

Neurología y Adolescencia

Una aproximación morfológica y funcional.

22-2-2017

Centro Asturiano en Madrid.

c/ Farmacia 2.

Madrid

Dr. A. Luengo Dos Santos



Adolescencia siempre un problema

«Los jóvenes son calentados por la naturaleza como los ebrios por el vino» (Aristóteles)

«Ojala no hubiese edad entre los 10 y los 23, o que los jóvenes pasasen ese tiempo durmiendo porque no hacen mas que preñar mozas, ofender a los mayores, robar y pelear» (Shakespeare)

«La expresión de un tortuoso conflicto sexual» (Freud)

«La mas tumultuosa de las sucesivas crisis de identidad de la vida» (Erik Erikson)

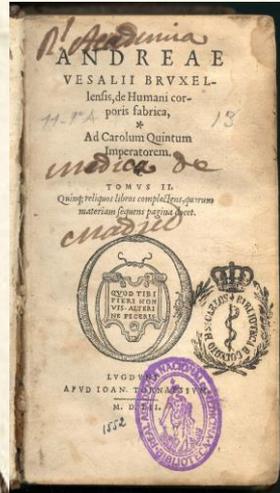
«Los adolescentes son inherentemente incompetentes e irresponsables» (Stanley Hall)

El Cerebro Humano

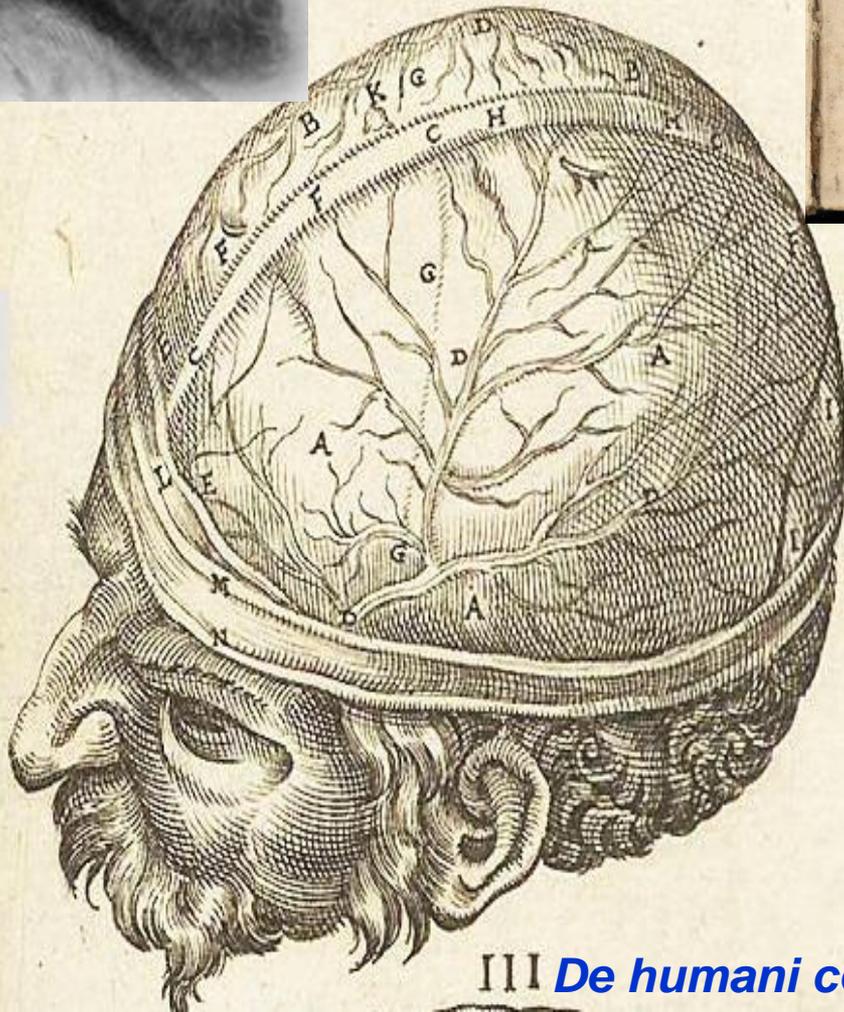
- ❖ Es la organización más compleja que existe con solo 1.5 Kg.
- ❖ A las 4 semanas de gestación se forman 250,000 neuronas por minuto.
- ❖ A los 6 años el cerebro tiene el 90% de su tamaño en la edad adulta.
- ❖ El cerebro adulto tiene un promedio 100,000 millones de neuronas y cada una hace de 5,000 a 10,000 sinapsis.
- ❖ El cerebro termina su desarrollo alrededor de los 25 años con la mielinización del cortex prefrontal. Sin embargo la formación de sinapsis puede continuar debido a la plasticidad neuronal



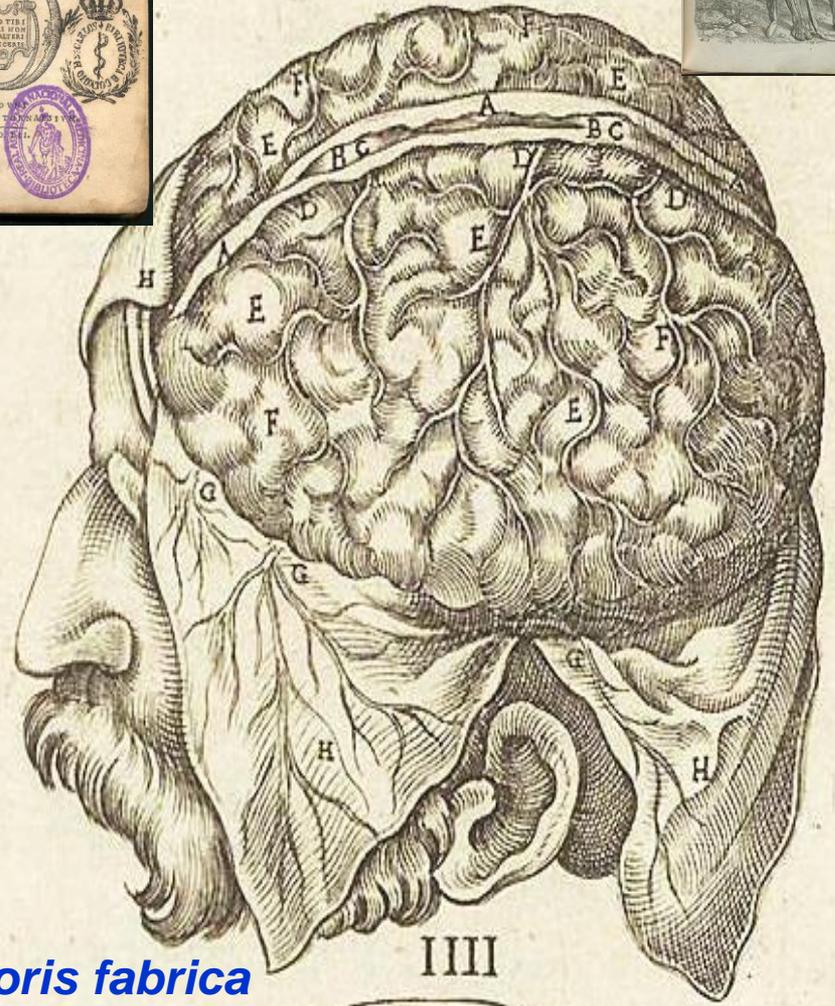
I.



II



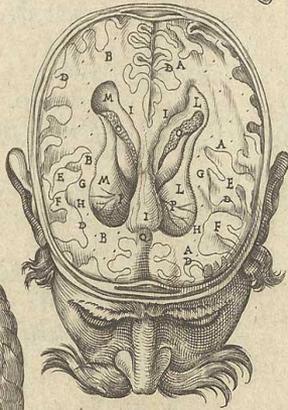
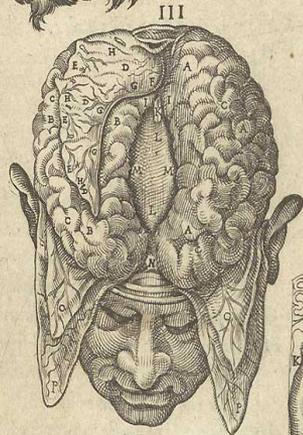
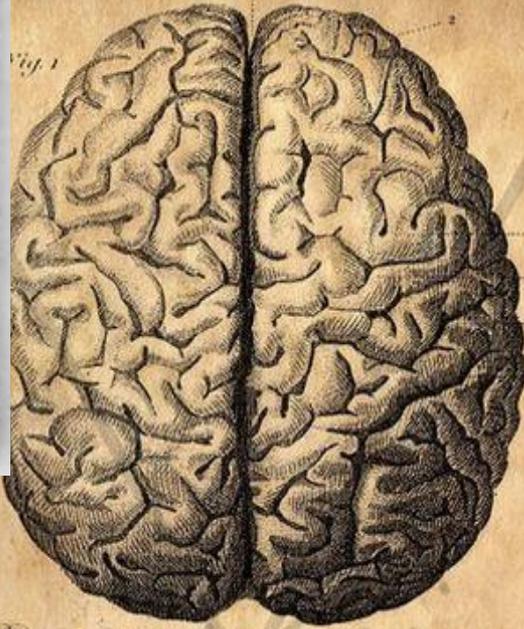
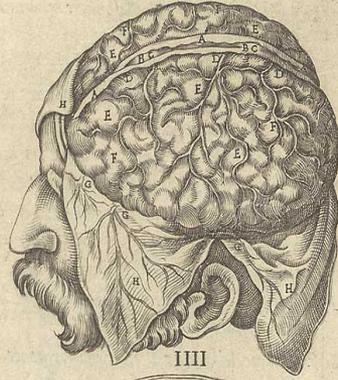
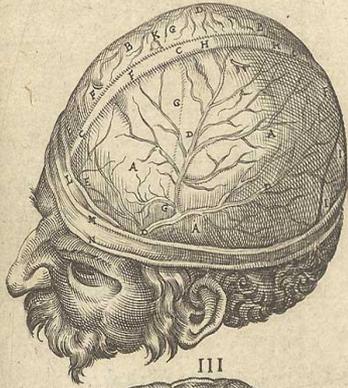
III De humani corporis fabrica



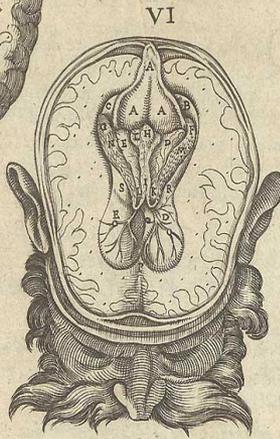
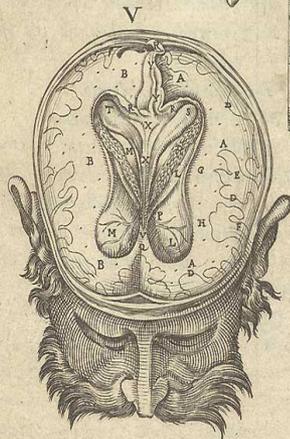
IIII

FIGURA I.

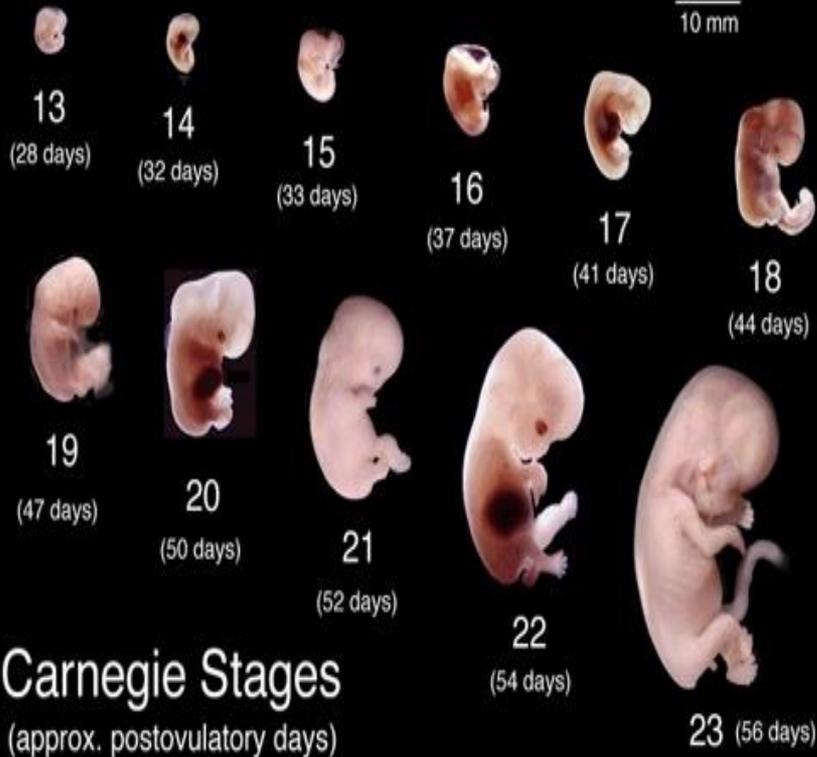
II



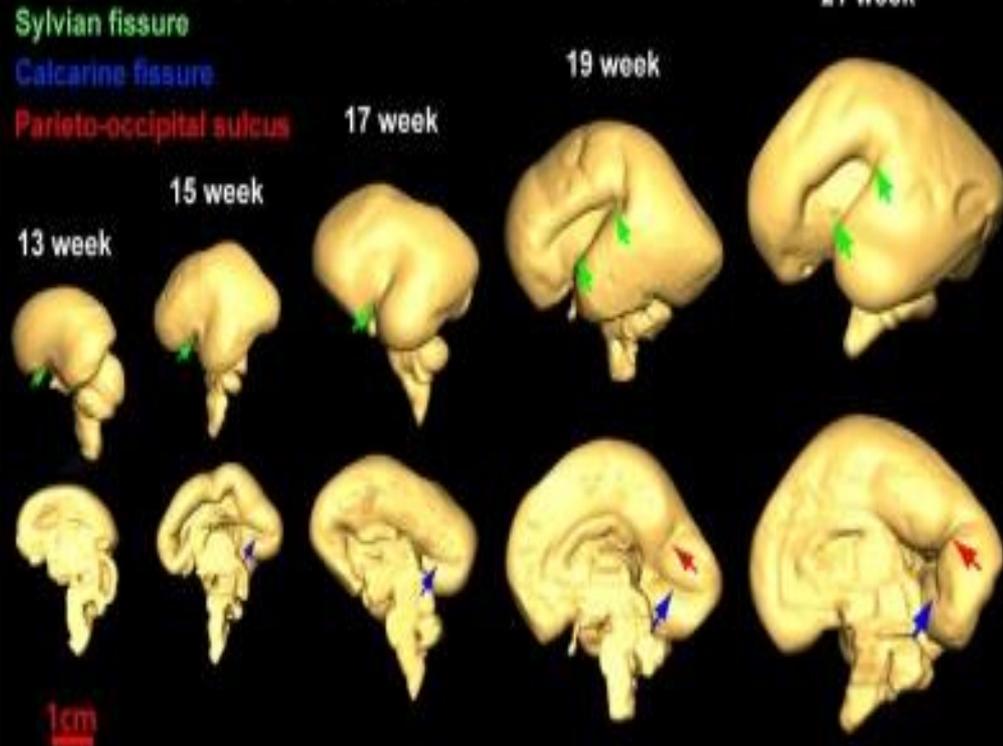
Andreas Vesalius es el nombre latinizado del anatomista flamenco Andries van Wesel que vivió de 1514 a 1564.



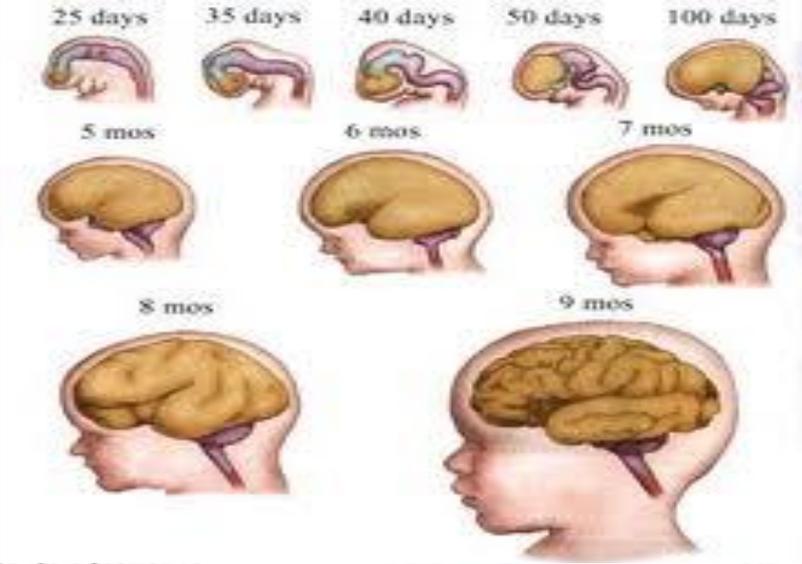
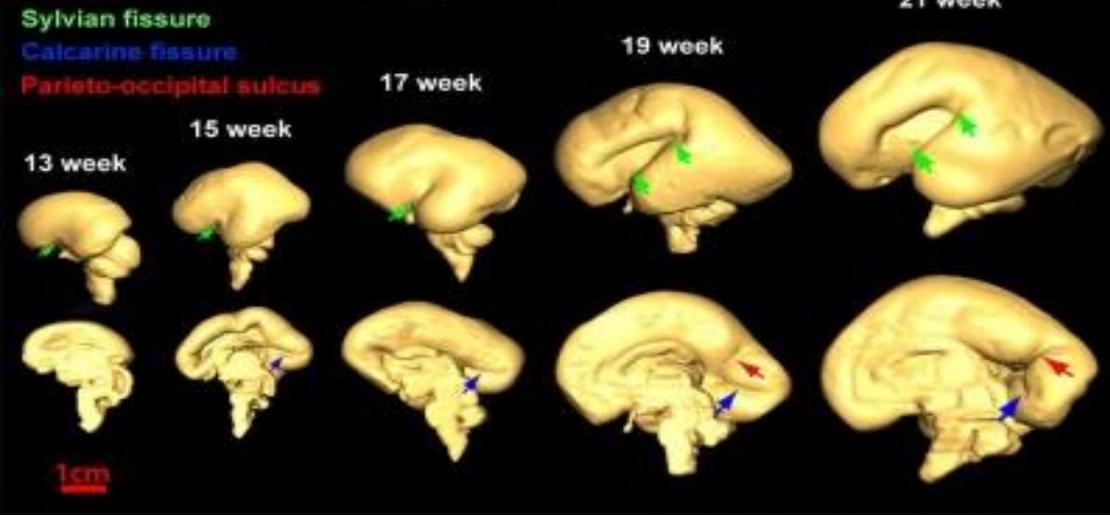
SEGMENTACIÓN DE UN HUEVO CON ESCASO VITELO



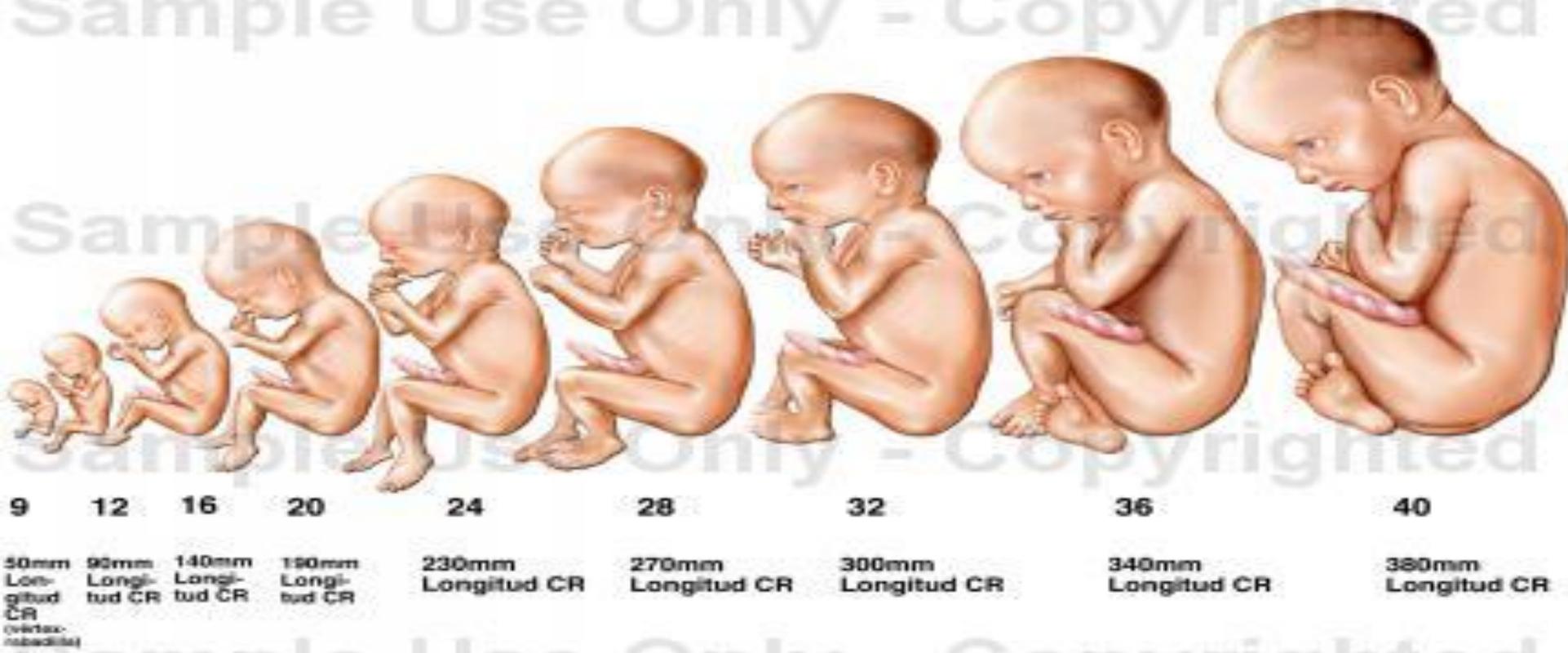
Brain Fissure Development

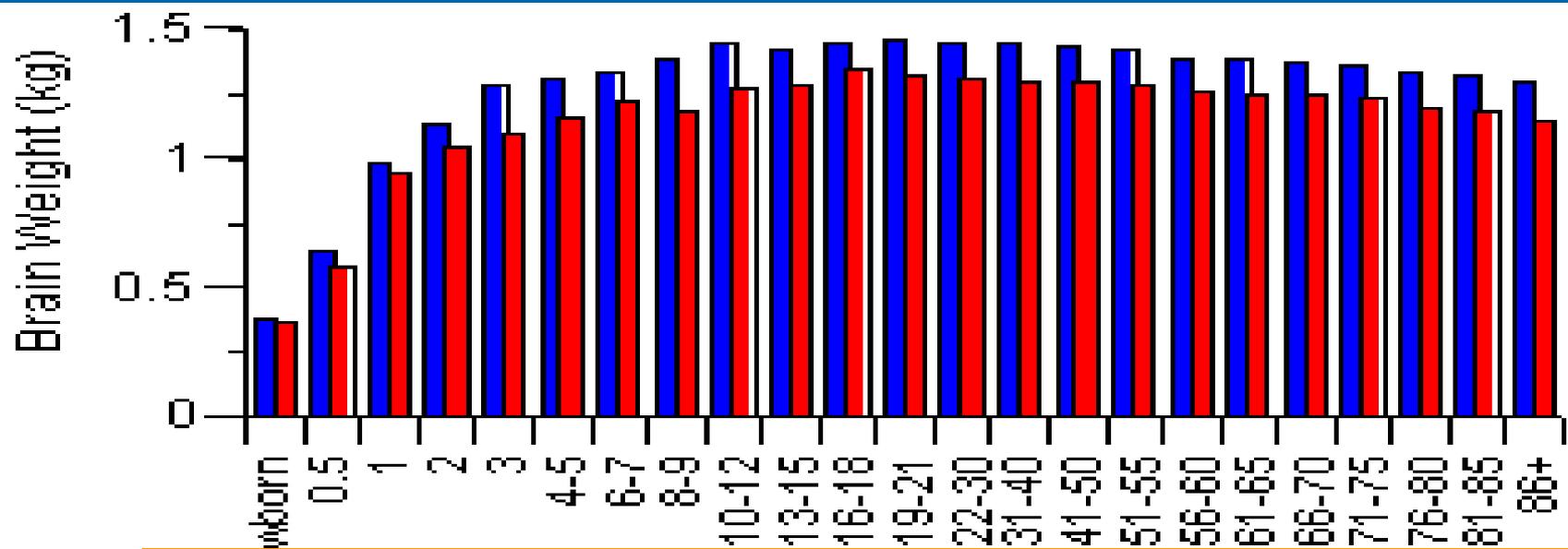


Brain Fissure Development

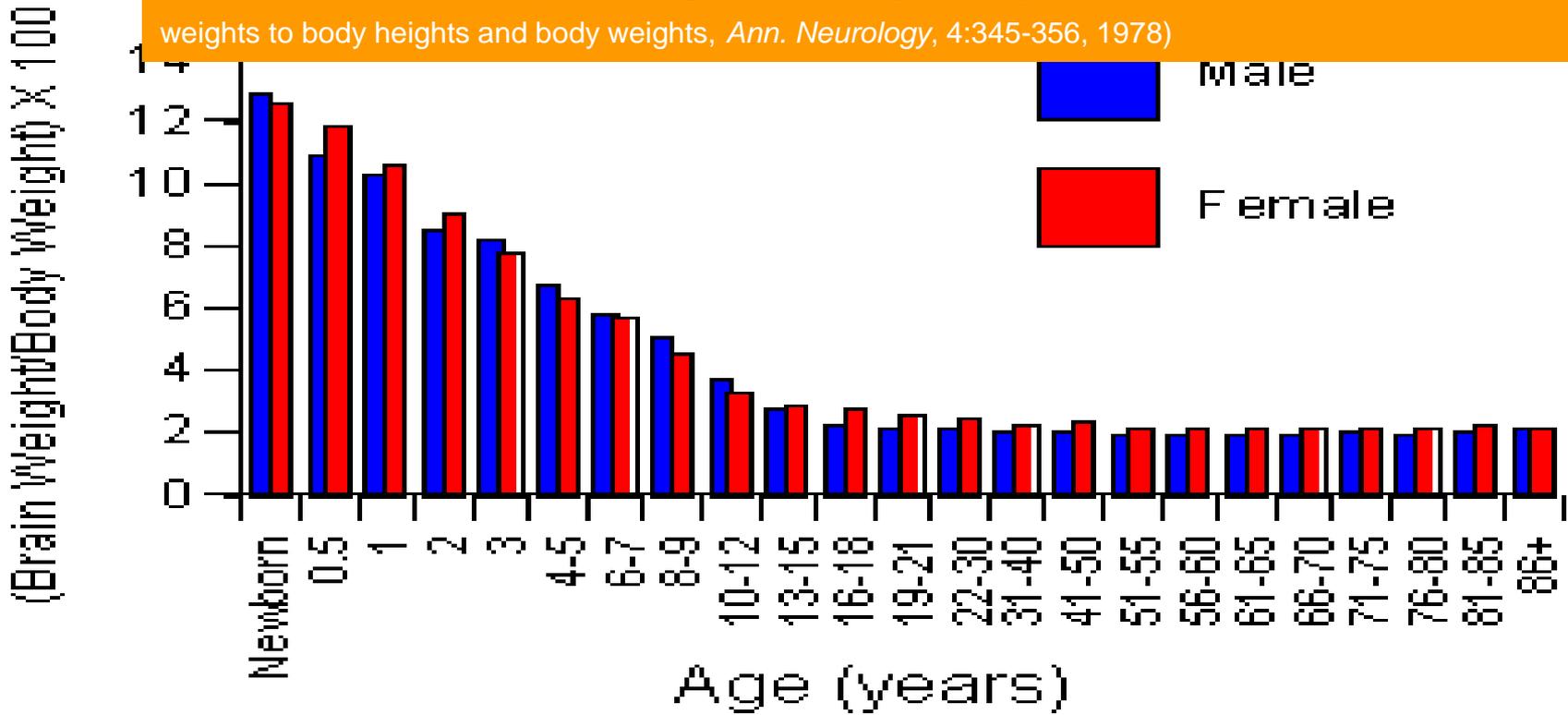


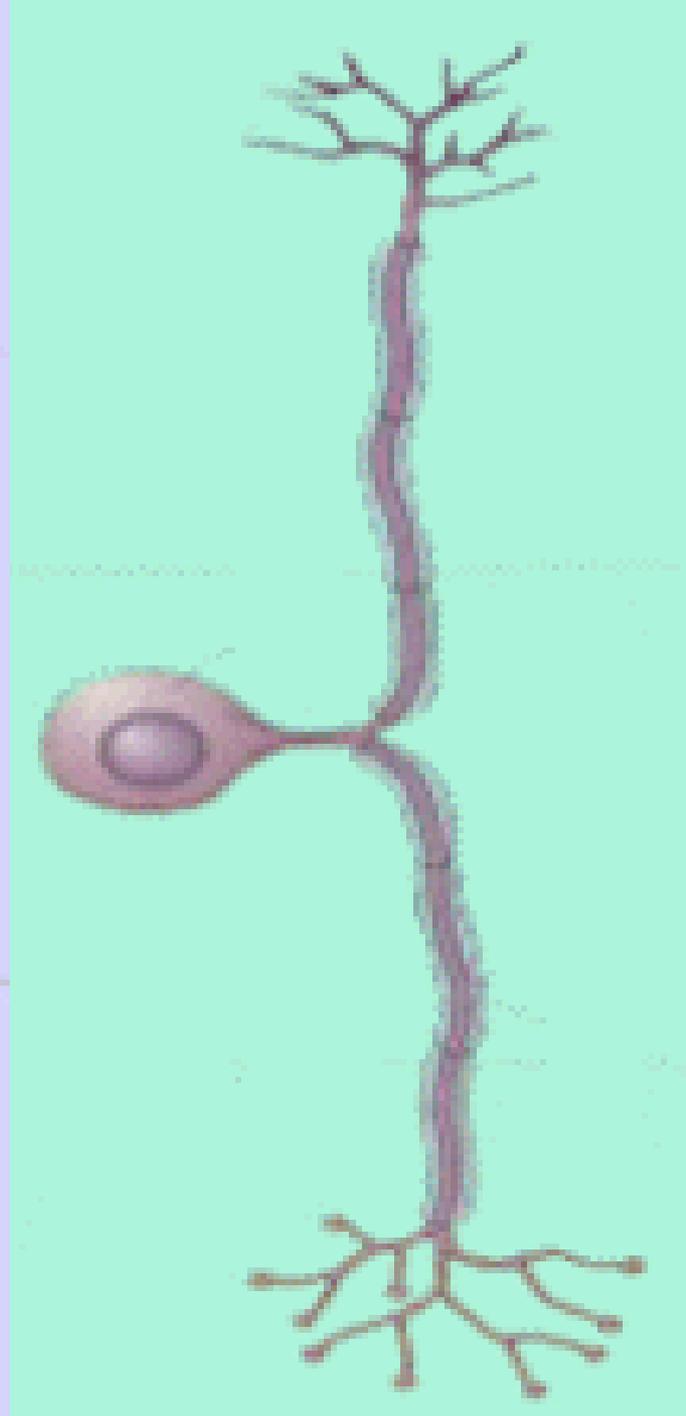
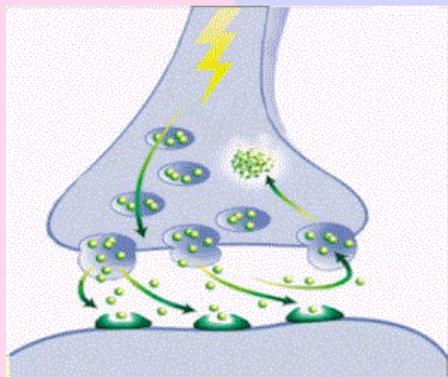
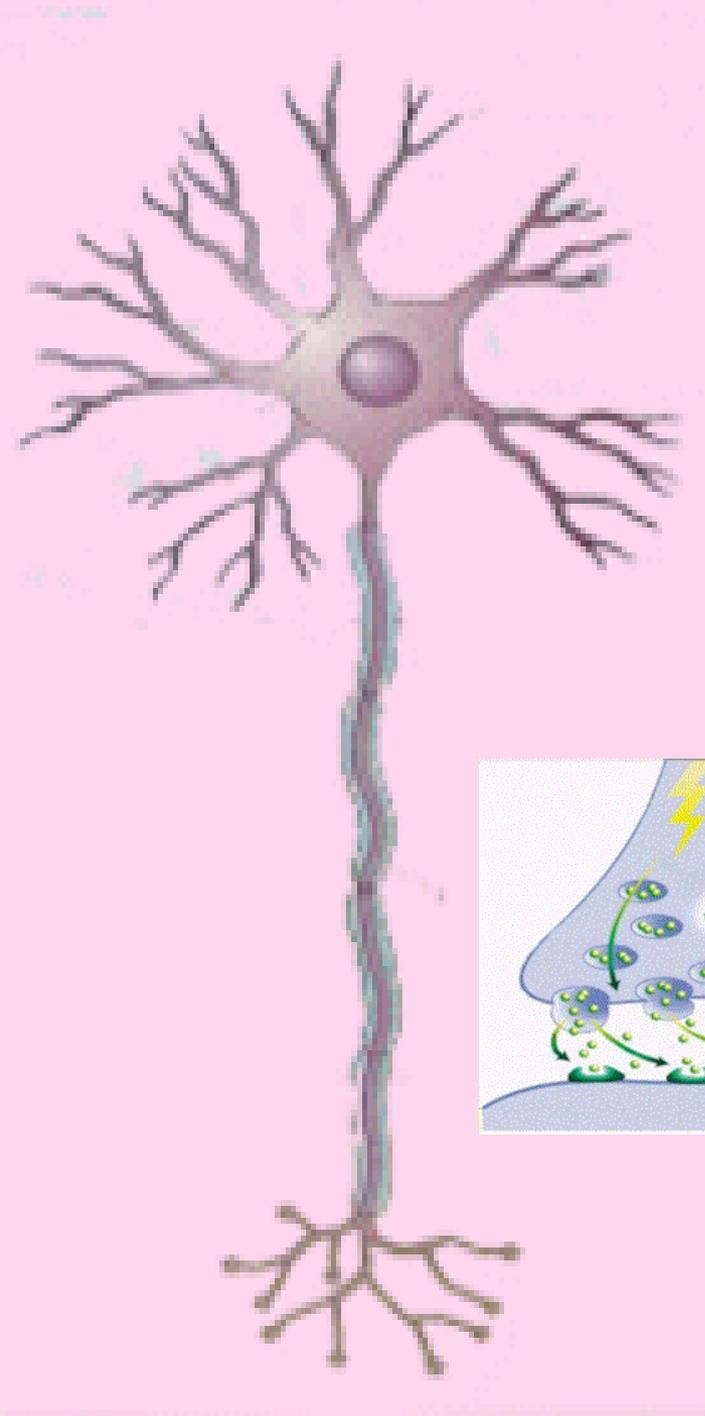
CreCIMeMO y desarrollo del feto durante el embarazo

