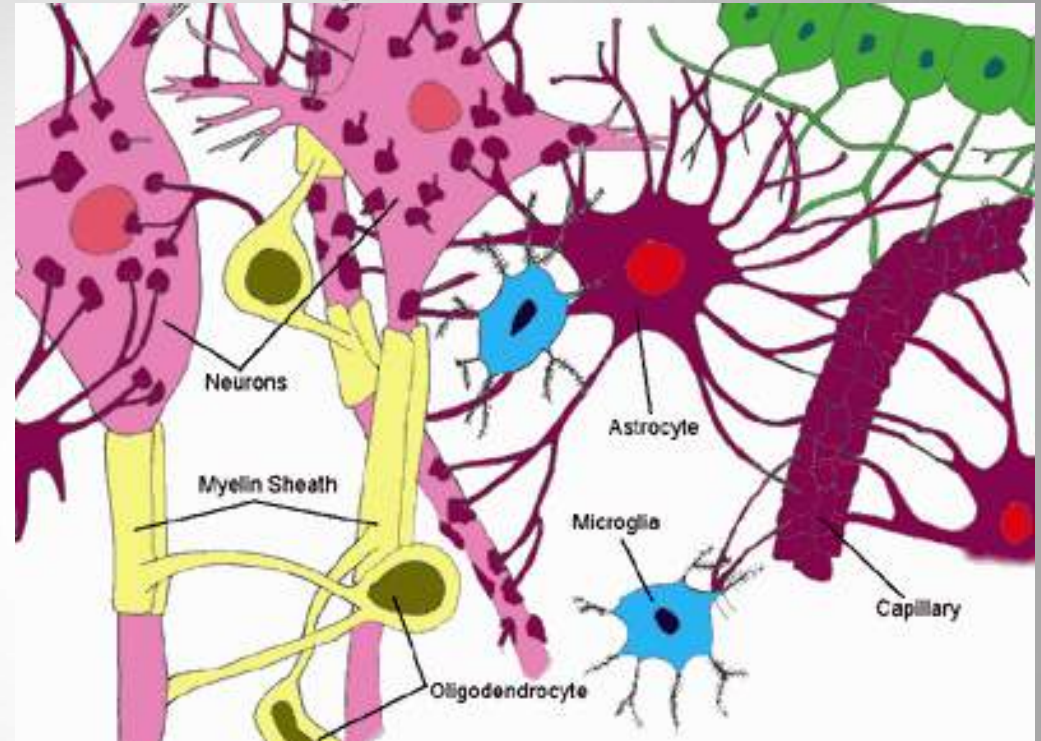
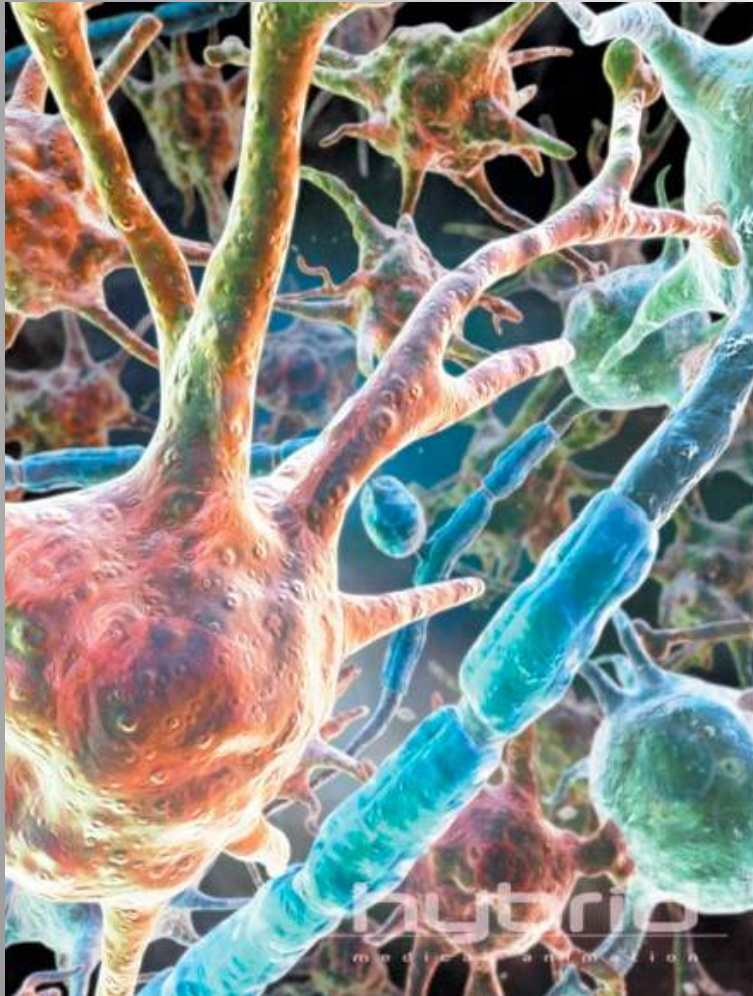
Neuronas: microfotografías





Gregg Dunn The art of brain cells
<http://www.examiner.com/article/the-art-of-human-brain-cells>

Nivel celular: glía

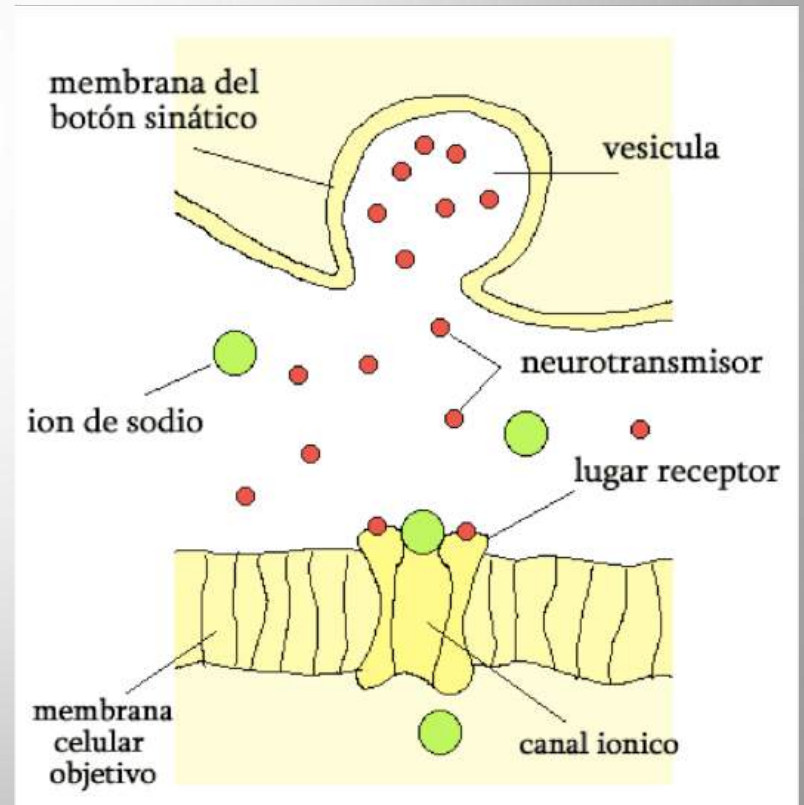
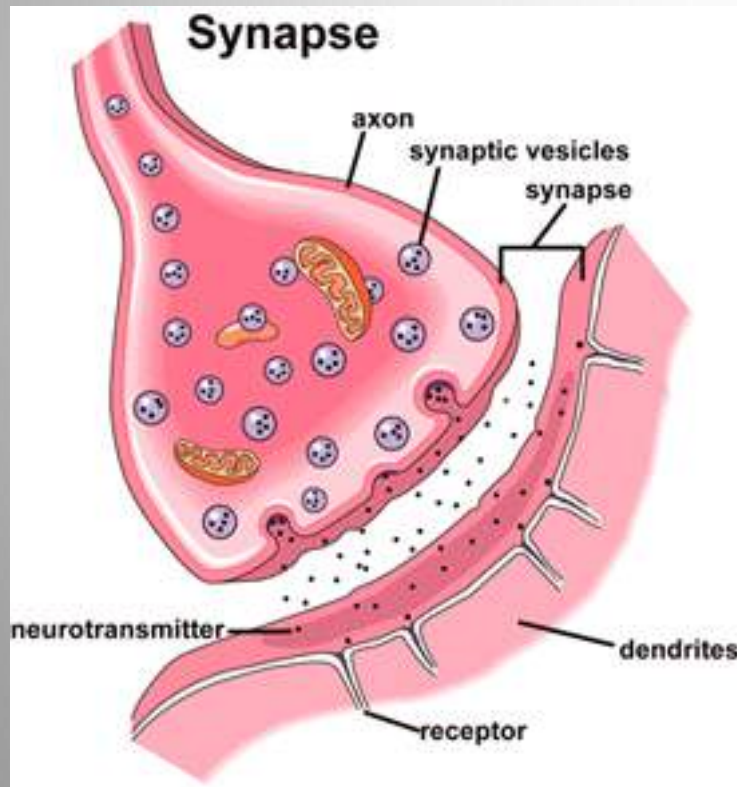
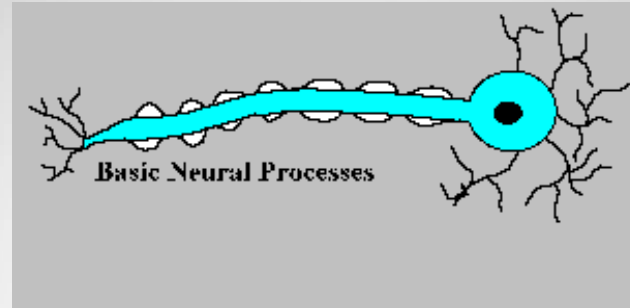


