

NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS Y LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

KARLY B. ALVARENGA

[KARLY@UFG.BR](mailto:karly@ufg.br)

AGOSTO 2025

COMO CITAR EN LAS REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Alvarenga, K. (2025). **Neurociencias cognitivas y la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.**

<https://geem.ime.ufg.br/>

VISIÓN GENERAL

ASPECTOS BIOLÓGICOS: UNA RESEÑA HISTÓRICA, LAS INVESTIGACIONES, EL ENCÉFALO, EL CEREBRO, LA CORTEZA, LA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN, ASPECTOS MATEMÁTICOS: ÁREAS DE ACTIVACIÓN.

EMOCIONES, CULTURA, MITOS. ASPECTOS COGNITIVOS MATEMÁTICOS: ATENCIÓN, CREATIVIDAD, MEMORIA, ENFOQUE EN EL DESARROLLO Y LA ESTIMULACIÓN DE LOS PROCESOS MENTALES. LAS MATEMÁTICAS: SU ENSEÑANZA Y SU APRENDIZAJE. MTAMM

OBJETIVOS PRINCIPALES

- Comprender la estructura del encéfalo;
- Comprender la construcción del conocimiento desde el punto de vista cerebral;
- Comprender aspectos relacionados con la investigación neurocientífica;
- Conocer algunas áreas de activación cuando se estudia matemáticas; y
- Reflexionar sobre acciones pedagógicas que puedan favorecer el avance del pensamiento matemático.
- Analizar las limitaciones de los estudios neuroeducacionales.

INTRODUCCIÓN

Puede acuñarse un nuevo término en relación con las Neurociencias y la Educación Matemática: Neuromatemática(s). Este término se refiere a las contribuciones recientes de las Neurociencias **para una mejor comprensión de los procesos biológicos cerebrales del aprendizaje, en especial de las matemáticas**. Las neurociencias cognitivas buscan entender cómo y qué áreas cerebrales se activan cuando alguien está en acción de aprender. Involucra los contenidos, la didáctica, el cerebro y la cognición.

Existen varias divisiones de las Neurociencias, tales como: la conductual, la cibernética, la cognitiva, la molecular, la sistémica, entre otras. Involucra otras ciencias, y de ahí el uso del término en plural, por ejemplo: biología, computación, matemáticas, física, medicina, psicología, neurología, especialmente, filosofía, educación, ingeniería, química, antropología, etc.

LA CUESTIÓN QUE INQUIETÓ E INQUIETA A MUCHOS ESTUDIOSOS

¿CÓMO
APRENDE EL
SER
HUMANO?



1. Conductismo

Se centra en el comportamiento observable y cómo se ve afectado por estímulos externos.

Conceptos clave: condicionamiento clásico (asociación de estímulos) y condicionamiento operante (reforzamiento y castigo).

Representantes: Iván Pavlov, John B. Watson, B.F. Skinner.

2. Cognitismo

Enfatiza los procesos mentales internos como la atención, la memoria y el pensamiento.

Conceptos clave: Procesamiento de la información, esquemas mentales, resolución de problemas.

Representantes: Jean Piaget, Jerome Bruner, George Miller.

3. Constructivismo

Ve el aprendizaje como una construcción activa del conocimiento por parte del aprendiz.

Conceptos clave: Interacción con el entorno, experiencia previa, construcción de significado.

Representantes: Jean Piaget, Lev Vygotsky.

4. Aprendizaje Social

Destaca la importancia de la observación y la imitación en el aprendizaje.

Conceptos clave: Modelado, aprendizaje por observación, determinismo recíproco.

¿CÓMO SE
APRENDE LAS
MATEMÁTICAS?



[...] Entre nuestros alumnos percibimos
las mismas diferencias;

algunos prefieren abordar sus problemas mediante
análisis, "otros" mediante geometría.

Los primeros son incapaces de "ver el
espacio",

los otros se cansan rápidamente
de cálculos largos y se quedan
perplejos.

(POINCARÉ, 1913)



En la apertura de *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* (1945), el matemático Jacques Hadamard destacó la dificultad fundamental de discutir la naturaleza de la psicología del pensamiento matemático del matemático:

El tema involucra dos disciplinas, psicología y matemáticas, y requeriría, para ser tratado adecuadamente, a alguien que sea tanto psicólogo como matemático. Debido a la falta de esta combinación, el tema fue investigado por matemáticos por un lado, y por psicólogos por otro...

Jacques Hadamard (1865 - 1963)



Mathematica

**¿CUÁL ES LA CONTRIBUCIÓN DE LAS
NEUROCIENCIAS PARA REFLEXIONAR SOBRE
CÓMO APRENDEMOS MATEMÁTICAS?**



UNA RESEÑA HISTÓRICA

Comprender el funcionamiento del cerebro como órgano siempre ha sido un desafío para los científicos. A finales del siglo XIX, Golgi y otros (Delgado, 2017) explicaron, de forma inicial y aún rudimentaria, la manera en que la información es procesada y transmitida a lo largo de todo el sistema nervioso, desde el momento en que llega a los receptores sensoriales ubicados en la superficie del cuerpo hasta su llegada a las estaciones finales conocidas, localizadas en la corteza cerebral.

A pesar de los escasos medios con los que contaba, logró importantes resultados con sus experimentos, entre los cuales se destaca el método de coloración con nitrato de plata, que provocó una revolución en el estudio de los tejidos nerviosos en el laboratorio. Empleando este método, identificó una clase de célula nerviosa dotada de extensiones (o dendritas) mediante las cuales se conectan entre sí otras células nerviosas.



Dibujo de Camillo Golgi de un hipocampo teñido con el método del nitrato de plata

4000 a.C.: Los sumerios escriben sobre la euforia provocada por la semilla de amapola.

2500 a.C.: La trepanación (apertura de orificios en el cráneo) era un procedimiento quirúrgico común en diversas culturas. Posiblemente se utilizaba para tratar trastornos cerebrales, como la epilepsia, o por razones rituales o espirituales.

1700 a.C: Los papiros describen “detalladamente” el cerebro, pero los egipcios no lo valoraban mucho; a diferencia de otros órganos, era removido y descartado antes de la momificación, lo que indica que no se creía que fuera útil en las encarnaciones posteriores.

450 a.C: Los antiguos griegos comienzan a reconocer el cerebro como el centro de las sensaciones humanas.

387 a.C: El filósofo griego Platón da clases en Atenas; él cree que el cerebro es el centro de los procesos mentales.

335 a.C: El filósofo griego Aristóteles reitera la antigua creencia de que el corazón es el órgano superior; el cerebro, dice él, es un radiador que impide el sobrecalentamiento del cuerpo.

170 a.C: El médico romano Galeno plantea la teoría de que el temperamento y el carácter humanos derivan de los cuatro “humores” (líquidos mantenidos en los ventrículos del cerebro). La idea persistió por más de 1000 años. Las descripciones anatómicas de Galeno, usadas por generaciones de médicos, se basaron principalmente en monos y cerdos.

1543: Andreas Vesalio, médico europeo, publica el primer libro de anatomía (moderno) con ilustraciones “detalladas” del cerebro humano.

1649: Para el filósofo René Descartes, el cerebro es un sistema hidráulico que controla el comportamiento. Las funciones mentales “más elevadas” serían generadas por una entidad espiritual que interactúa con el cuerpo y la glándula pineal. “¡Pienso, luego existo!”

2021: António Damásio: El error de Descartes. La verdad es que el cerebro creó al hombre.

2021: Suzana Herculano-Houzel: El cerebro en transformación

2021 Sidarta Ribeiro: "Si no fuera tan eficiente como mecanismo, no habría emergido ni se habría difundido tan ampliamente. Mi argumento es que este oráculo probabilístico proporciona una ganancia de conocimiento: quien sueña está aprendiendo algo sobre el futuro."

2021 Robert Lent: formación y reorganización de las conexiones entre las áreas del cerebro. Está estimulando otro tipo de interacción: entre investigadores con emprendedores y educadores, con el fin de producir conocimientos que mejoren las estrategias de aprendizaje y lleguen rápidamente a profesores y alumnos en las aulas. Él espera que el desarrollo de esta área, llamada ciencia para la educación, contribuya a mejorar más rápidamente el nivel educativo de los niños y adolescentes brasileños. ¡Comunicación entre cerebros!

2021 Miguel Nicolelis: prótesis y robots

UM HISTÓRICO

Inquietudes dos fisiólogos

GRÉCIA ANTIGA

Atomismo (o mundo é feito de interações e combinações dos “indivisíveis”)

LEUCIPO DE MILETO (± 500 A.C.)

DEMÓCRITO (± 430 A.C.)

ANAXÁGORAS (± 440 A.C.)

Explicação das causas das coisas estava apenas no ar, no éter, na água e em uma infinidade de outras coisas extravagantes (KICKHÖFEL, 2014)

Opositores ao Atomismo

SÓCRATES (± 450 A.C.)

(ele não recusa propriamente o Atomismo, mas diz que não vale para questões humanas).

PLATÃO (± 400 A.C.)

IDADE MODERNA

Inquietude dos Filósofos

DESCARTES ±1630

HUME ±1750

KANT ±1790

Inquietude dos Neurocientistas/Psicólogos (para além da Psicologia)

RAMON Y CAJAL ± 1920

FECHNER±1860

ERNEST WEBER±1859

WUNDT ±1919

SHERRINGTON ± 1950
Sinapses

PENFIELD ± 1970

LAS INVESTIGACIONES

Aquí me restrinjo a la educación matemática, que se ocupa de comprender los procesos biológicos del aprendizaje matemático y, en ese sentido, mi objetivo es presentar algunos resultados de investigaciones, que, mediante el uso de softwares como:

Brain Vision Analyzer, y
BioSemi Active Two System,

así como el uso de:

Electrodos,
Resonancia Magnética Funcional (fMRI),
Tractografía, y
Tomografía por Emisión de Positrones (PET),

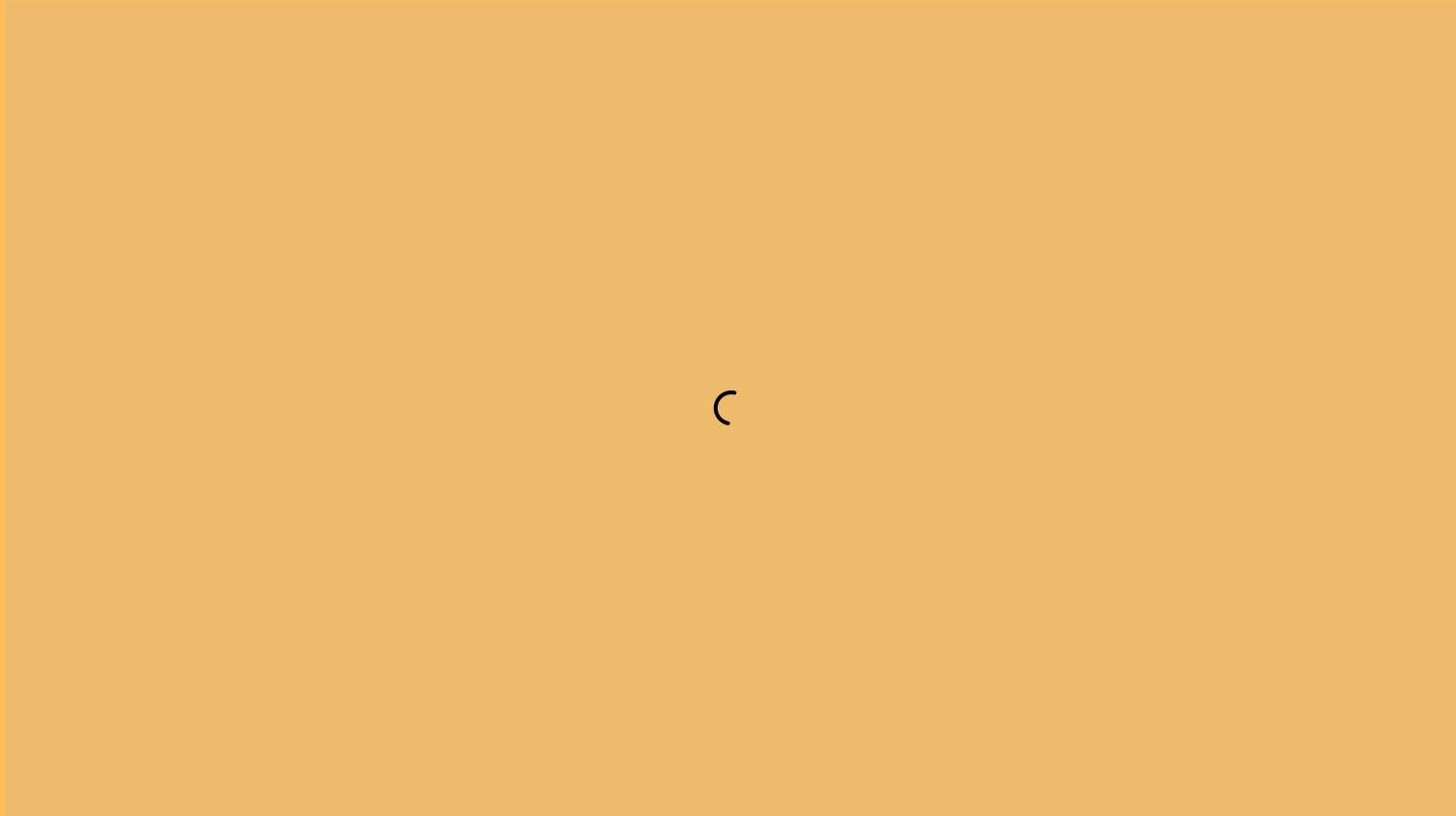
permiten avanzar en la comprensión de cómo se aprende matemáticas desde una perspectiva neurocientífica.

aliados a métodos estadísticos como:

Análisis de Varianza (ANOVA),
Análisis Multivariado de la Varianza (MANOVA), y
Corrección de Bonferroni,

y además,

pruebas matemáticas especialmente diseñadas para dicho tipo de análisis.



www.youtube.com/watch?v=H2f4gQxVguM&t=2s



En 2013, el entonces presidente Obama anunció la **Brain Initiative**, un programa de financiación de 4,5 mil millones de dólares hasta 2025 para investigaciones en neurociencia.