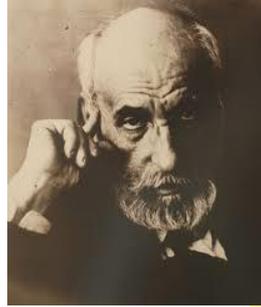
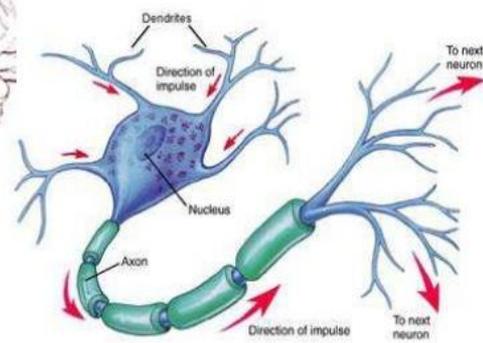
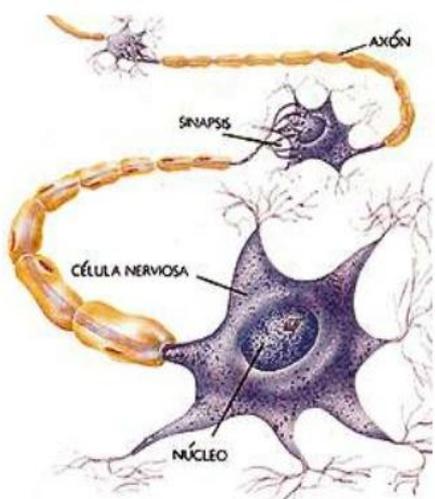


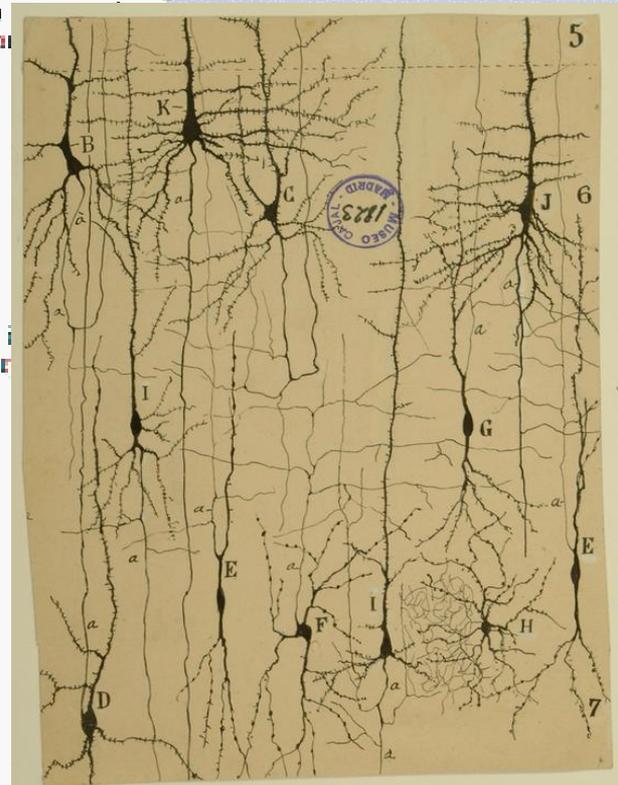
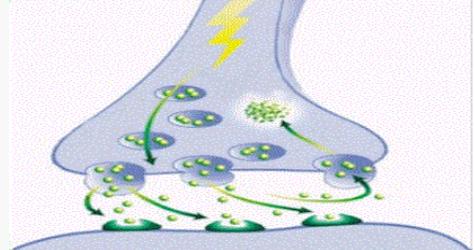
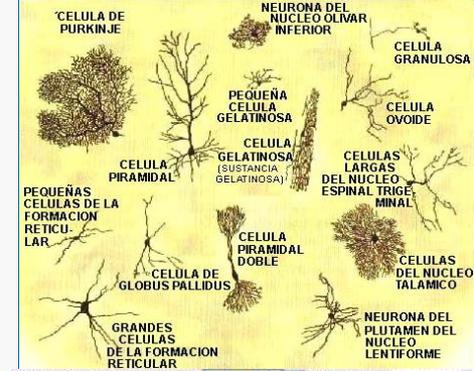
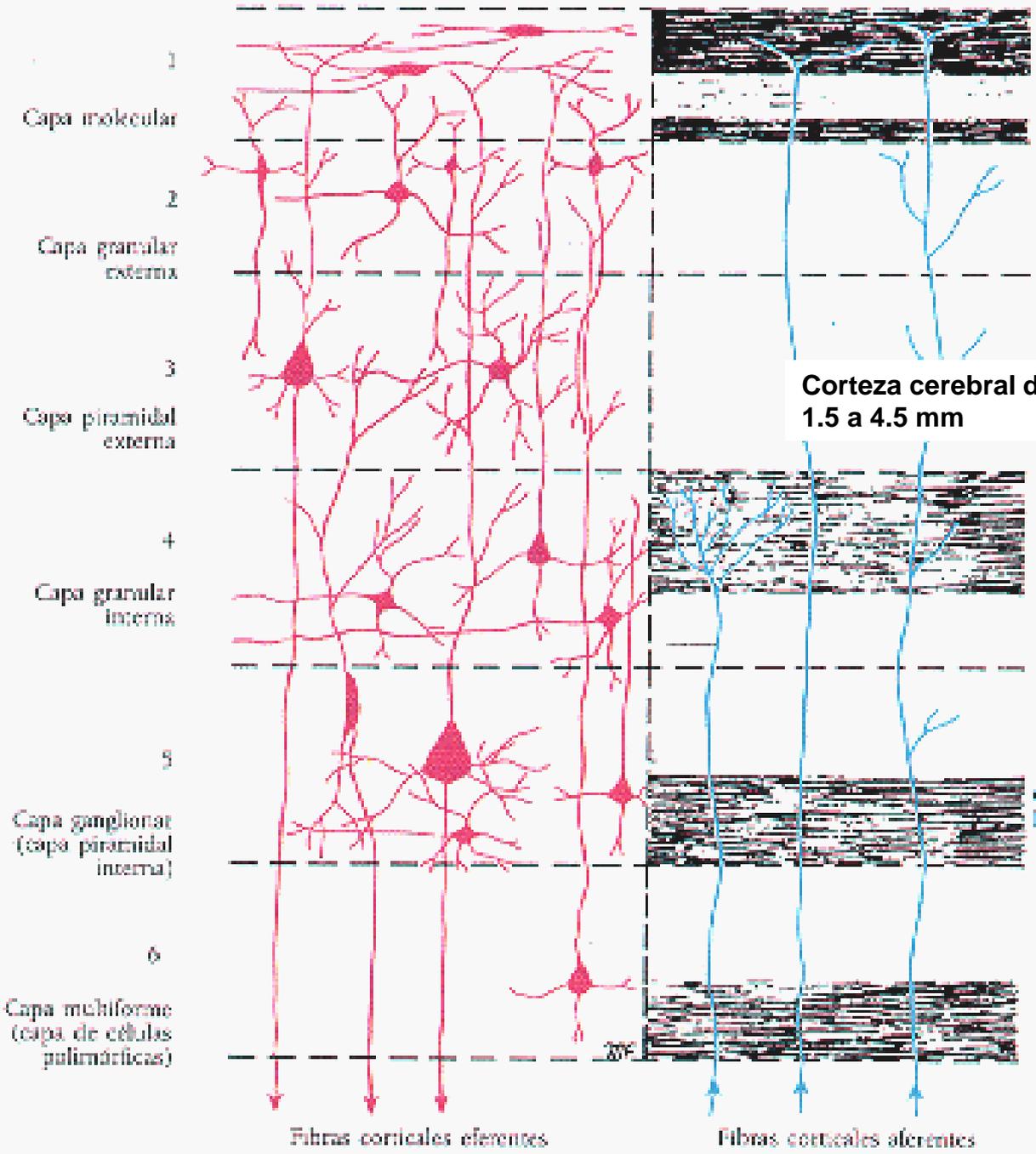


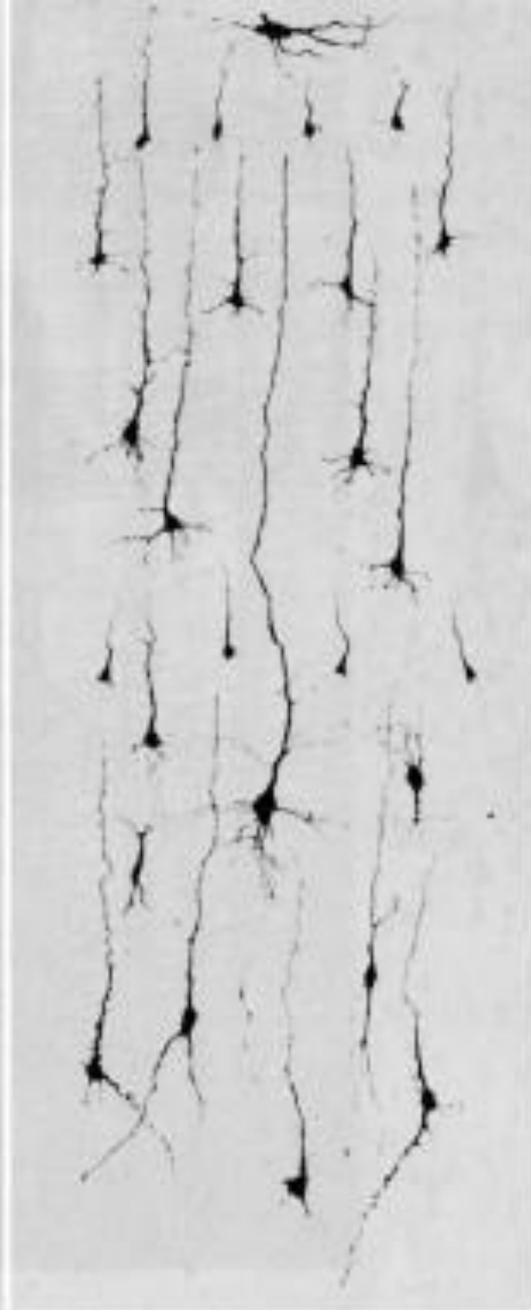
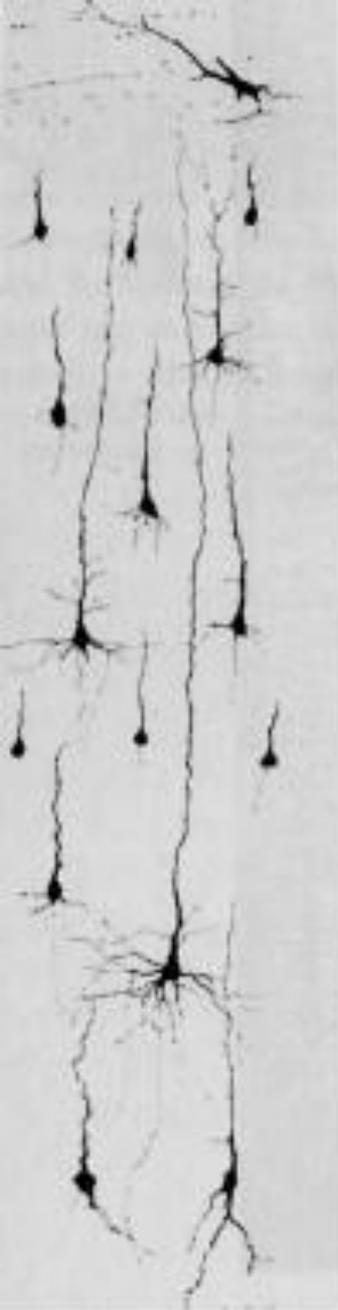
Dekaban, A.S. and Sadowsky, D., Changes in brain weights during the span of human life: relation of brain weights to body heights and body weights, *Ann. Neurology*, 4:345-356, 1978)











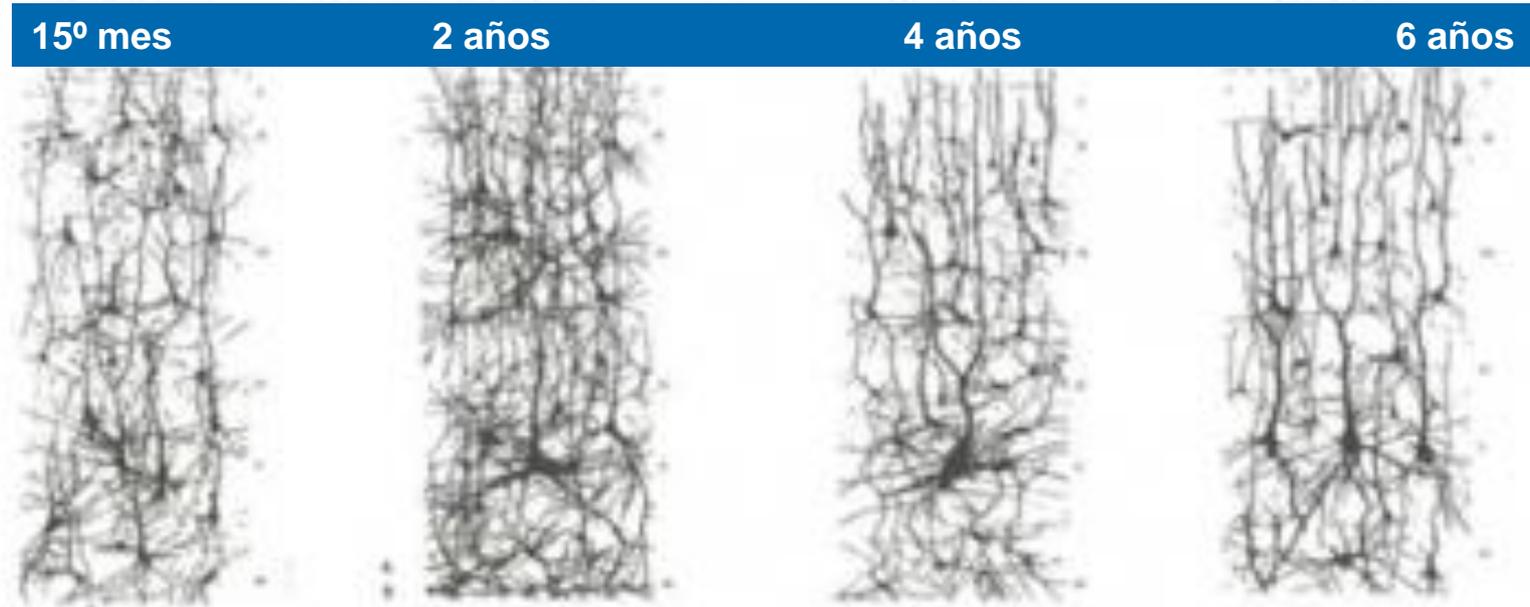
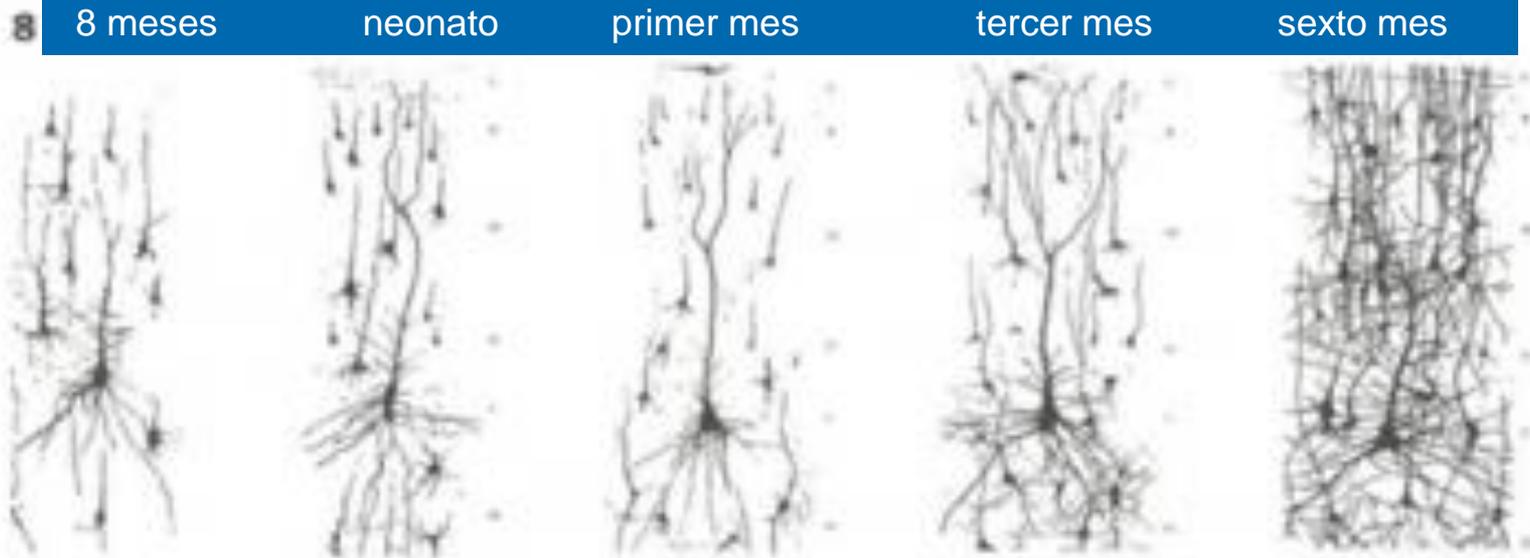
Neonato

Un MES

Seis meses

Un año.

Corteza cerebral: Las sinapsis usadas se fortalecen. Concepto de Plasticidad neuronal



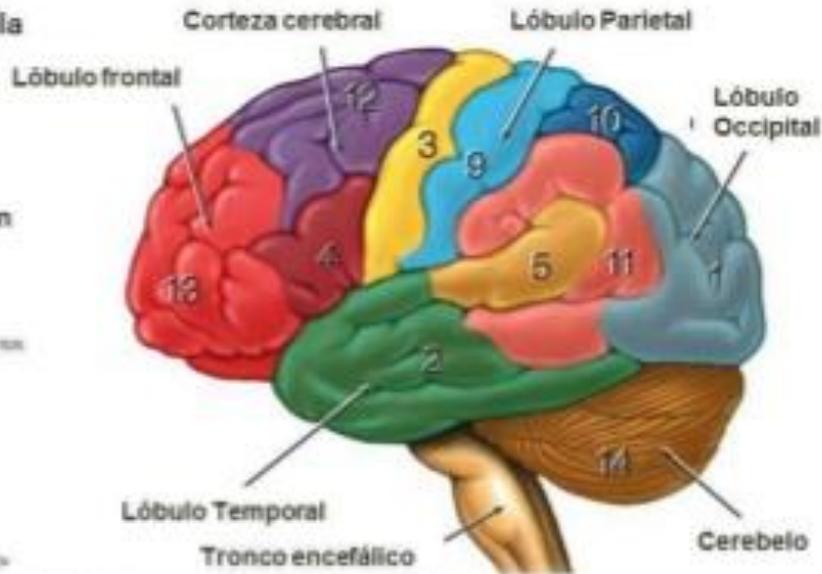
Anatomía y Áreas Funcionales del Cerebro

Áreas funcionales de la corteza cerebral

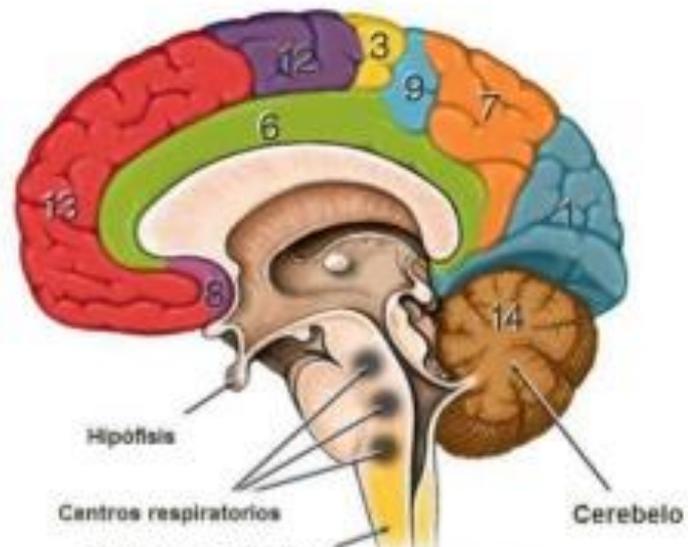
- 1 **Área Visual**
Vista
Percepción de imagen
Reconocimiento de imagen
- 2 **Área de Asociación**
Memoria a corto plazo
Equilibrio
Emoción
- 3 **Área Motora**
Inicio de movimientos voluntarios
- 4 **Área de Broca**
Músculos de la habla
- 5 **Área Auditiva**
Sonidos
- 6 **Área Emocional**
Dolor
Miedo
Respuesta de alivio a huesos
- 7 **Área de Asociación Sensitiva**
- 8 **Área Olfatoria**
- 9 **Área Sensitiva**
Sensación de tacto y piel
- 10 **Área de Asociación Somatosensorial**
Evaluación de peso, textura, temperatura, etc. para reconocimiento de objetos
- 11 **Área de Wernicke**
Comprensión del lenguaje escrito y hablado
- 12 **Área Motora**
Movimiento ocular y orientación
- 13 **Funciones Mentales Superiores**
Concentración
Planificación
Juicio
Expresión emocional
Creatividad
Indeciso

Áreas funcionales del Cerebelo

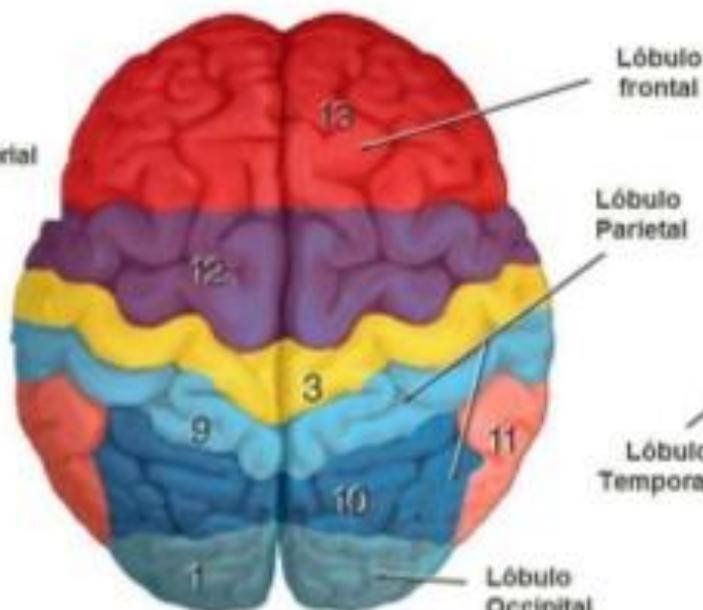
- 14 **Funciones Motoras**
Coordinación del movimiento
Balanza y Equilibrio
Postura



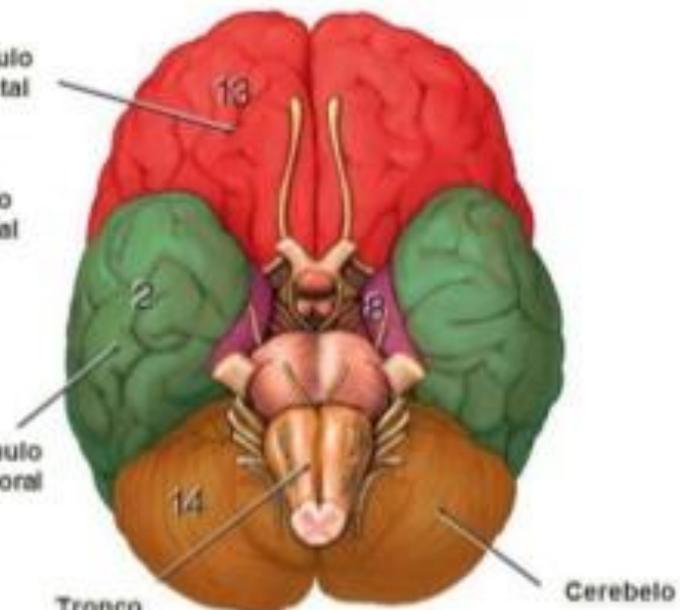
VISTA LATERAL



VISTA SAGITAL



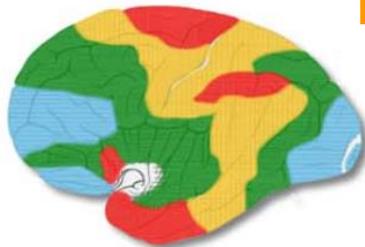
VISTA SUPERIOR



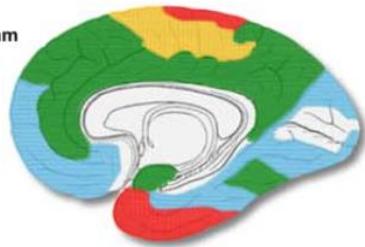
VISTA INFERIOR

Espesor de la corteza

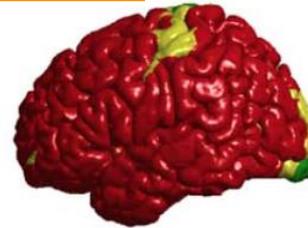
- blank Under 2 mm
- 2.0 - 2.5 mm
- 2.5 - 3.0 mm
- 3.0 - 3.5 mm
- More than 3.5 mm



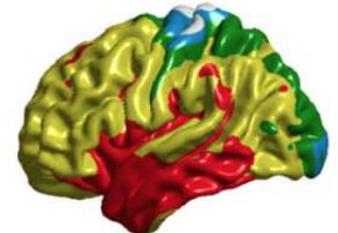
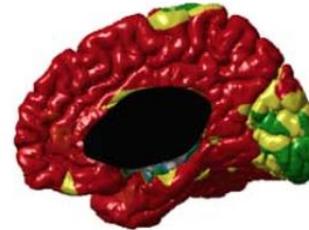
Von Economo's Map



CPM



BrainSuite

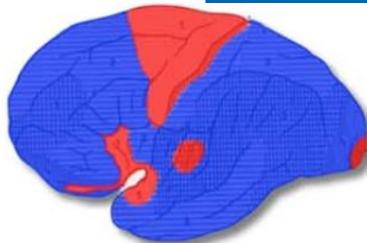


CIVET

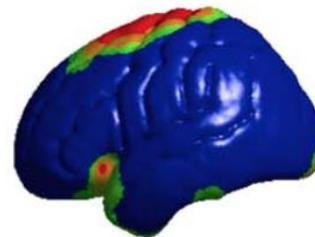
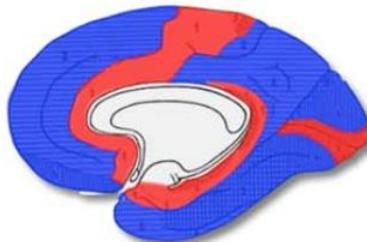


Variabilidad del espesor de la corteza la corteza

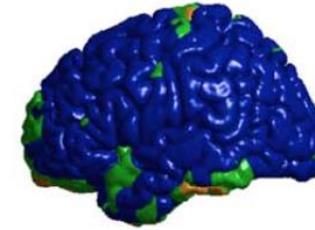
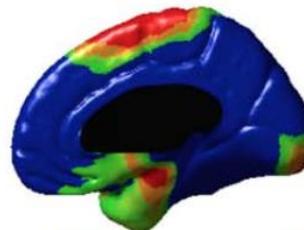
- Homotypical Cortex
- Heterotypical Cortex



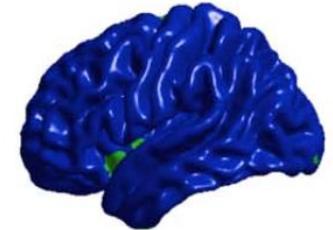
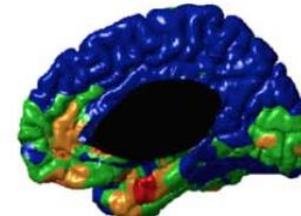
Von Economo's Map



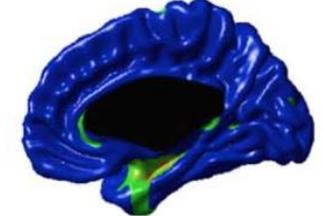
CPM



BrainSuite



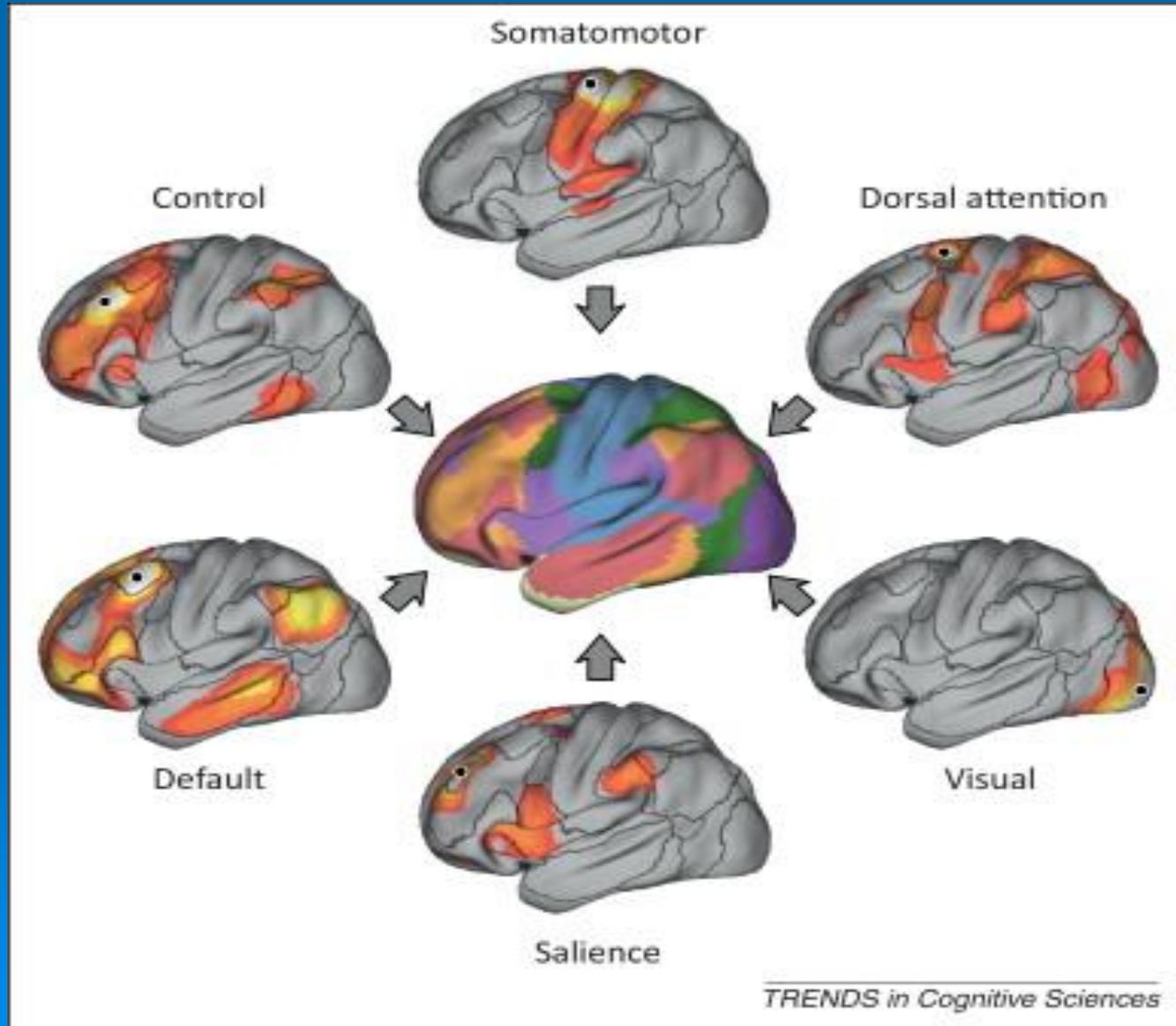
CIVET



- 0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- More than 1.5

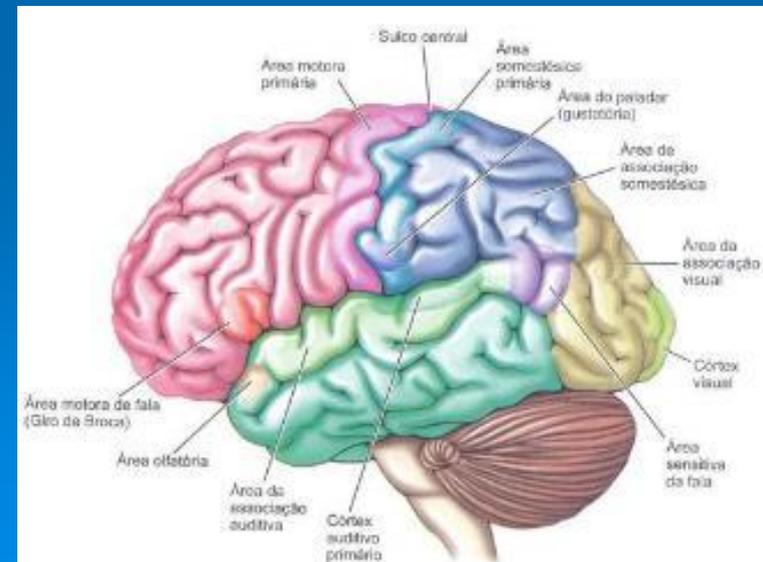
Redes Funcionales

Variabilidad entre sujetos



El cerebro madura de posterior a anterior

- Las primeras áreas que maduran son las relacionadas con los sentidos y el movimiento.
- Después las áreas implicadas en el lenguaje y en la orientación espacial.
- Las últimas son las implicadas en las funciones superiores.