Nivel celular: Sinapsis

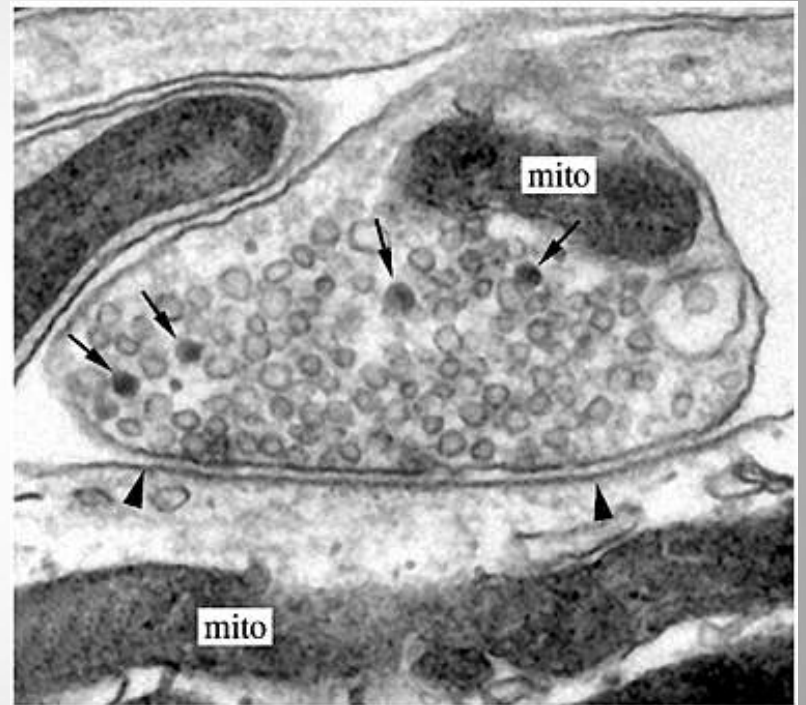
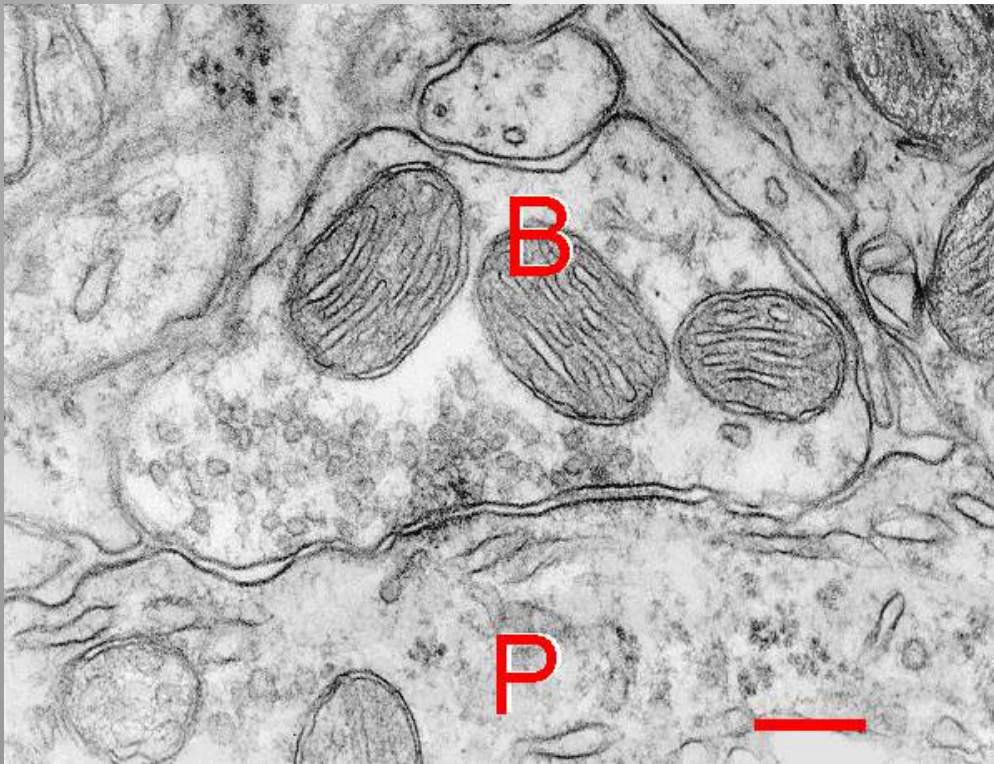