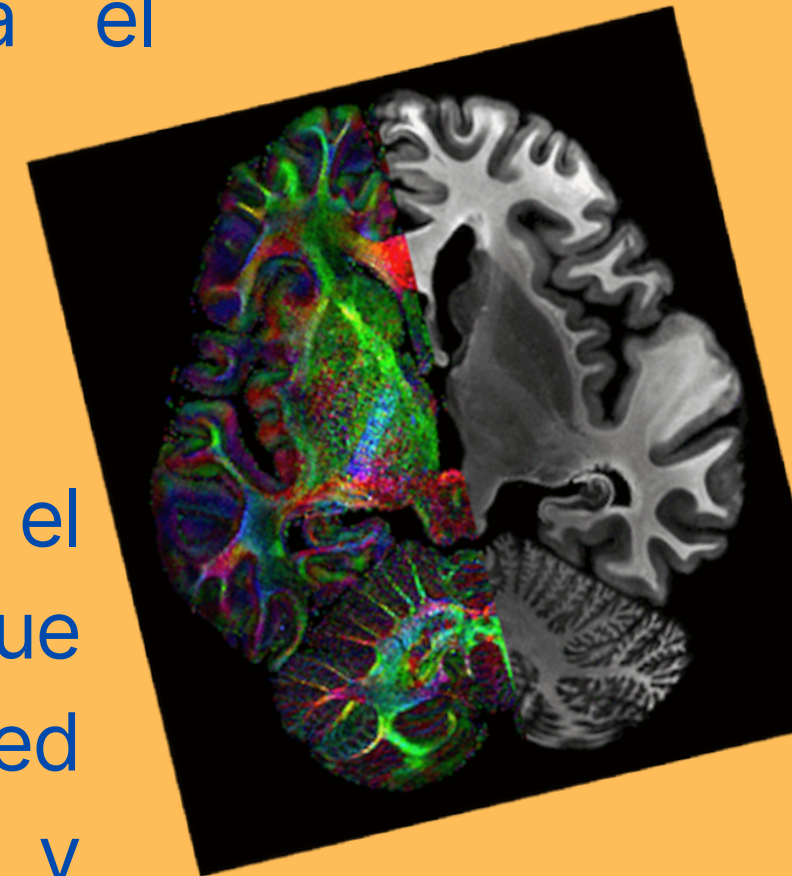
"Aún no somos capaces de curar enfermedades como el Alzheimer o el autismo, ni de revertir completamente los efectos de un accidente cerebrovascular. La computadora más poderosa del mundo no es tan intuitiva como esta con la que nacemos. Piensen en lo que podríamos lograr una vez que descifremos el código del cerebro", dijo Obama durante el anuncio del proyecto Brain Initiative.

Ya en Europa, el **Human Brain Project** es un plan de diez años que hasta 2023 recibió mil millones de euros. Aunque el objetivo inicial de recrear un cerebro humano en una computadora quedó atrás, los investigadores continúan mapeando las áreas del cerebro. El proyecto también tiene el mérito de haber atraído más atención y financiación para otras investigaciones en Europa.

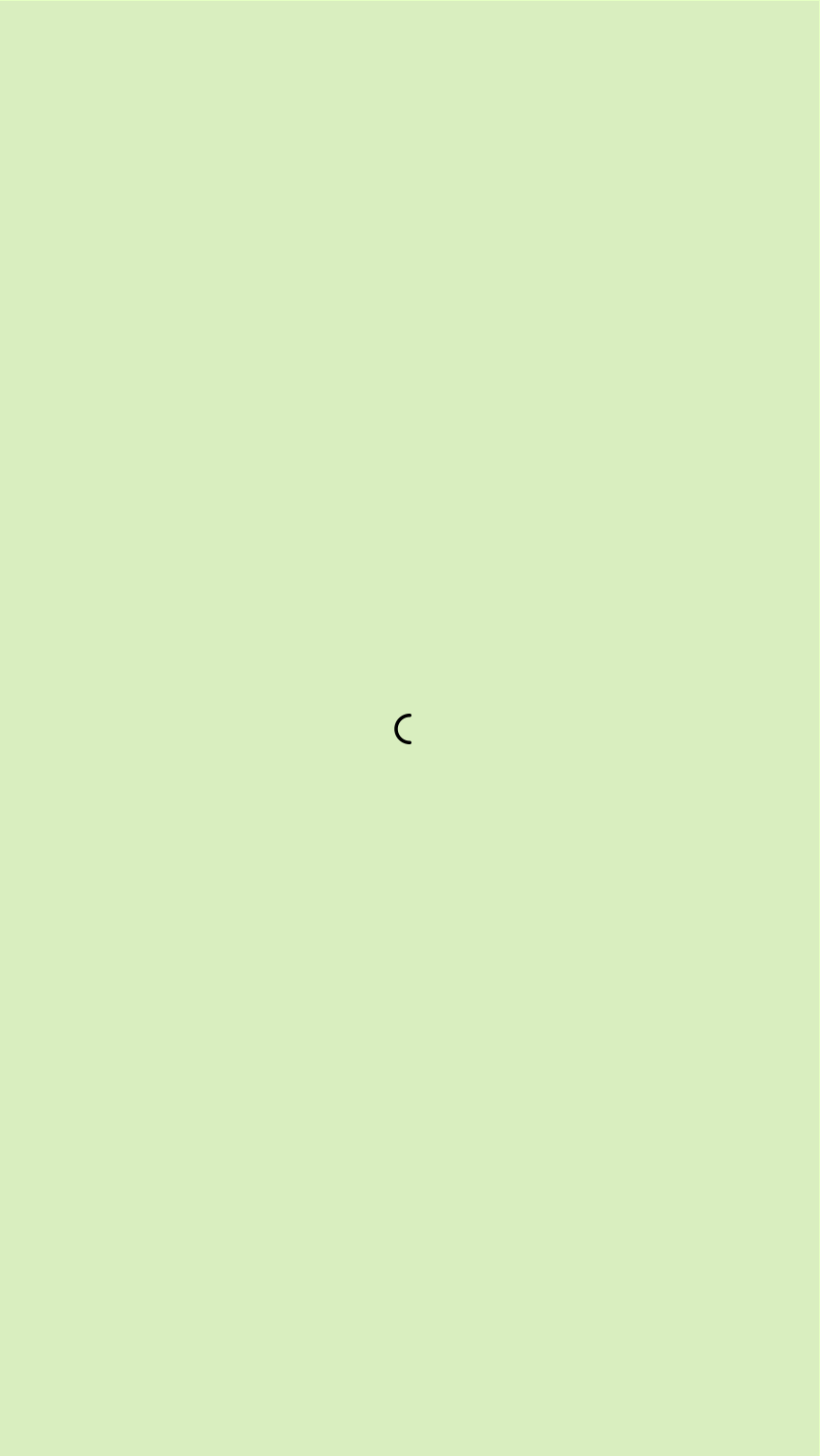


Desde diciembre de 2016, un poderoso aparato de resonancia magnética llamado **Connectome**, cuatro veces más potente que un aparato de última generación disponible en un hospital, afirma el investigador Harald Möller.

Para recibir la máquina —producida por encargo por el conglomerado alemán Siemens—, el instituto tuvo que realizar modificaciones en su edificio y en la red eléctrica del vecindario. La cantidad de acero y concreto utilizada en la construcción fue impresionante. La energía necesaria para hacer funcionar el aparato podría abastecer hasta 30 000 hogares.



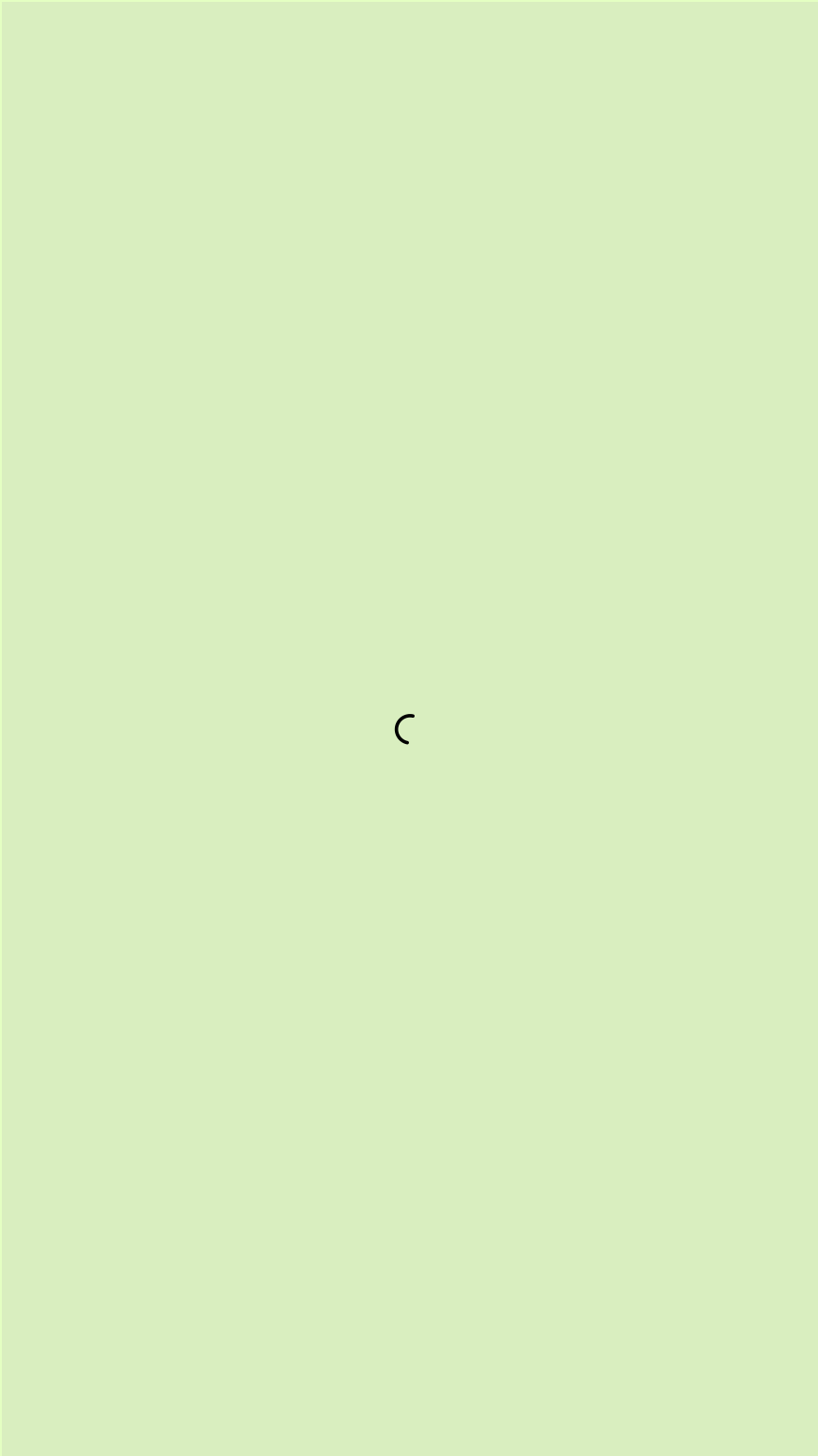
EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL



c

www.youtube.com/shorts/koUzjW2lT-g

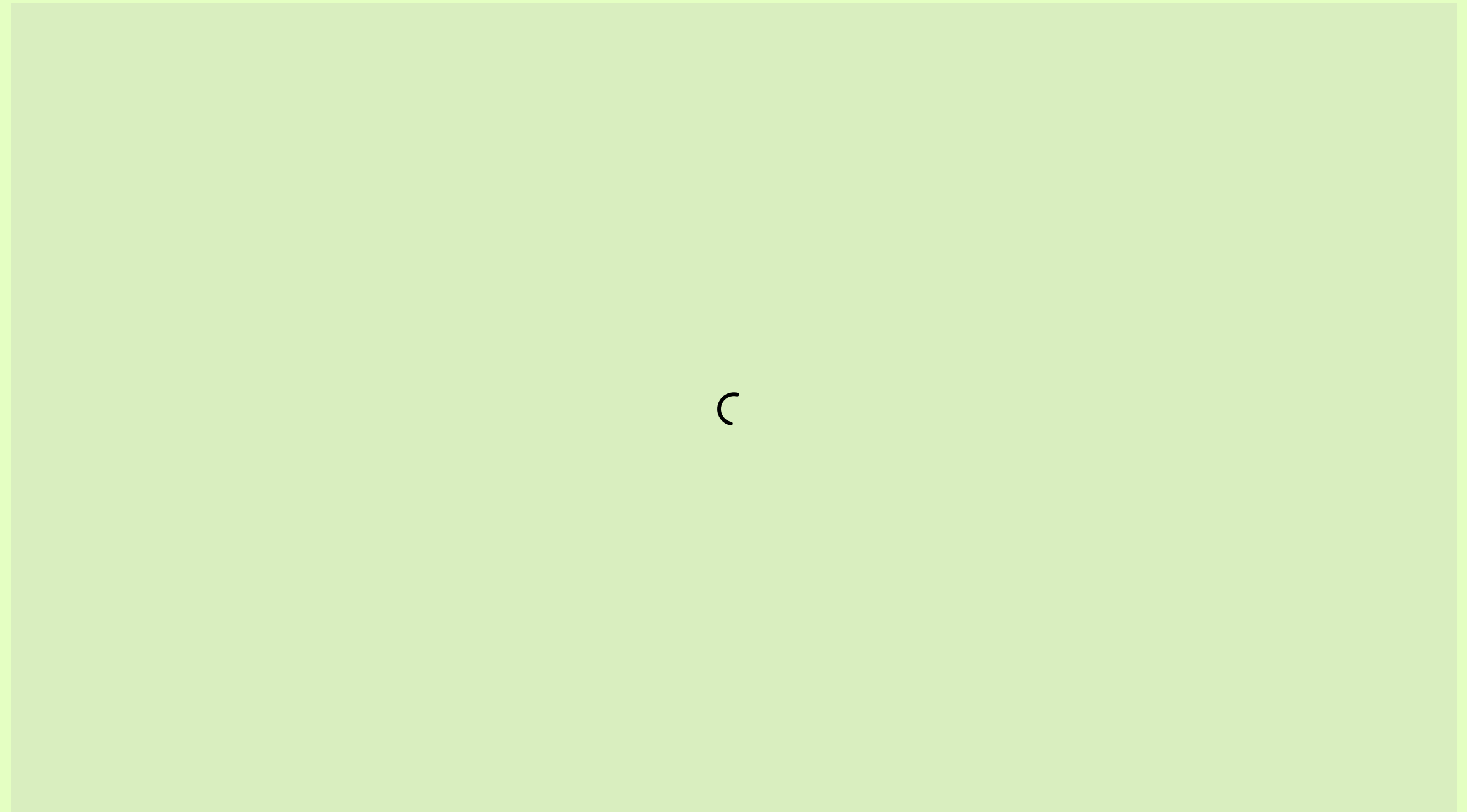
EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL



c

www.youtube.com/shorts/u0TwyU55bto

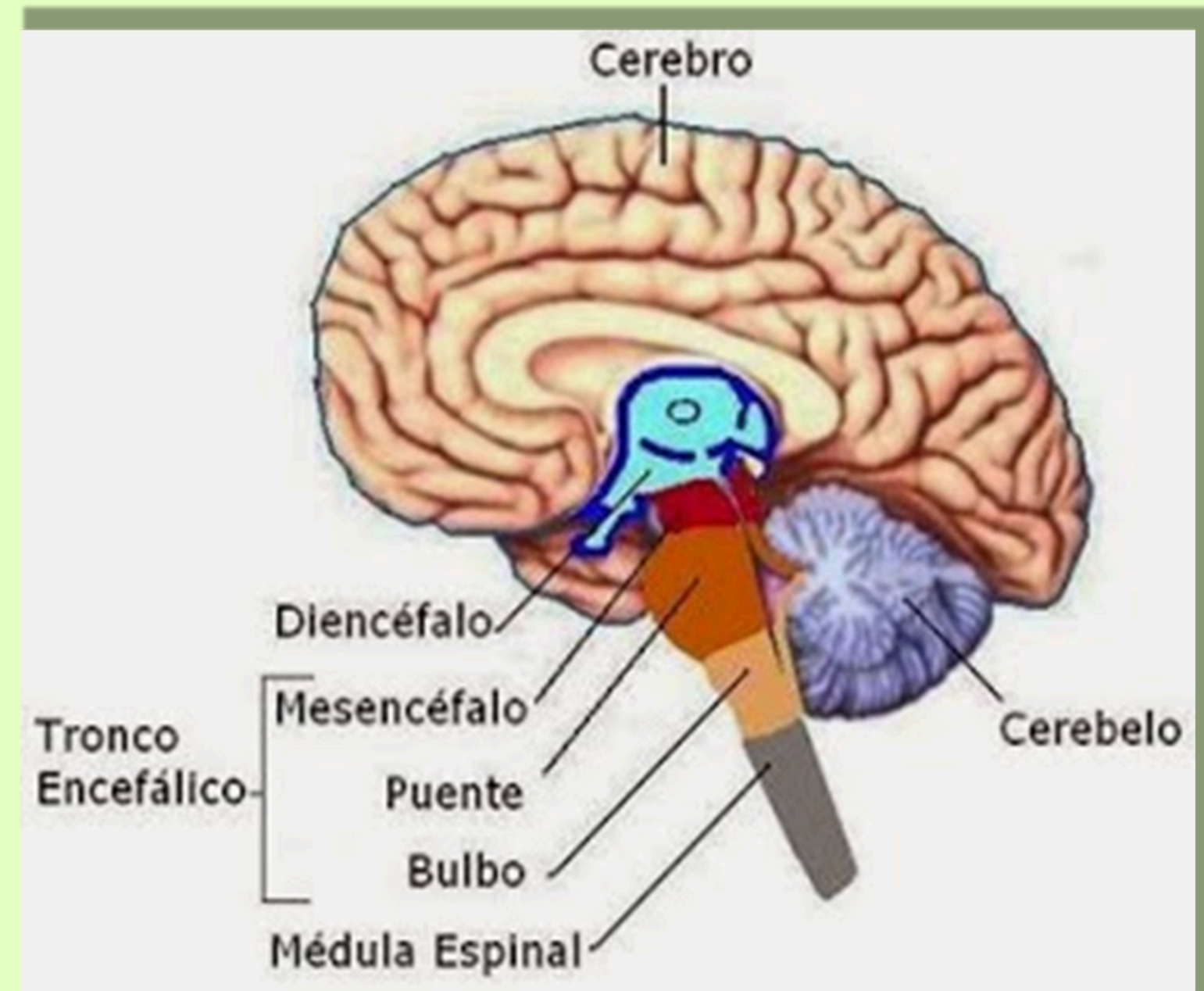
EL CEREBRO



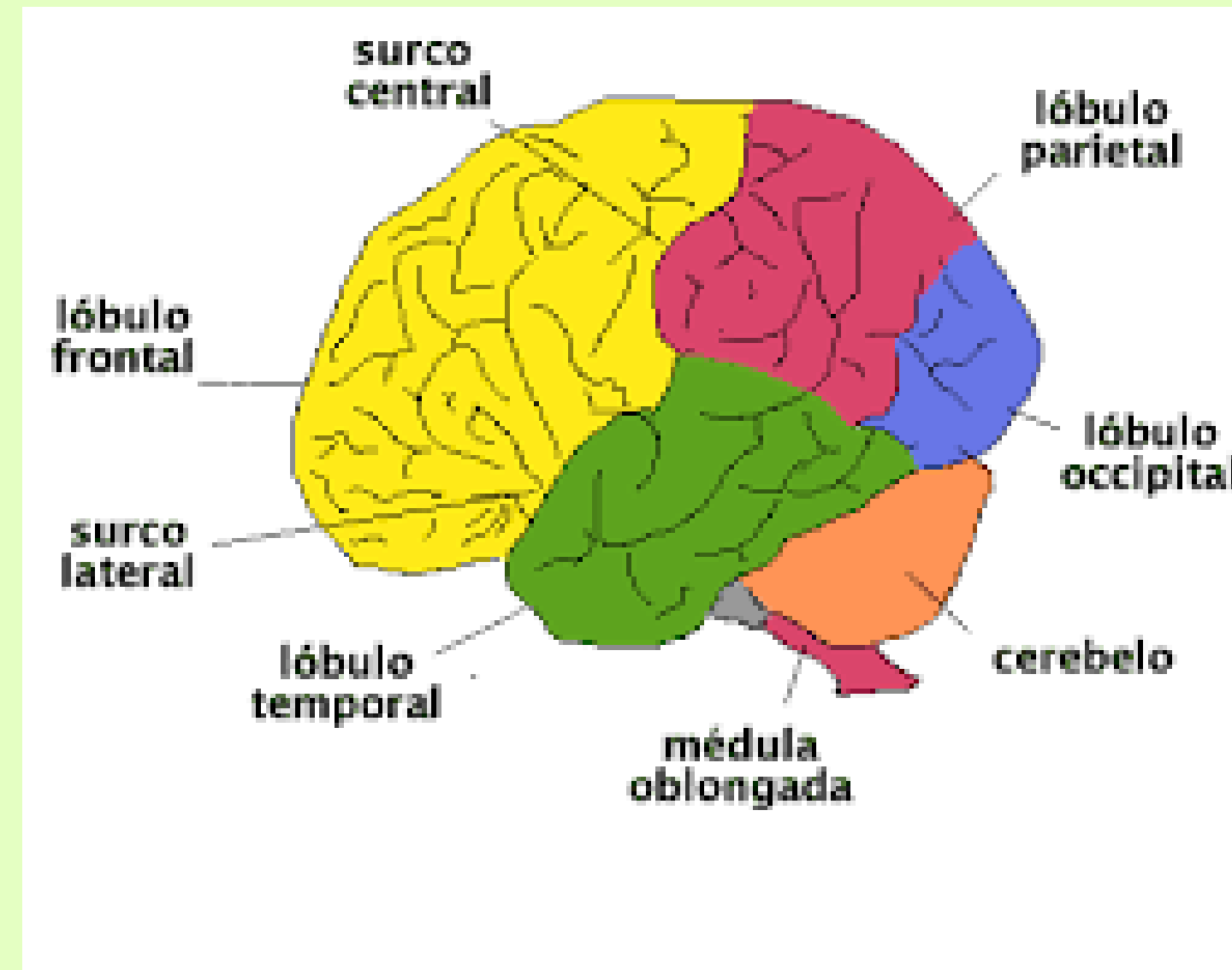
www.youtube.com/watch?v=FMJx1xPoYTE

El cerebro es parte del encéfalo (cerebro, diencéfalo, cerebelo y tronco encefálico), que forma parte del Sistema Nervioso Central

EL ENCÉFALO

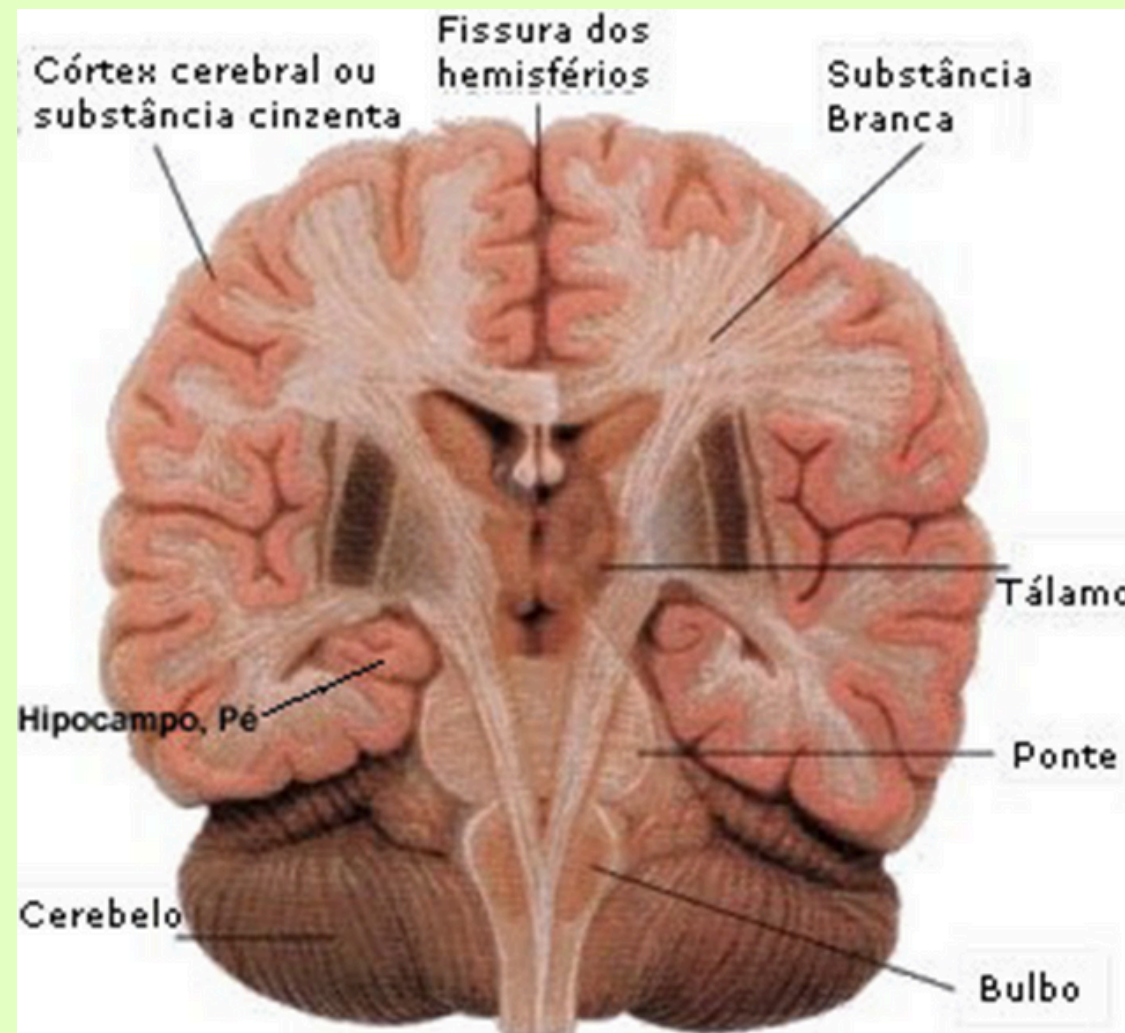


La parte cerebral está dividida en dos hemisferios (izquierdo y derecho) y subdividida en lóbulos (frontal, parietal, temporal y occipital). Todas las divisiones están relacionadas con los huesos que forman el cráneo.



CORTEZA CEREBRAL

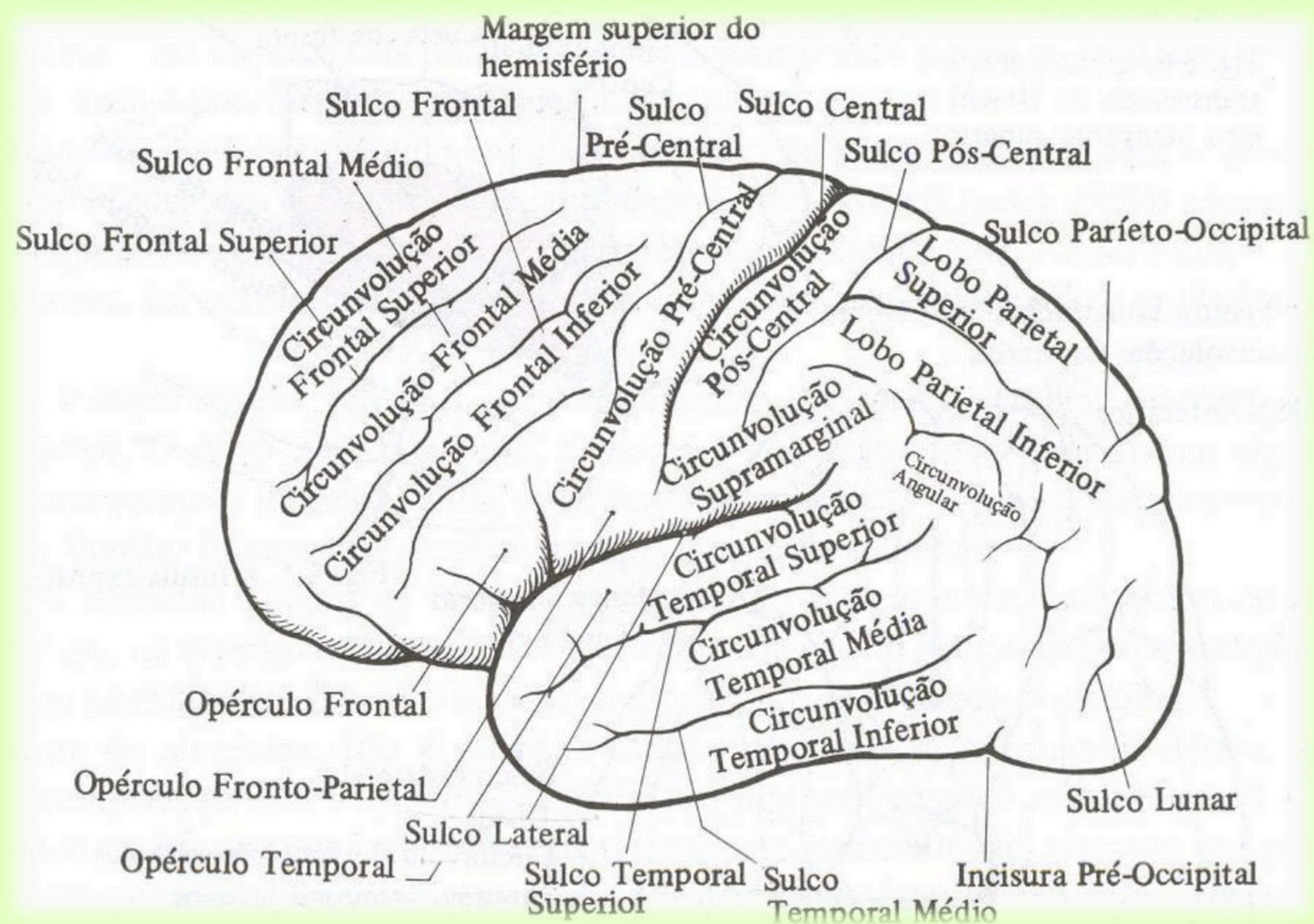
La corteza cerebral es una membrana delgada, de 6 capas, de aproximadamente entre 1mm y 4mm de grosor, que recubre el cerebro, con múltiples conexiones entre sí. Al observar la complejidad de estas conexiones, los investigadores notaron la variedad de dimensiones y formas geométricas que se forman entre ellas. Tiene un color grisáceo, recubre todos los surcos y circunvoluciones, con una superficie cercana a 2500cm^2 , tamaño de un pequeño mantel cuadrado de 50cm de lado. Allí se encuentran las células neurogliales y las neuronas (el total en todo el cerebro es de aproximadamente 90 mil millones). La parte interna tiene una coloración blanquecina y está formada por fibras mielínicas, por donde se transporta la información. Está compuesta por axones.