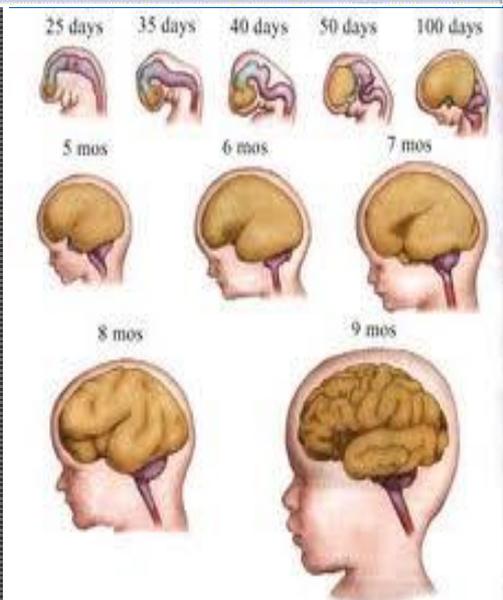
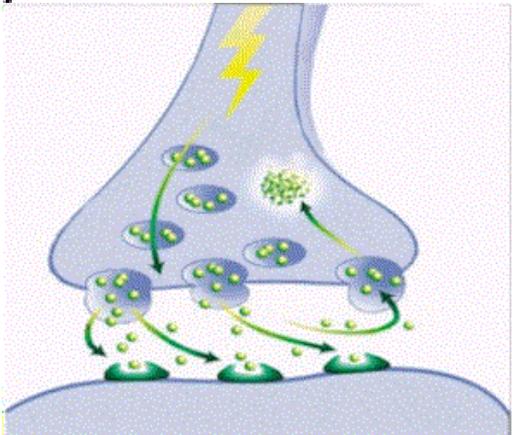
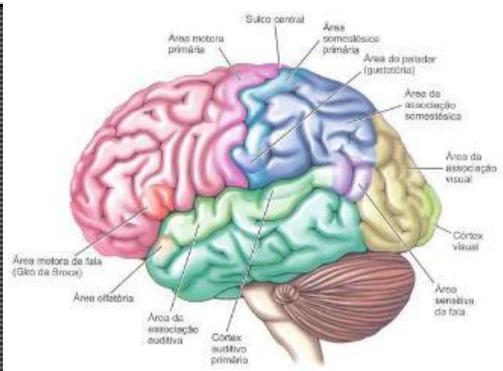
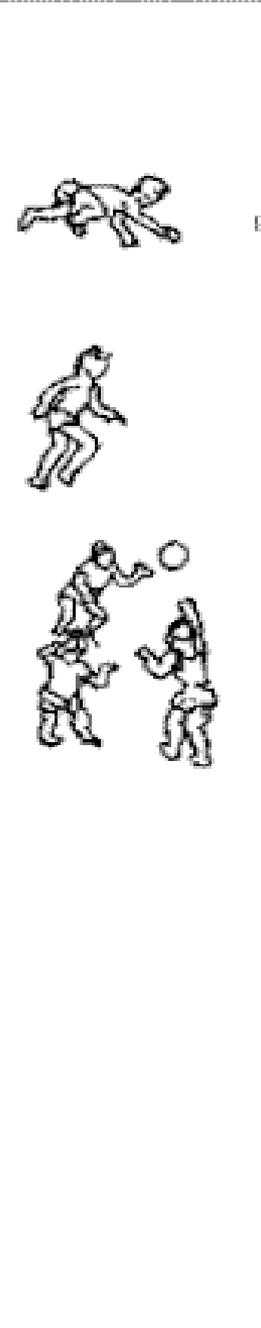
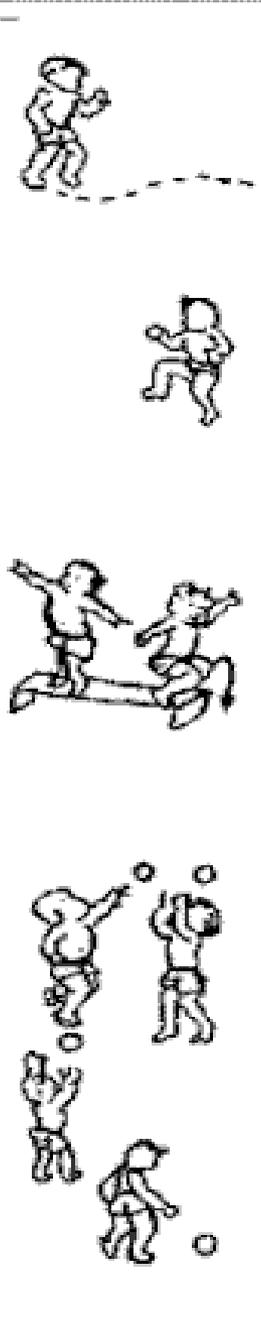
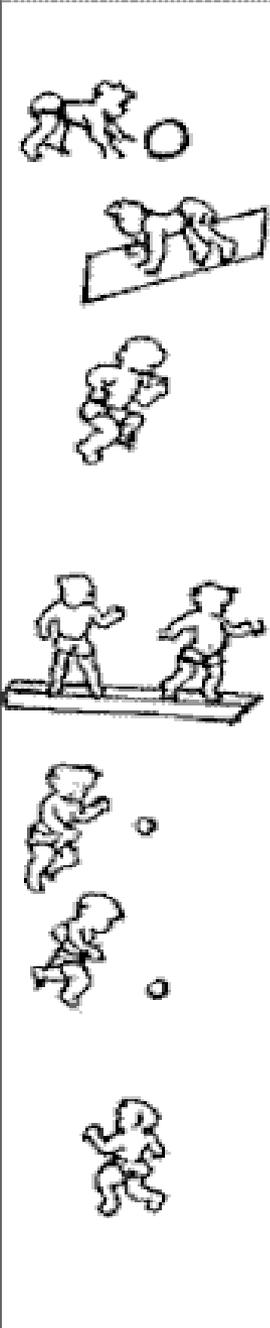
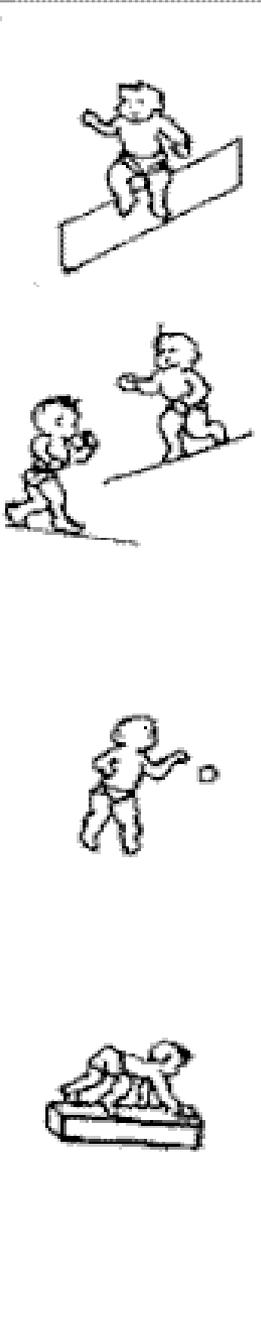
1-2 AÑOS

2-3 AÑOS

3-4 AÑOS

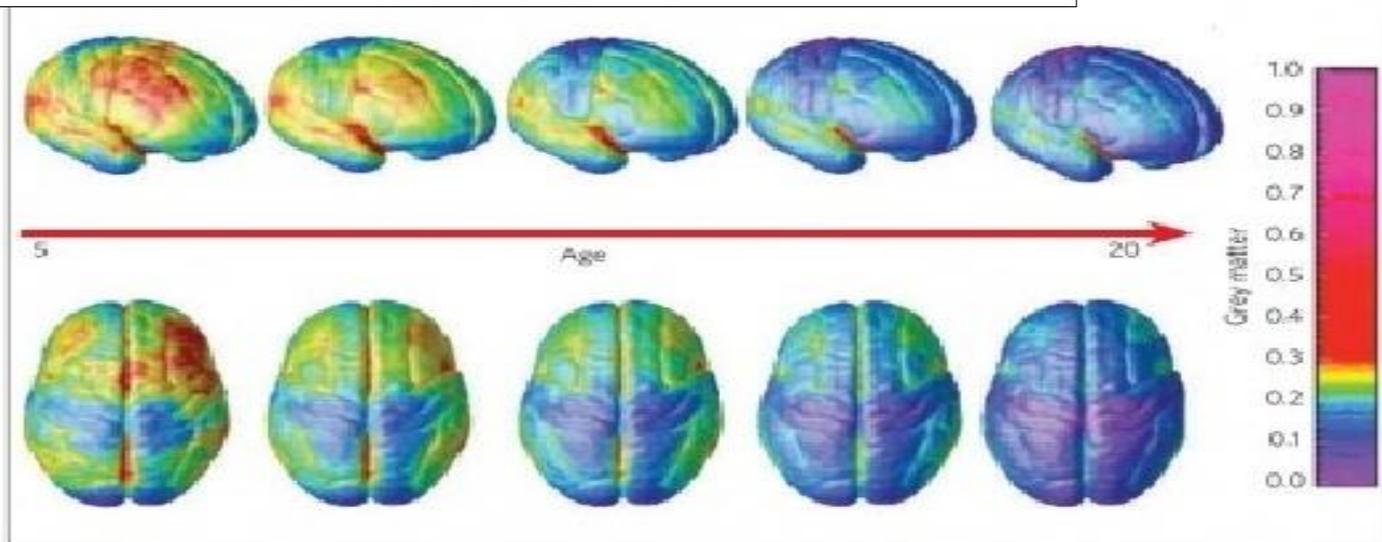
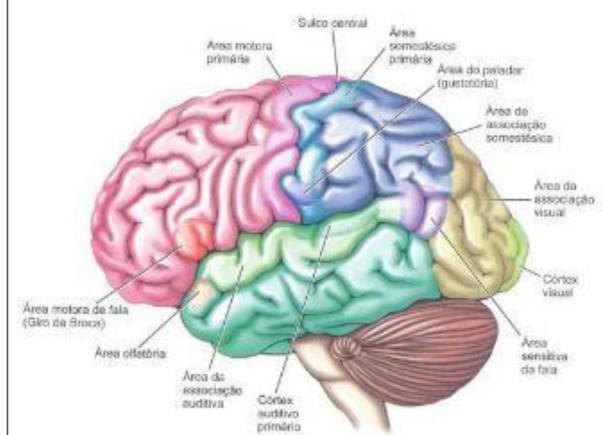
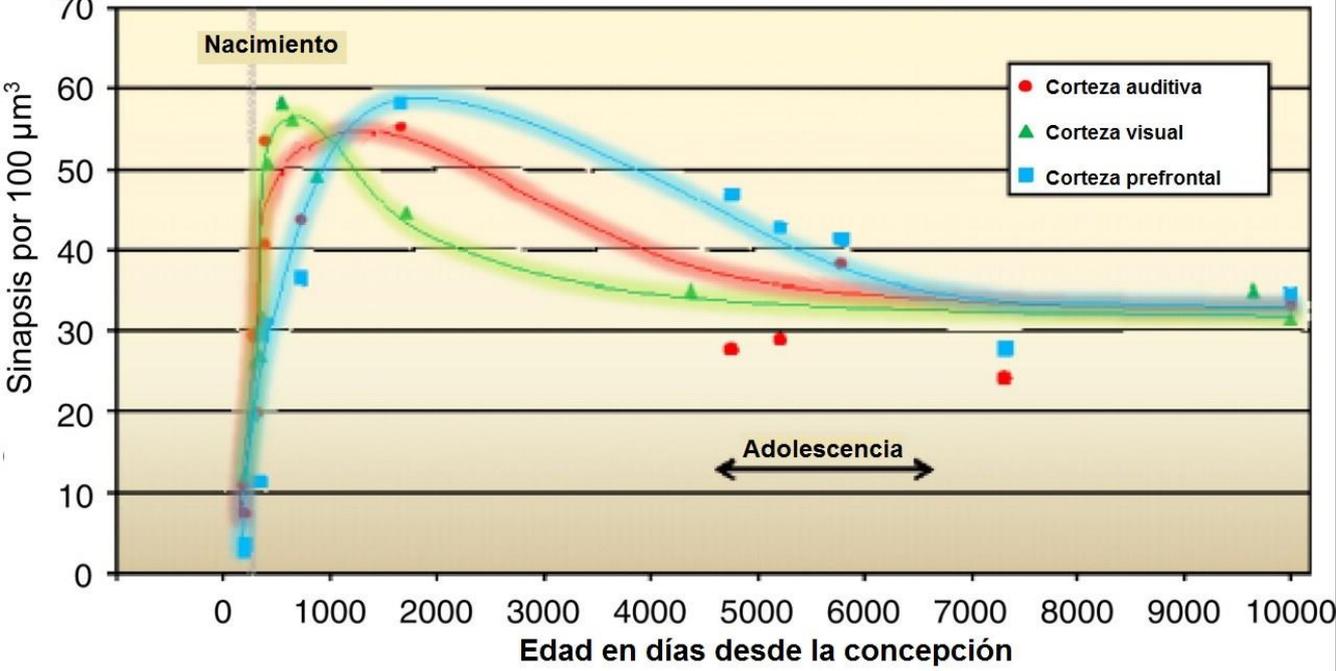
4-5 AÑOS

5-6 AÑOS

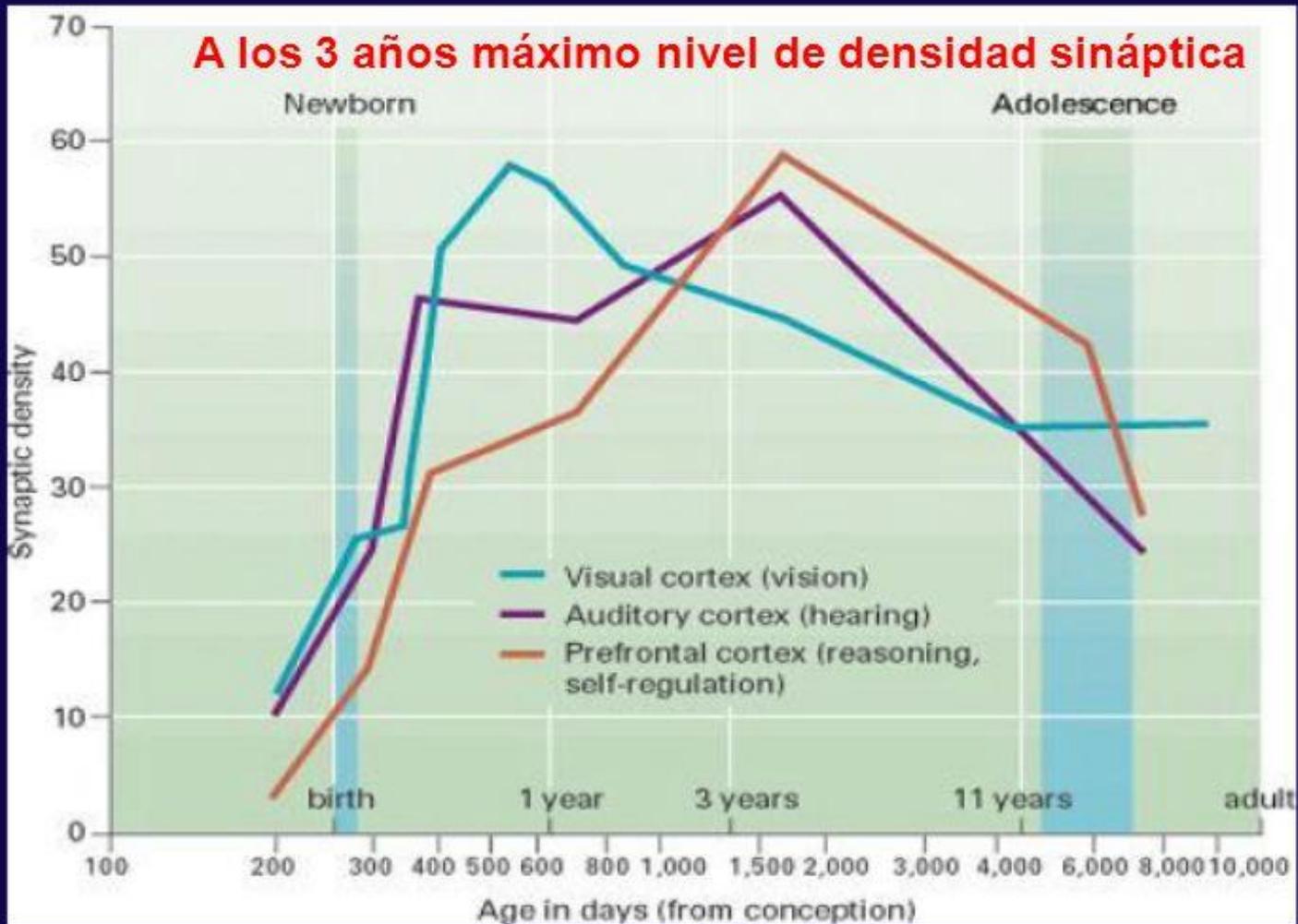


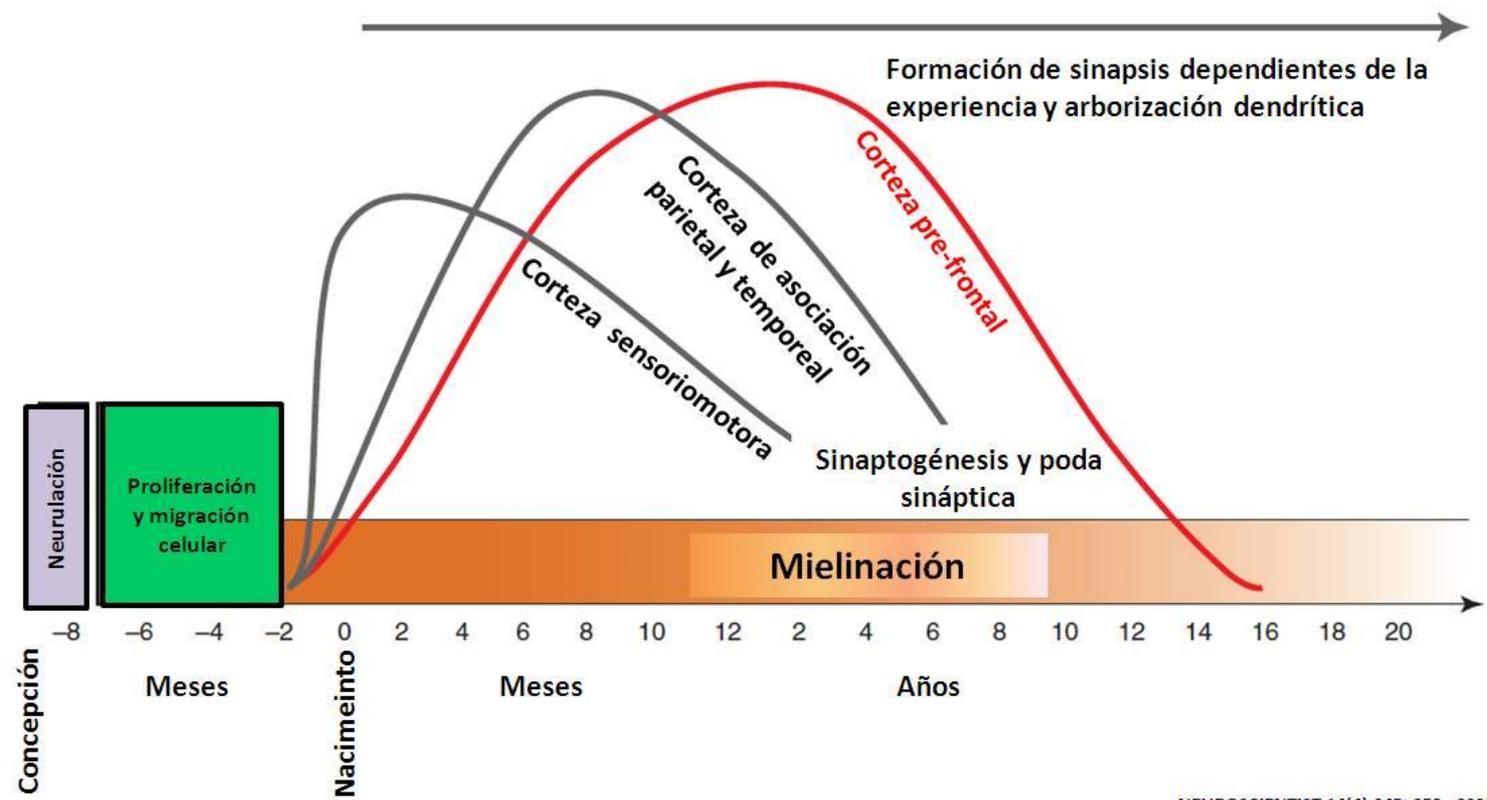
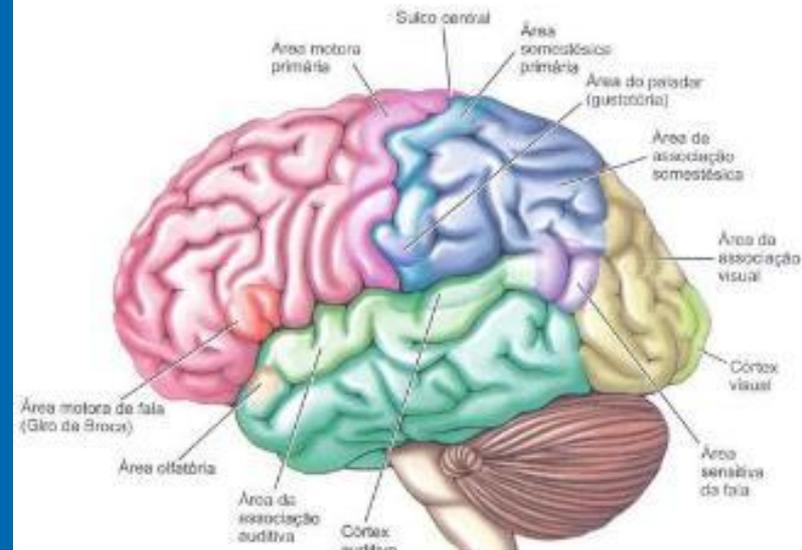
Cerebro Adolescente

- A los 6 años, el cerebro alcanza el 90% de su tamaño definitivo.
- **Se reorganiza masivamente entre los 12 y 25 años.**
- La maduración del cerebro continúa en la adolescencia y no se detiene hasta pasados los 25 años
- **La última estructura en madurar es la corteza pre-frontal**
- **Esto explica los cambios de conducta del adolescente.**

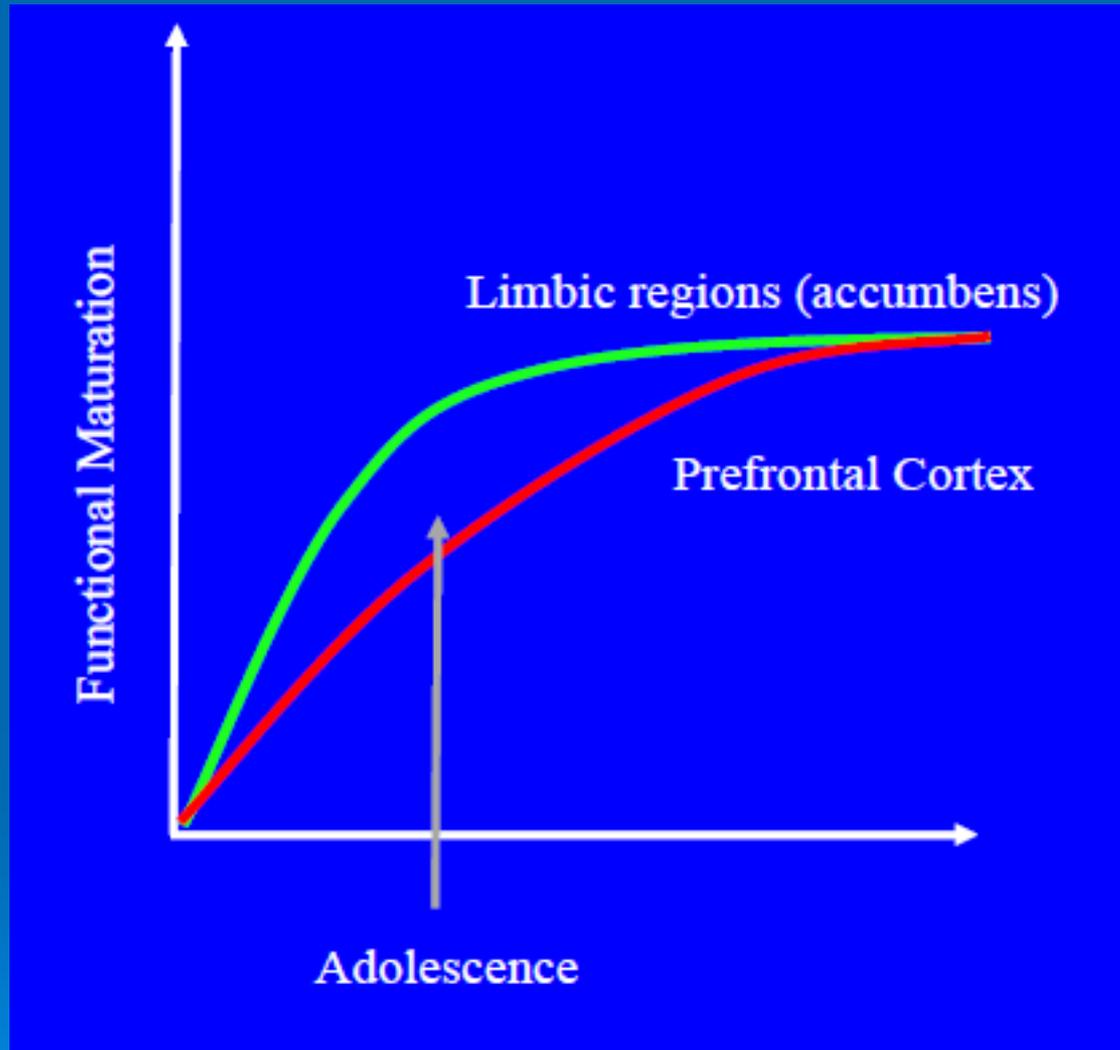


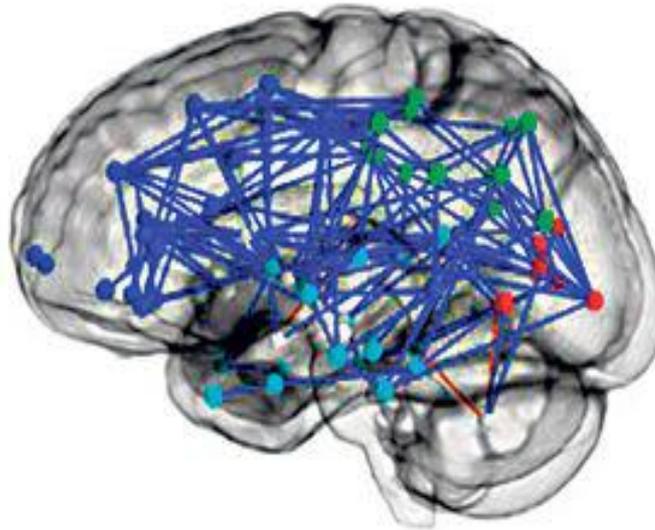
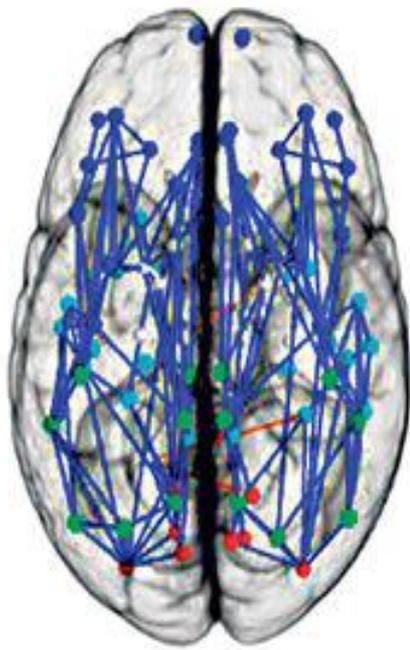
Densidad sináptica que varía: de la niñez a la adolescencia





· Maduración Funcional relacionando regiones cerebrales.