Charles Sherrington 1857-1952
Nóbel 1932

Sinapsis: modelos



Sinapsis: ultraestructura



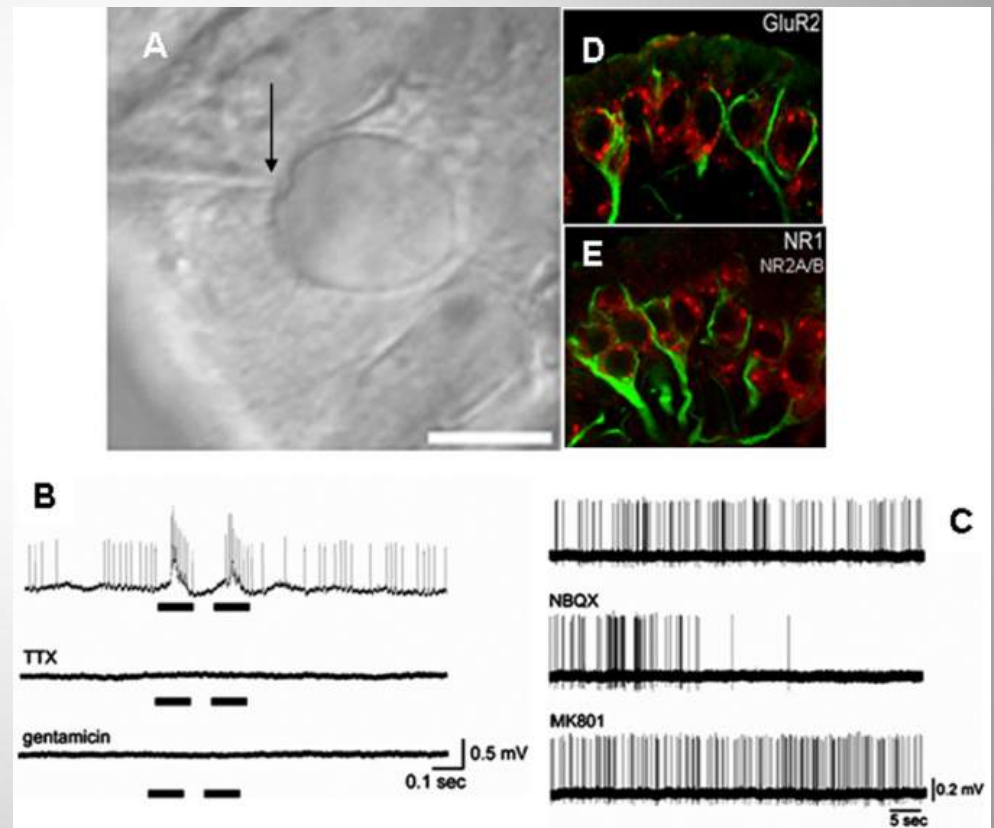
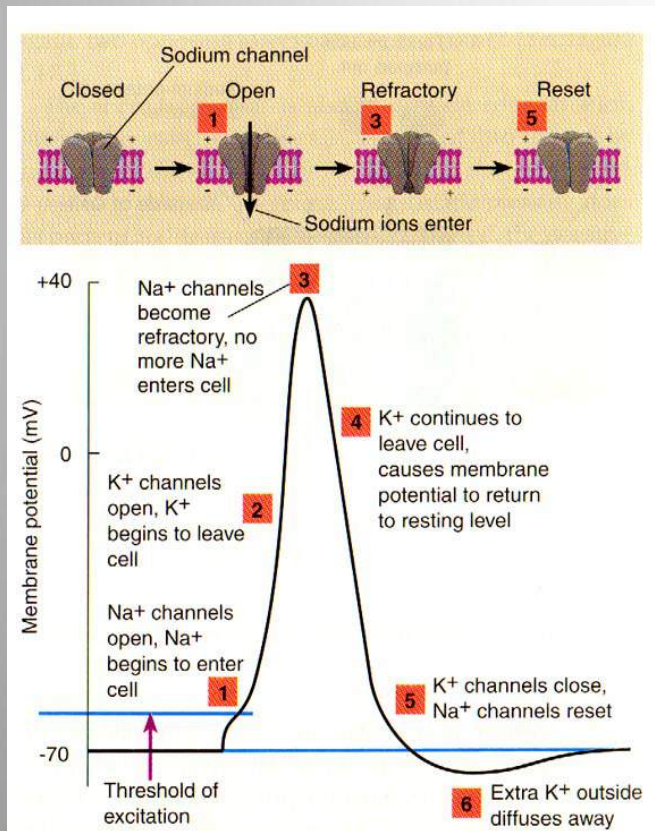
Sinapsis: tipos



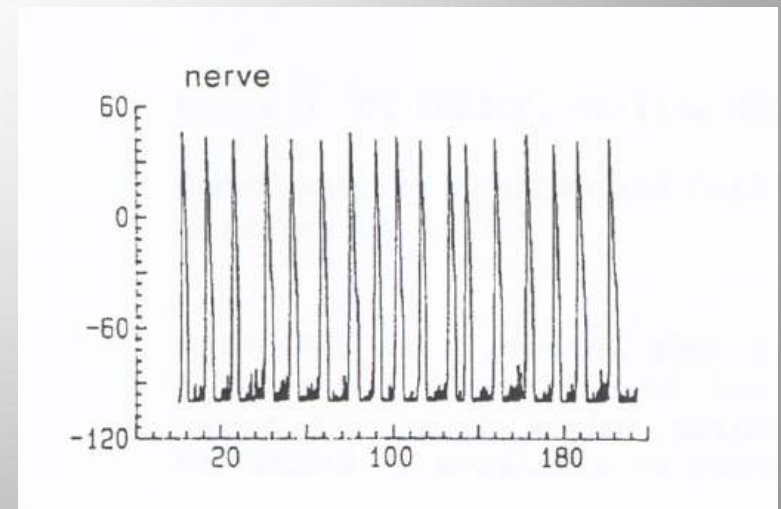
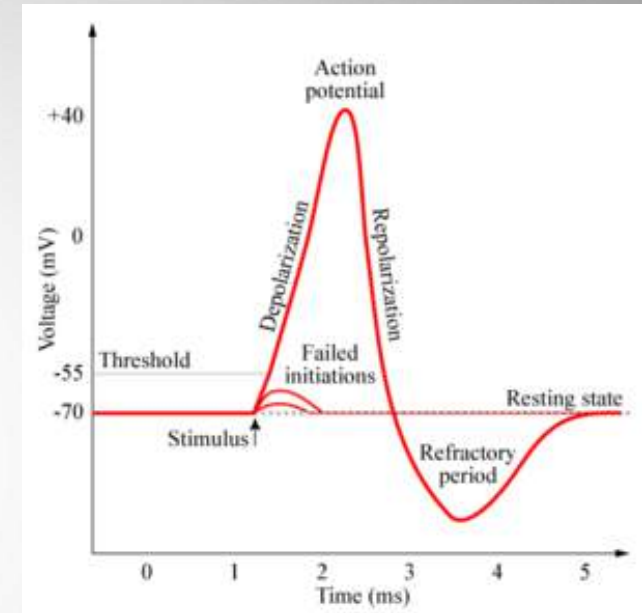
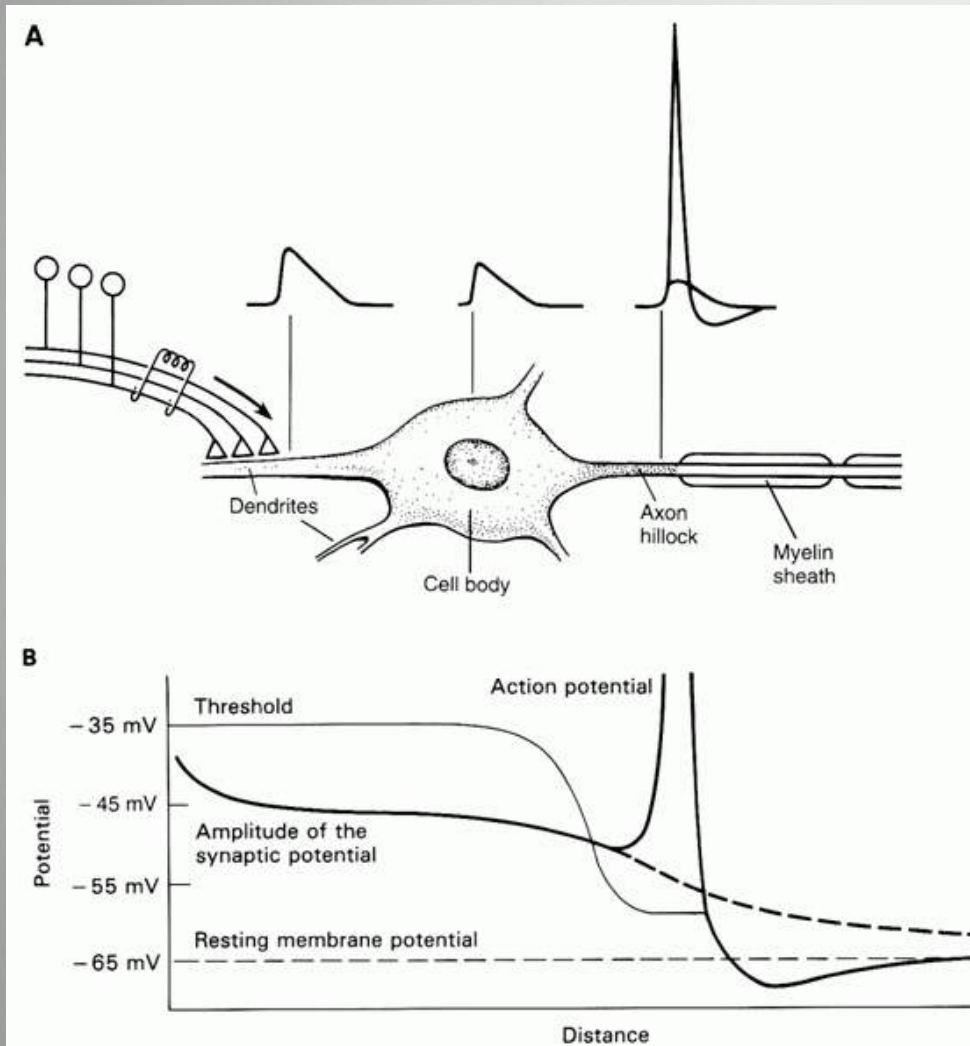
Eléctricas
Electroquímicas
Axo-dendríticas
Axo-somáticas
Axo-axónicas

La actividad eléctrica: nivel celular

- Potenciales sinápticos y de acción.
- Codificación en pautas y salvas de disparos.