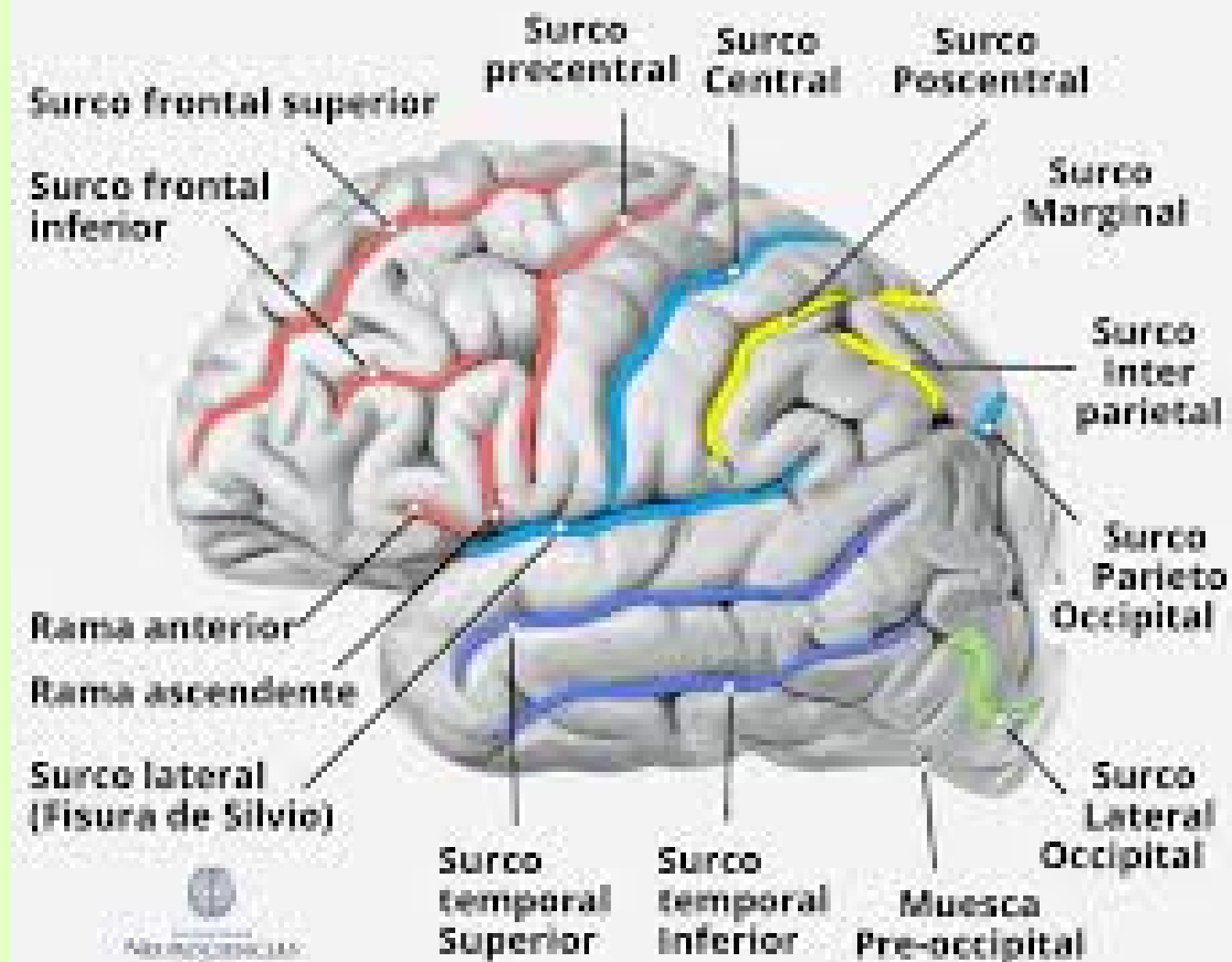
CORTEZA CEREBRAL, SUSTANCIA GRIS

PARTE INTERNA, FIBRAS MIELÍNICAS,
SUSTANCIA BLANQUECINA

CORTEZA CEREBRAL



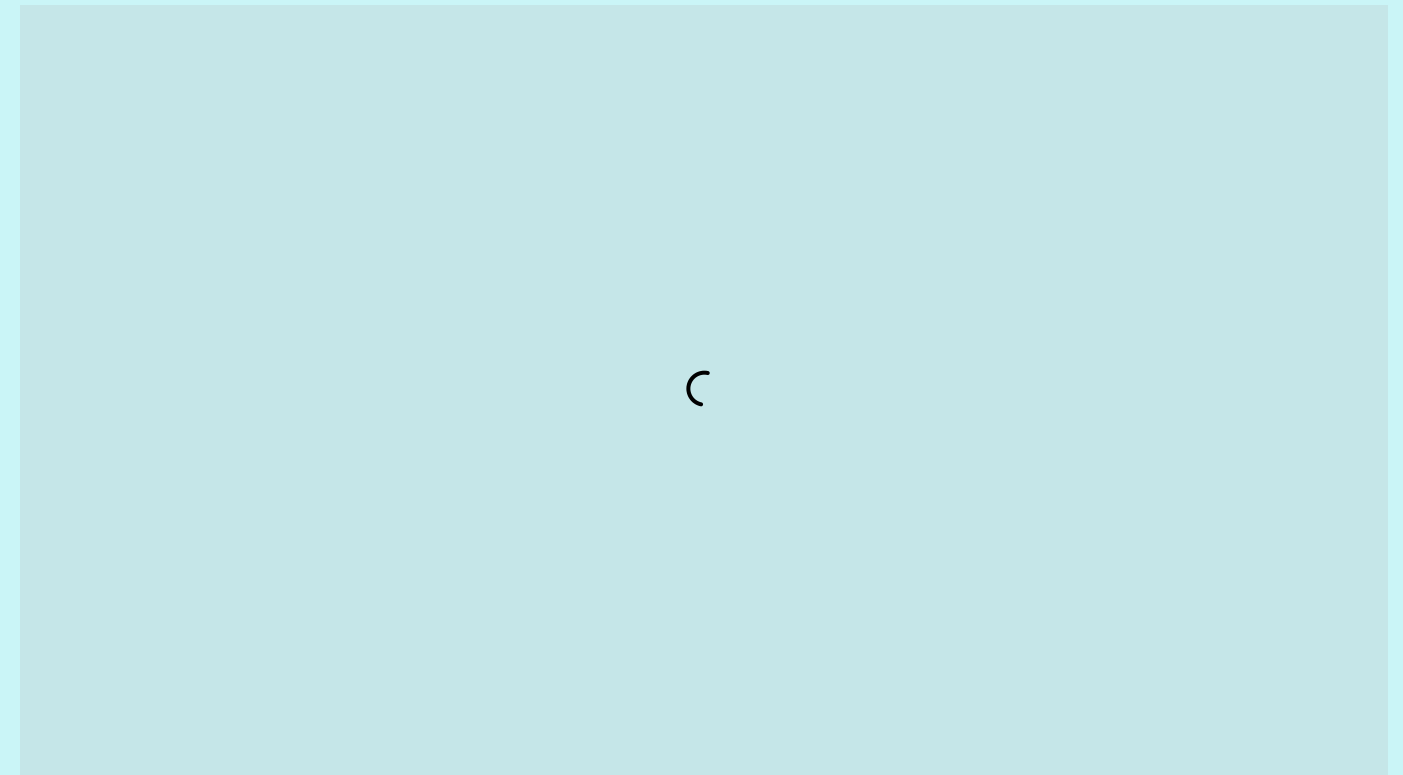
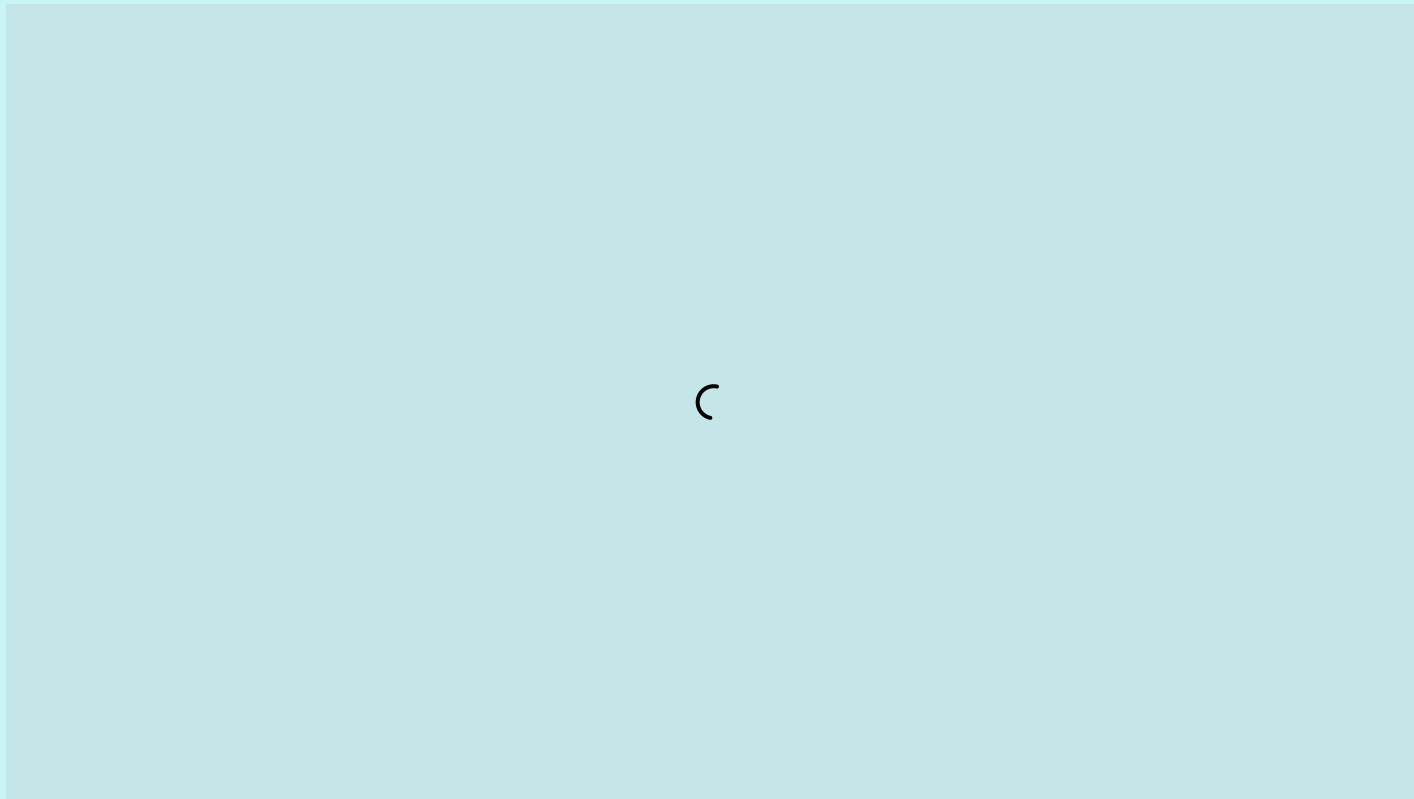
Las cisuras o surcos del cerebro



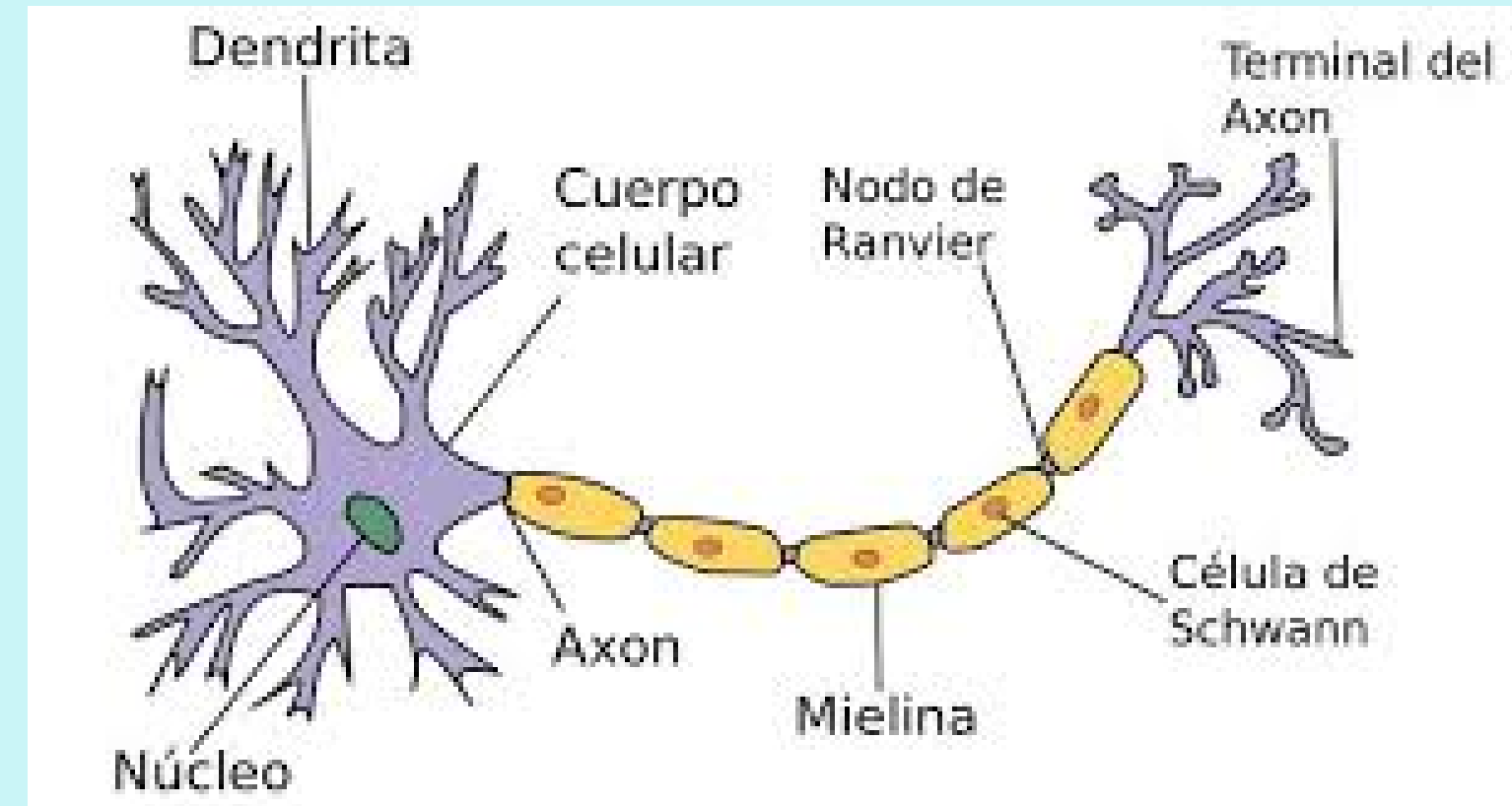
La corteza del cerebro humano, la superficie más externa del mismo, se expande durante el desarrollo fetal. El cerebro tiene una consistencia similar a la de la gelatina. Para evitar que, durante el crecimiento del cerebro durante la gestación, la corteza cerebral choque contra las paredes del cráneo, ésta se va plegando sobre sí misma, ganando un poco de espacio.