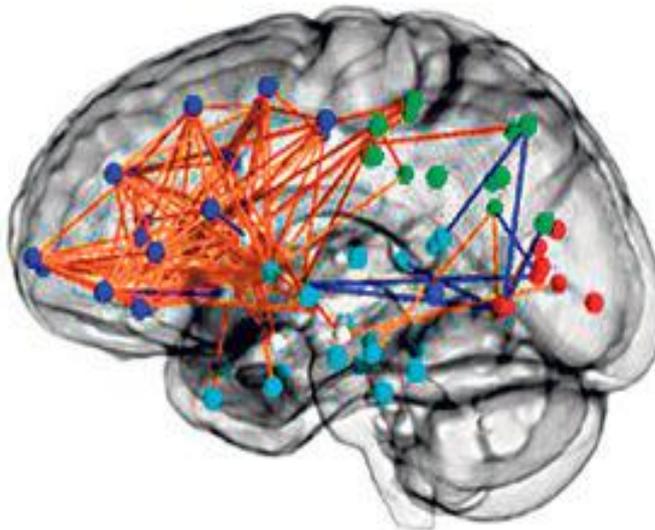
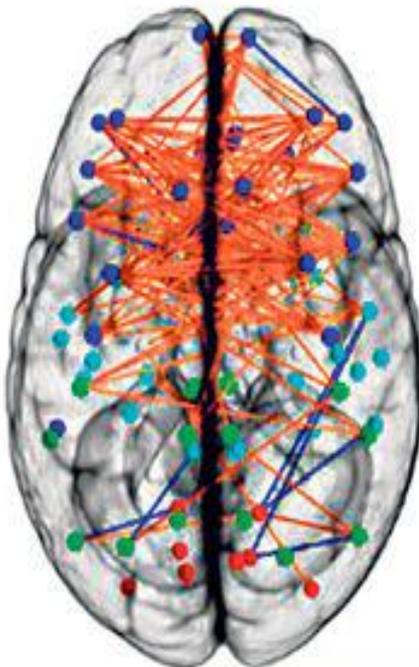




Comparativo

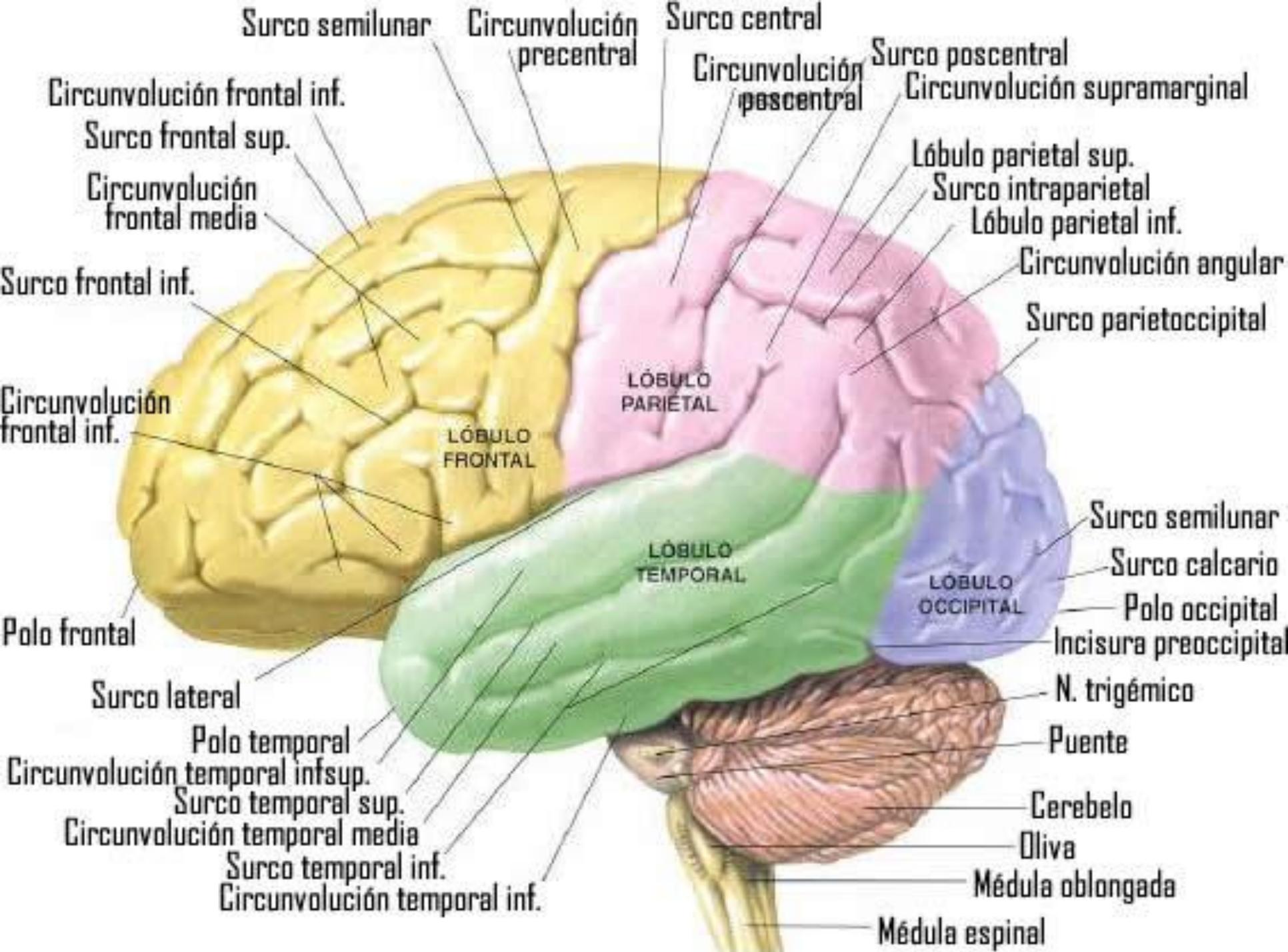
En ellos (azul)

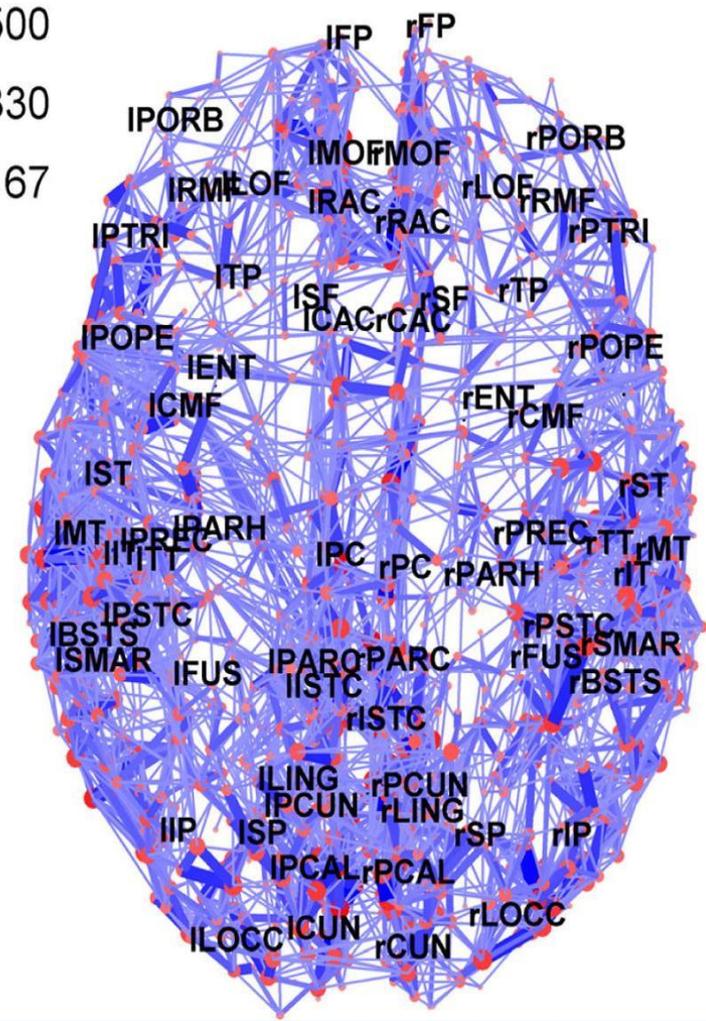
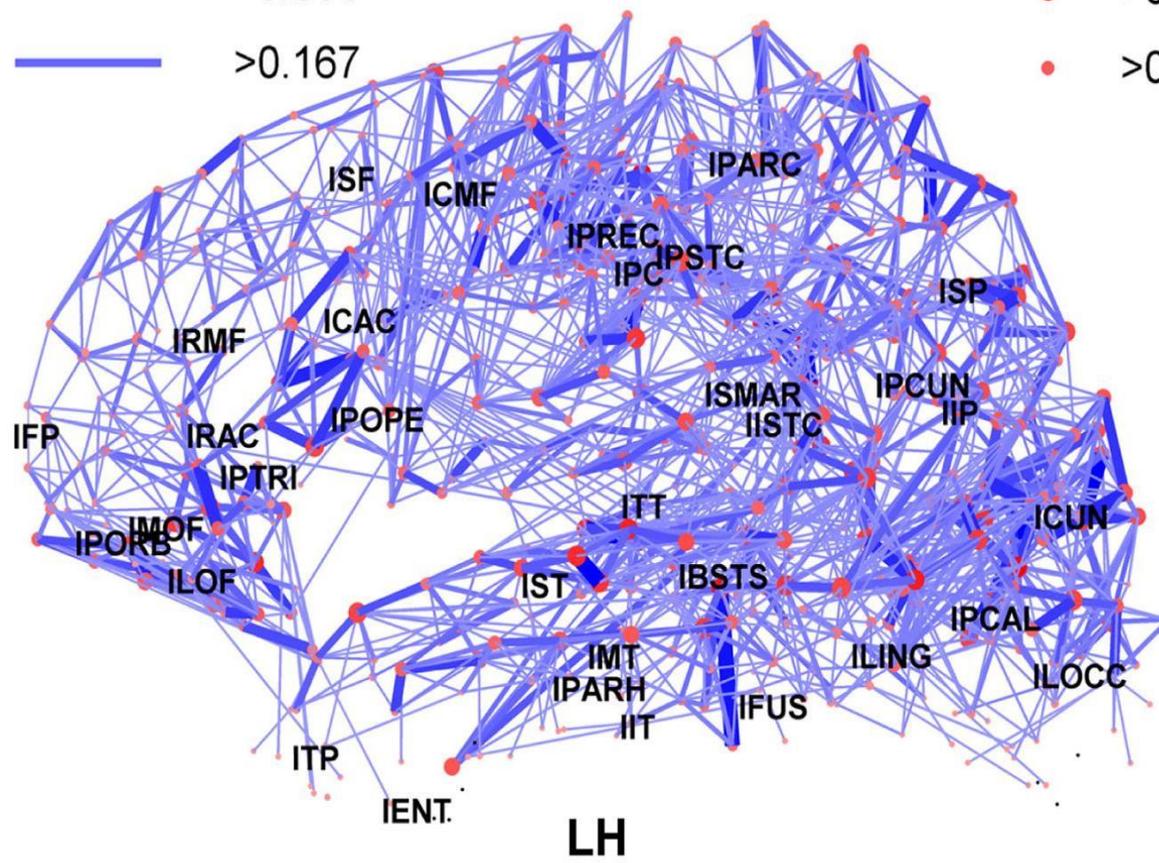
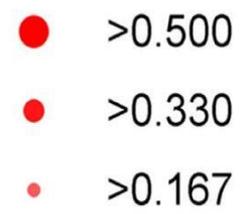
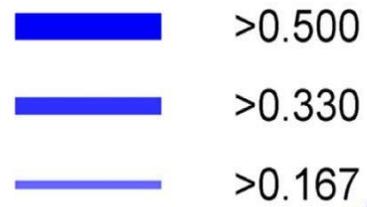
La estructura del cableado cerebral facilita los intercambios de información entre el centro de la percepción y el de la acción.

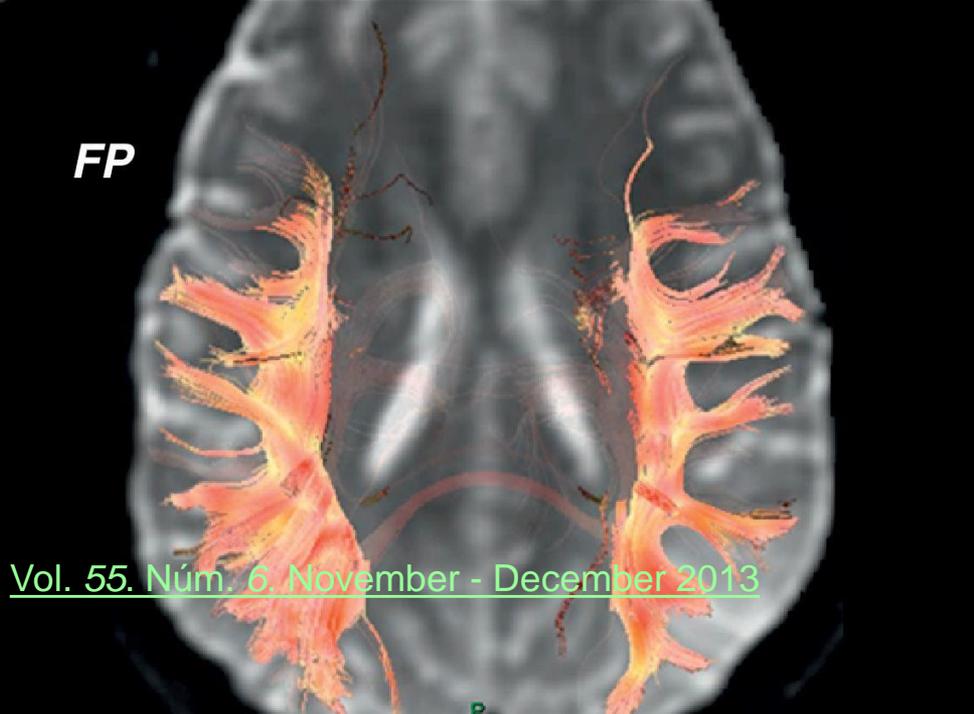
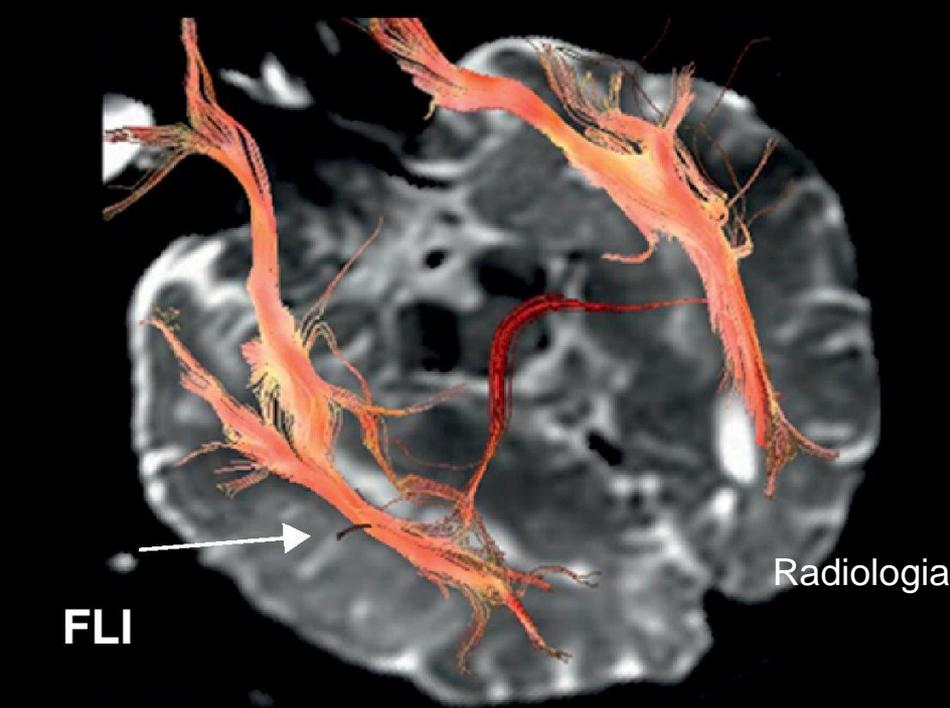
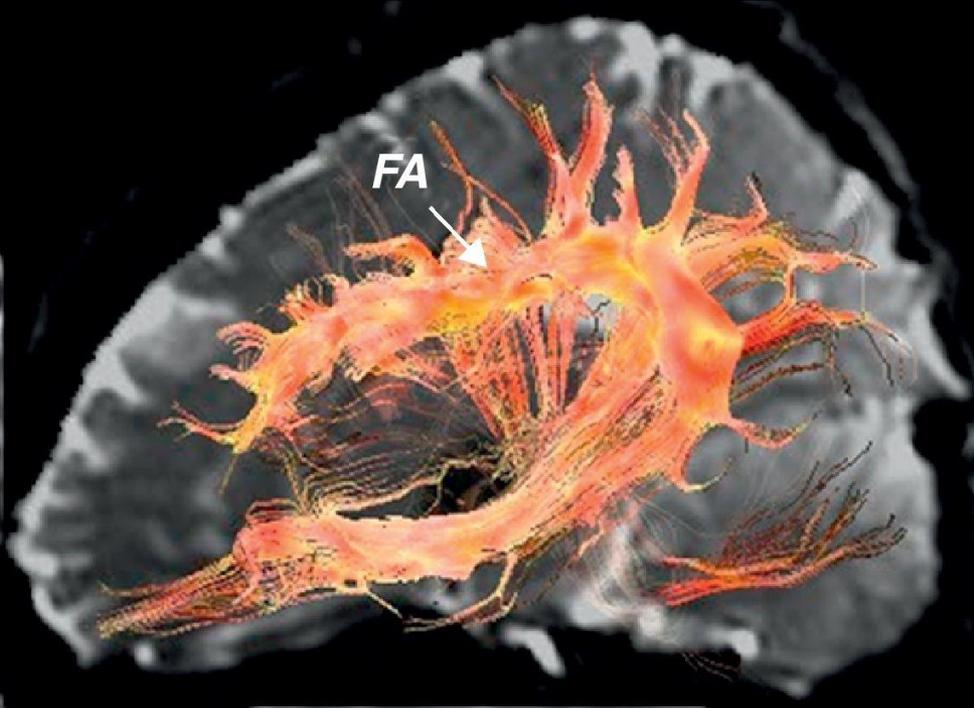
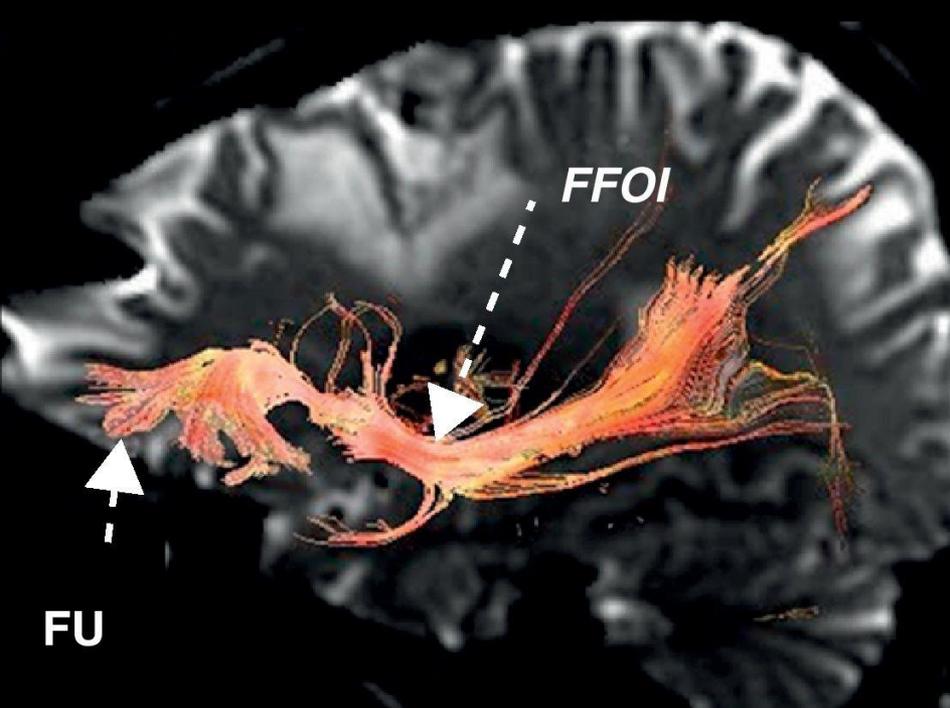


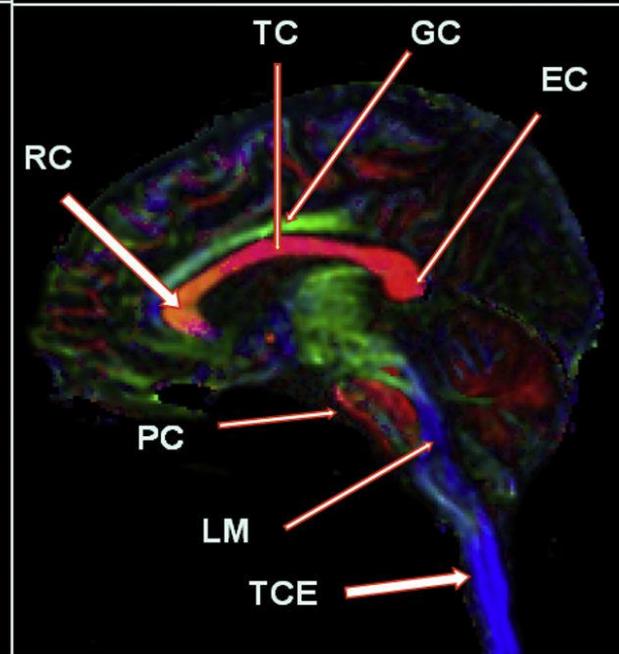
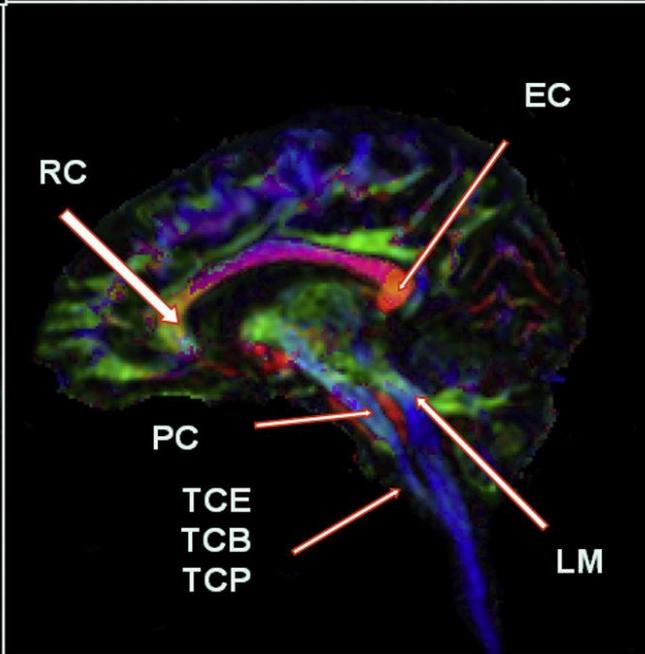
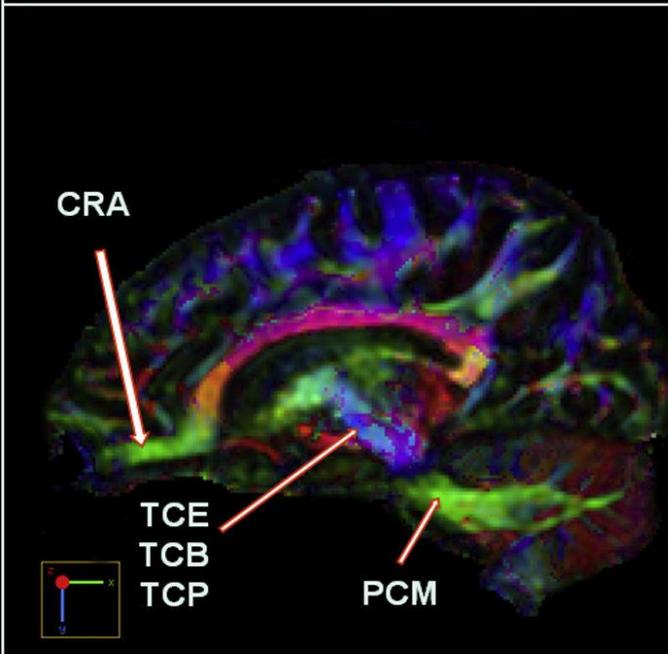
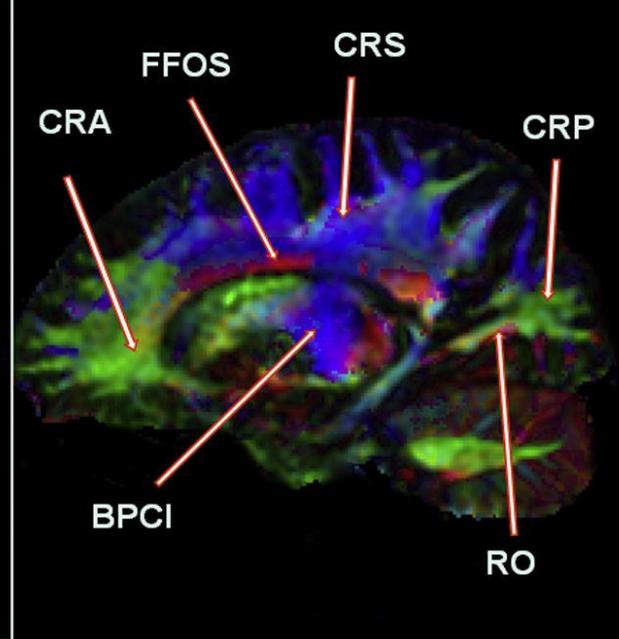
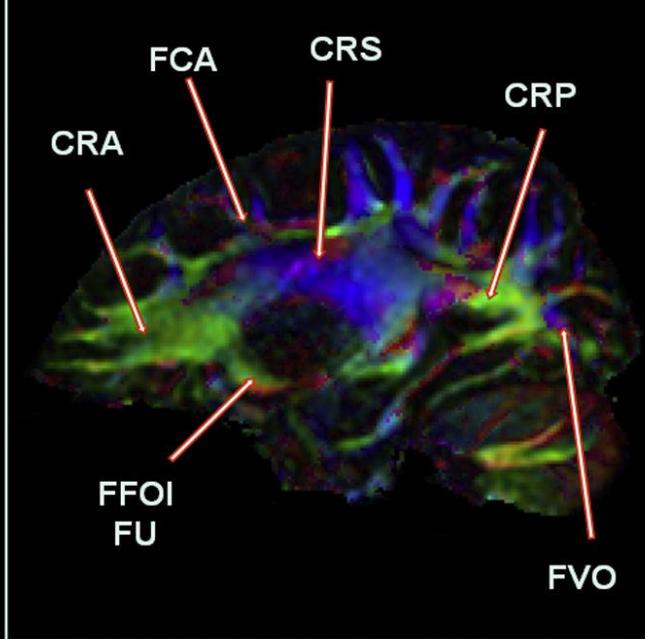
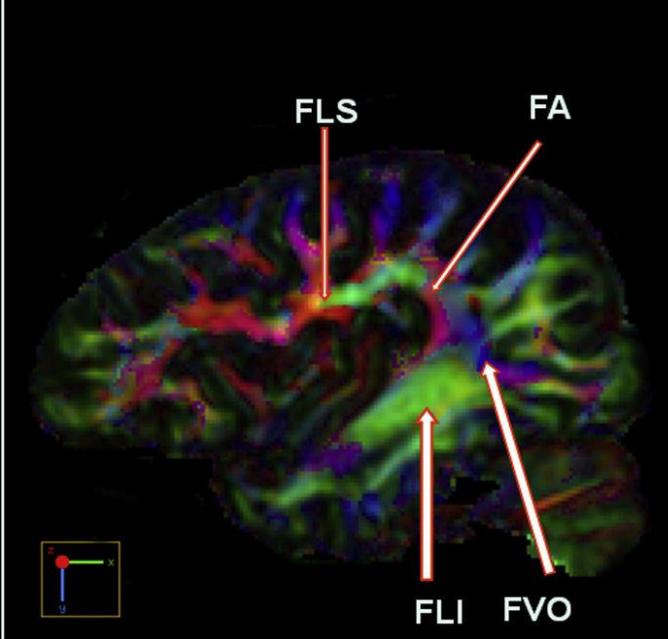
En ellas (naranja)

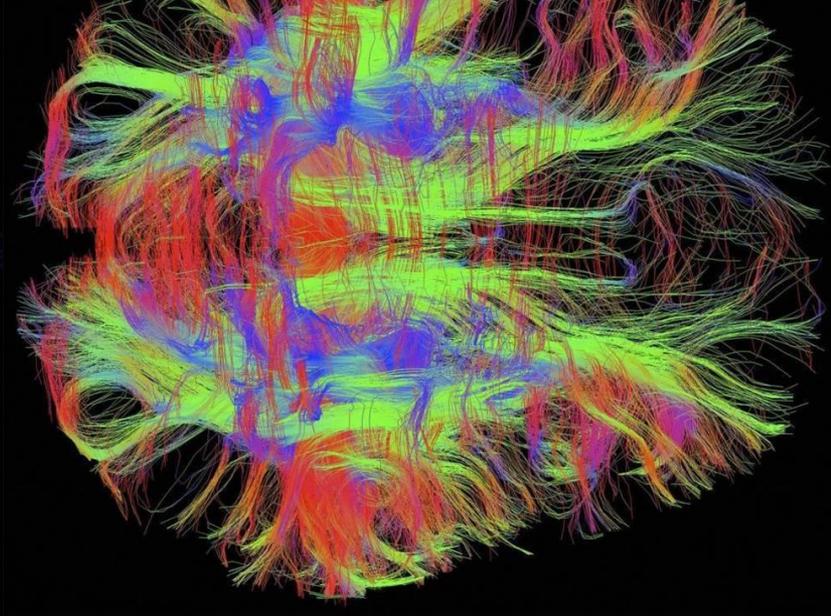
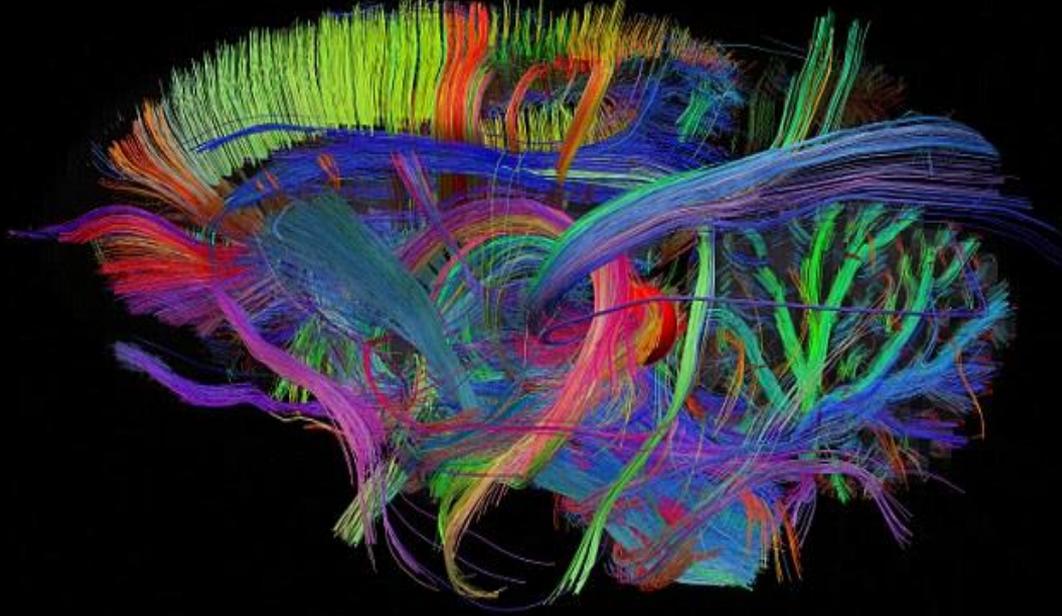
Existen fuertes conexiones entre el hemisferio derecho (donde 'reside' la capacidad de análisis) y el hemisferio izquierdo (relacionado con la intuición).