Potenciales eléctricos neuronales



Neurociencia: generalidades

- Conceptos
- Filogenia del sistema mente/cerebro
- Nivel del organismo: integración cerebro-cuerpo-mundo
- Nivel del órgano: Topografía y actividad eléctrica del cerebro
- Nivel modular: áreas, zonas y localización funcional
- Nivel intercelular: redes y circuitos
- Nivel celular: neuronas, glía y sinapsis
- Nivel molecular: mecanismos de la transmisión sináptica

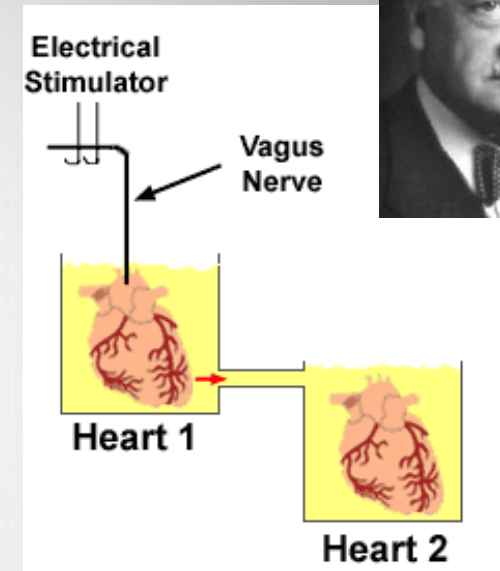
Orígenes de la neuroquímica

- J. L. W. Thudichum (1829-1901)
- Otorrino y enólogo alemán-inglés
- Separación de los principales lípidos del cerebro de animales de rastro
- Hipótesis neuroquímica de padecimiento psiquiátrico
- *A treatise on the chemical constitution of the brain*, London, Bailliere, Tindall and Cox, 1884



El descubrimiento de los neurotransmisores

- Acetilcolina: Otto Lewi (1921, Nobel 1936)
- Serotonina: Irving Page (1948)
- El premio Nobel de 1970 (Katz, von Euler, Axelrod)
- Endorfinas y encefalinas (1975) : Snyder & Pert ligandos; Hughes (péptidos endógenos)



Neurotransmisores (algunos)