Esta estrategia de ganancia de espacio no es algo exclusivo de la especie humana. Se ha visto la girificación como el resultado de un alto grado de neurogénesis y de crecimiento de dendritas. En nuestra especie, presentamos un índice de girificación bastante alto y, por este motivo, se ha asociado el tener más pliegues con el disponer de unas capacidades cognitivas más altas, como se da en los humanos. Sin embargo, y tras analizarse otros cerebros mamíferos, se ha visto algo ciertamente paradójico. Existen otros animales que presentan cerebros con mayor cantidad de giros, como: los elefantes, las ballenas y los delfines. La clave estaría en las propiedades físicas de ciertas partes de la corteza.

LAS NEURONAS



DENDRITAS



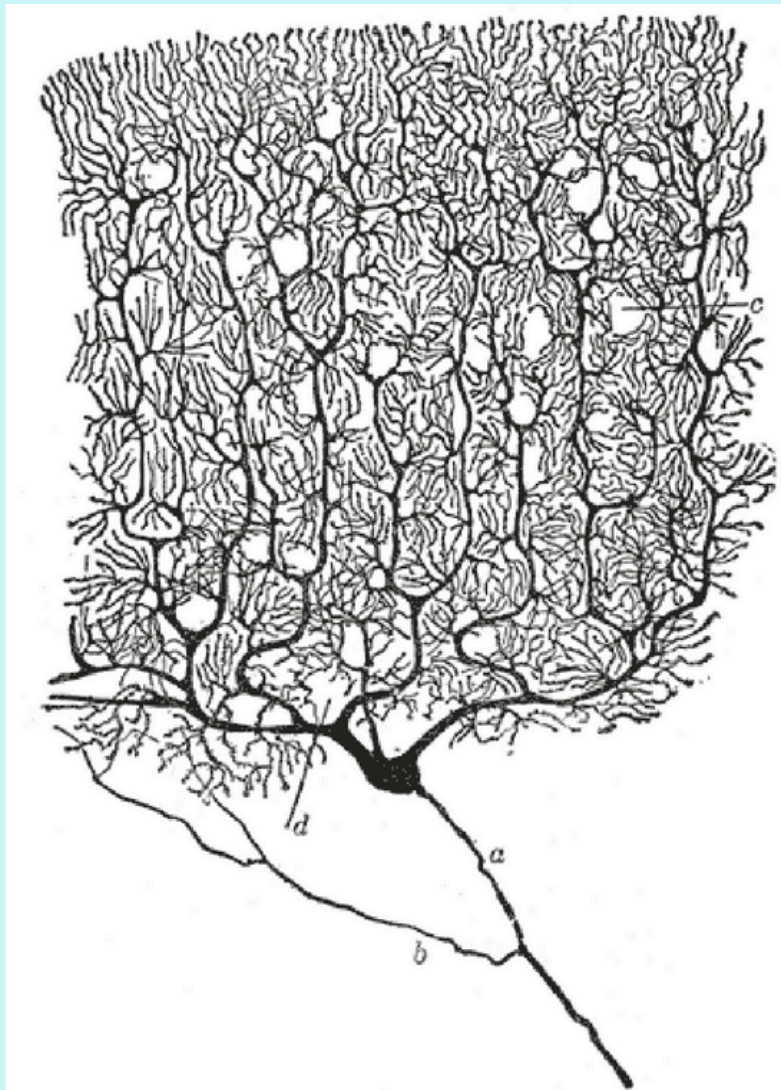
www.youtube.com/watch?v=8YGa8bPBz8o

Las dendritas

Las dos primeras funciones neuronales, recibir y procesar la información recibida, generalmente ocurren en las dendritas y el cuerpo celular. Las señales recibidas pueden ser excitatorias, es decir tienden a provocar que la neurona dispare (generar un impulso eléctrico), o inhibitorias, o que tienden a impedir que la neurona dispare.

La mayoría de las neuronas reciben muchas señales en todas sus ramificaciones dendríticas. Una sola neurona puede tener más de un conjunto de dendritas y puede recibir varios miles de señales. El que una neurona dispare un impulso depende de la suma de todas las señales inhibitorias y excitatorias que recibe. Si se logra activar la neurona, el impulso nervioso, o potencial de acción, se conduce por el axón.

Los axones



_Imagen modificada de "Célula de Purkinje", por Santiago Ramón y Cajal (dominio público). Ubicada en el cerebelo

Los axones tienen varias diferencias con respecto a las dendritas.

Las dendritas tienden adelgazarse conforme se alargan y suelen estar cubiertas de pequeños bultos llamados espinas.

En contraste, el axón suele conservar el mismo diámetro en la mayor parte de su longitud y no tiene espinas. El axón surge del cuerpo de la célula en un área especializada llamada cono axónico.

Muchos axones están cubiertos con una sustancia aislante especial llamada **mielina**, que les ayuda a transmitir rápidamente los impulsos nerviosos. La mielina nunca se encuentra en dendritas.

Cerca de su extremo, el axón se divide en muchas ramas y desarrolla estructuras bulbosas conocidas como terminales axónicas (o terminales nerviosas). Estas terminales axónicas forman conexiones con las células blanco (recibe la señal de otra célula).

LAS NEURONAS

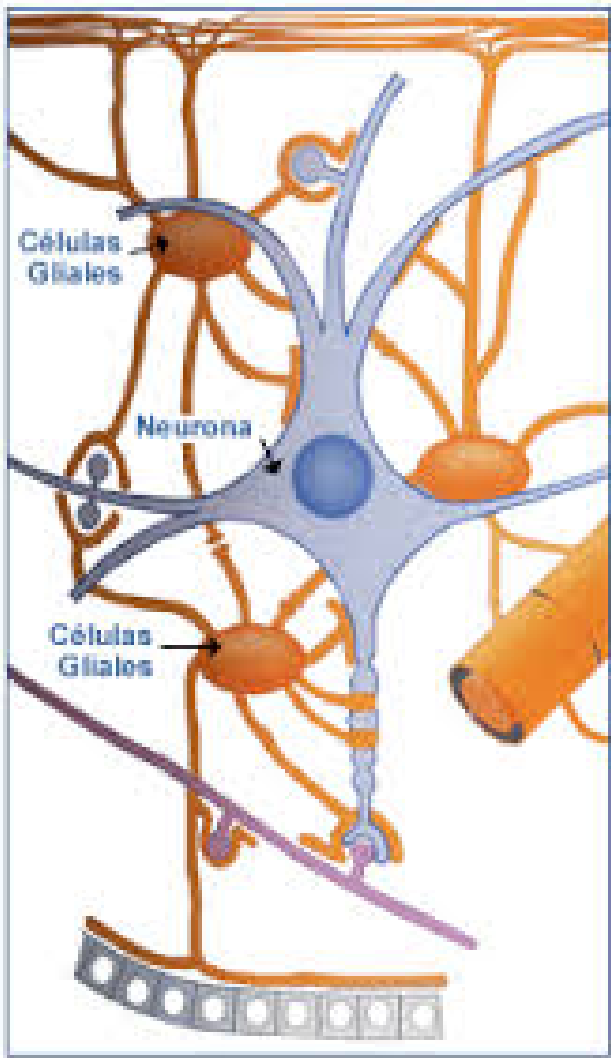
Una sola neurona no puede hacer mucho por sí misma y la función del sistema nervioso depende de grupos de neuronas que trabajan juntas.

Las neuronas individuales se conectan a otras neuronas para estimular o inhibir su actividad y forman circuitos que pueden procesar la información entrante y producir una respuesta.

Los circuitos neuronales pueden ser muy simples, compuestos de solo unas pocas neuronas, o pueden componerse de redes neuronales más complejas.

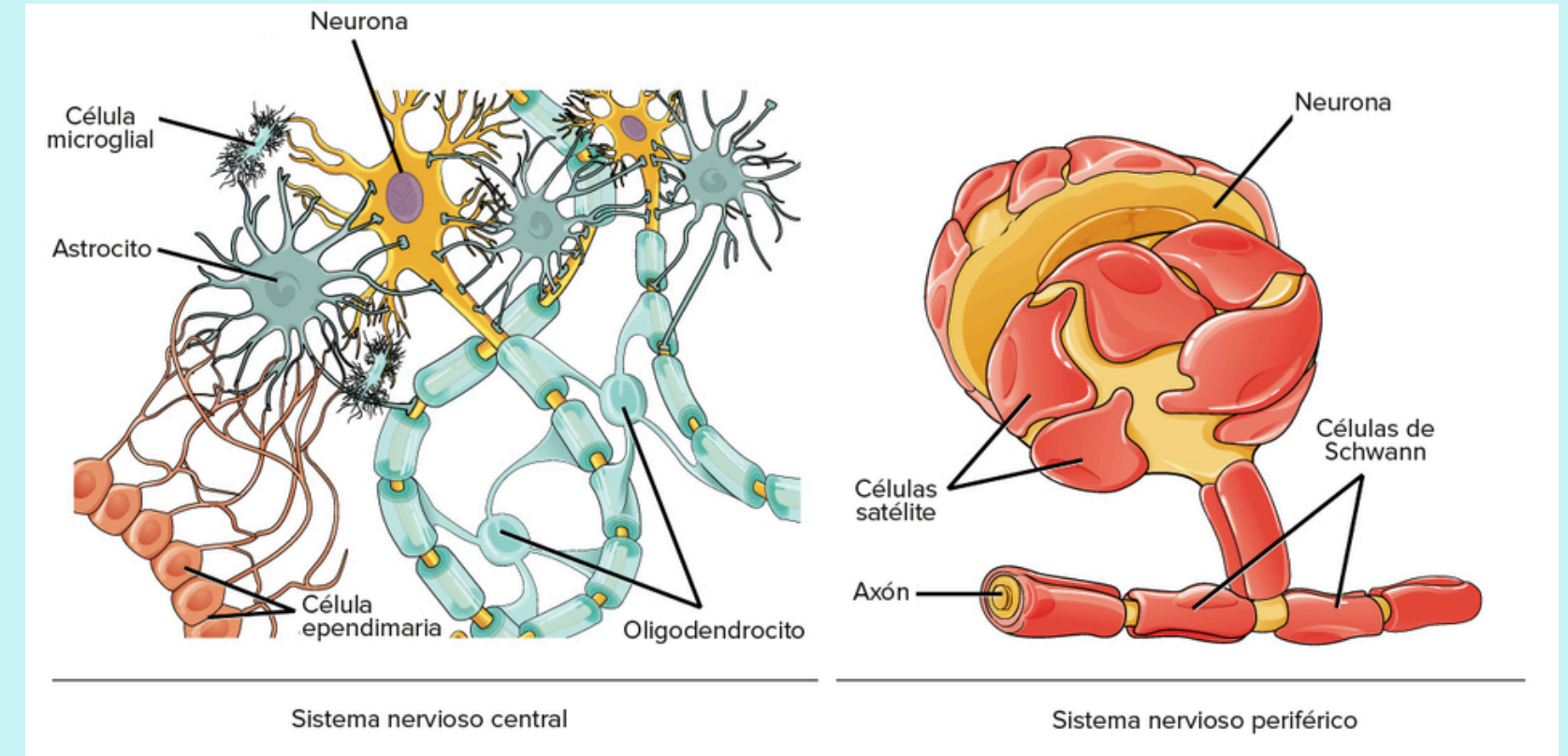
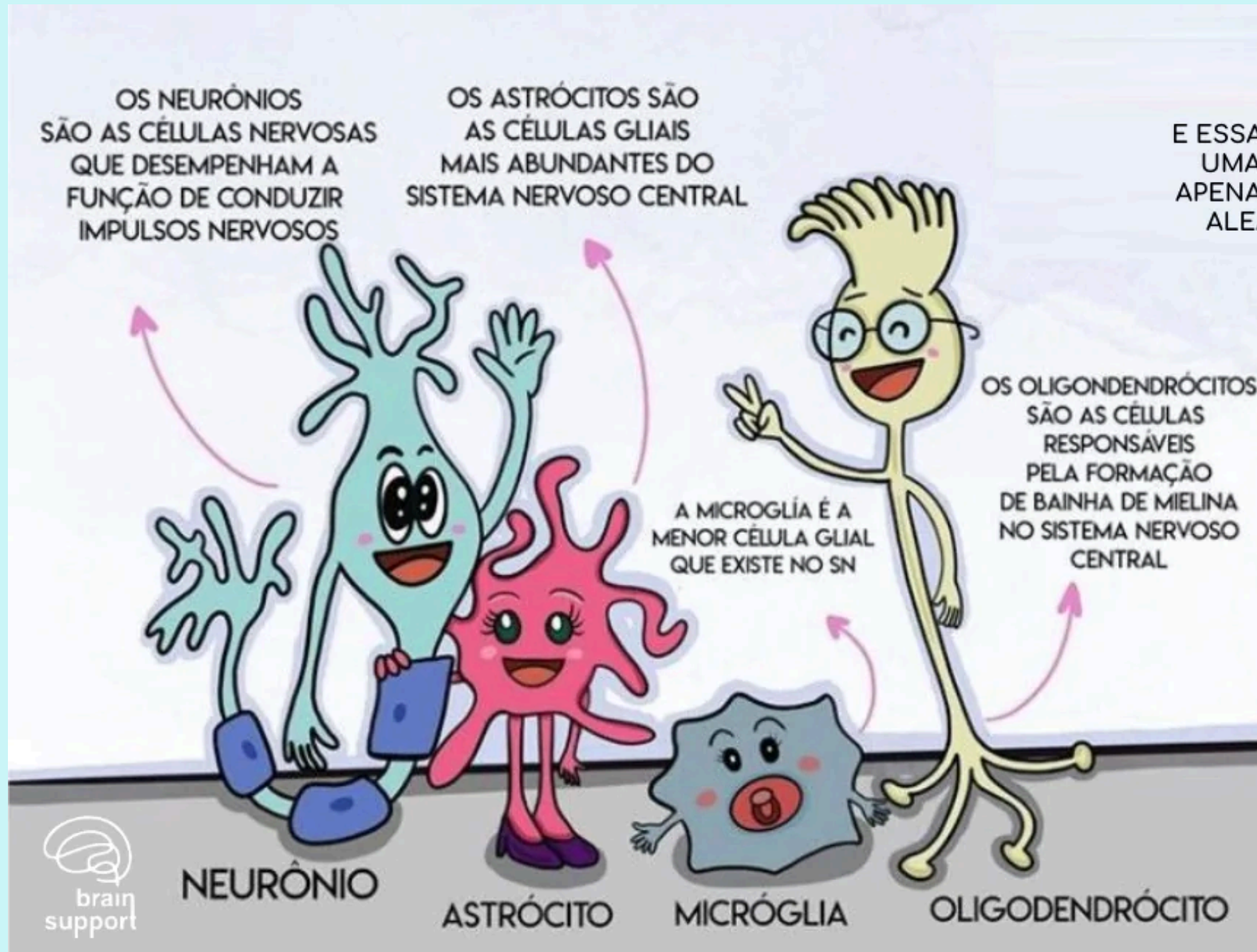
LAS CELULAS GLIALES