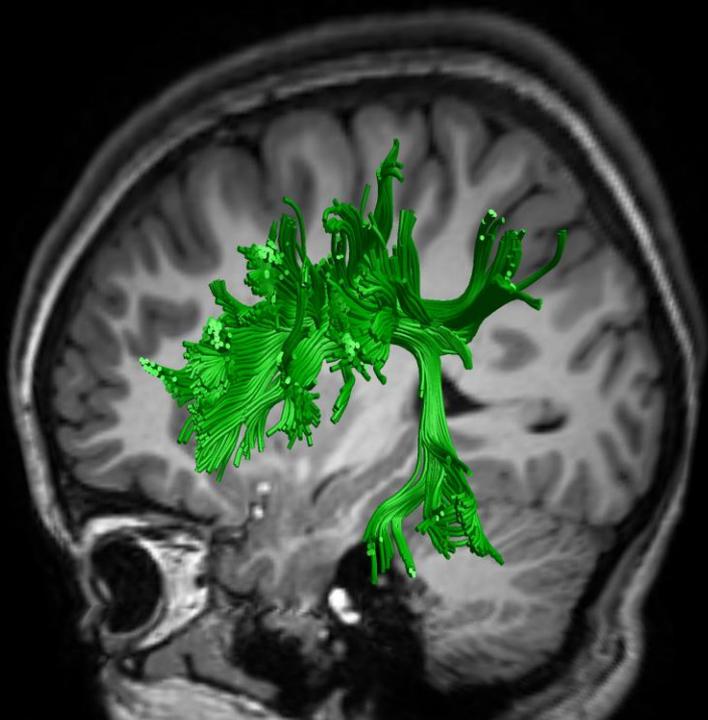




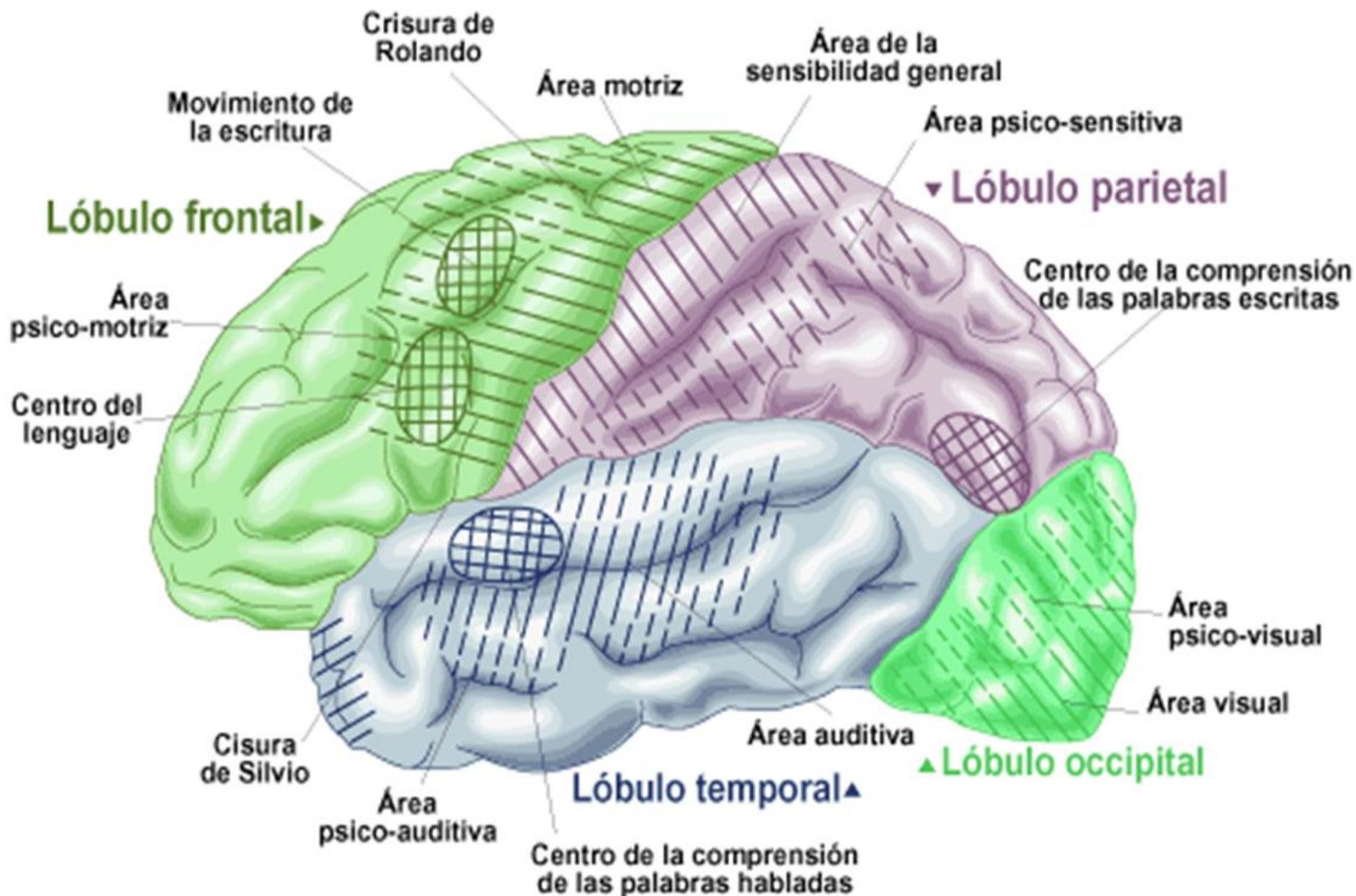


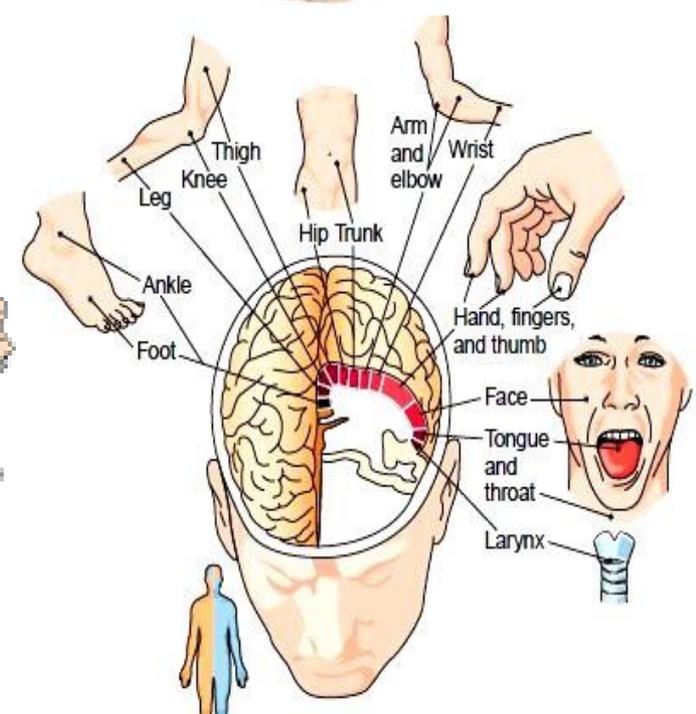
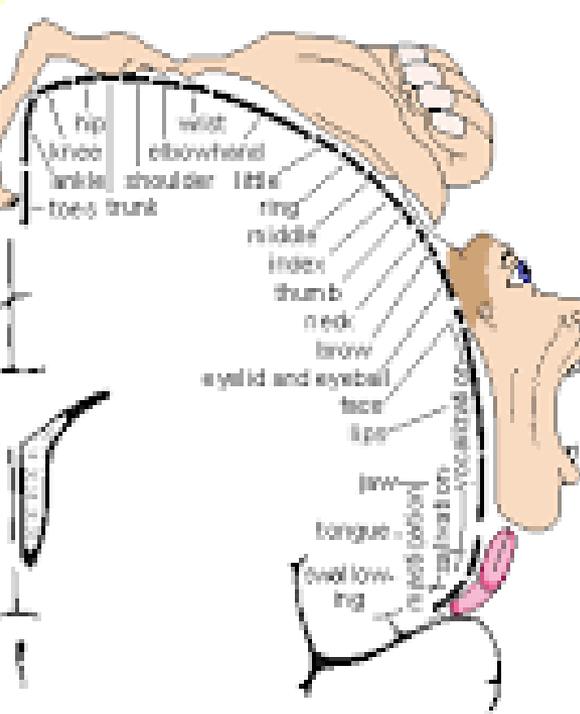
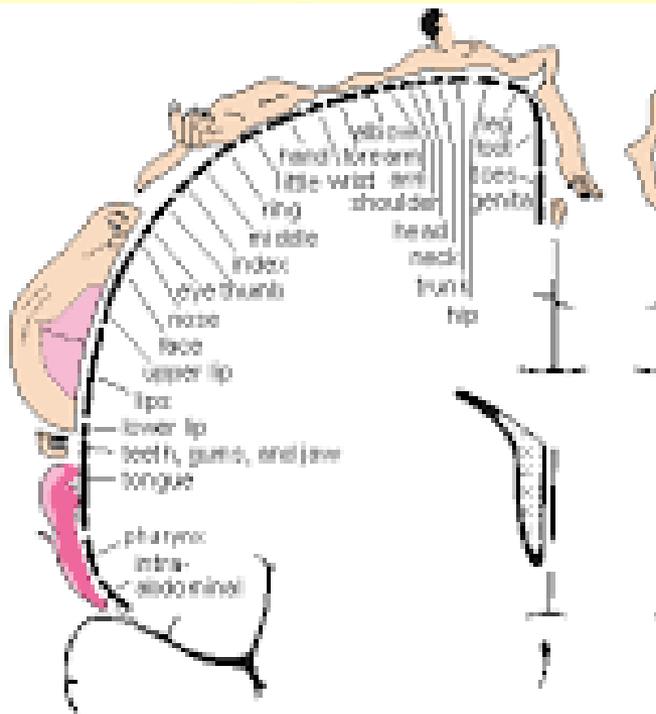
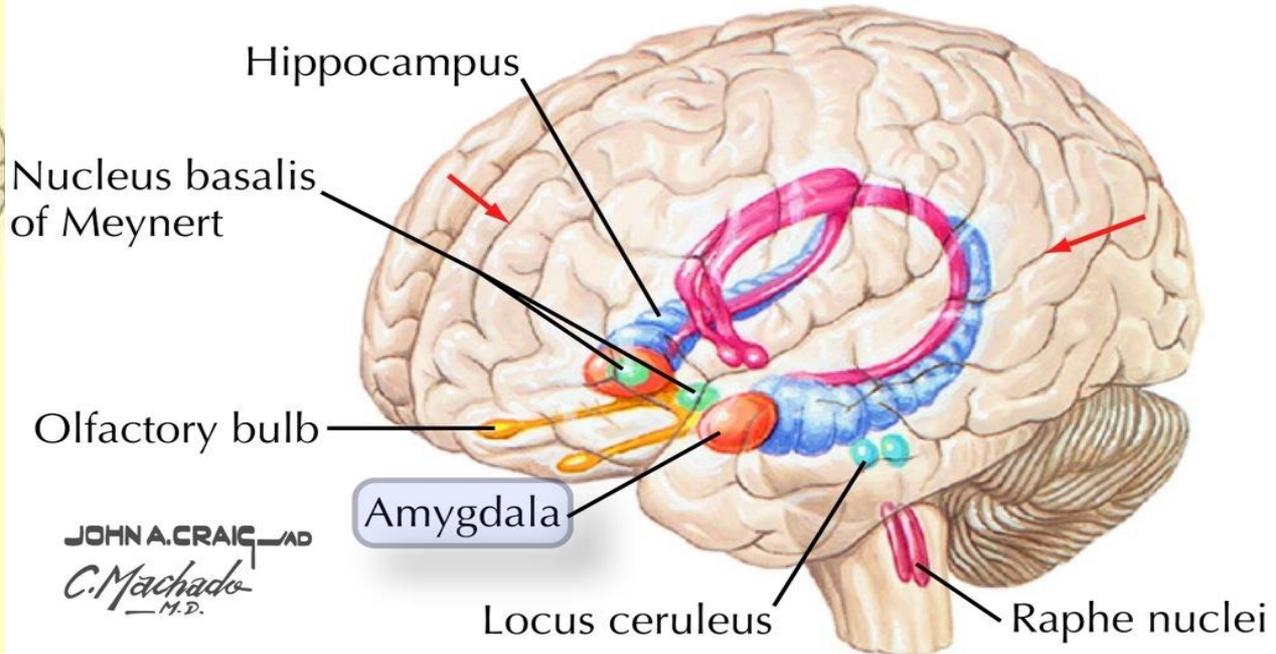
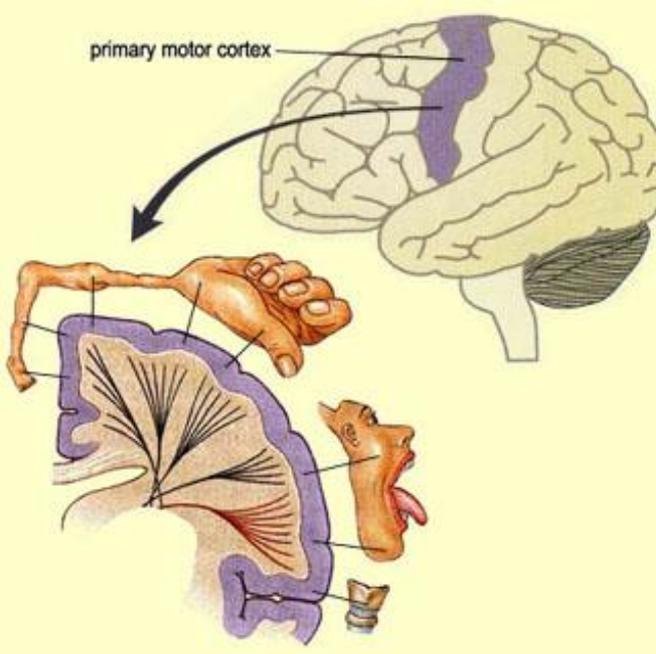


© Barcroft Media



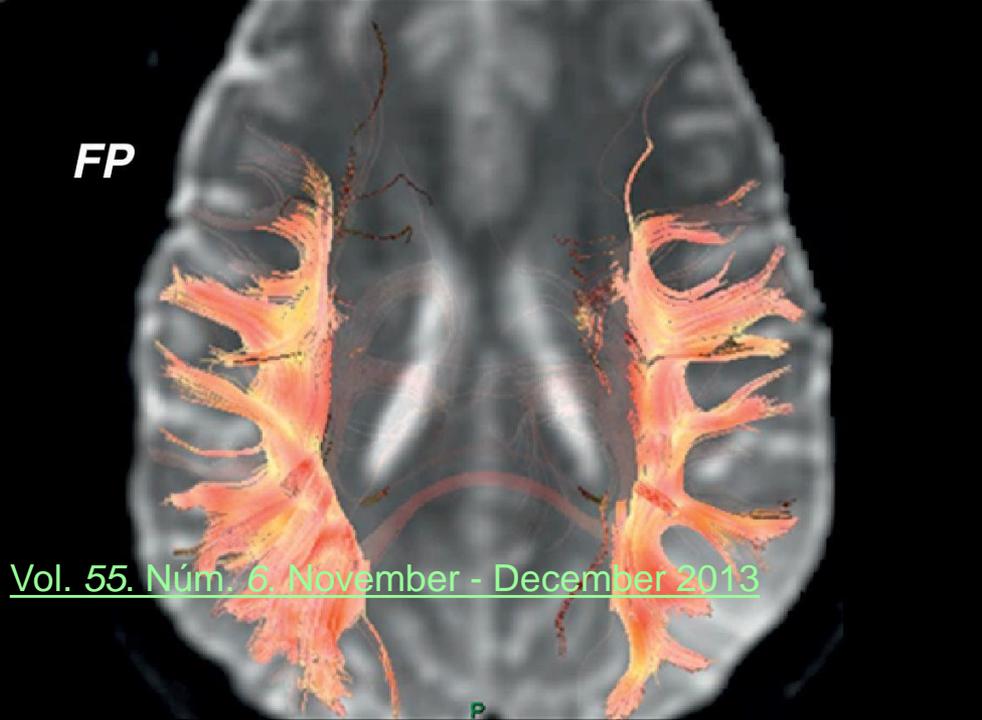
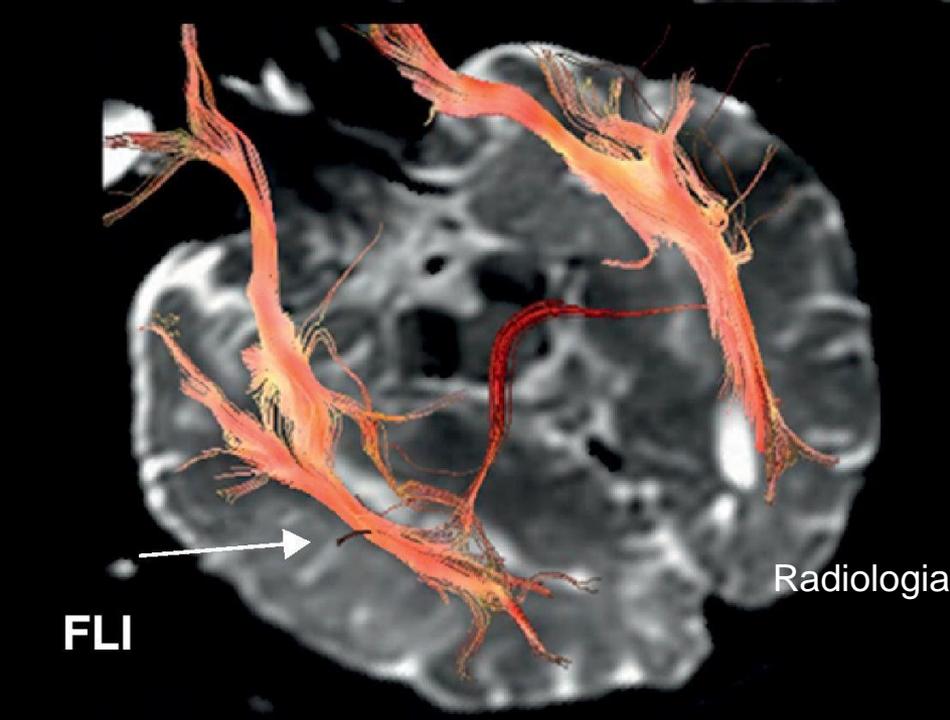
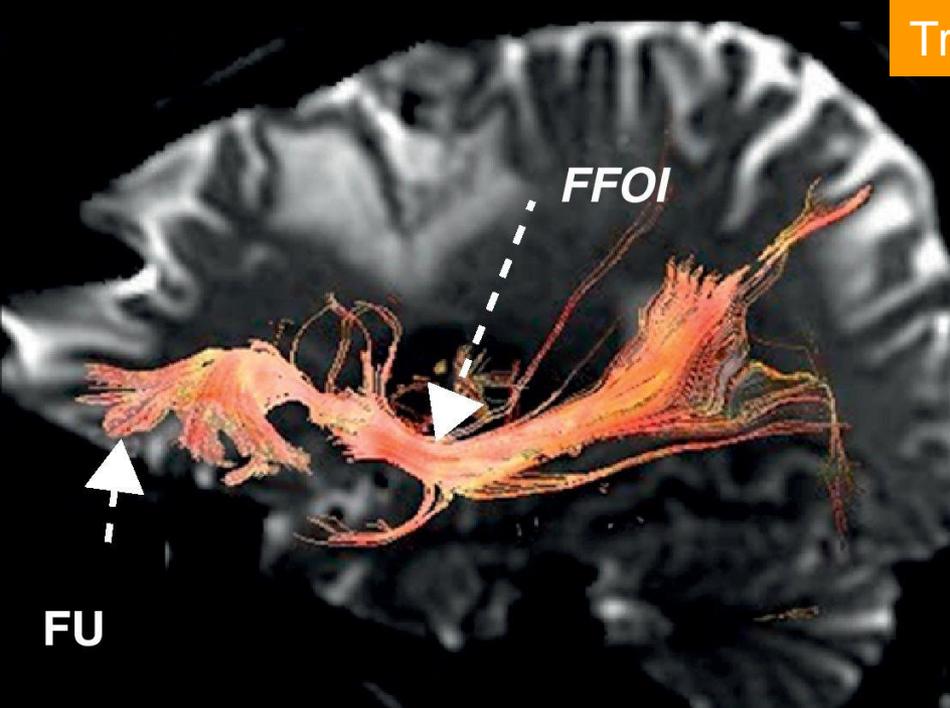
El cerebro humano





SENSORY CORTEX

MOTOR CORTEX



- **La corteza pre-frontal humana es proporcionalmente mucho mayor que la de cualquier otra especie.**
- **Funciones cognitivas delicadas:**
- **Toma de decisiones, planificación de tareas y tiempos, inhibición de un comportamiento inadecuado**
- **Autoconciencia.**
- **Interacción social.**
- **Pero el adolescente aún no ha desarrollado del todo estas habilidades prefrontales**

Conel, JL. The postnatal development of the human cerebral cortex.
Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1959.



BIRTH

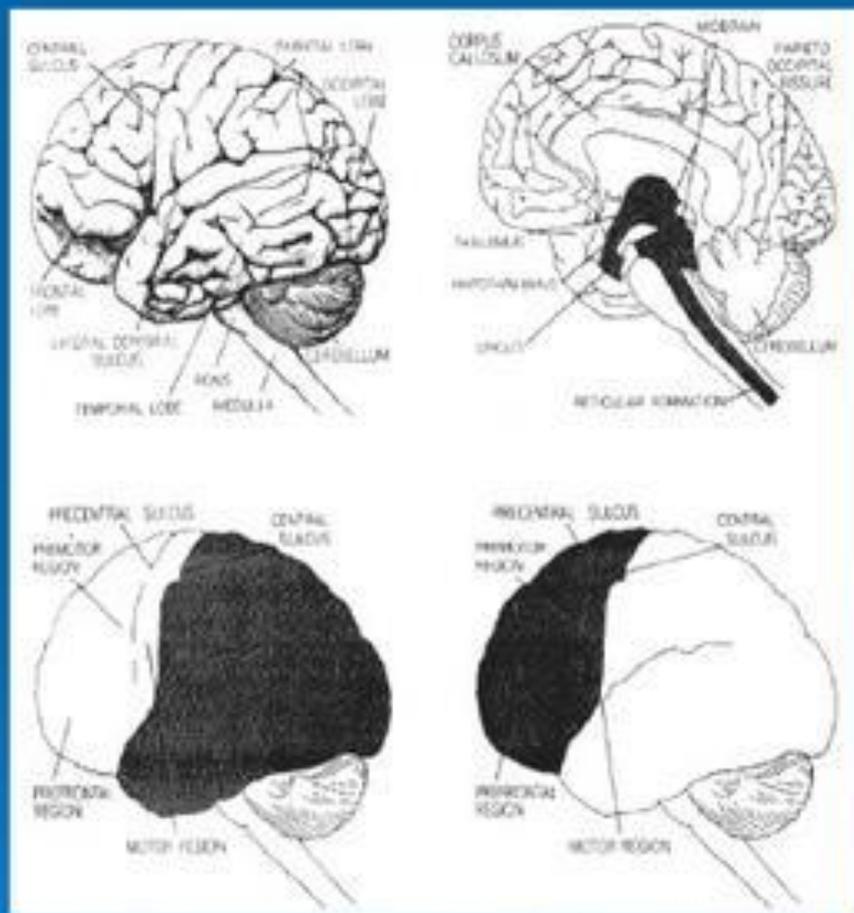


6 YEARS



14 YEARS

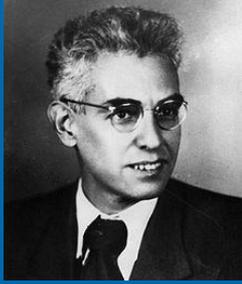
Tres niveles funcionales de la actividad cerebral



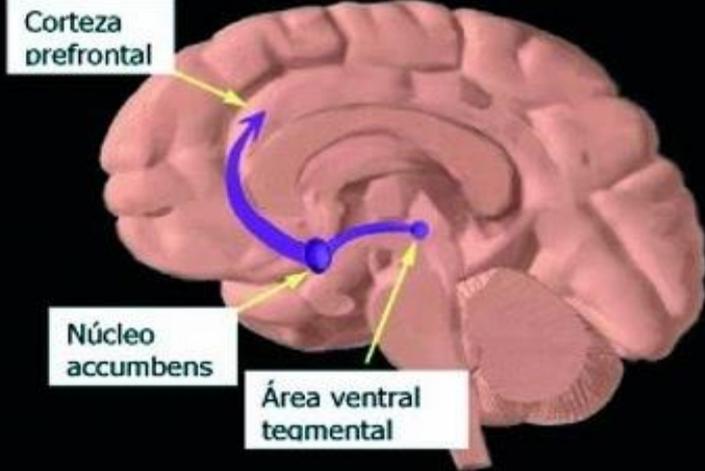
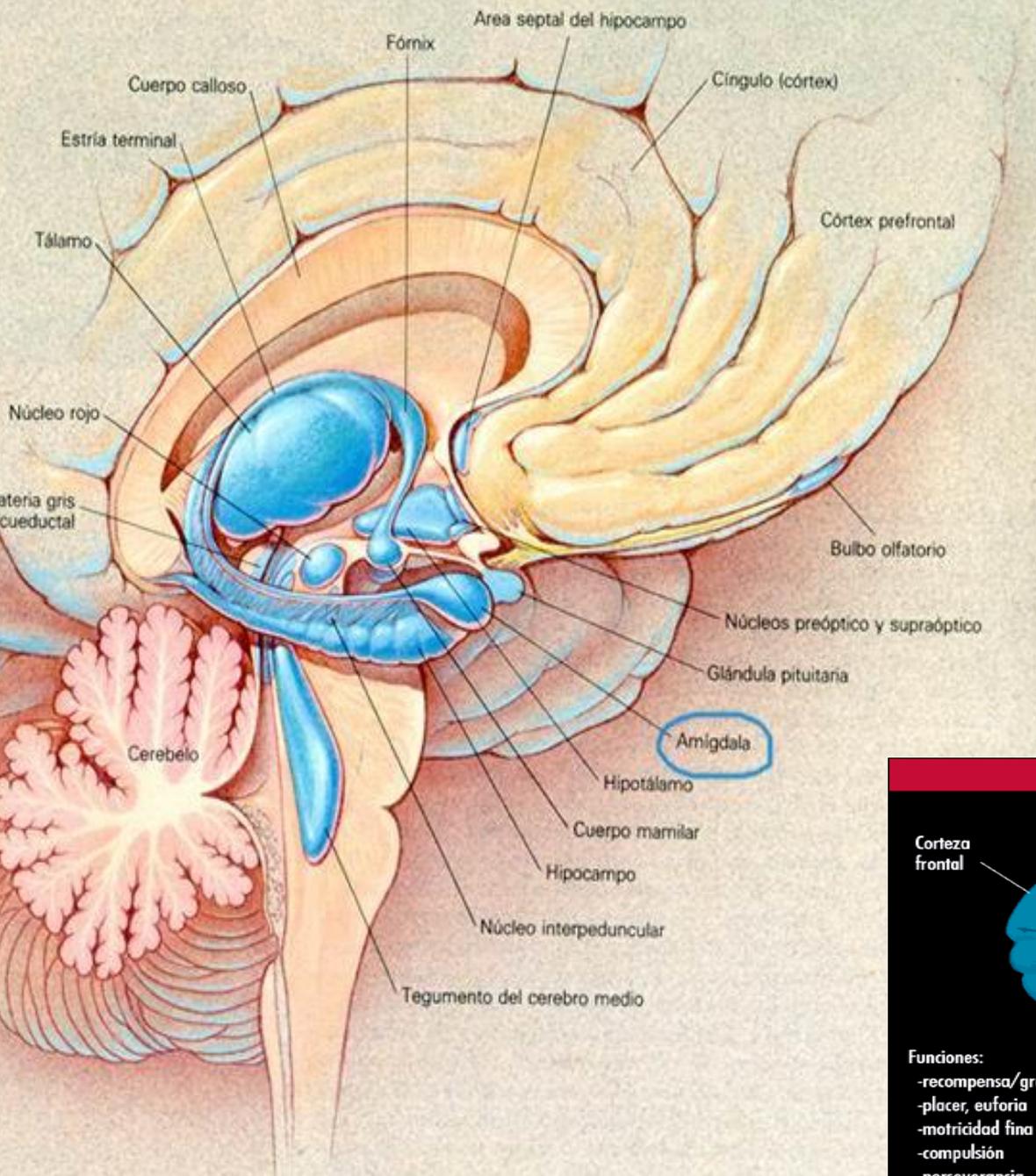
- 1er nivel
 - Trabaja con la atención perceptual
- 2do nivel
 - Senso-percepción
- 3er nivel
 - Ocurren las actividades de regulación, validación y organización de la actividad consciente.

Luria

Alexander Romanovich Luria



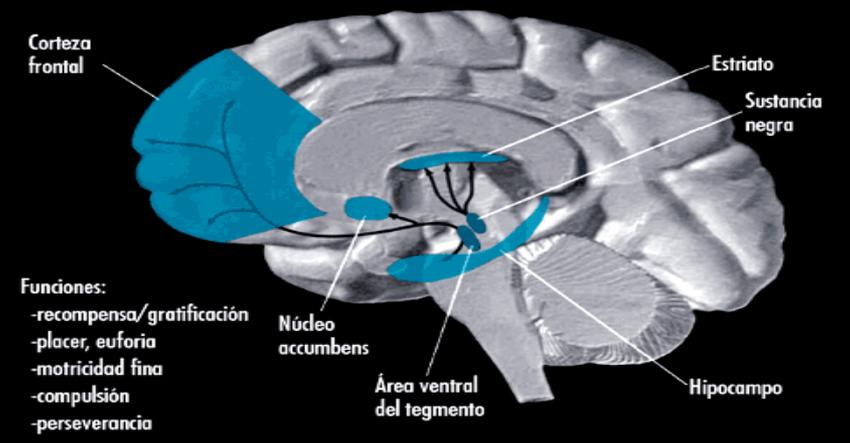
- Área primaria (de proyección): recibe impulsos de, o los manda a la periferia.
- Área secundaria (de proyección-asociación): donde la información que recibe es procesada, o donde se preparan los programas, analiza y sintetiza.
- Área terciaria (zonas de superposición): responsable de las más complejas formas de actividad mental del hombre, que requiere la participación concertada de muchas áreas corticales.

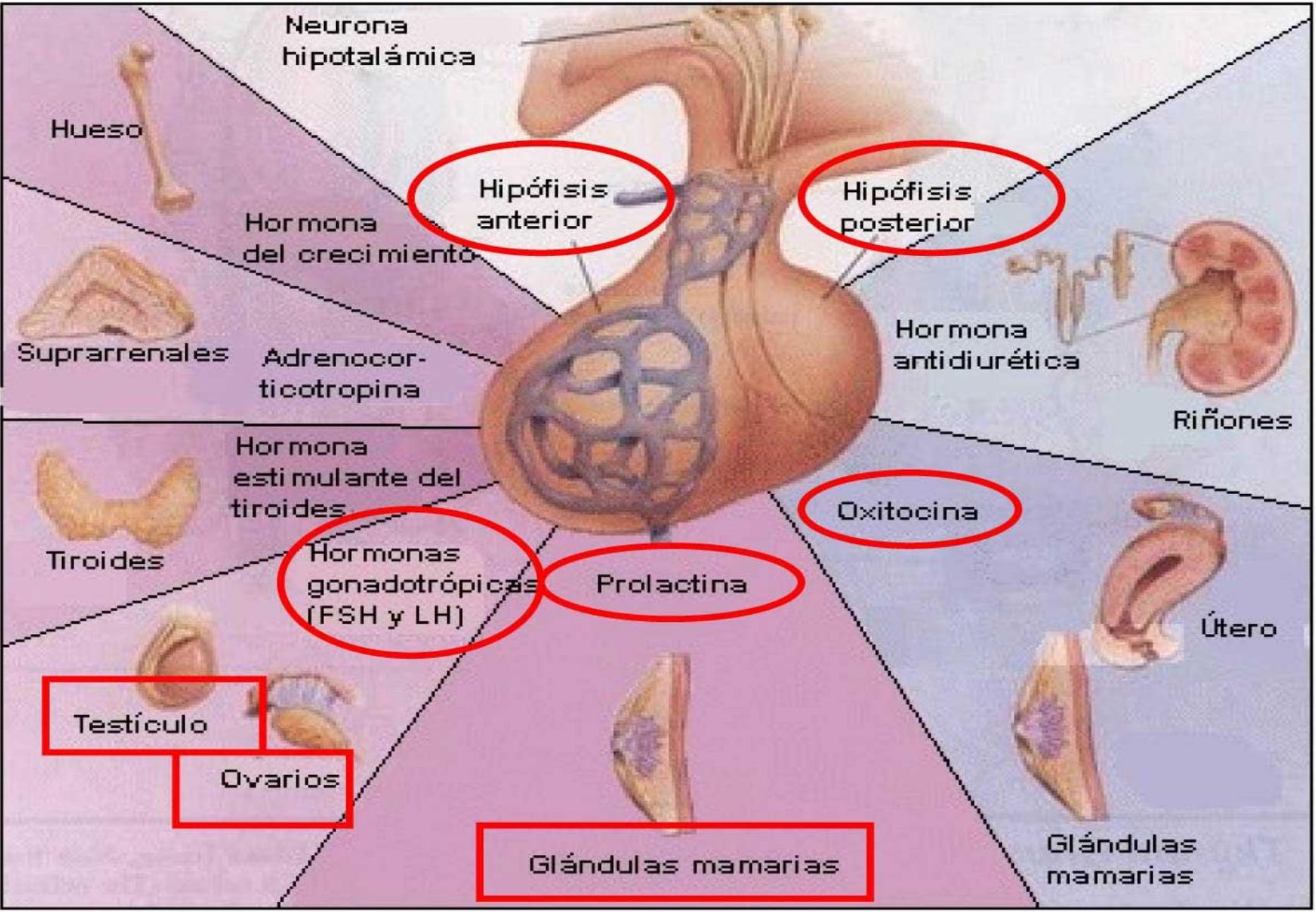


CIRCUITO DE RECOMPENSA DOPAMINÉRGICO



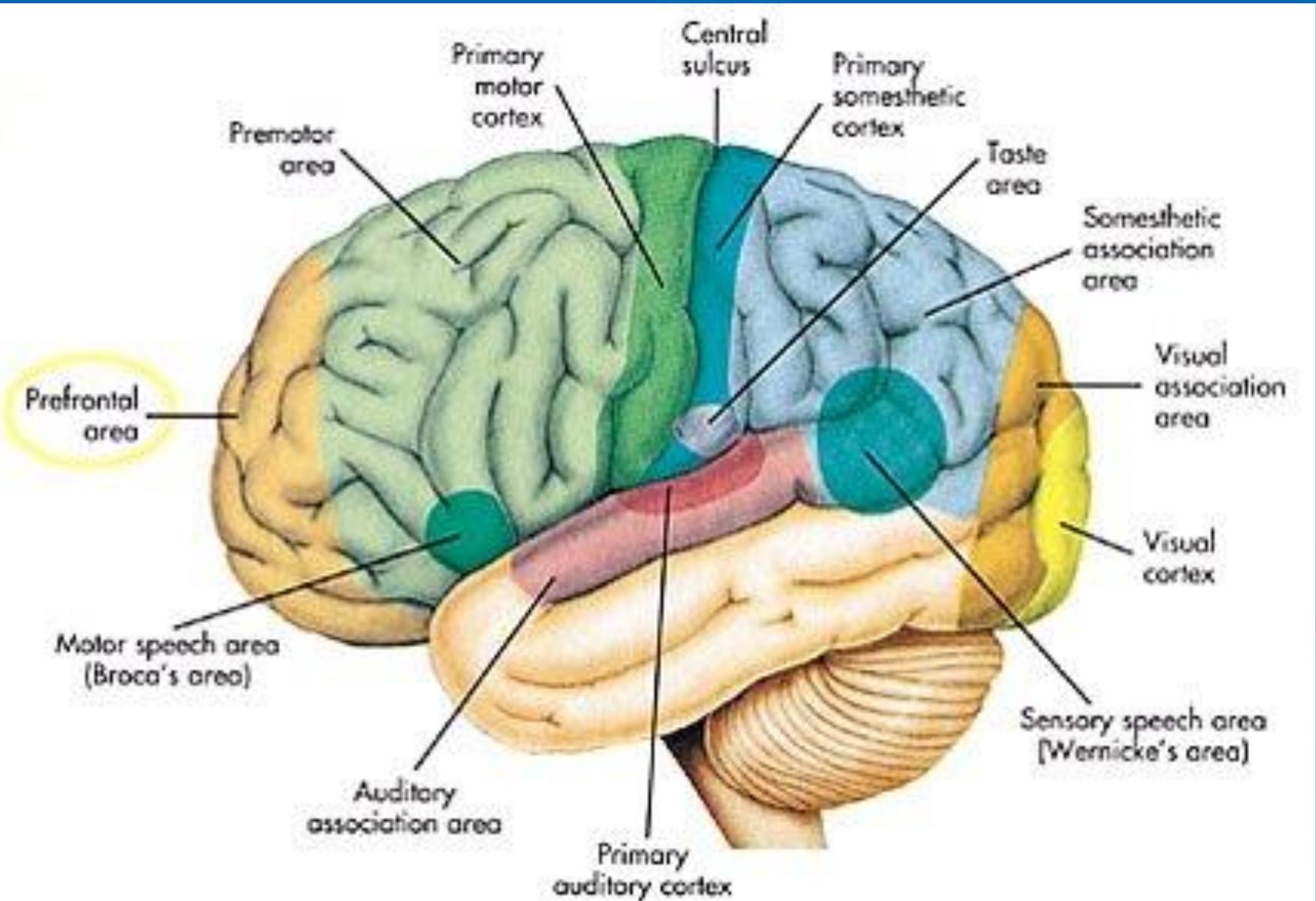
Vías de acción de la dopamina





Hormonas hipofisarias

Está relacionado con el planeamiento de actividades complejas, con la expresión de la personalidad, la toma de decisiones, la orquestación de los pensamientos y las acciones de acuerdo respecto a los objetivos internos, y con la consciencia de lo socialmente admitido o no





Review article

Adolescent Neurodevelopment

Linda Patia Spear, Ph.D.*

Department of Psychology, Center for Development and Behavioral Neuroscience, Binghamton University, Binghamton, New York

Article history: Received January 22, 2012; Accepted May 23, 2012

Keywords: Adolescence; Brain; Neurodevelopment; Brain imaging; Cognitive control; Reward sensitivity; Aversive stimuli; Emotions; Risk taking; Public policy

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this article is to outline notable alterations occurring in the adolescent brain, and to consider potential ramifications of these developmental transformations for public policy and programs involving adolescents.