Neurotransmisores en el SNC

Moléculas pequeñas

Aminoácidos

γ -aminobutirato (GABA)
Glicina
Glutamato
Aspartato
Taurina

Aminas biógenas

Acetilcolina
Dopamina
Noradrenalina
Adrenalina
Serotonina
Histamina

Nucleótidos

Adenosina
ATP

Otros

Óxido nítrico
Monóxido de carbono

Péptidos

Péptidos opioides

β -endorfina
Dinorfina
Metionina

Péptidos neurohipofisarios

Vasopresina
Oxitocina

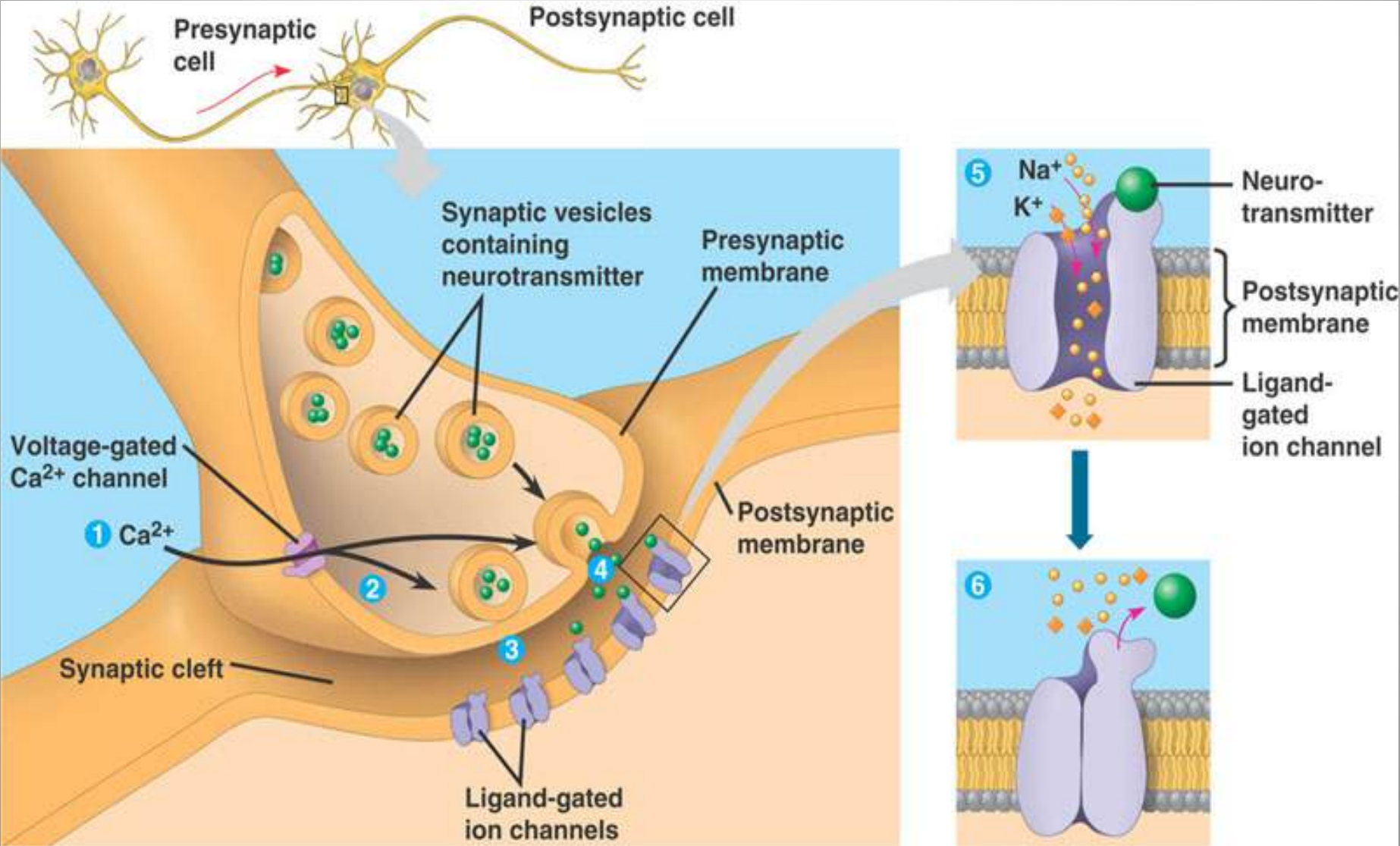
Taquicininas

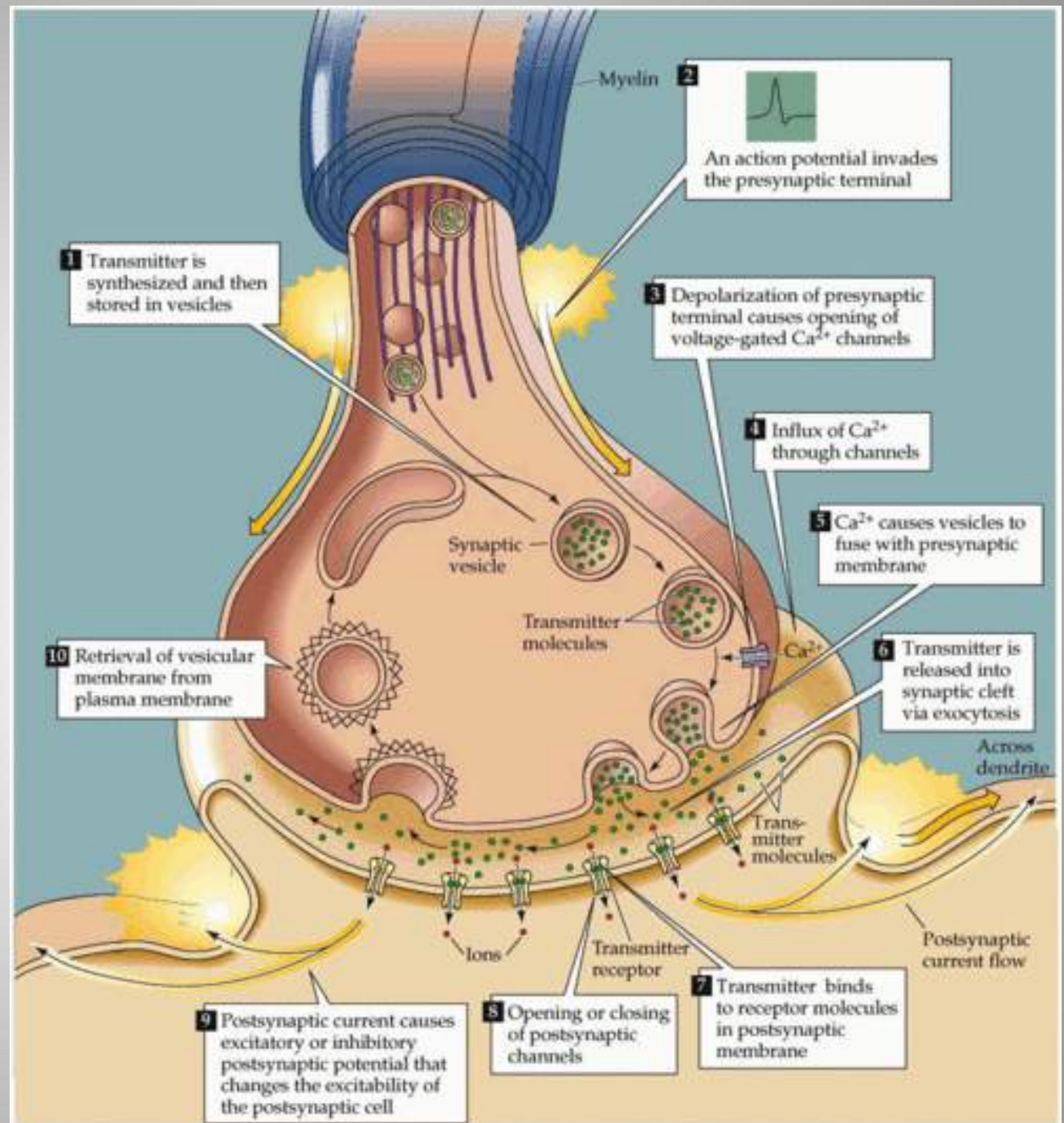
Sustancia P
Casinina
Neurocinina

Otros

Secretina
Péptido Intestinal Vasoactivo
Glucagón
Neuropéptido Y
Somatostatina
Colescistoquinina
Angiotensina