El sistema nervioso se compone de dos tipos de células: **neuronas y glía**; siendo las neuronas las que actúan como unidad funcional básica del sistema nervioso, y las gliales las que desempeña un papel secundario de apoyo. Así como los actores secundarios son esenciales para el éxito de una película, la glía es esencial para la función del sistema nervioso. De hecho, hay muchas más células gliales en el encéfalo que neuronas.



Cuadro comparativo

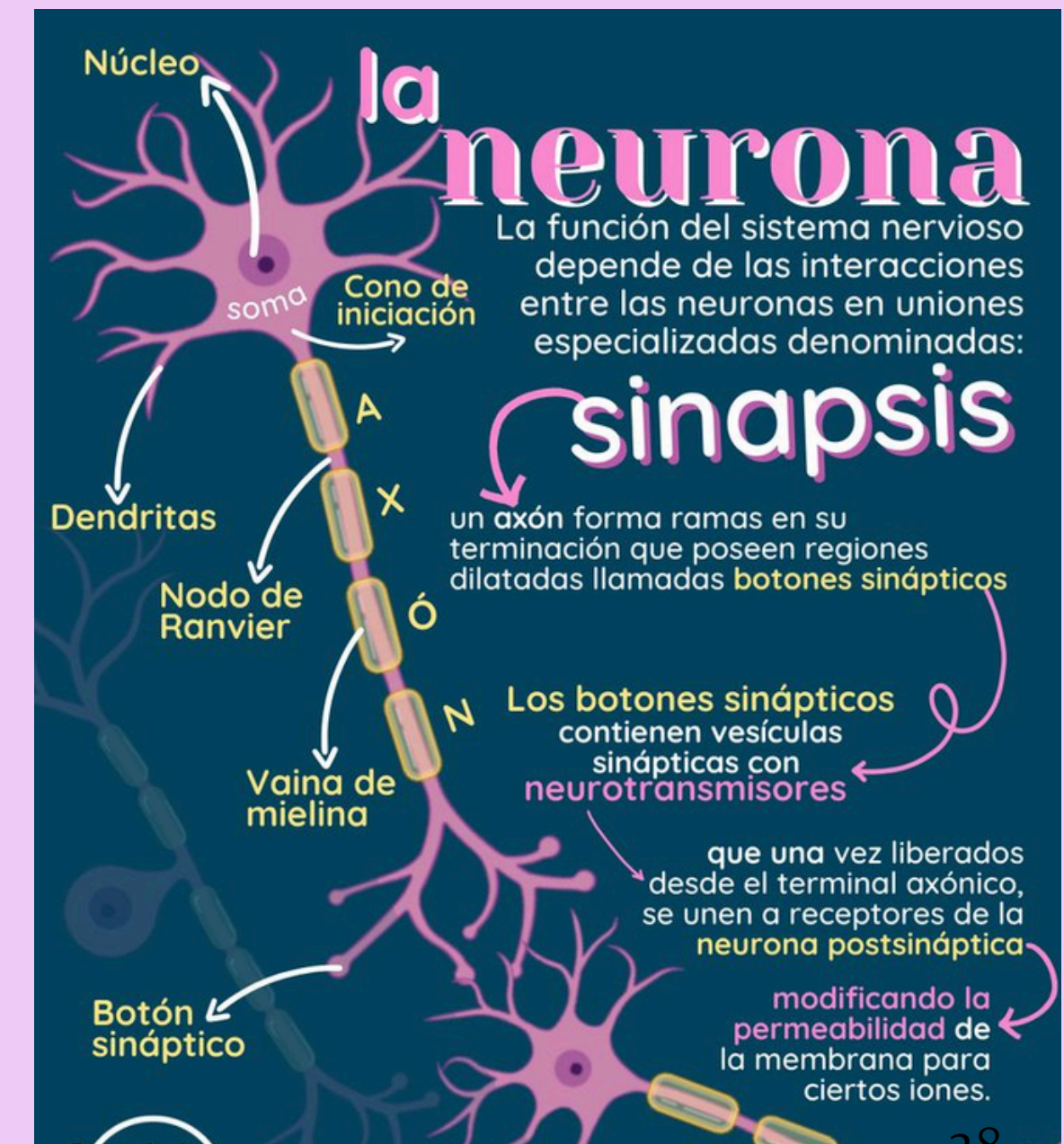
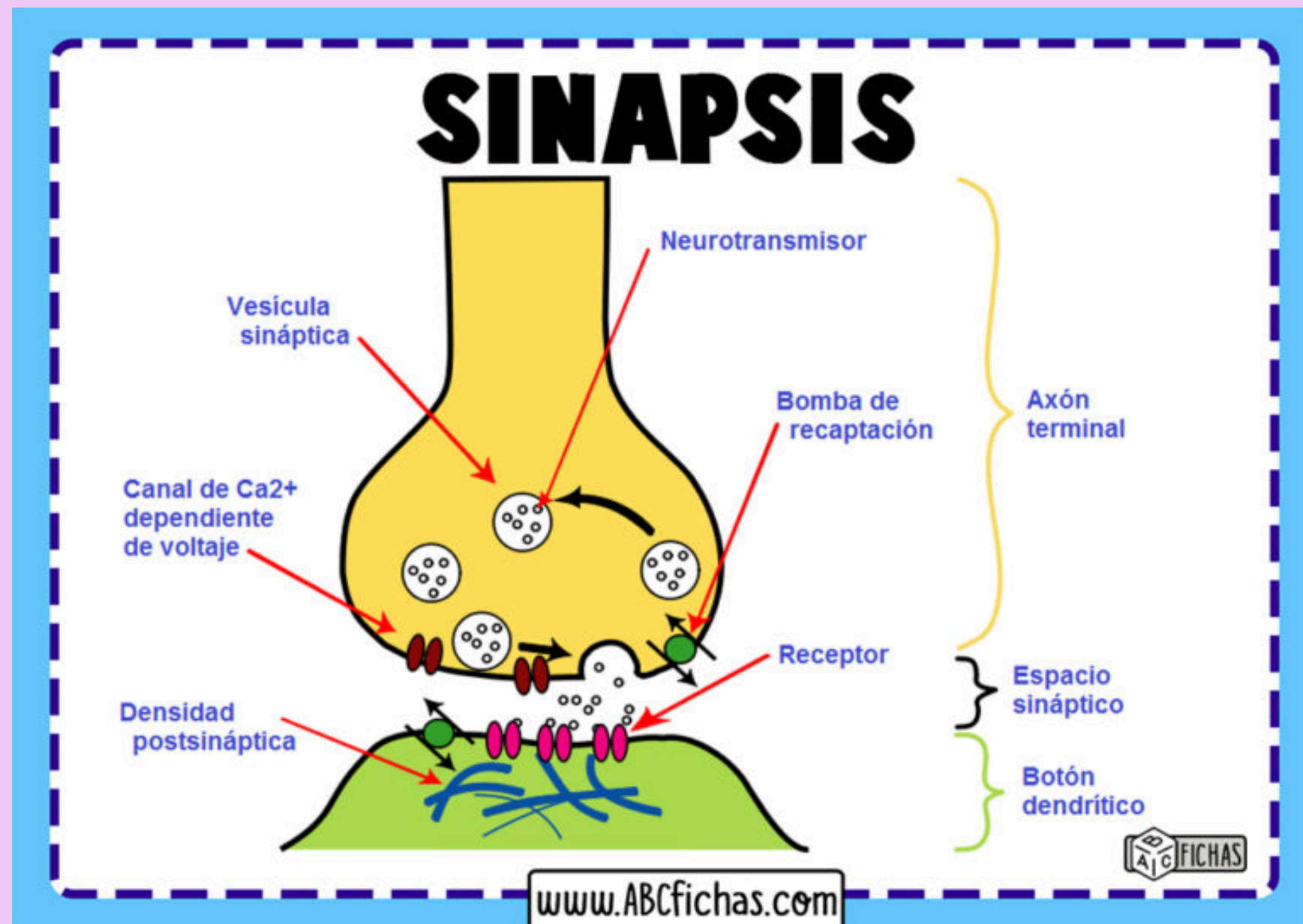
	NEURONAS	CÉLULAS DE LA GLÍA
Características	• Transmisión de impulsos nerviosos • Unidades procesadoras de información en el sistema nervioso	• Soporte, nutrición, y protección de las neuronas
Similitudes	• Las neuronas se especializan en la transmisión de señales, las glías en soporte • Participan en el desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso • Son fundamentales para mantener la homeostasis cerebral	
Diferencias	• Células excitables • Recepción de estímulos y conducción del impulso nervioso • Se especializan en la transmisión de impulsos eléctricos • No se regeneran fácilmente	• Conjunto de células no excitables • Brindan soporte a las neuronas • Ofrecen soporte estructural y metabólico • Pueden dividirse y regenerarse



TRANSMISIÓN DE INFORMACIONES

El contexto biológico de la transmisión de información, es decir, el paso de la información de una neurona a otra, es delicado, interesante y esencial para comprender el proceso cerebral del aprendizaje, que está basado en la información y en la comunicación entre ellas.

¿Y cómo aprendemos?



TRANSMISIÓN DE INFORMACIONES

La sinapsis es el proceso mediante el cual las neuronas se comunican entre sí para transmitir información. La sinapsis es esencial para nuestro funcionamiento, para poder sentir, pensar y actuar. Ella permite que las señales eléctricas se transmitan de una neurona a otra para que de esta manera podamos llevar a cabo cualquier función. Hay dos tipos de sinapsis en los humanos: eléctrica y química.

¿Qué es el impulso eléctrico?

En las neuronas, la información recorre el axón como un impulso eléctrico llamado potencial de acción. Este impulso se genera por intercambios de iones (sodio y potasio) a través de la membrana de la neurona.

¿Qué ocurre cuando este impulso llega al final de la neurona?

El impulso eléctrico llega a la terminal del axón (también llamada botón sináptico), que está cerca de otra neurona, pero separada por un espacio llamado hendidura sináptica.

Como la electricidad no “salta” directamente ese espacio, la neurona necesita transformar esa señal eléctrica en otro tipo de mensaje que pueda atravesar la hendidura: una señal química.

¿Cómo ocurre esta conversión a señal química?

Cuando el impulso eléctrico llega a la terminal del axón activa canales de calcio (Ca^{2+}), que permiten la entrada de iones de calcio. Esto provoca que las vesículas dentro de la neurona se fusionen con la membrana y liberen neurotransmisores en la hendidura sináptica. Estos neurotransmisores son las moléculas químicas que transportan el mensaje hacia la siguiente neurona.

Resumen visual de la conversión:

Impulso eléctrico → recorre el axón.

Llega a la terminal del axón → activa canales de calcio.

Liberación de neurotransmisores → señal química en la hendidura sináptica.

Los neurotransmisores se unen a receptores de la siguiente neurona → pueden generar un nuevo impulso eléctrico.

¿Por qué es importante?