Methods: Developmental changes in the adolescent brain obtained from human imaging work are reviewed, along with results of basic science studies.

Results: Adolescent brain transformations include both progressive and regressive changes that are regionally specific and serve to refine brain functional connectivity. Along with still-maturing inhibitory control systems that can be overcome under emotional circumstances, the adolescent brain is associated with sometimes elevated activation of reward-relevant brain regions, whereas sensitivity to aversive stimuli may be attenuated. At this time, the developmental shift from greater brain plasticity early in life to the relative stability of the mature brain is still tilted more toward plasticity than seen in adulthood, perhaps providing an opportunity for some experience-influenced sculpting of the adolescent brain.

Conclusions: Normal developmental transformations in brain reward/aversive systems, areas critical for inhibitory control, and regions activated by emotional, exciting, and stressful stimuli may promote some normative degree of adolescent risk taking. These findings have a number of potential implications for public policies and programs focused on adolescent health and well-being.

© 2013 Society for Adolescent Health and Medicine. All rights reserved.

Development of the brain is far from complete at the time of birth, with maturation continuing through childhood and adolescence, and even some age-related changes in brain organization and function (including the generation of modest numbers of brain cells) into adult life [1]. Studies conducted over the past several decades have revealed adolescence as a time of particularly notable morphological and functional transformations in the brain that, along with increasing hormone levels and other biological changes, interact with cultural, economic, and psychosocial forces to shape how adolescents think, feel, and behave [2]. The purpose of this article is to outline some of the more notable alterations occurring in the adolescent brain, and briefly consider some potential ramifications of these normal developmental

transformations for public policies and programs involving adolescents.

Understanding of adolescent brain development continues to escalate rapidly, aided considerably by increasingly informative insight into normal developing human brains provided by continued improvements in imaging technologies. Magnetic resonance imaging (MRI) and other imaging technologies have proved valuable for detailing the size of [3,4] and connectivity across [5,6] brain regions at different ages, as well as for indexing relative changes in regional activation patterns during performance of target risk taking, decision making, or other tasks [7]. However, space and movement constraints limit task-related responses possible within scanners, making it a challenge to relate these findings to the social and emotionally arousing situations in which adolescents often engage in risky behavior. Dissecting causal relationships and the precise morphological and molecular underpinnings of observed age differences typically requires approaches and levels of analyses largely unavailable

* Address correspondence to: Linda Spear, Ph.D., Department of Psychology, Box 6000, Binghamton University, Binghamton, NY 13902-6000.
E-mail address: lspear@binghamton.edu (L.P. Spear).

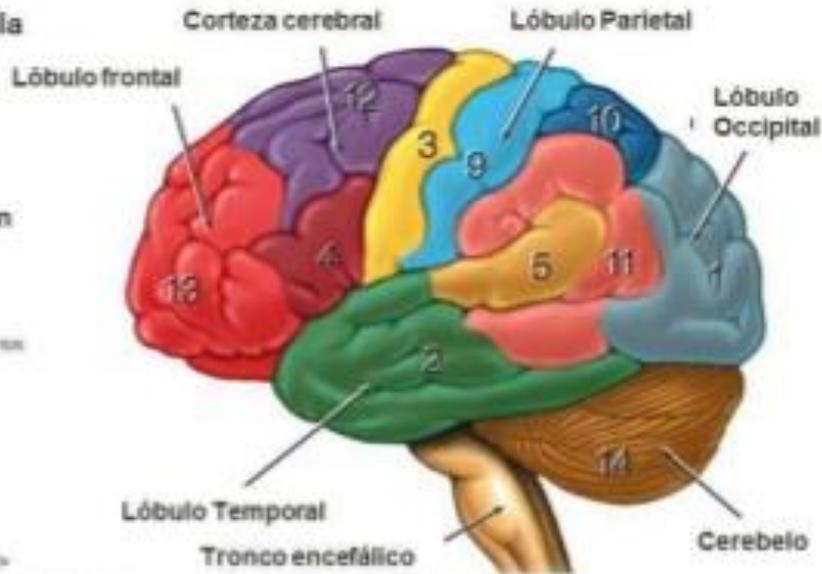
Anatomía y Áreas Funcionales del Cerebro

Áreas funcionales de la corteza cerebral

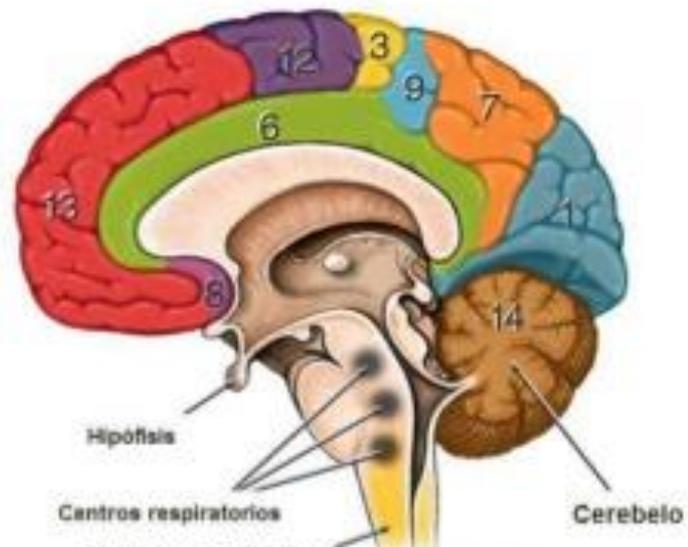
- 1 **Área Visual**
Vista
Percepción de imagen
Reconocimiento de imagen
- 2 **Área de Asociación**
Memoria a corto plazo
Equilibrio
Emoción
- 3 **Área Motora**
Inicio de movimientos voluntarios
- 4 **Área de Broca**
Músculos del habla
- 5 **Área Auditiva**
Sonidos
- 6 **Área Emocional**
Dolor
Miedo
Respuesta de alivio a huesos
- 7 **Área de Asociación Sensitiva**
- 8 **Área Olfatoria**
- 9 **Área Sensitiva**
Sensación de tacto y piel
- 10 **Área de Asociación Somatosensorial**
Evaluación de peso, textura, temperatura, etc. para reconocimiento de objetos
- 11 **Área de Wernicke**
Comprensión del lenguaje escrito y hablado
- 12 **Área Motora**
Movimiento ocular y orientación
- 13 **Funciones Mentales Superiores**
Concentración
Planificación
Juicio
Expresión emocional
Creatividad
Indeciso

Áreas funcionales del Cerebelo

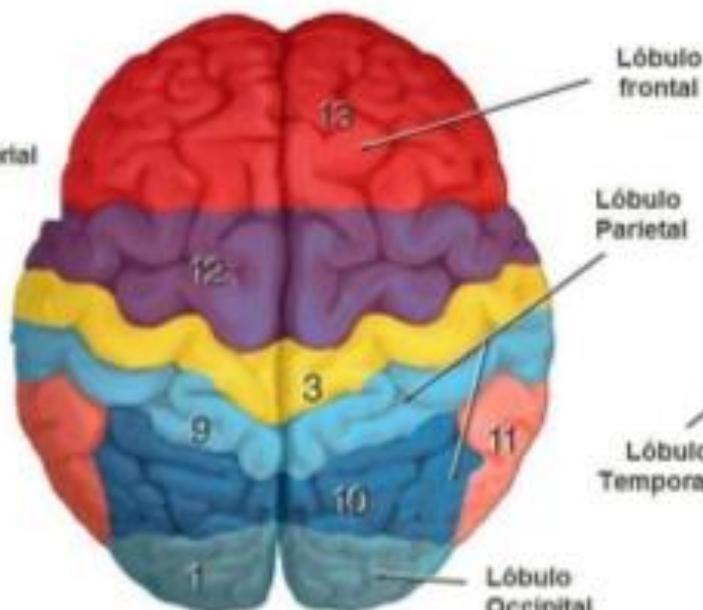
- 14 **Funciones Motoras**
Coordinación del movimiento
Balanza y Equilibrio
Postura



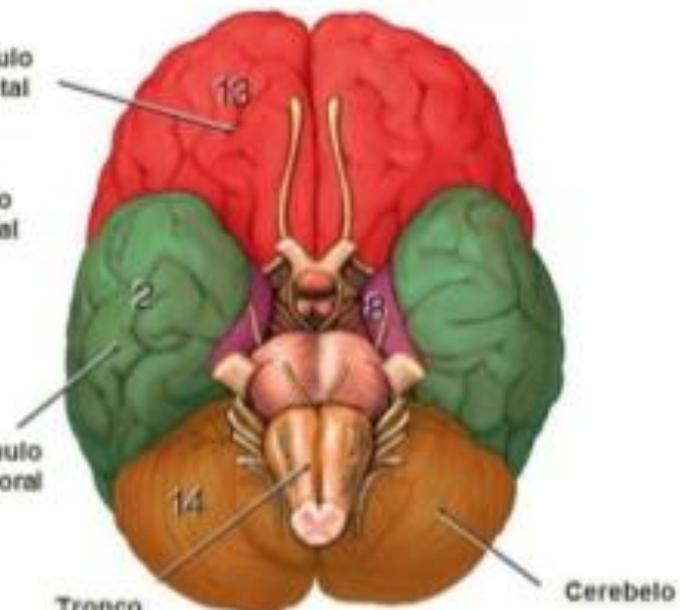
VISTA LATERAL



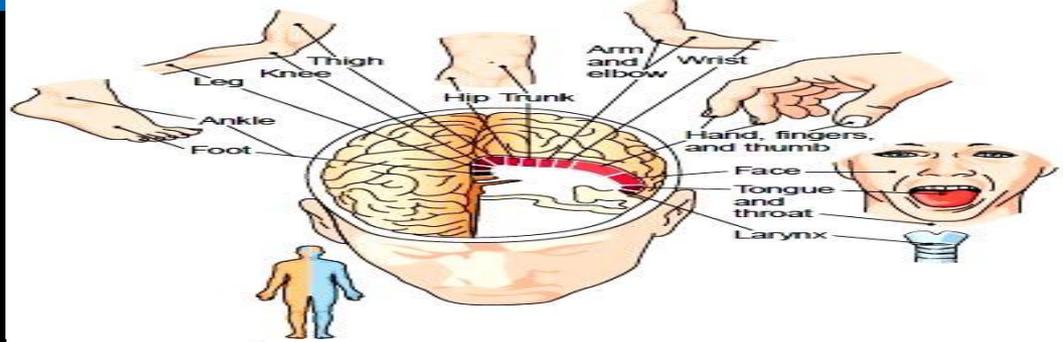
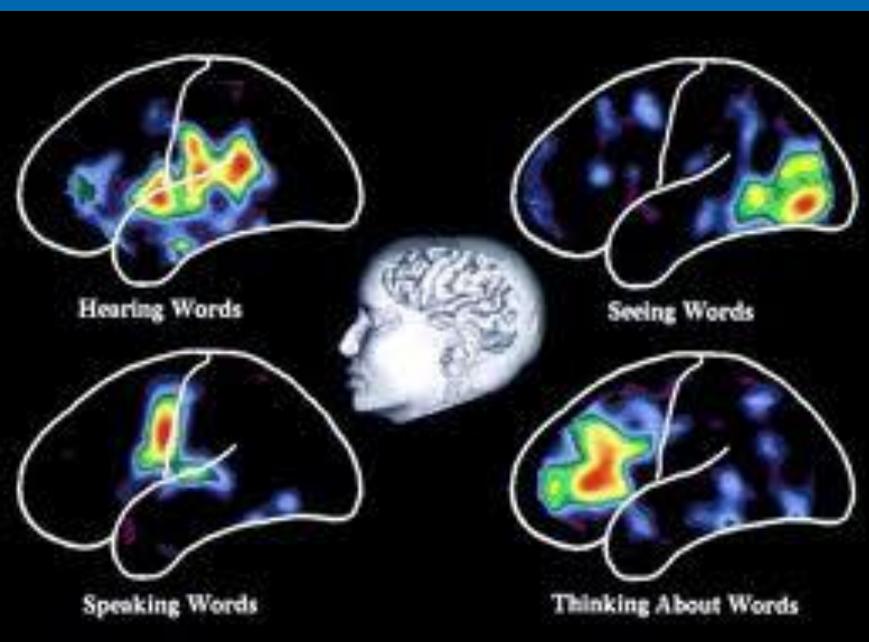
VISTA SAGITAL



VISTA SUPERIOR

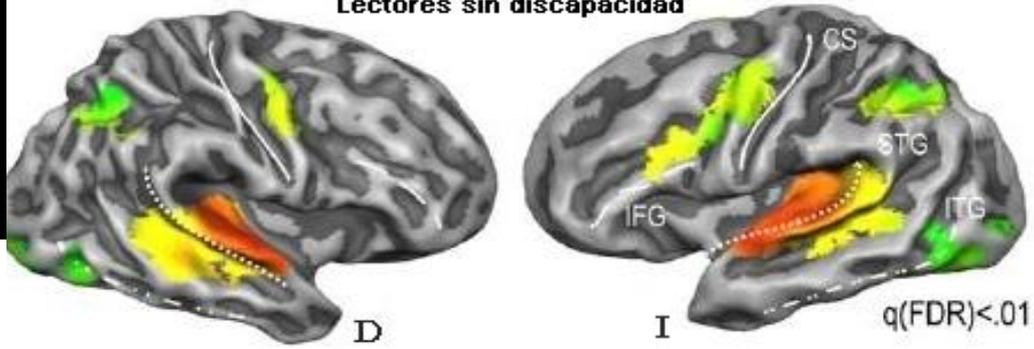


VISTA INFERIOR

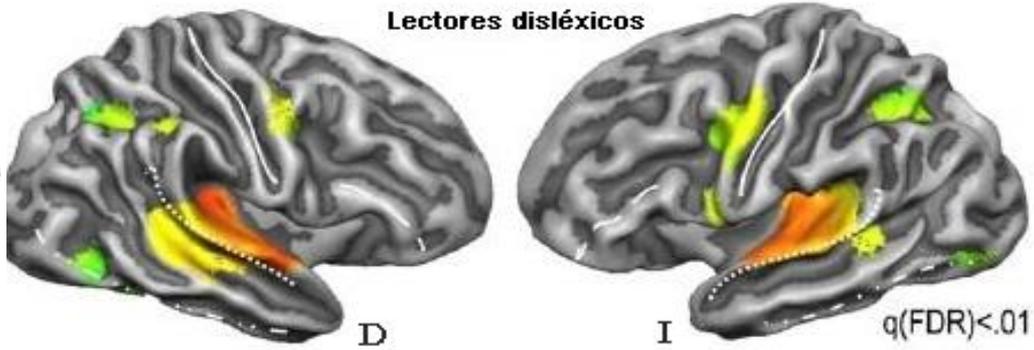


ACTIVACIÓN POR LETRAS Y SONIDOS DEL HABLA

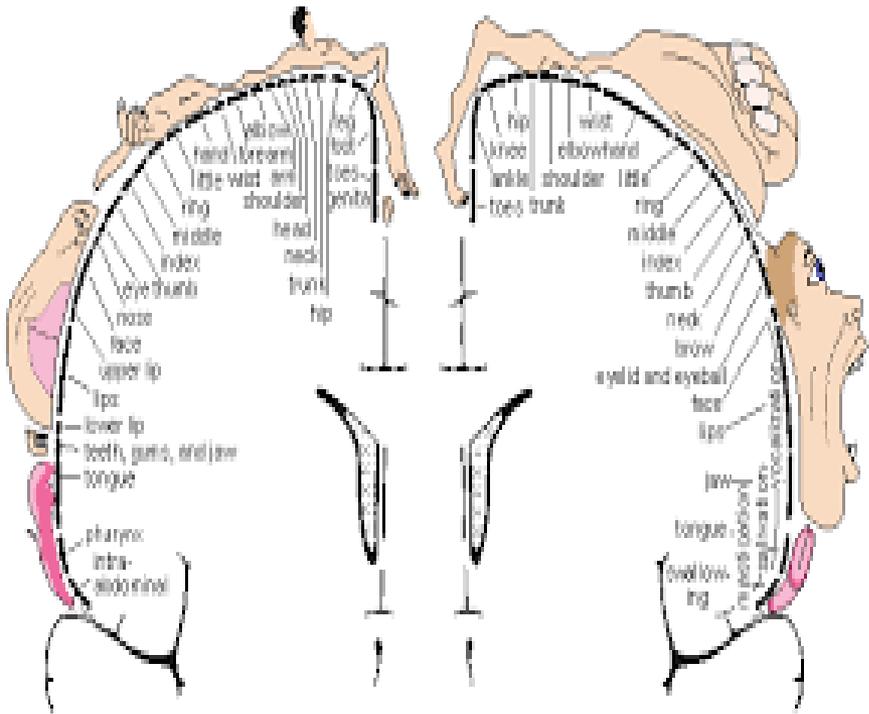
Lectores sin discapacidad



Lectores disléxicos



Auditivo [Color scale from red to green] **Visual**

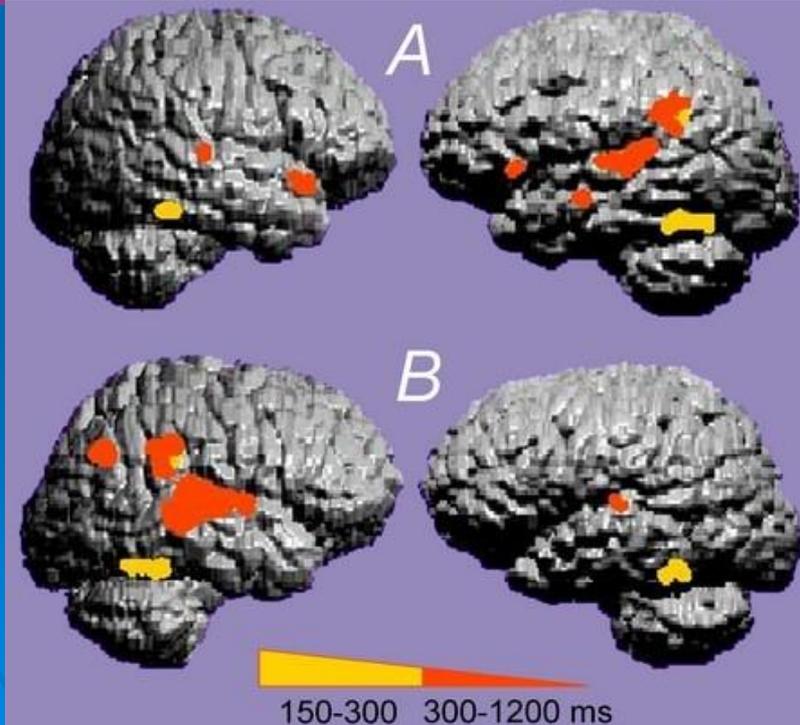
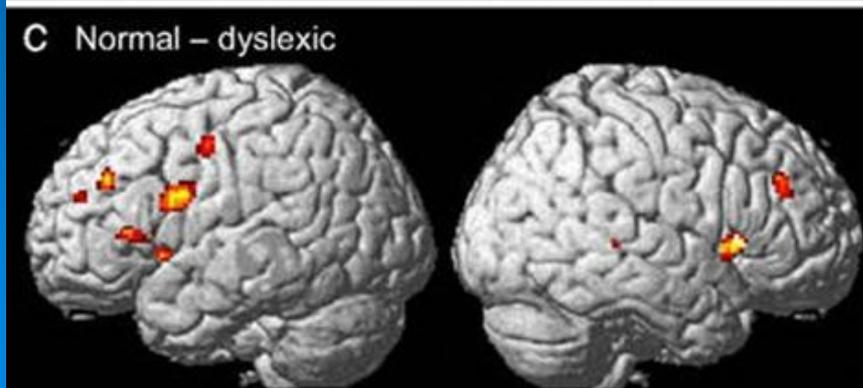
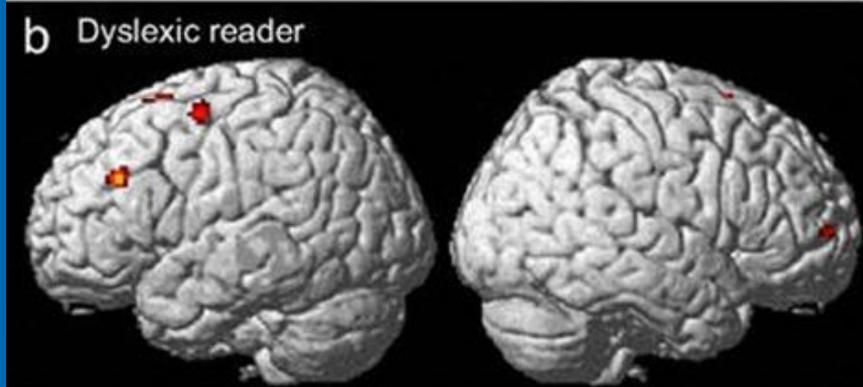
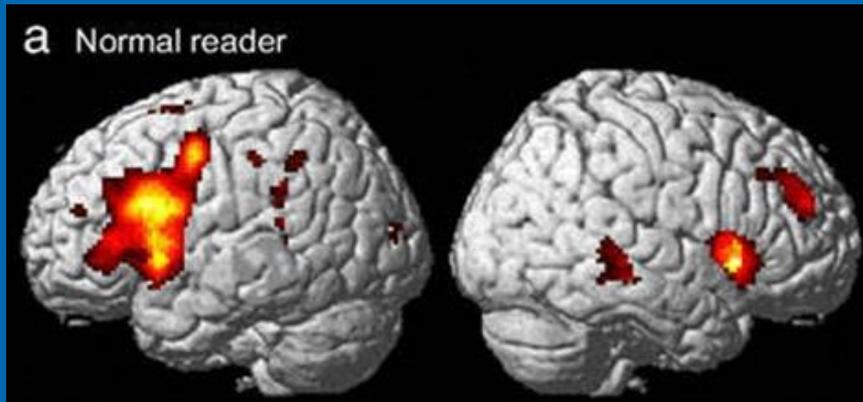


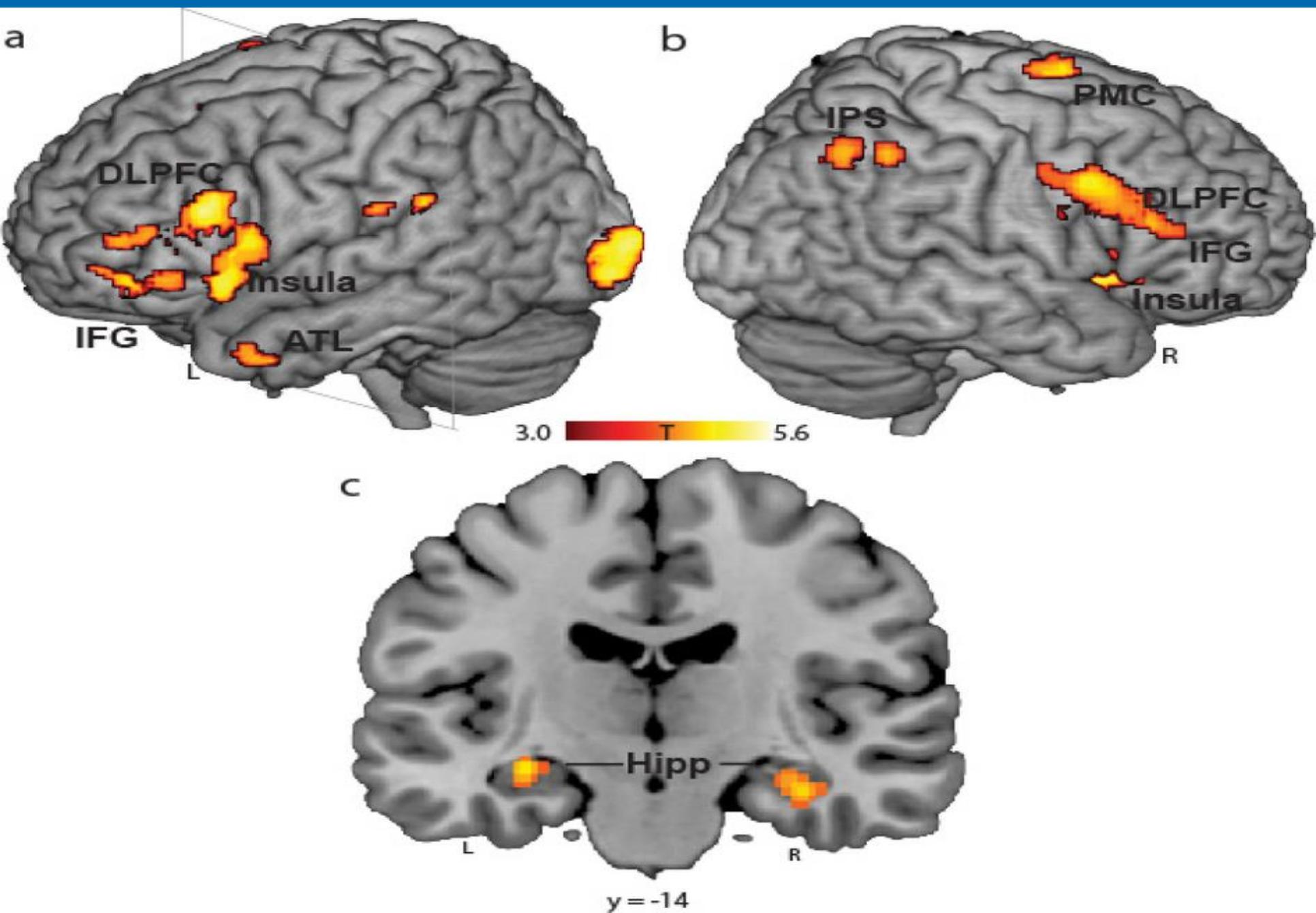
SENSORY CORTEX

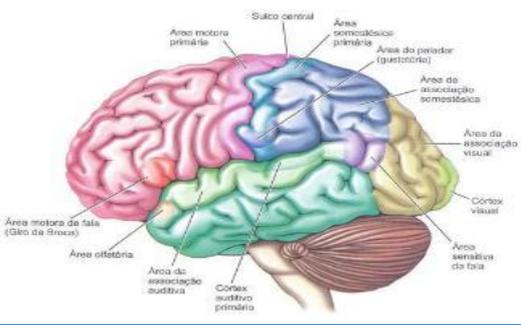
MOTOR CORTEX

Patrón de respuesta de las regiones cerebrales que procesan sonidos del habla (rojo), letras (verde) o ambas condiciones sensoriales (amarillo). Imagen obtenida mediante Resonancia Magnética Funcional.