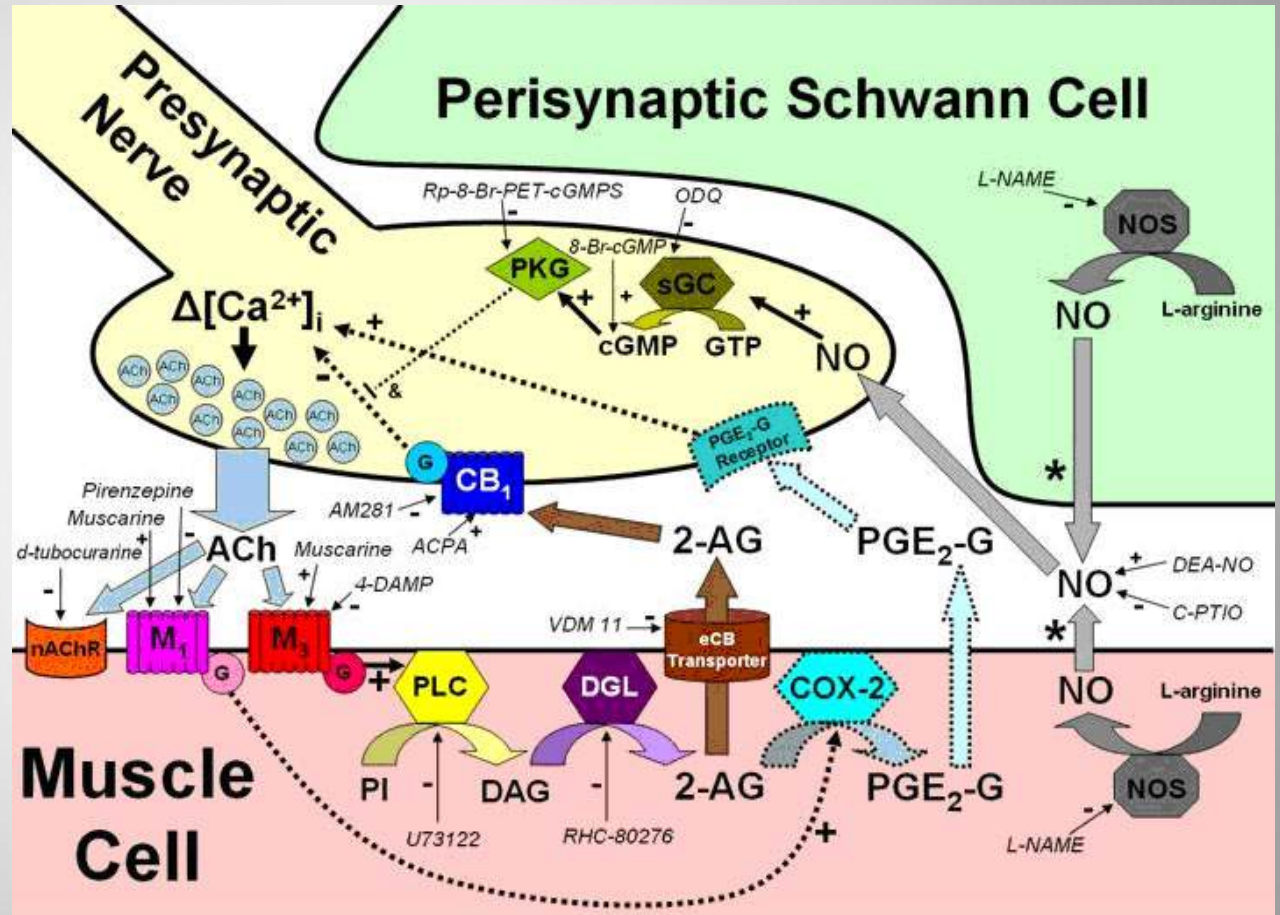
Pre y post sinapsis



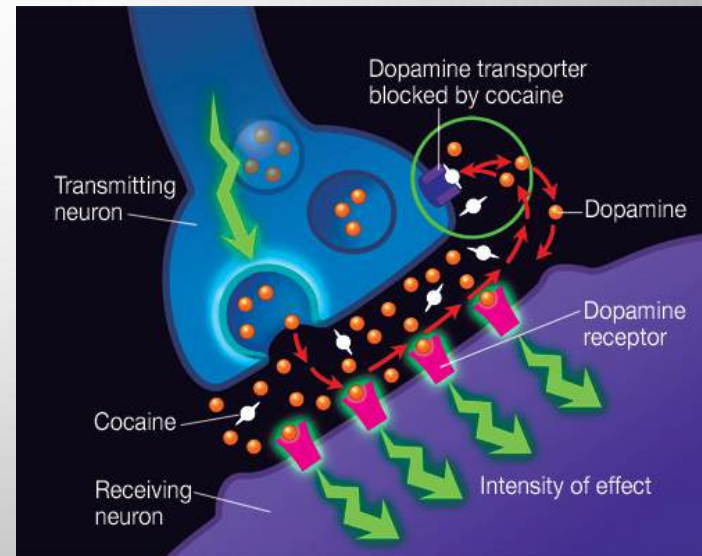
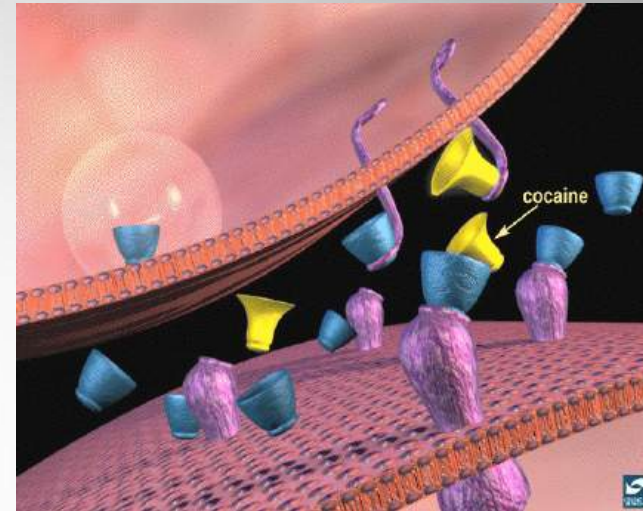
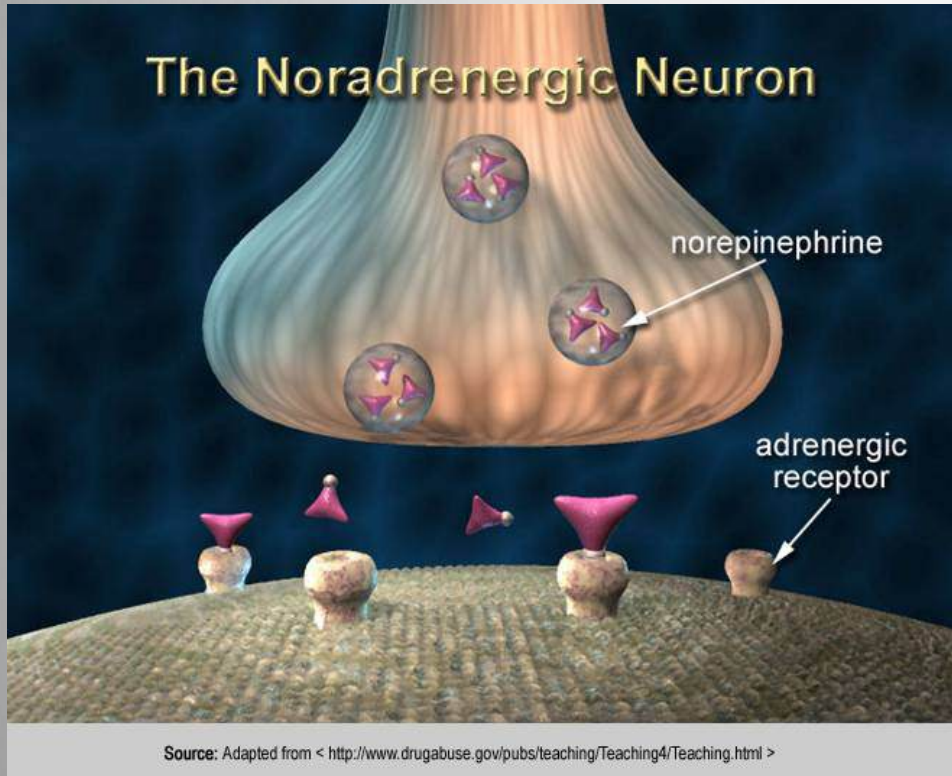


La sinapsis neuromuscular

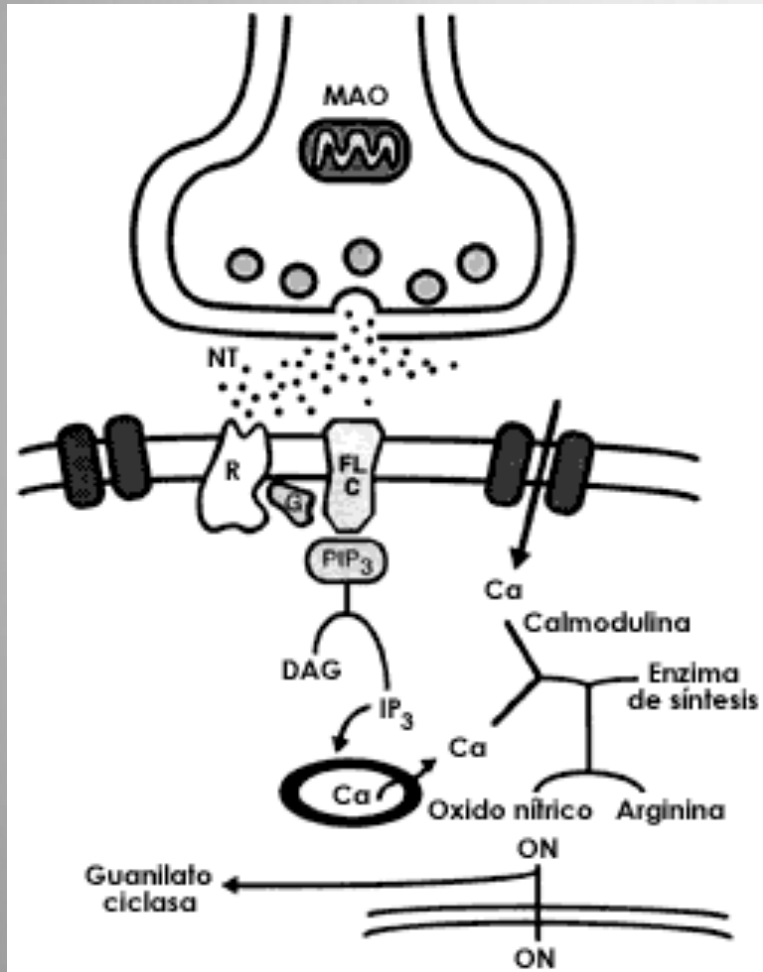
Abbreviations: intracellular calcium transient ($[Ca^{2+}]_i$), acetylcholine (ACh), nicotinic acetylcholine receptor (nAChR), muscarinic acetylcholine receptor subtype 3 (M3), G-protein (G), phosphatidylinositol or its phosphorylated derivatives (PI), phospholipase C (PLC), diacylglycerol (DAG), diacylglycerol lipase (DGL), 2-arachidonylglycerol (2-AG), cannabinoid receptor subtype 1 (CB1), nitric oxide synthase (NOS), nitric oxide (NO), guanosine triphosphate (GTP), soluble guanylate cyclase (sGC), cyclic guanosine monophosphate (cGMP), cGMP-dependant protein kinase (PKG), cyclooxygenase-2 (COX-2), prostaglandin E2 glycerol (PGE2-G).