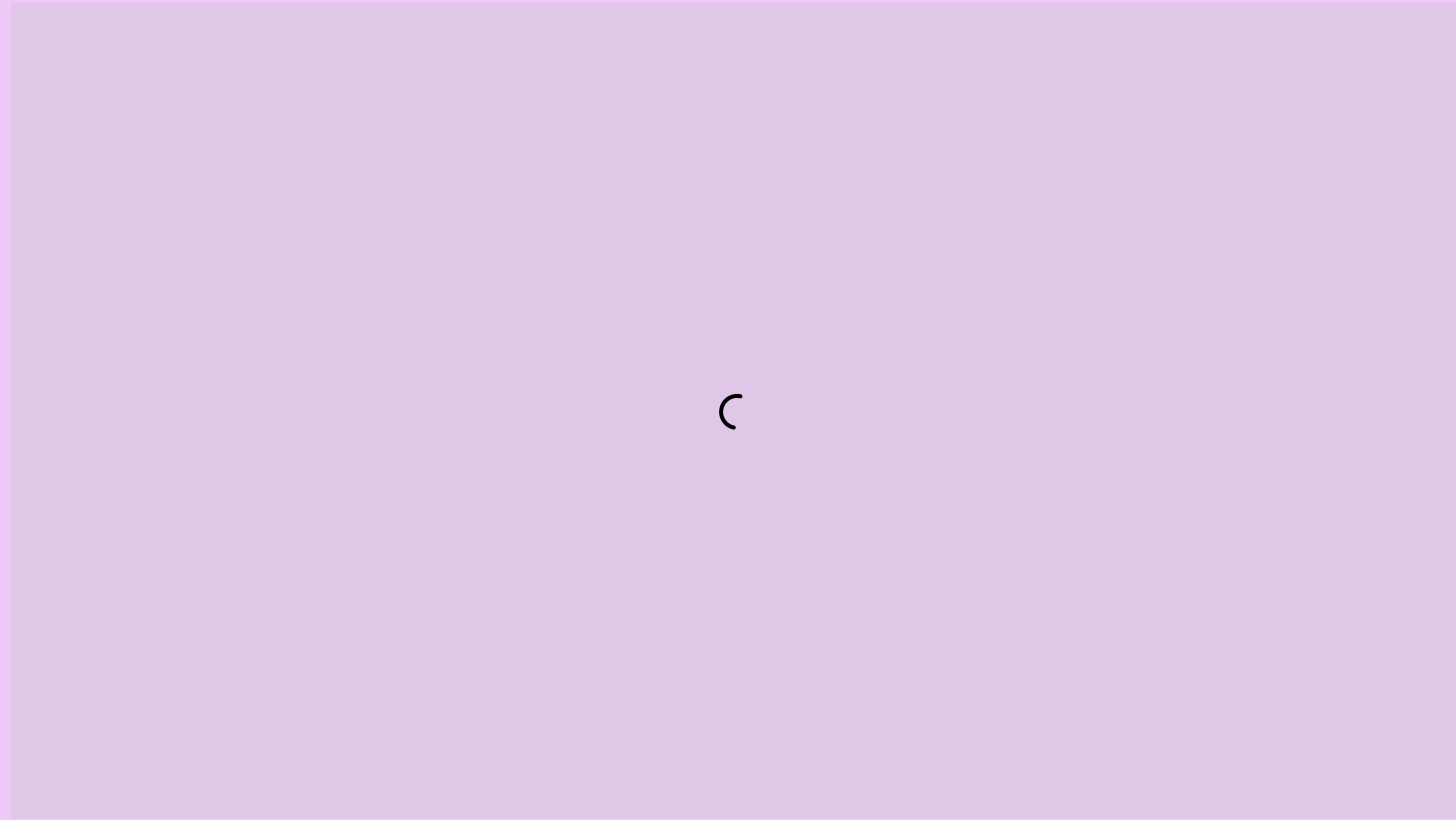
Esta conversión permite un control preciso de la comunicación neuronal. El tipo y la cantidad de neurotransmisores liberados pueden modular la intensidad, la frecuencia y el tipo de respuesta, como excitación o inhibición.

Animales simples → casi solo sinapsis eléctrica.

Animales complejos → tienen ambas, pero la química es la regla y la eléctrica es la excepción, usada para rapidez y sincronización.

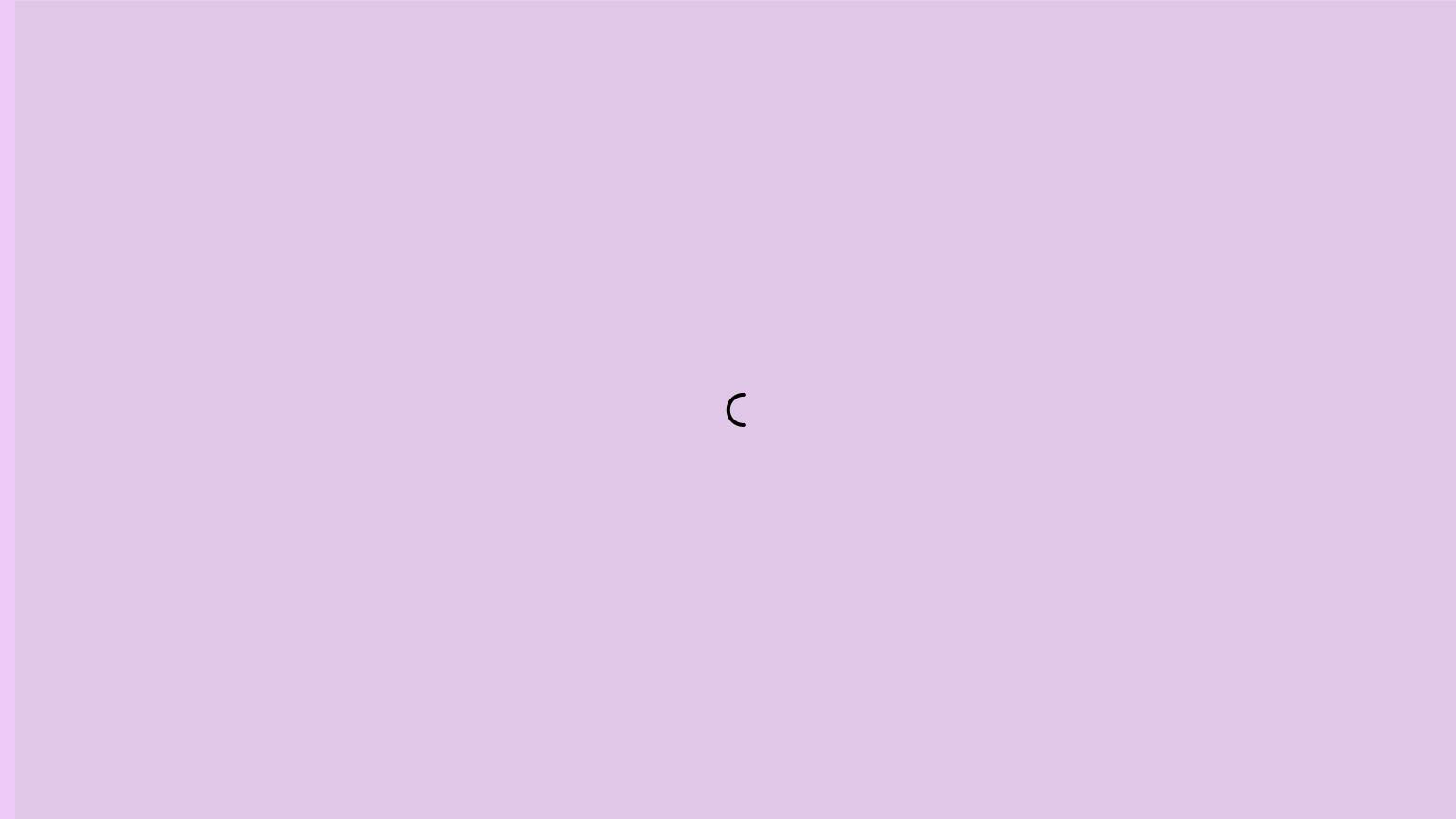
Eléctricas - permiten movimientos reflejos simples, contracciones corporales

Químicas - permiten procesamiento cognitivo, coordinación sensoriomotora



www.youtube.com/watch?v=DEzT_JM6WfY

Neurotransmisor	Tipo de efecto	Funciones principales	Ejemplos de acción
Acetilcolina (ACh)	Mayormente excitador	Contracción muscular, memoria, aprendizaje	Transmisión neuromuscular, plasticidad sináptica
Glutamato	Excitador principal del SNC	Procesamiento de información, aprendizaje, memoria	Potenciación a largo plazo (LTP) en el hipocampo
GABA (ácido gamma-aminobutírico)	Inhibidor principal del SNC	Control de la excitabilidad neuronal, relajación muscular	Regulación de la ansiedad, coordinación motora
Dopamina	Excitador o modulador	Motivación, recompensa, control del movimiento	Circuitos de placer, control motor en la sustancia negra
Serotonina (5-HT)	Mayormente modulador/inhibidor	Regulación del ánimo, sueño, apetito, percepción del dolor	Estado de ánimo estable, control del sueño REM
Noradrenalina (Norepinefrina)	Excitador/modulador	Respuesta al estrés, alerta, atención, ritmo cardíaco	Respuesta de “lucha o huida”
Adrenalina (Epinefrina)	Excitador	Respuesta rápida al estrés, aumento de energía	Liberación por glándulas suprarrenales
Endorfinas	Inhibidoras/moduladoras	Analgesia natural, sensación de bienestar	Reducción del dolor tras ejercicio intenso
Histamina	Excitador/modulador	Regulación de vigilia, funciones inmunológicas	Control del ciclo sueño-vigilia, respuesta alérgica



www.youtube.com/watch?v=qkYCGALqS-E

Sinapsis químicas en el ser humano

¿Dónde ocurren?

Prácticamente en toda la comunicación neuronal del cerebro, la médula espinal y el sistema nervioso periférico. Son la forma más común de sinapsis en el cuerpo humano.

Ejemplos específicos:

Corteza cerebral: donde se realizan procesos complejos de pensamiento, memoria y aprendizaje.

Hipocampo: área crucial para la memoria y el aprendizaje, llena de sinapsis químicas que facilitan la plasticidad cerebral.

Unión neuromuscular: sinapsis entre neurona motora y músculo, donde se libera acetilcolina para activar la contracción muscular.

Sistema nervioso autónomo: sinapsis químicas regulan funciones involuntarias como latidos cardíacos y digestión.

Importancia:

La plasticidad sináptica, es decir, la capacidad de fortalecer o debilitar sinapsis químicas, es esencial para el aprendizaje, la memoria y la adaptación cerebral.

2. Sinapsis eléctricas en el ser humano

¿Dónde ocurren?

Menos comunes, pero esenciales en ciertas regiones para una transmisión ultrarrápida y sincronización.

Ejemplos específicos:

Tronco encefálico: circuitos que controlan reflejos vitales, como la respiración y el latido cardíaco.

Corteza cerebral (en menor escala): para sincronizar la actividad de grupos de neuronas durante ciertos procesos, como ondas cerebrales y control motor fino.

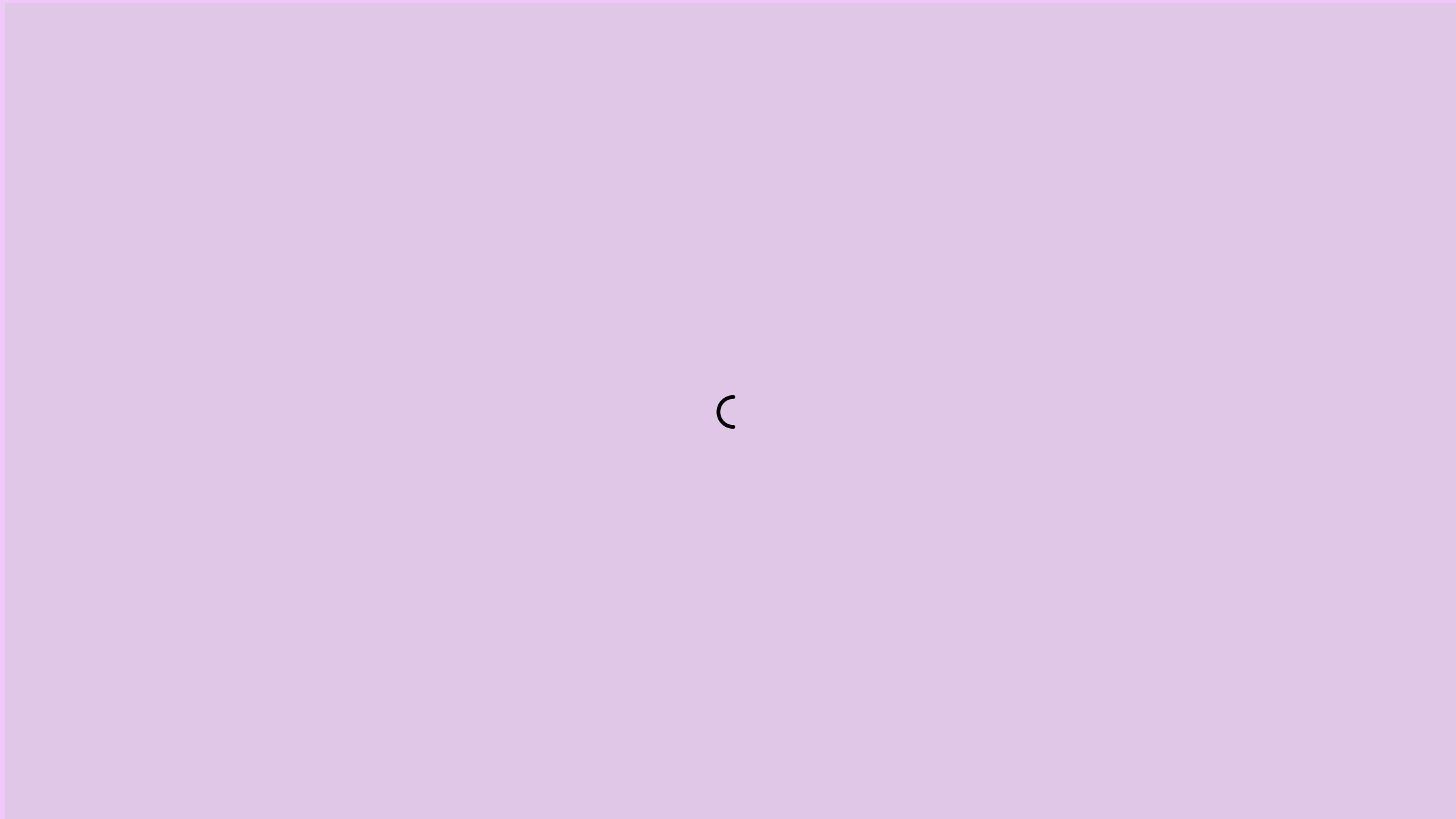
Retina: para sincronizar respuestas rápidas entre células visuales.