Las dificultades disléxicas son el resultado de disfunciones en los procesos cognitivos y de la relación emocional que establecemos con toda aquella información que debemos procesar

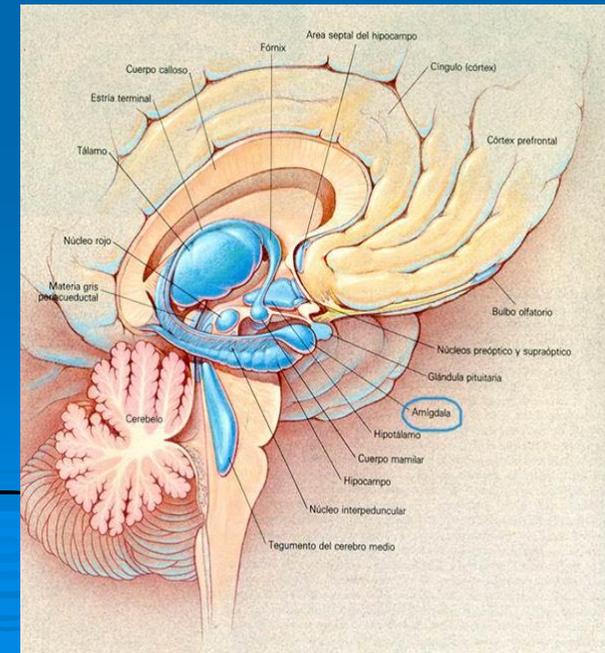






Unidades Funcionales

- **1. Primera Unidad Funcional: Unidad para Regular Tono y Vigilia, y Estados Mentales.**
 - Sistema reticular ascendente:
 - Sistema reticular descendente:
- **2. Segunda Unidad Funcional: Unidad para Recibir, Analizar y Almacenar Información.**
 - **Lóbulo Parietal.**
 - **Lóbulo Temporal.**
 - **Lóbulo Occipital.**
- **3. Tercera Unidad Funcional: Unidad para Programar, Regular y Verificar la Actividad.**
 - **Lóbulo Frontal.**



Causas de Muerte e Invalidez en Adolescencia Mundial. WHO: 2014

➤ Causas de muerte en la adolescencia

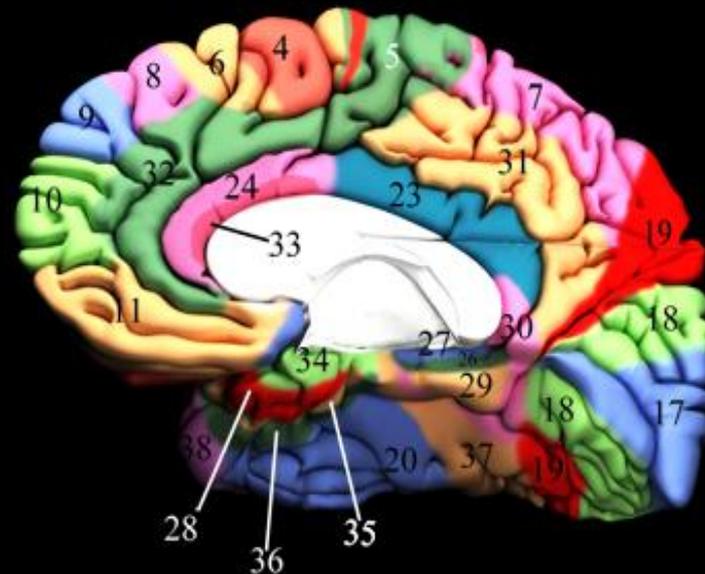
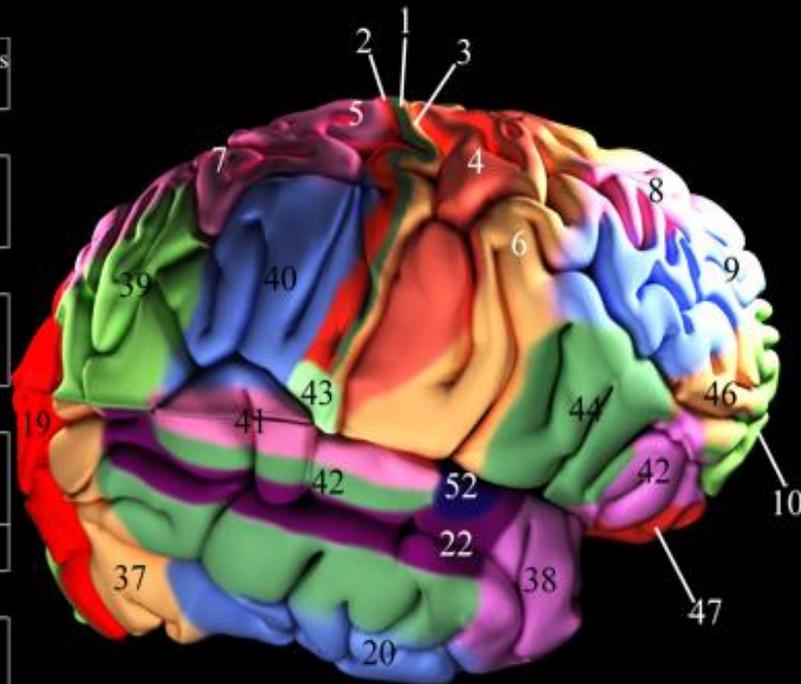
1. Lesiones por acc de tráfico.
2. HIV/AIDS
3. Suicidio.
4. Infecciones respiratorias bajas.
5. Violencia.
6. Diarrea.
7. Ahogamiento.
8. Meningitis.
9. Epilepsia.
10. Enfermedades endocrinas, sanguíneas, autoinmunes.

➤ Causas de Enfermedad y Discapacidad.

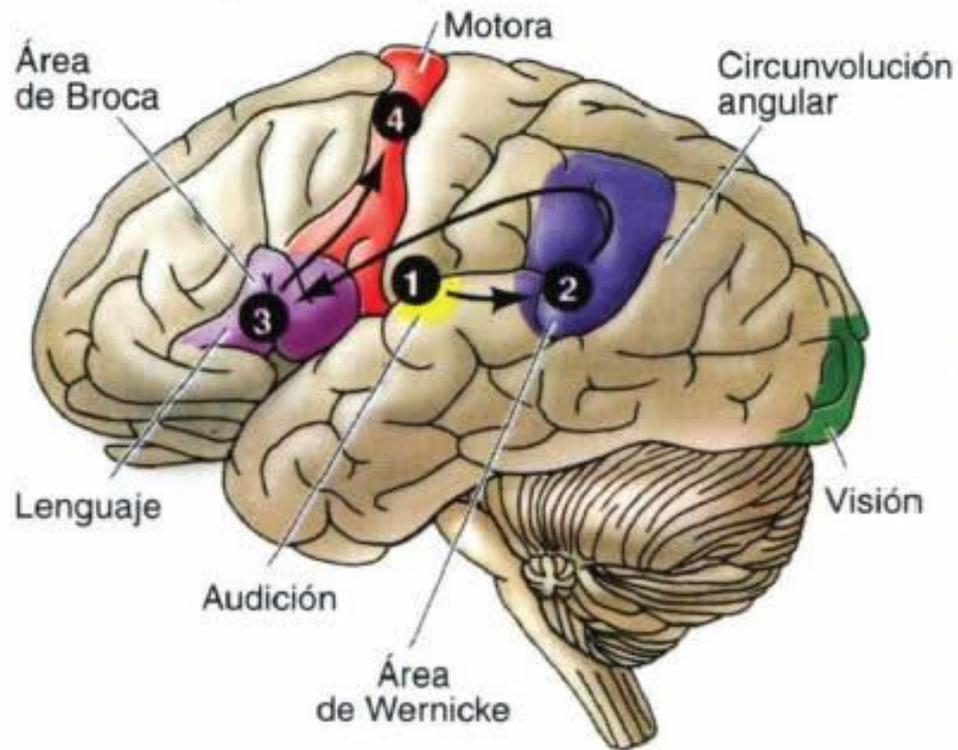
1. Depresión
2. Lesiones por Acc. de Tráfico.
3. Anemia
4. HIV/AIDS
5. Autolesiones.
6. Dolor de cuello y espalda.
7. Diarrea.
8. Trastornos de Ansiedad.
9. Asma.
10. Infecciones Respiratorias bajas.

Aprendizaje bases morfológicas

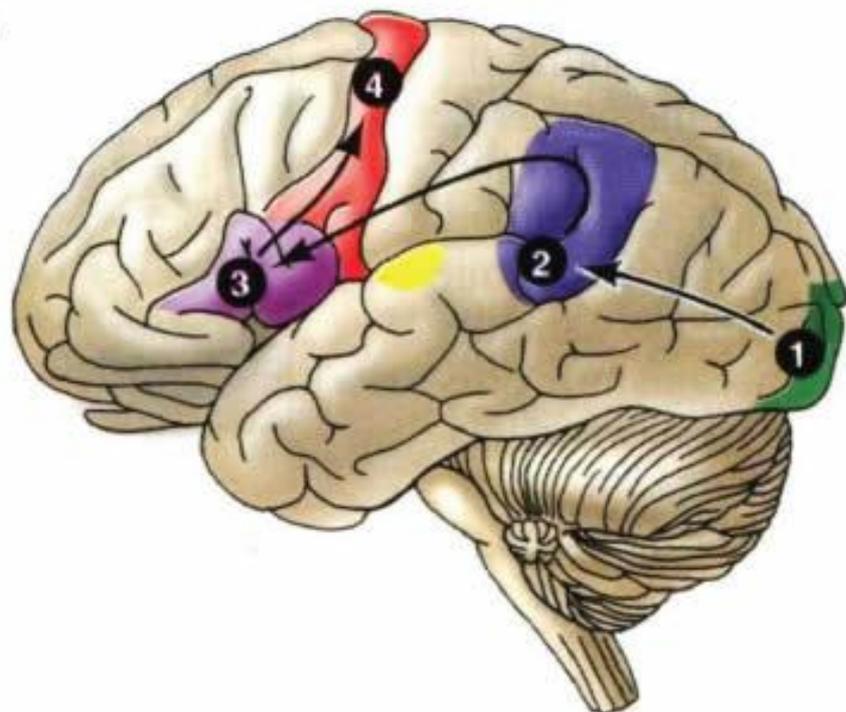
Función	Área de Brodmann y los procesos asociados.
<i>Visión</i>	
primaria	17
secundaria	18, 19, 20, 21, 37
<i>Audición</i>	
Primaria	41
secundaria	22, 42
<i>Sensación corporal</i>	
Primaria	1, 2, 3
secundaria	5, 7
Sensación, terciaria	7, 22, 37, 39, 40
<i>Motor</i>	
Primaria	4
secundaria	6
Movimiento ocular	8
lenguaje	44
Motor, terciaria	9, 10, 11, 45, 46, 47



A. Repetir una palabra escuchada



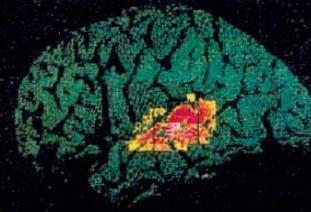
B. Decir una palabra escrita



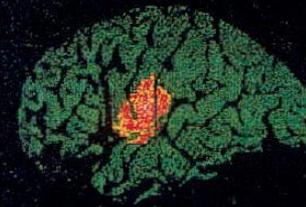
A Looking at words



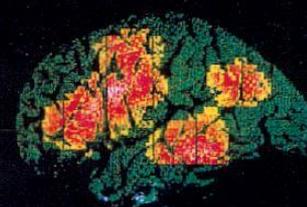
B Listening to words



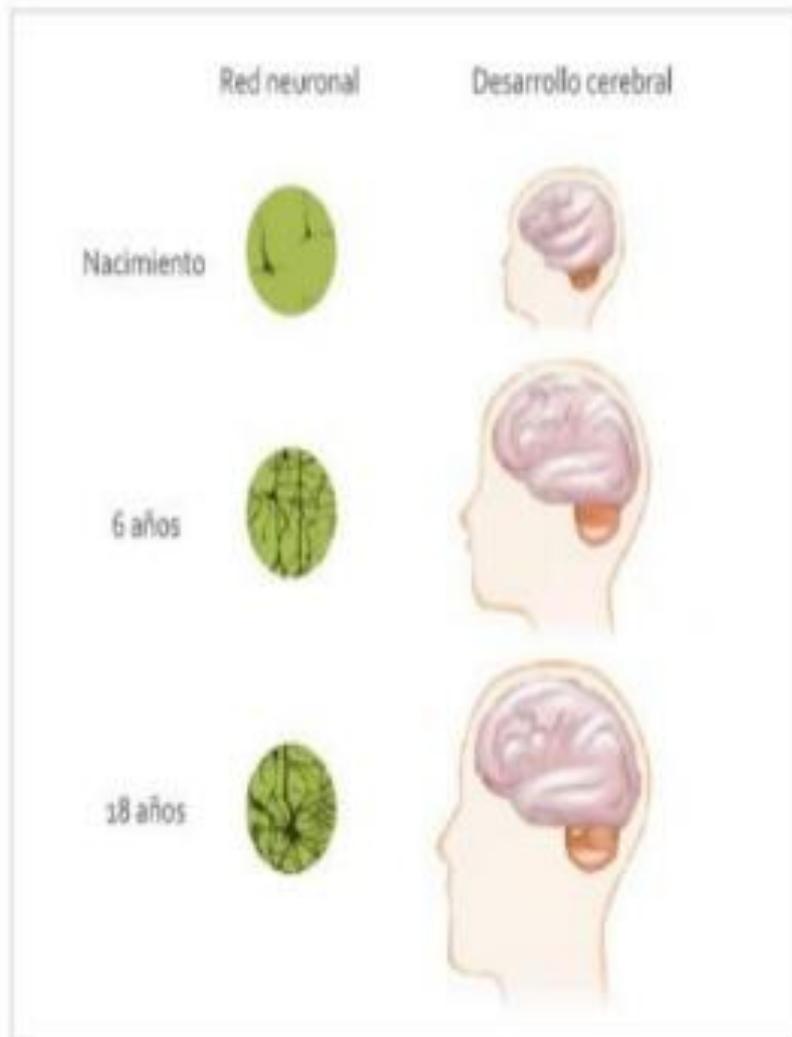
C Speaking words



D Thinking of words



Desarrollo cerebral

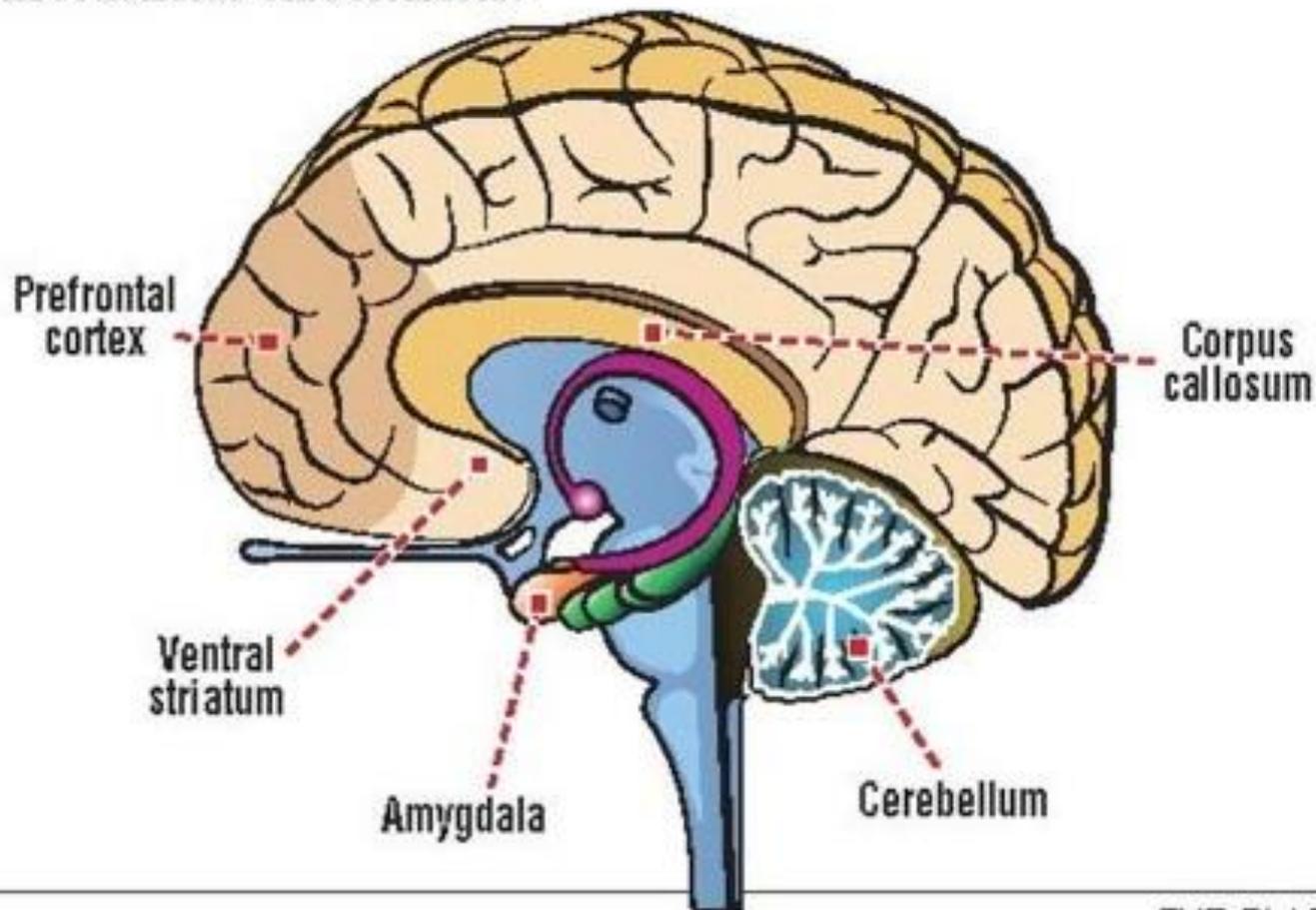


El desarrollo cerebral estudiado mediante electroencefalografía (EEG) nos permite observar cambios intermitentes a lo largo de la etapa infantil con diferencias regionales importantes.

- El primer crecimiento de conexiones nerviosas tiene lugar entre los 2 y 5 años, un período en el que prospera la representación y el lenguaje.
- Otro gran desarrollo se da entre los 8 y 10 años, etapa de adquisición de muchos contenidos escolares.
- El tercer gran aumento, sobre todo en áreas centrales y posteriores corticales, se lleva a cabo alrededor de la adolescencia y tiene que ver con el pensamiento lógico-abstracto

EL CEREBRO ADOLESCENTE

El cortex prefrontal, es llamado "cerebro ejecutivo". Pero no alcanza la plenitud de su funcionamiento hasta la juventud. Entre tanto, el estriado ventral hace a los adolescentes mas sensibles a la recompensa, y la amigdala los hace menos sensibles al castigo y las consecuencias emocionales.



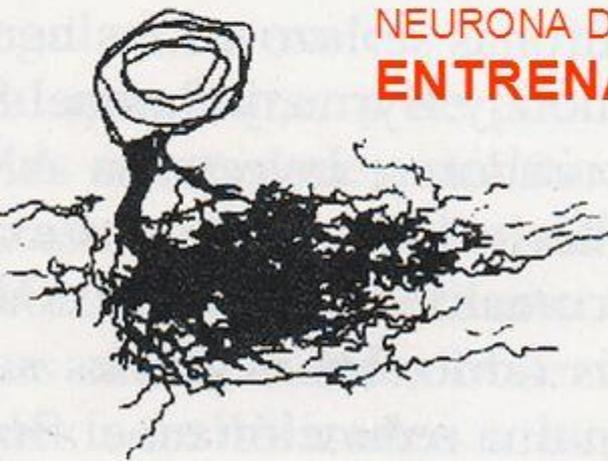
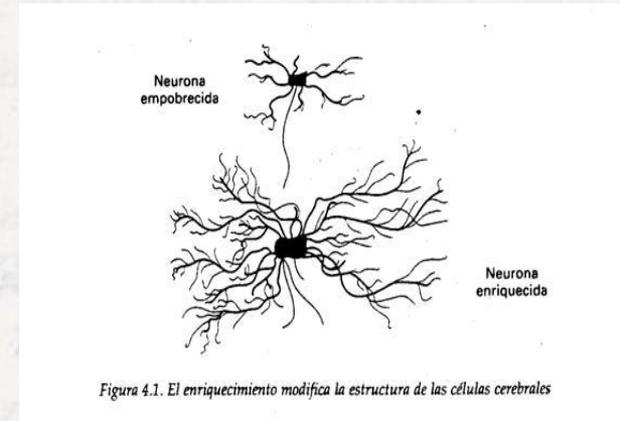
Desarrollo cerebro Adolescente

- **Proliferación:** Crecimiento rápido de la sustancia gris, con formación de nuevas conexiones.
- **Pruning (Poda):** Disminución-eliminación de las conexiones poco importante o escasamente utilizadas.
- **Mielinización:** haciéndose mas rápidas y estables las vías de conexión

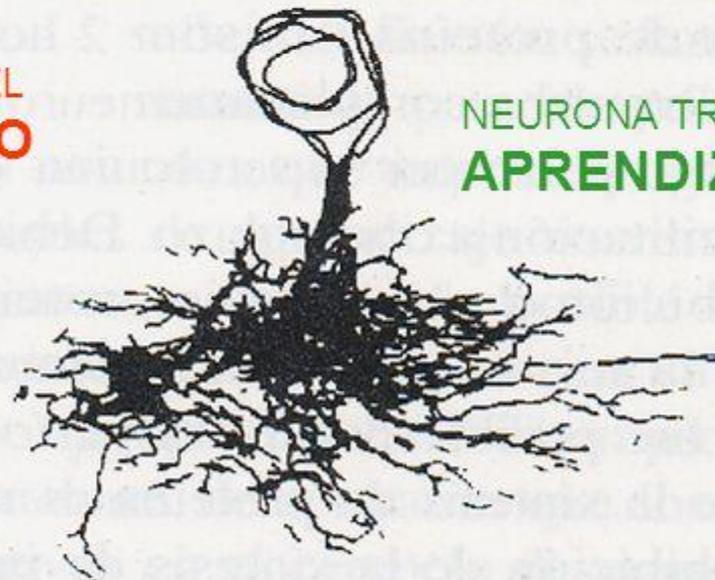
Neuroplasticidad



NEURONA EN
ESTADO NATURAL



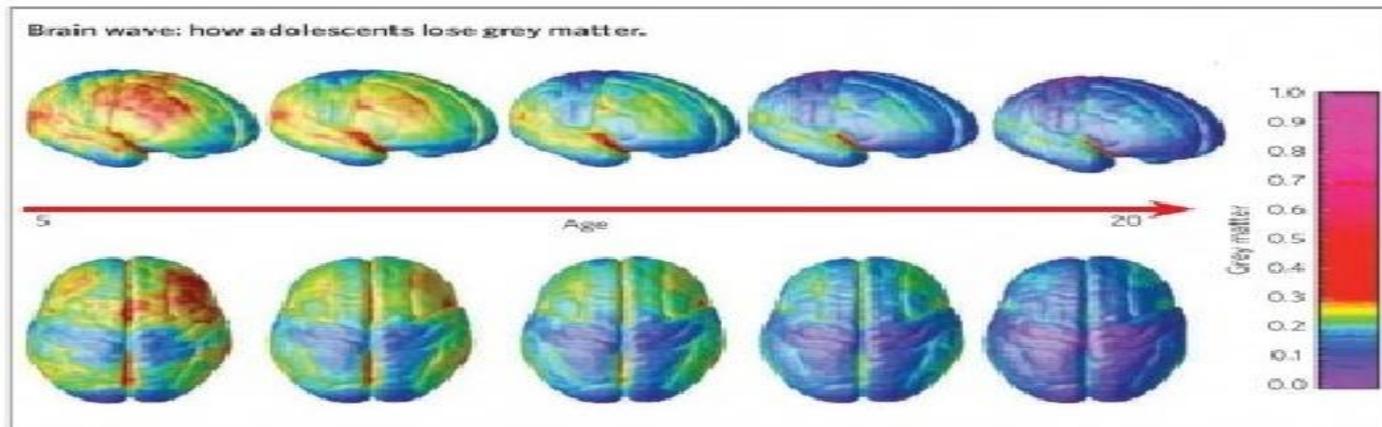
NEURONA DURANTE EL
ENTRENAMIENTO



NEURONA TRAS EL
APRENDIZAJE

Corteza-sustancia gris

- Sustancia gris se desarrolla rápidamente durante la infancia, después disminuye en la adolescencia.
- Tiene un pico de volumen a los 11 años en las niñas y a 13 en los varones.
- Posteriormente comienza a disminuir



Proceso Madurativo morfológico y funcional

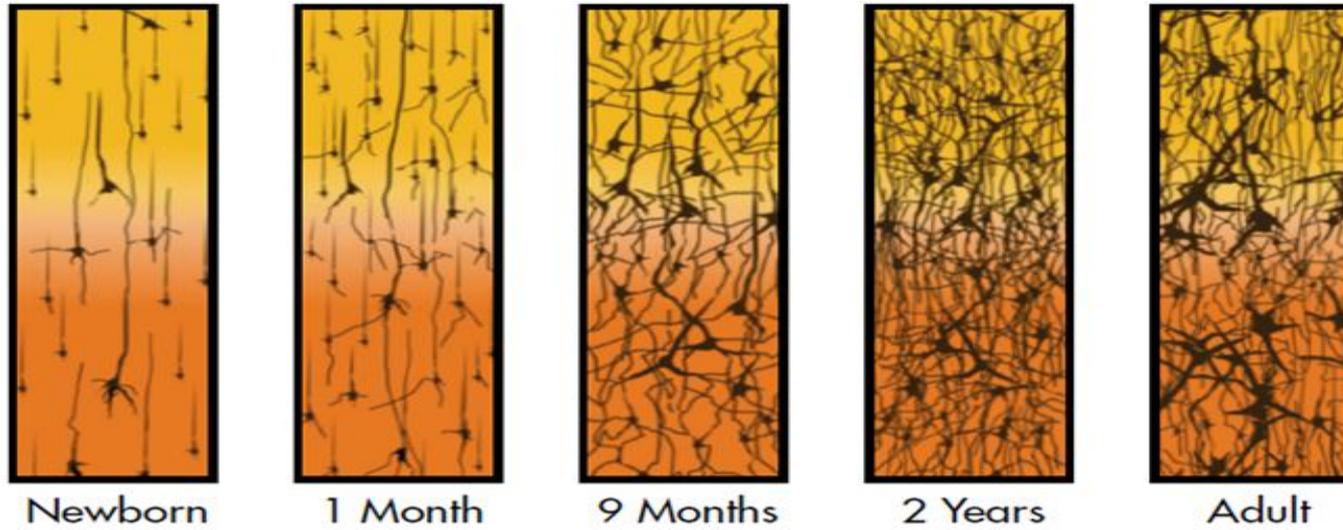
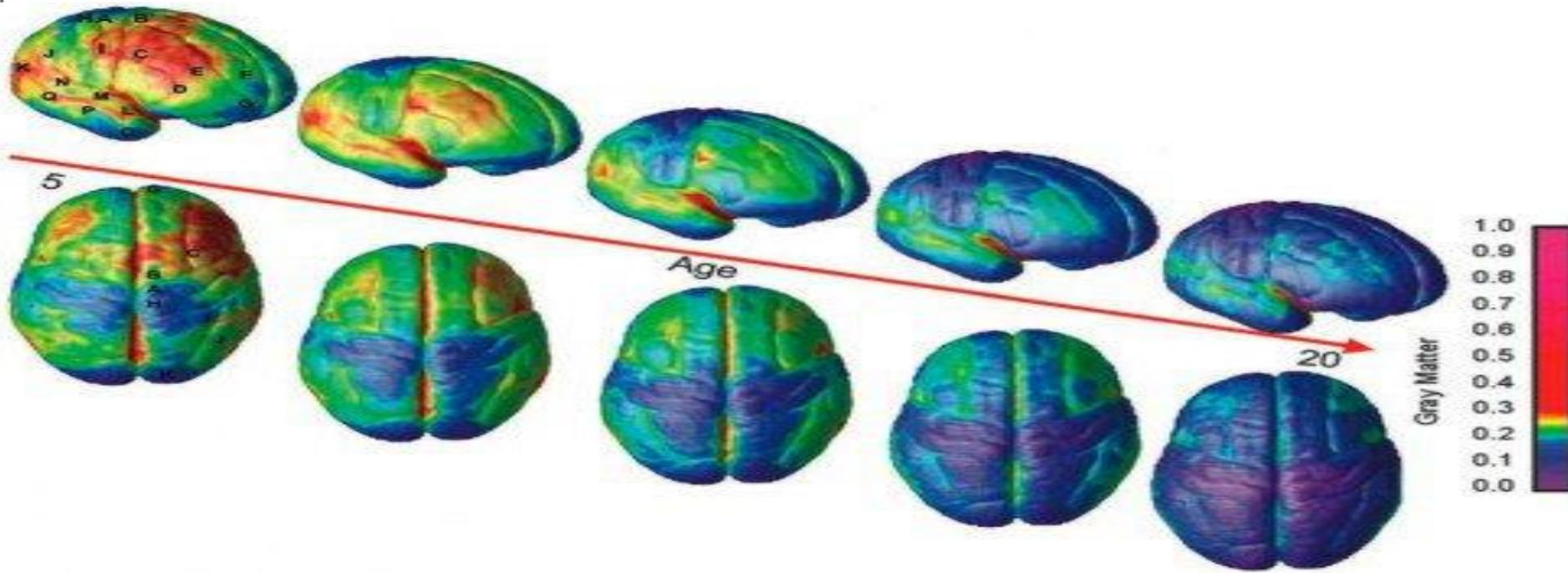
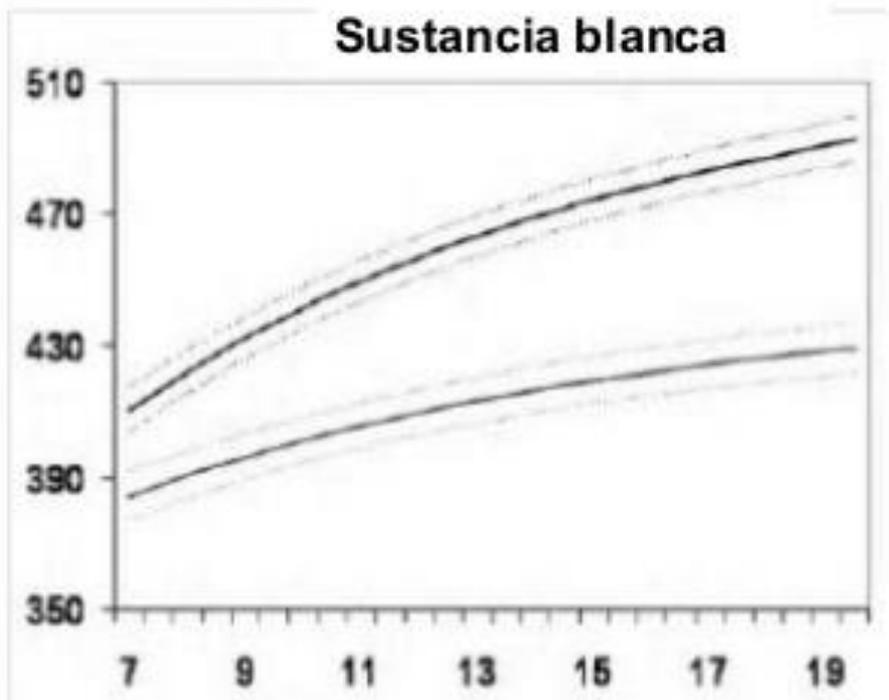
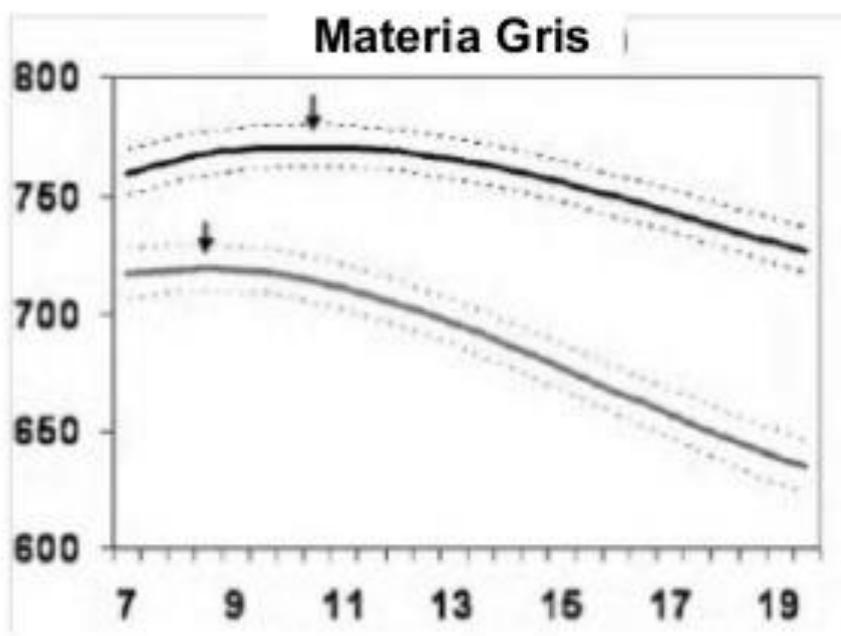


FIGURE 3:
Synapse Density
Over Time

Source: Corel, J.L.
The postnatal
development of the
human cerebral cortex.
Cambridge, MA:
Harvard University
Press; 1975.



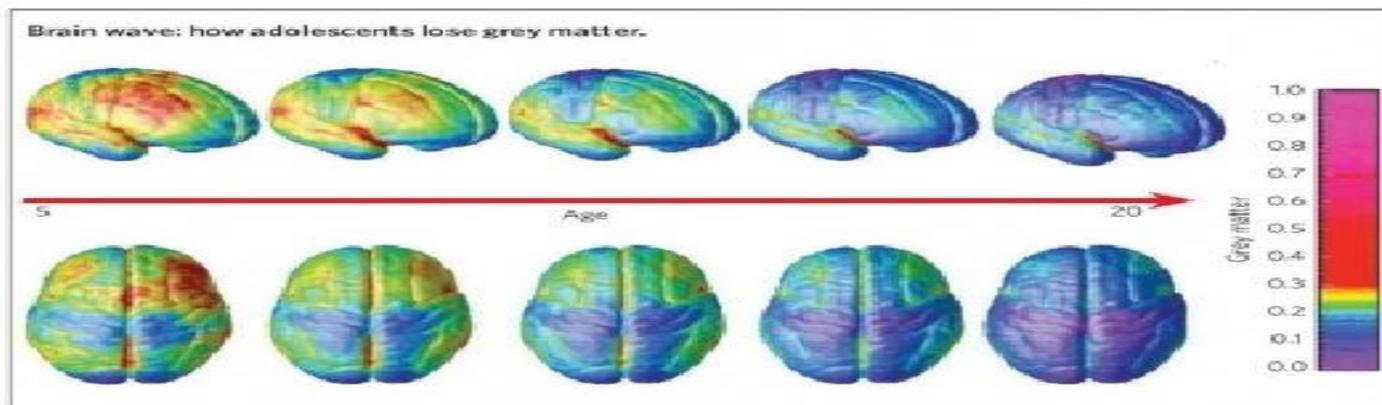


A medida que transcurre la adolescencia, disminuye la materia gris y aumenta la sustancia blanca. Por lo tanto habrá eliminación de neuronas en áreas de mayor conectividad.