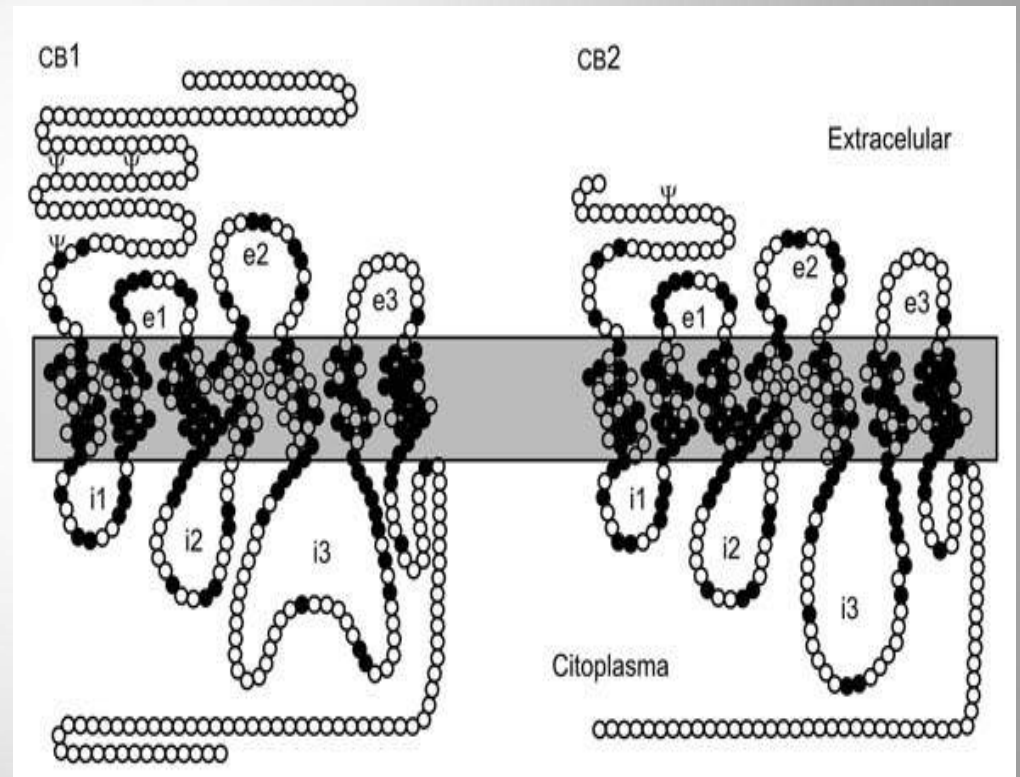
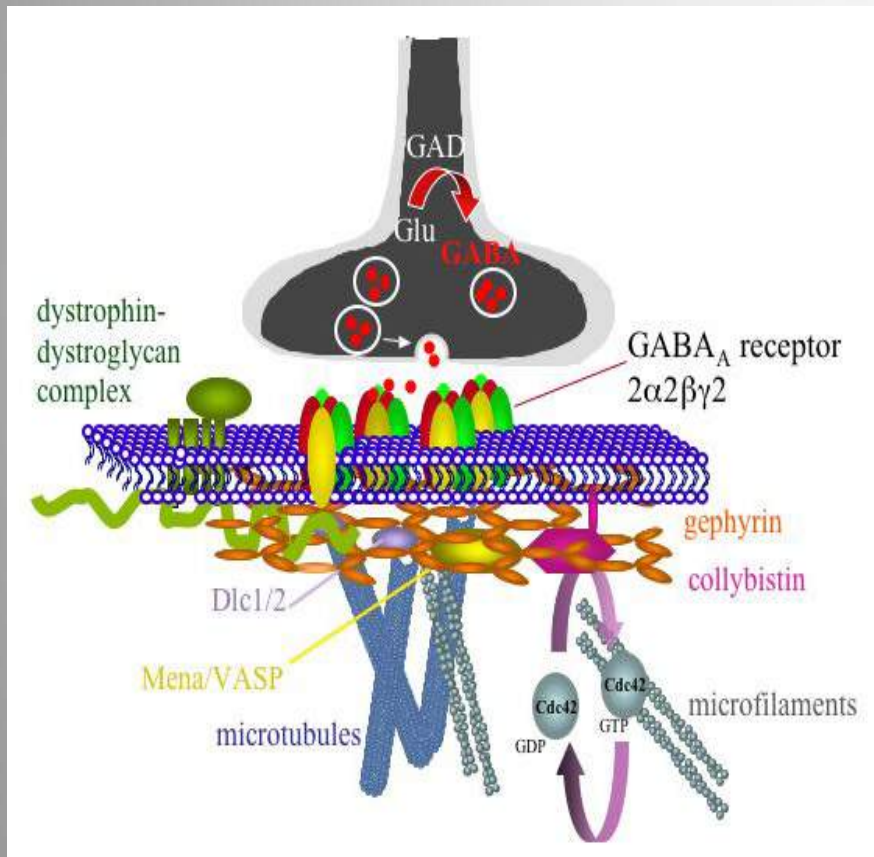
Nivel molecular: Receptores y psicofármacos



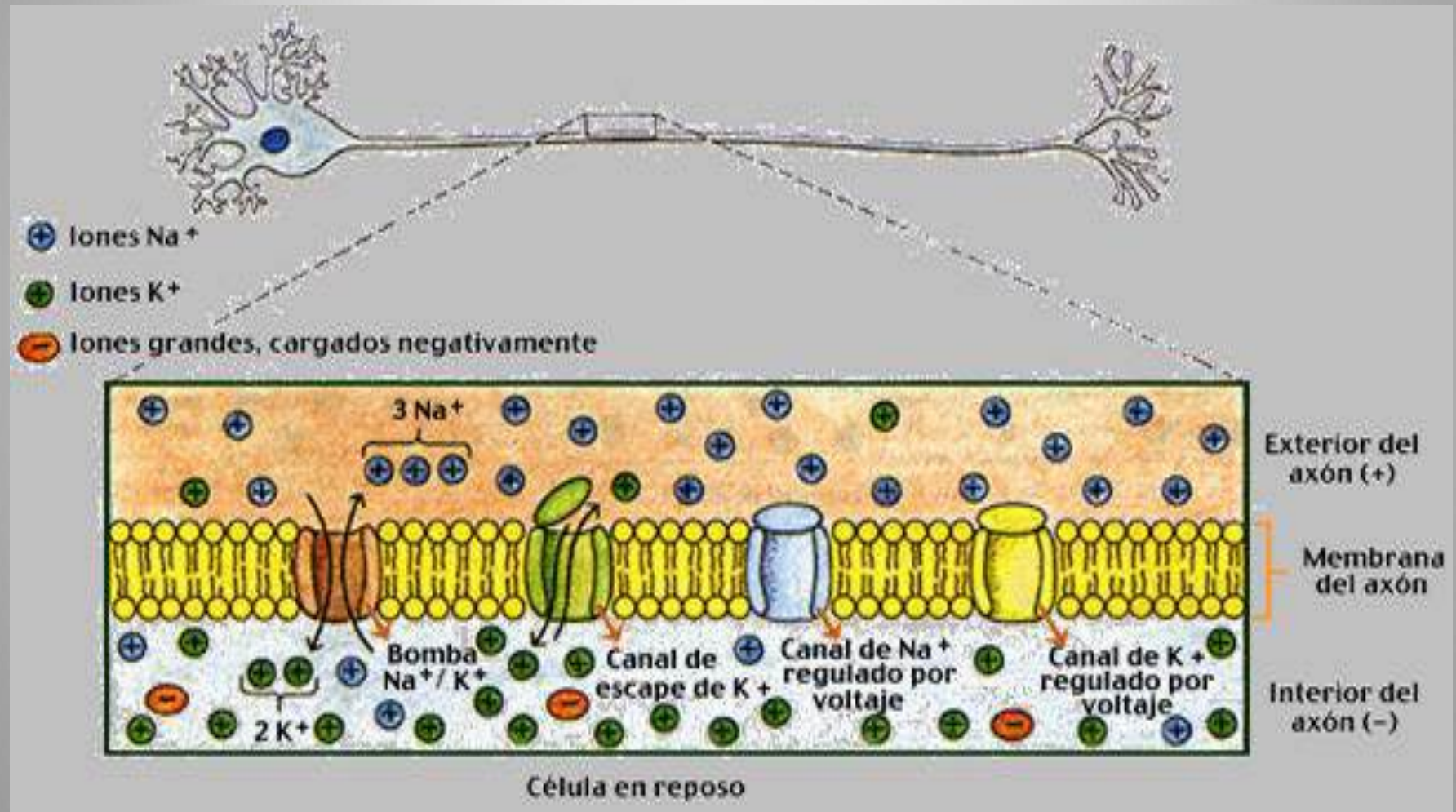
Mecanismos postsinápticos y segundos mensajeros



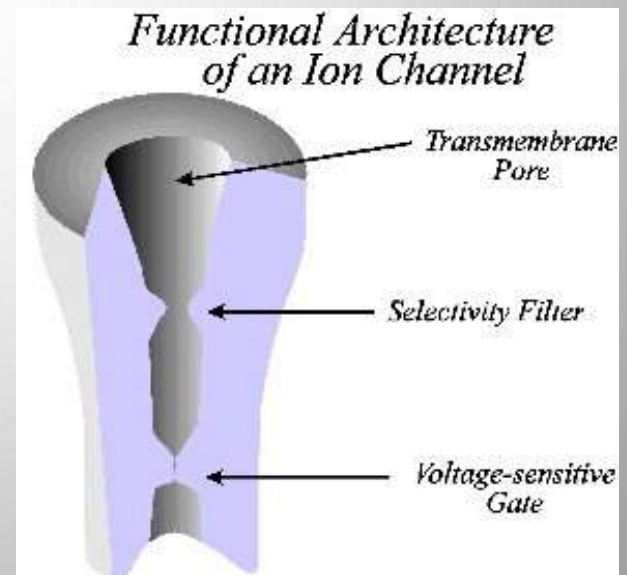
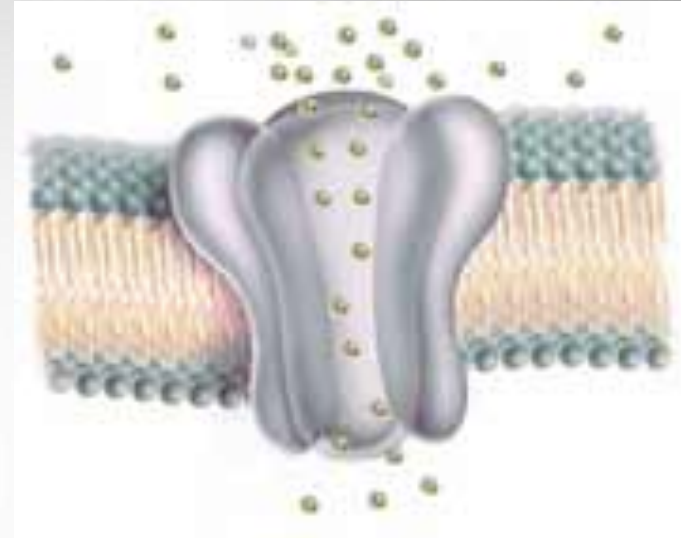
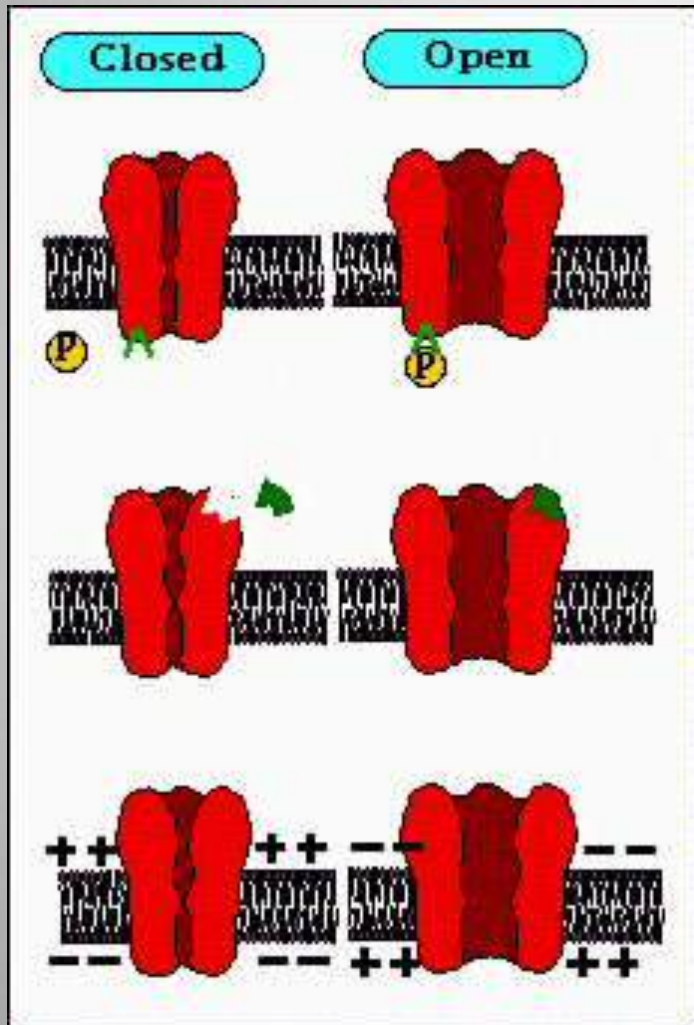
Receptores sinápticos: estructura



Mecanismo bioeléctricos de la membrana: canales iónicos



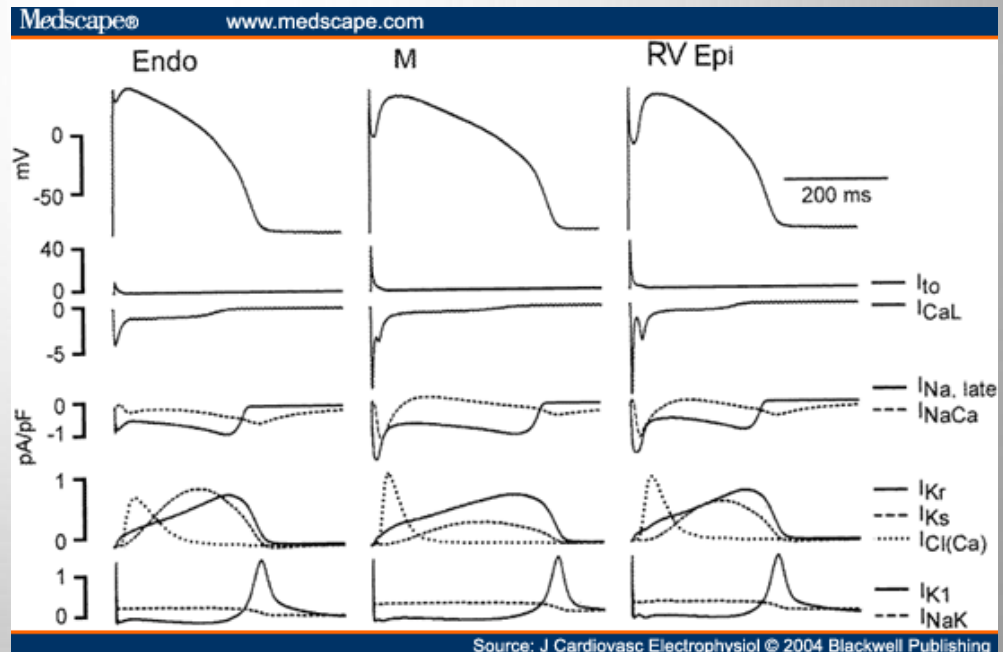
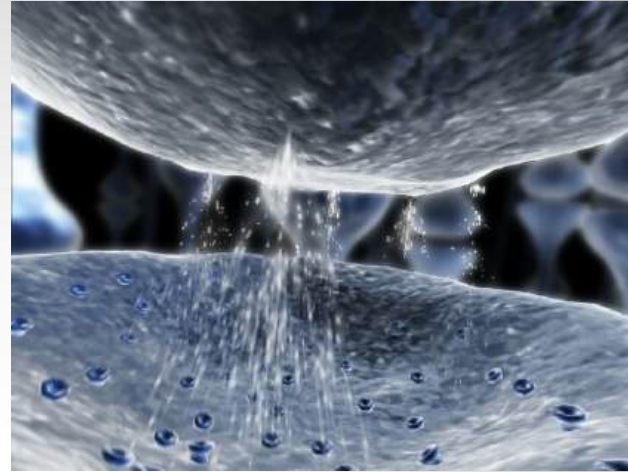
Canales iónicos



Los tres estados de la membrana

Cambios en la polaridad de la membrana por la actividad de los canales iónicos:

- excitación (depolarización)
- reposo (polarización)
- inhibición (hiperpolarización).



Canales y potenciales