Proceso que sigue.

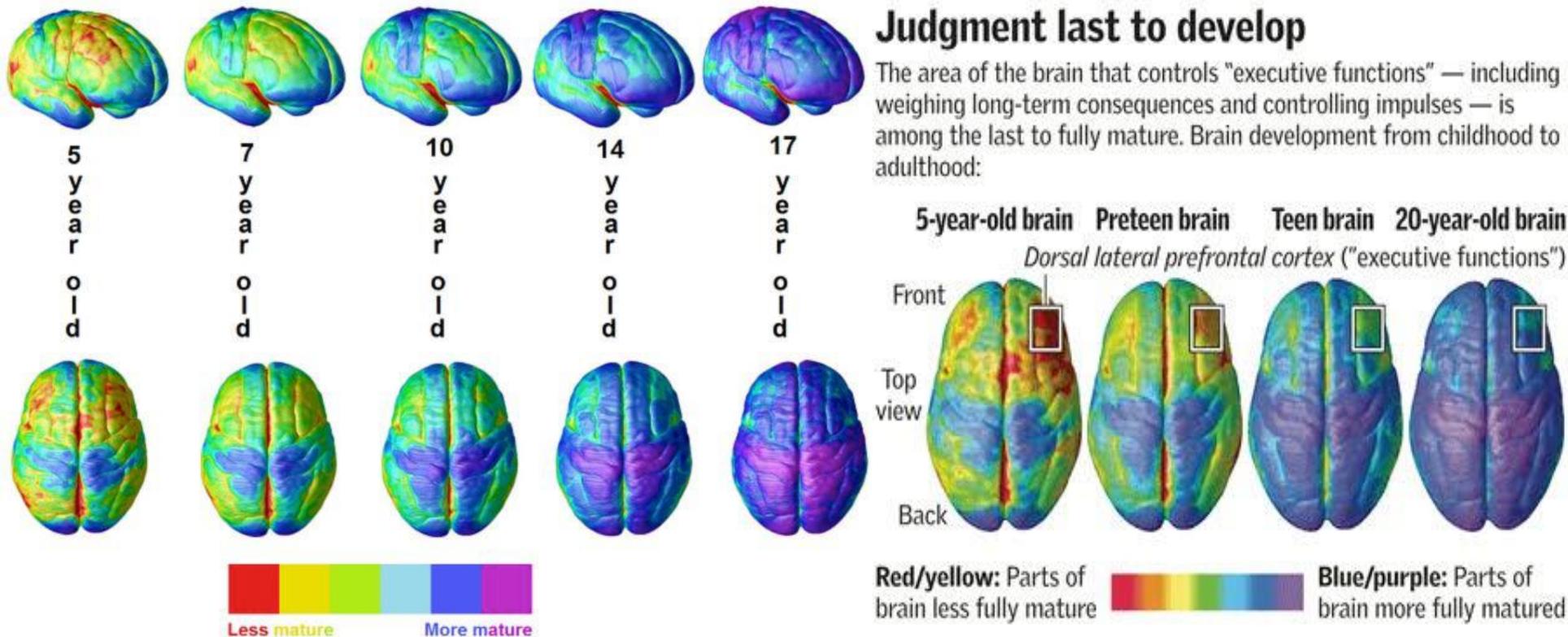
- Su cerebro continua el crecimiento.
- A los seis años de edad esta desarrollado el 90% cerebro. El otro 10% tardará en desarrollarse hasta los 20 años.
- Hasta los 12 solo es crecimiento, las neuronas empiezan a expandir sus conexiones para establecer conexiones con otras áreas cerebrales. Es la proliferación de la materia gris, para coordinar acciones motoras y sensoriales.

Paul Thompson. UCLA, neuroimaging



Lo último que se desarrolla es el juicio

- El área cerebral que se desarrolla en último lugar es el que interviene en las funciones ejecutivas, incluyendo la capacidad de prever; el control de impulsos es lo último en madurar



Sources: National Institute of Mental Health;
Paul Thompson, Ph.D., UCLA Laboratory of
Neuro Imaging

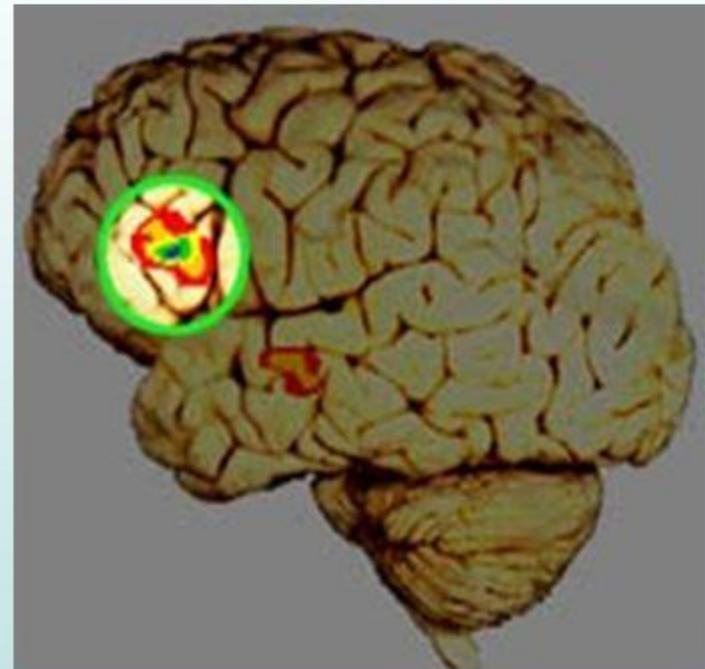
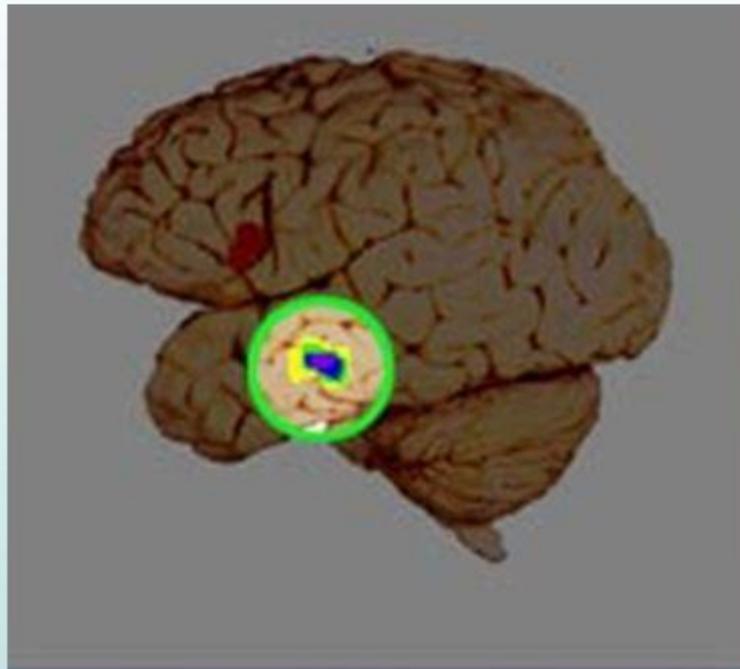
Thomas McKay | The Denver Post

Funciones Ejecutivas. Desarrollo Cerebral

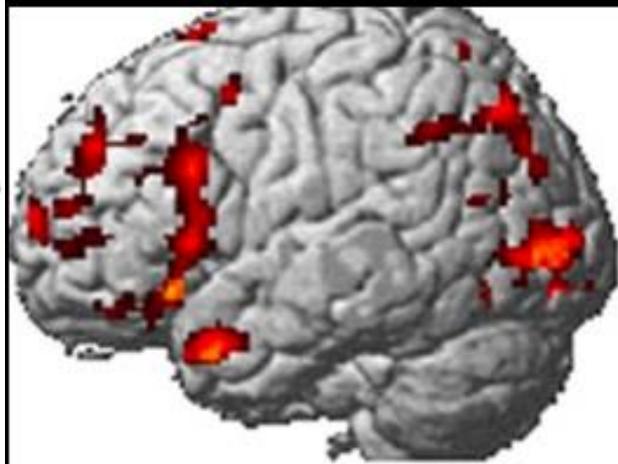
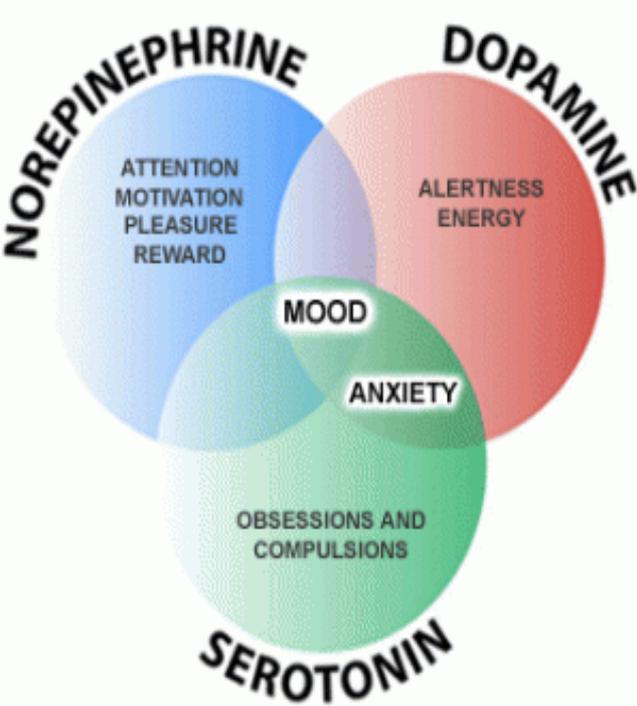
- Diferencias entre sexos.
- [Puberty Influences Medial Temporal Lobe and Cortical Gray Matter Maturation Differently in Boys Than Girls Matched for Sexual Maturity](#) Jennifer E. Bramen, Jennifer A. et al. Cereb Cortex. 2011 Mar; 21(3): 636–646.
- En otros estudios radiológicos:
- Adultos jóvenes 23-30 años vs Adolescentes 12-16 años.
- Las mayores diferencias:
- En lóbulo frontal.

- Similitudes en lóbulos parietal y temporal.
- El incremento de la mielinización del lóbulo frontal en el adulto, apoya la maduración del proceso cognitivo y otras funciones ejecutivas.

Teens used less of the prefrontal region while more emotional regions were activated



Studies by Yurgelun-Todd, Director of
Neuropsychology and Cognitive Neuroimaging,
Belmont, Mass.

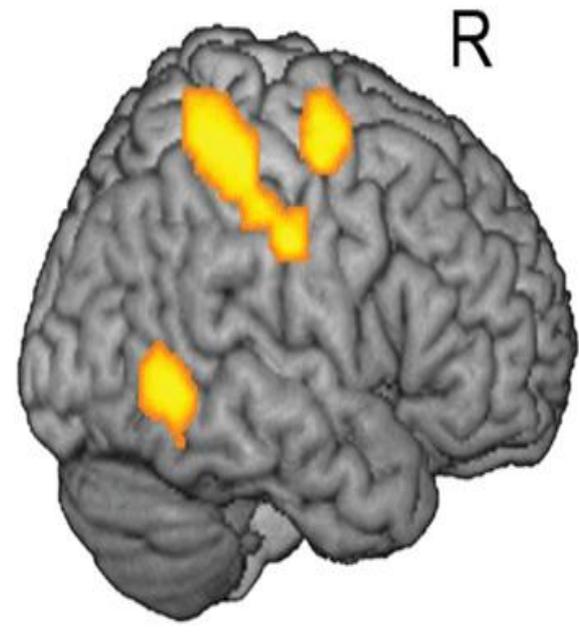
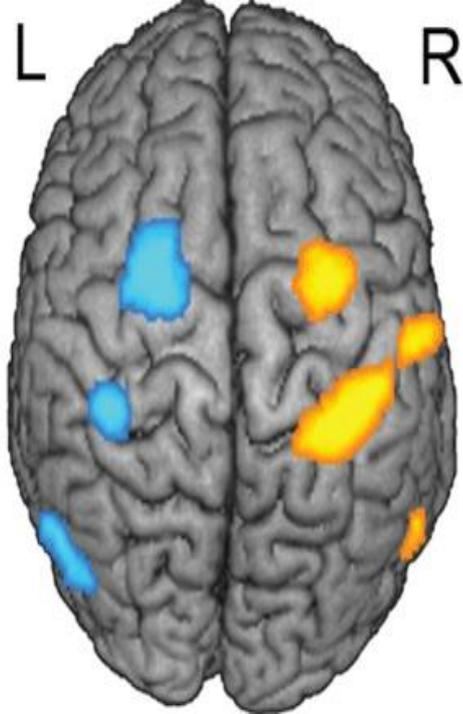
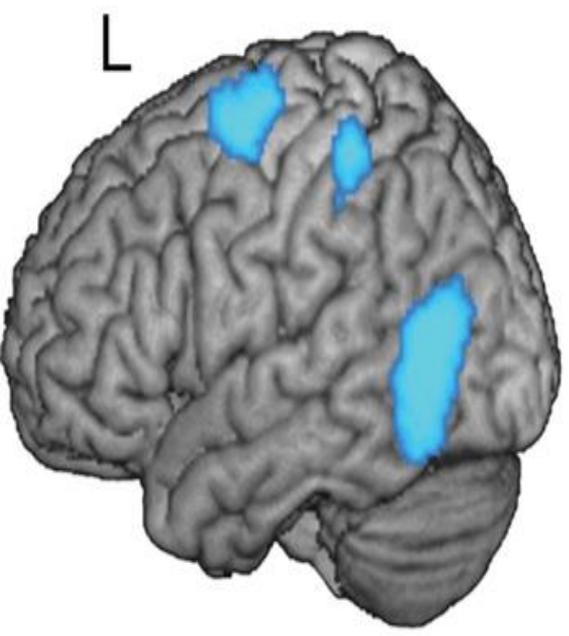


HAPPY



SAD

Carnegie Mellon University



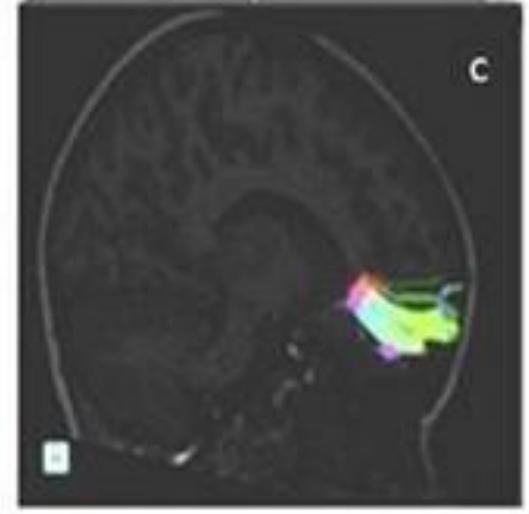
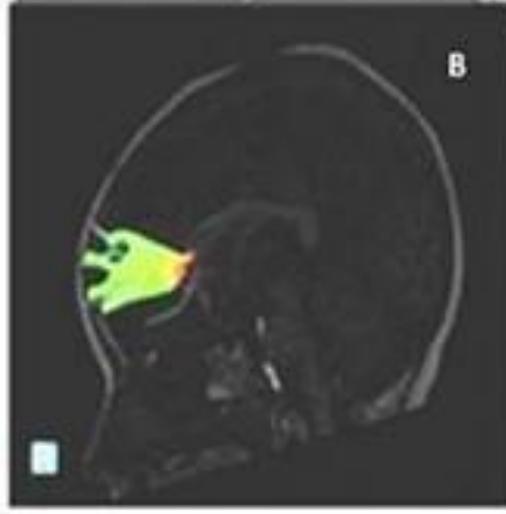
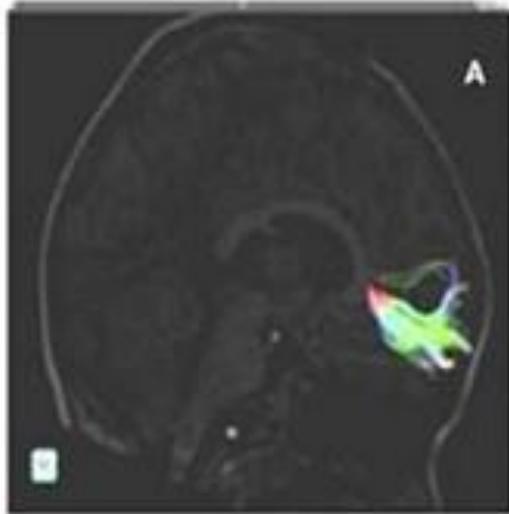
 Left-handers
 Right-handers

TRASTORNOS DEL NEURODESARROLLO QUE INCIDEN EN EL APRENDIZAJE Y LA CONDUCTA

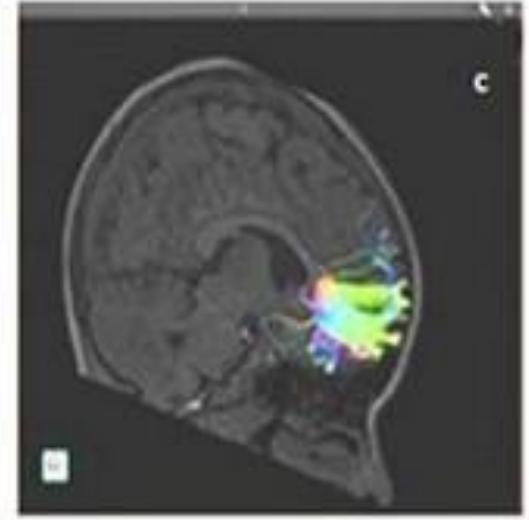
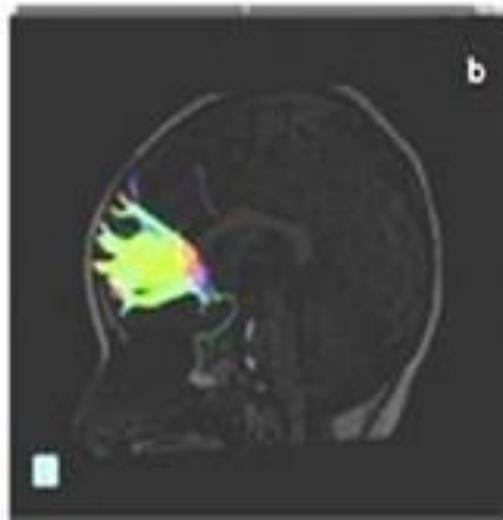
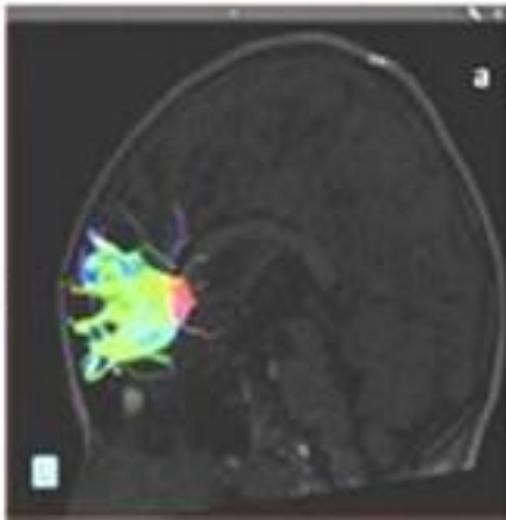
- **Trastorno de Tourette/ Trastorno obsesivo-compulsivo**
- **Trastornos generalizados del desarrollo**
- **Trastornos de la comunicación**
- **Trastornos del aprendizaje**
- **Trastorno del desarrollo de la coordinación**
- **Trastornos de conducta**
- **Trastornos de ansiedad**
- **Depresión y otros trastornos afectivos. Trastorno bipolar**
- **Retraso mental**
- **Trastorno del aprendizaje no verbal**

El aprendizaje musical crea neuronas que mejoran el TDAH

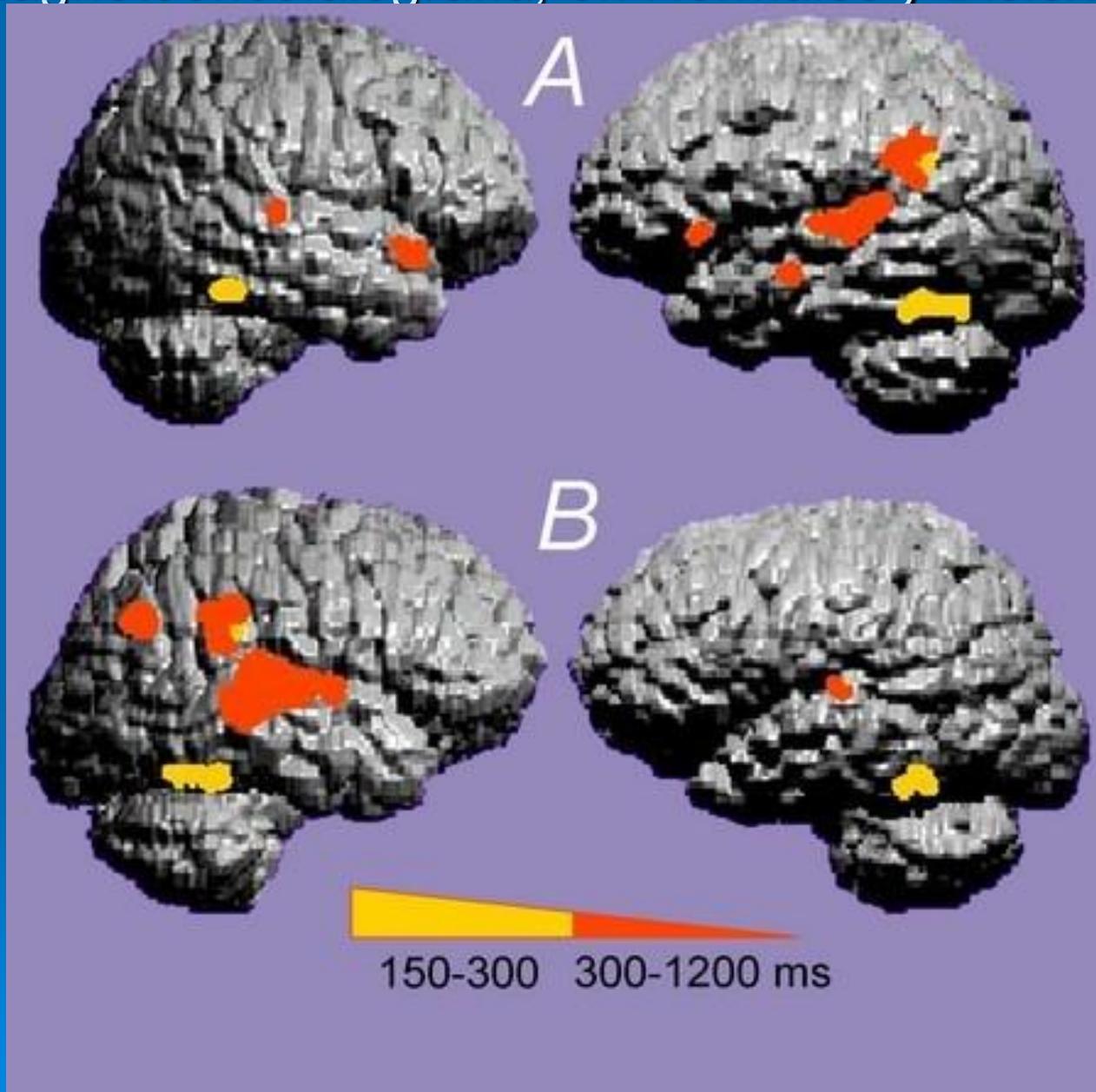
PRE



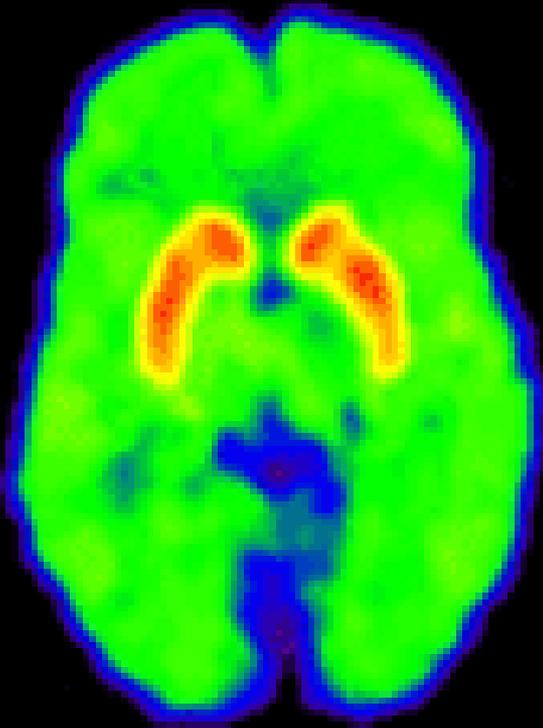
POST



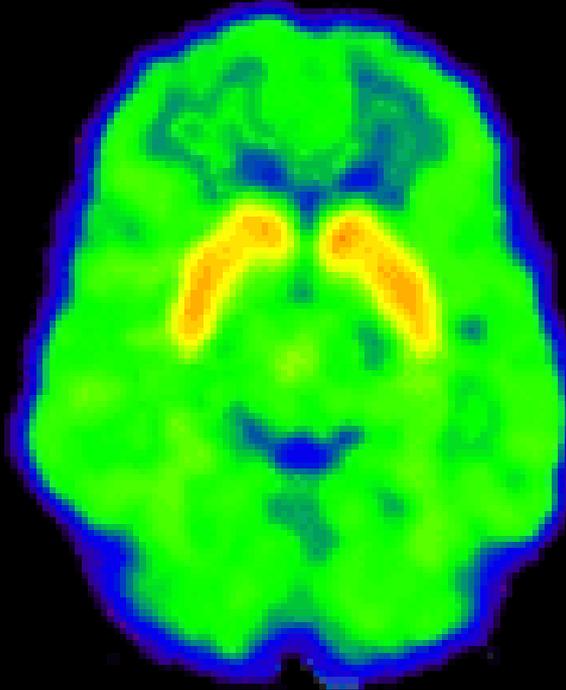
Magnetoencefalografía, en Normales y Dislexicos



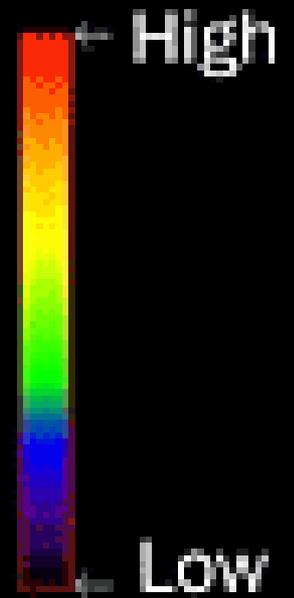
Transportadores de Dopamina



Control Subject



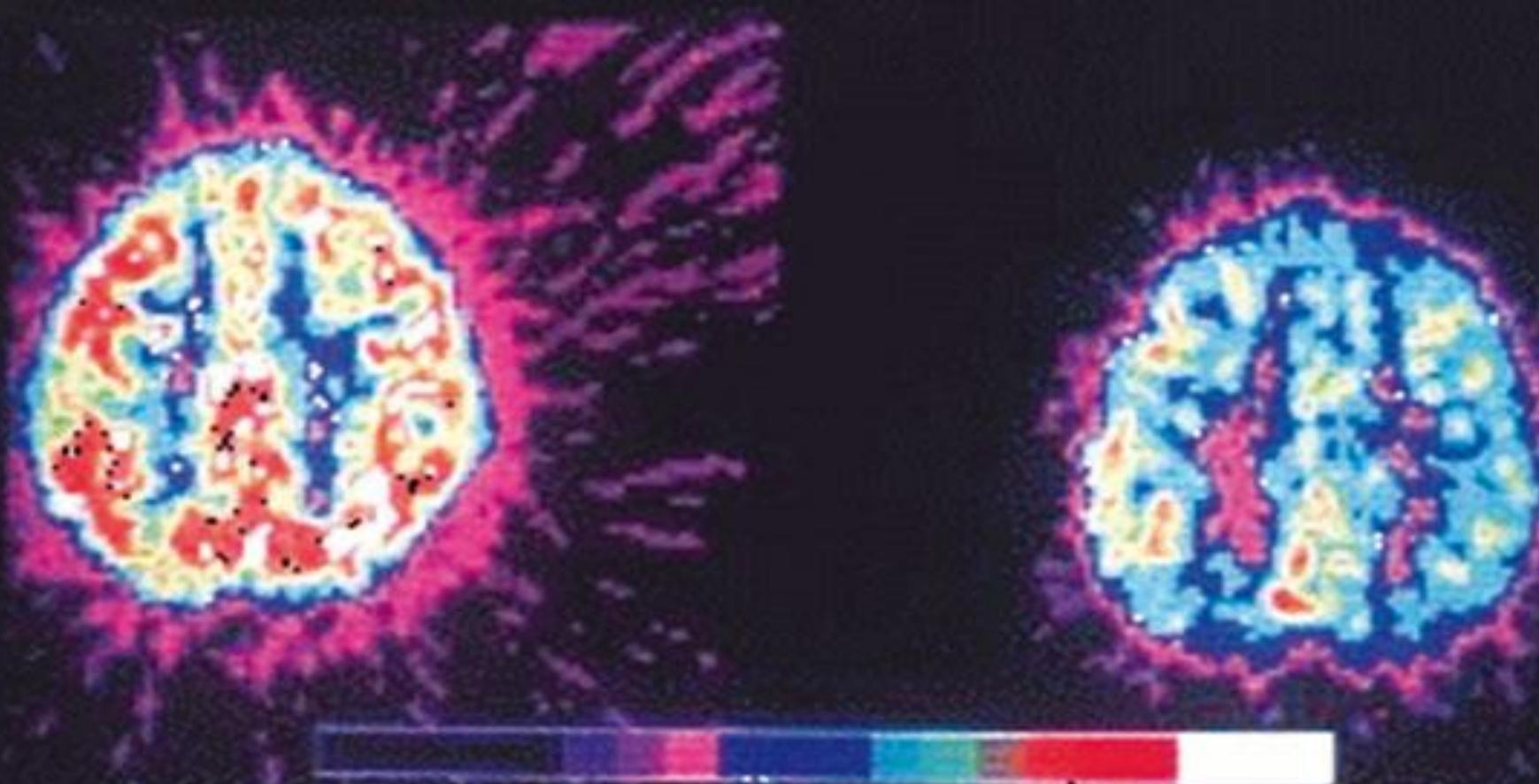
ADHD Subject



**Subcortical brain volume differences in participants
with attention deficit hyperactivity disorder in
children and adults: a cross-sectional mega-analysis**

- Our sample comprised 1713 participants with ADHD and 1529 controls from 23 sites with a median age of 14 years (range 4–63 years). The volumes of the accumbens (Cohen's $d=-0.15$), amygdala ($d=-0.19$), caudate ($d=-0.11$), hippocampus ($d=-0.11$), putamen ($d=-0.14$), and intracranial volume ($d=-0.10$) were smaller in individuals with ADHD compared with controls in the mega-analysis.
- There was no difference in volume size in the pallidum ($p=0.95$) and thalamus ($p=0.39$) between people with ADHD and controls. Exploratory lifespan modelling suggested a delay of maturation and a delay of degeneration, as effect sizes were highest in most subgroups of children (<15 years) versus adults (>21 years): in the accumbens (Cohen's $d=-0.19$ vs -0.10), amygdala ($d=-0.18$ vs -0.14), caudate ($d=-0.13$ vs -0.07), hippocampus ($d=-0.12$ vs -0.06), putamen ($d=-0.18$ vs -0.08), and intracranial volume ($d=-0.14$ vs 0.01).

Actividad metabólica cerebral en personas sin TDAH (izquierda) y con TDAH (derecha)



En resumen

- En la adolescencia, acontece una reorganización fundamental del cerebro apreciable hasta el comienzo de la tercera década de la vida.
- Se caracteriza por un desequilibrio entre los sistemas límbico y de recompensa, que maduran más temprano, y el sistema de control (prefrontal) aún no totalmente maduro.

Carnegie Stages of Human Development

Dr Mark HELL, Cell Biology Lab, School of Medical Sciences (Aukland), UNSW



Gracias por su atencion

Acknowledgements
Special thanks to Dr S. J. DMarco and Prof. Robert Shiner for allowing reproduction of their research images and material from the Kyoto Collection and Ms. E. Hill for image preparation.
© M.A. Hill, 2004