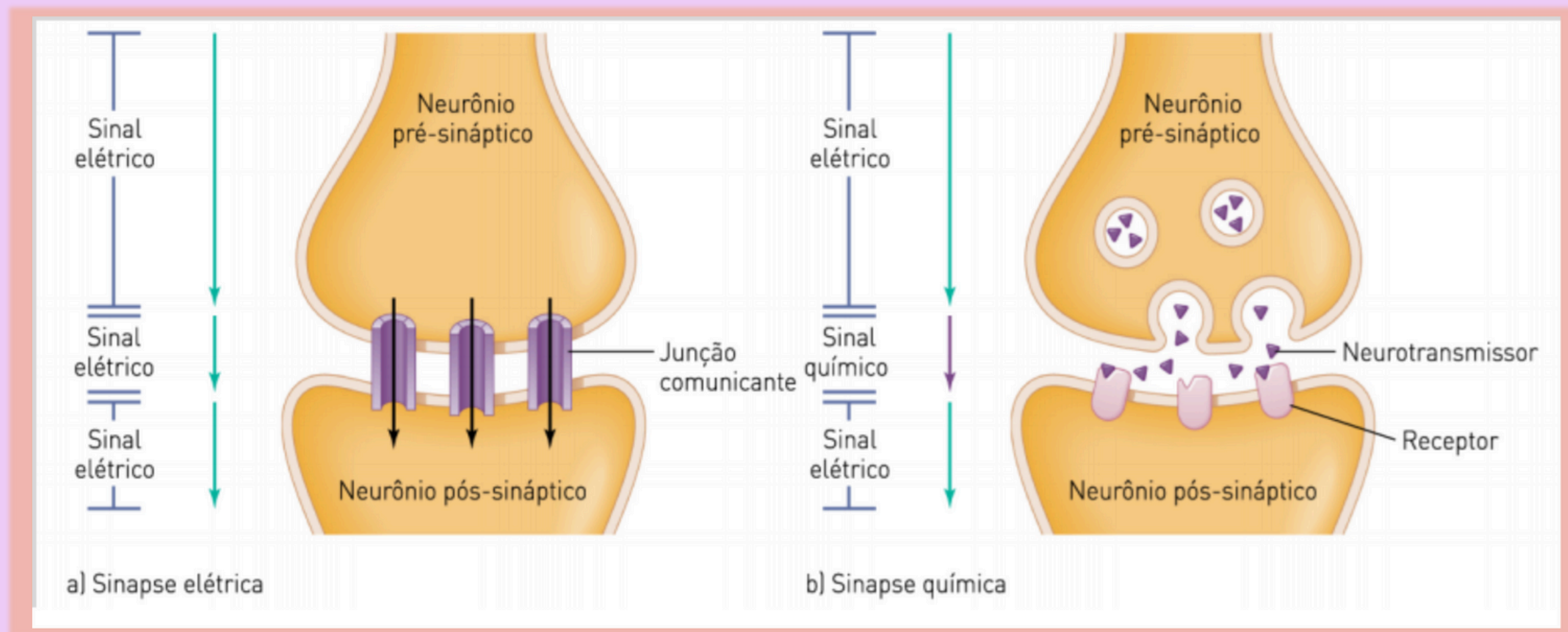
Neuronas del sistema nervioso entérico: para una coordinación rápida del funcionamiento intestinal.

Importancia:

Permiten respuestas instantáneas y sincronizadas, fundamentales para reflejos rápidos y funciones automáticas que requieren precisión temporal.

Tipo de sinapsis	Localización en el ser humano	Función principal
Química	Cerebro, médula, unión neuromuscular, etc.	Procesamiento complejo, aprendizaje, control motor y autónomo
Eléctrica	Tronco encefálico, retina, corteza (puntos específicos)	Sincronización rápida, reflejos y funciones automáticas





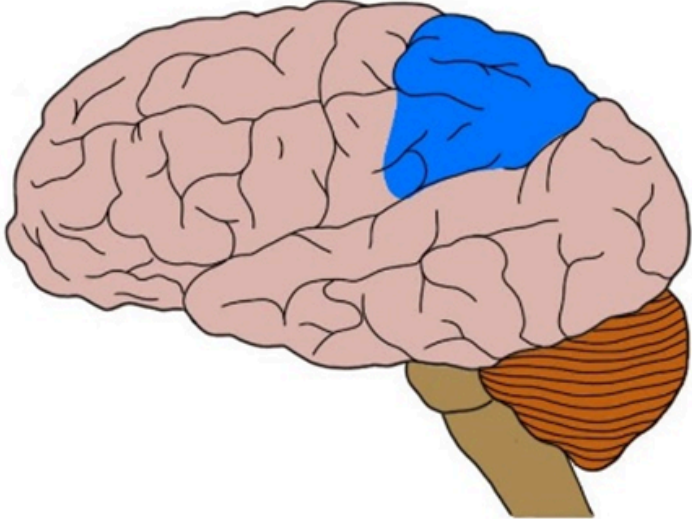
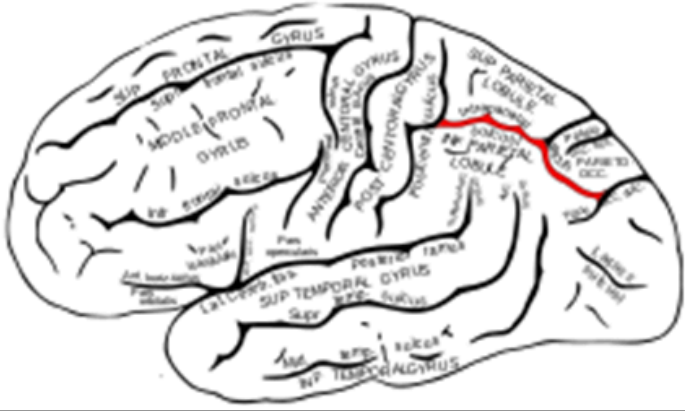
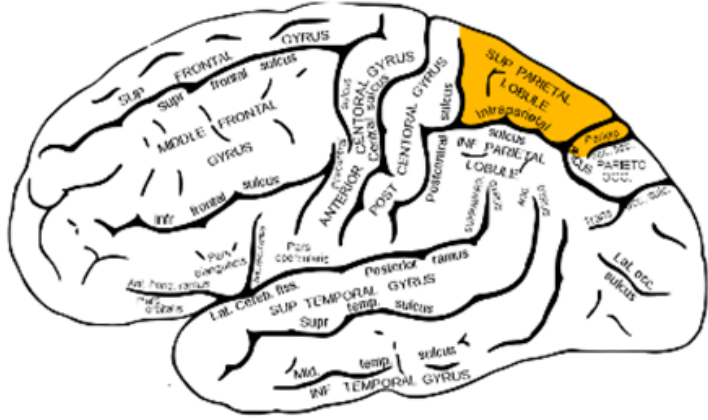
Trastorno del Aprendizaje	Alteraciones Cerebrales según las Neurociencias Cognitivas	Estrategias Pedagógicas Recomendadas
Dislexia	Menor activación en el hemisferio izquierdo en áreas relacionadas con el procesamiento fonológico (área de Broca, giro angular y supramarginal). Dificultad en la integración entre áreas visuales y auditivas.	- Entrenamiento fonológico y de conciencia fonémica.- Lectura guiada con apoyo visual y auditivo.- Software de lectura con voz sintetizada.- Actividades multisensoriales (visual + auditivo + táctil).
Disgrafía	Alteraciones en áreas motoras finas y en el córtex parietal, que afectan la coordinación motora y el procesamiento visoespacial.	- Ejercicios de coordinación motora fina (caligrafía progresiva).- Uso de teclado o herramientas digitales.- Modelado y actividades artísticas para refuerzo motor.-
Discalculia	Actividad reducida en el lóbulo parietal (giro intraparietal) relacionado con el sentido numérico y la manipulación mental de cantidades.	- Materiales concretos (material dorado, ábacos, bloques lógicos).- Visualización de conceptos matemáticos con diagramas y colores.- Estrategias de descomposición numérica.- Juegos de razonamiento y
Trastorno de Expresión Escrita	Dificultad de integración entre áreas del lenguaje, memoria de trabajo y planificación motora.	- Planificación de texto con mapas mentales.- Modelos de escritura guiada.- Uso de listas de verificación para revisar gramática y cohesión.- Escritura colaborativa con compañeros.
TDAH (cuando está asociado)	Alteraciones en el córtex prefrontal y en el sistema dopaminérgico, que afectan la atención sostenida, el control inhibitorio y la memoria de trabajo.	- Actividades cortas y variadas.- Uso de refuerzo positivo inmediato.- Rutina 50 estructurada y previsible.- Pausas frecuentes para movimiento.

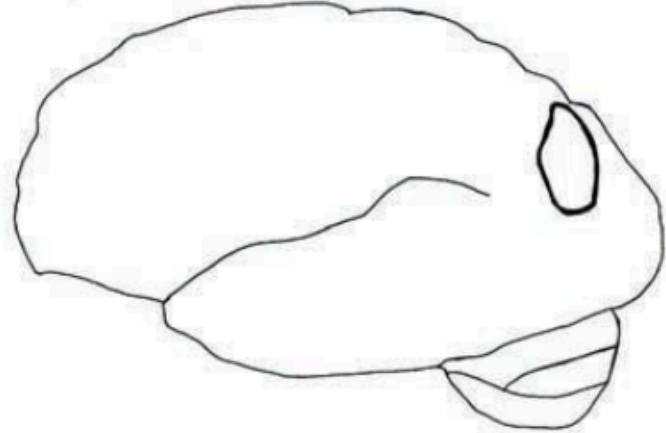
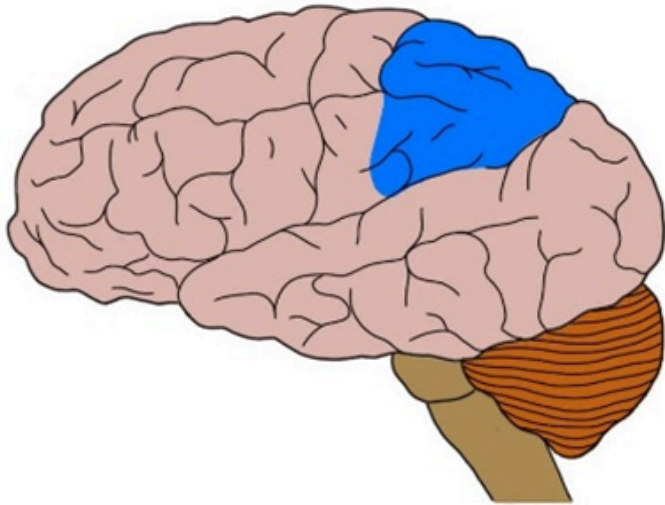
EL CEREBRO MATEMATICO

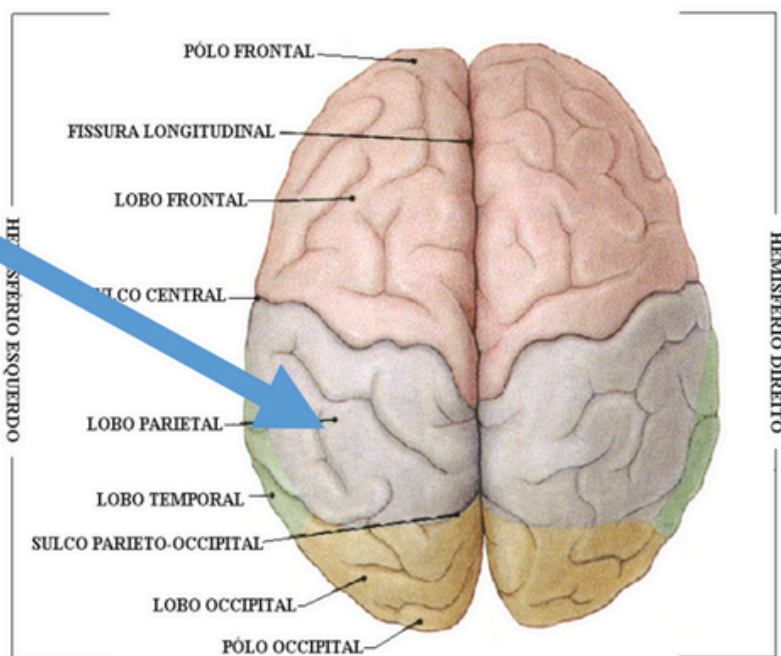
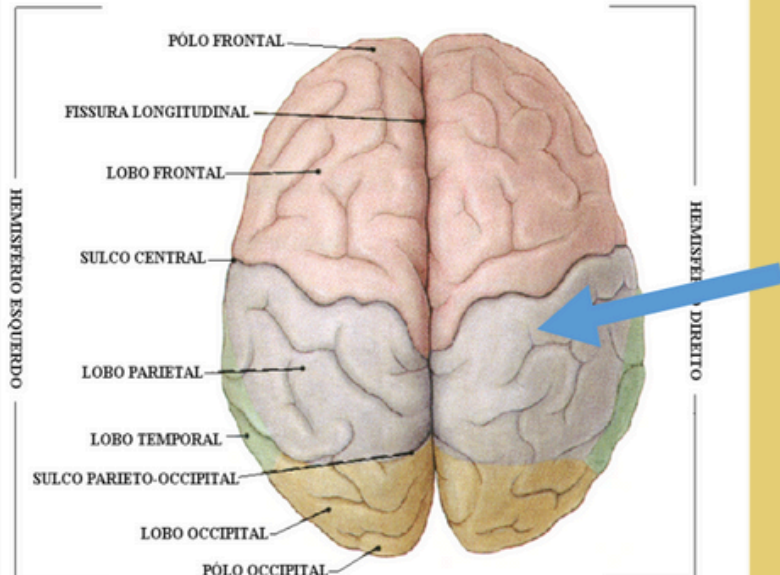
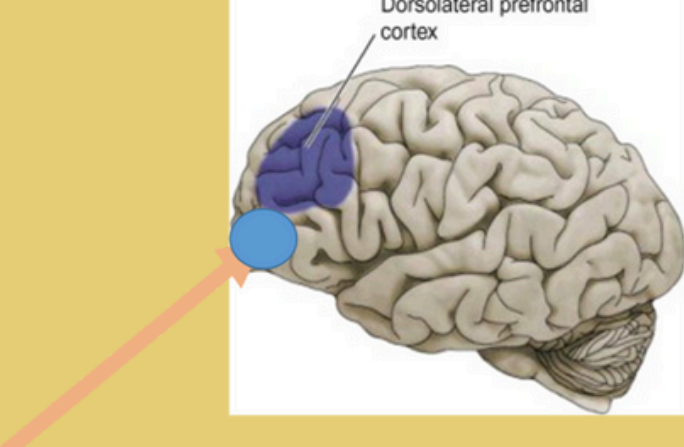
**Principais áreas corticais
ativadas quando se estuda
matemática.**

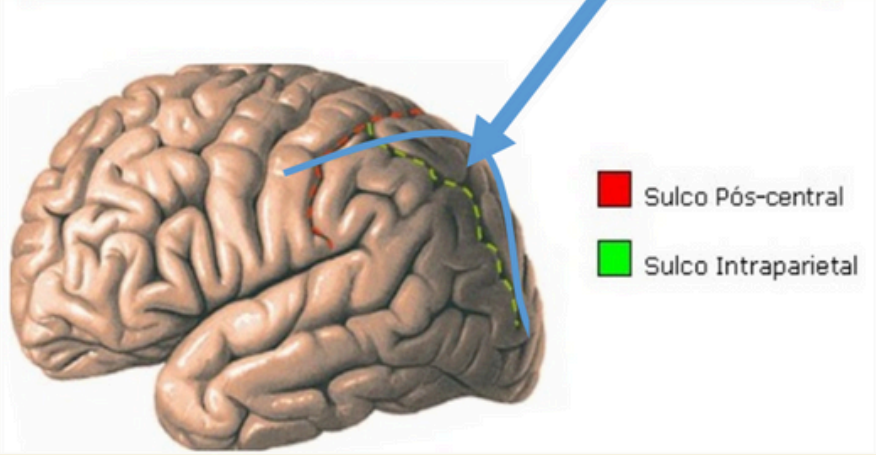
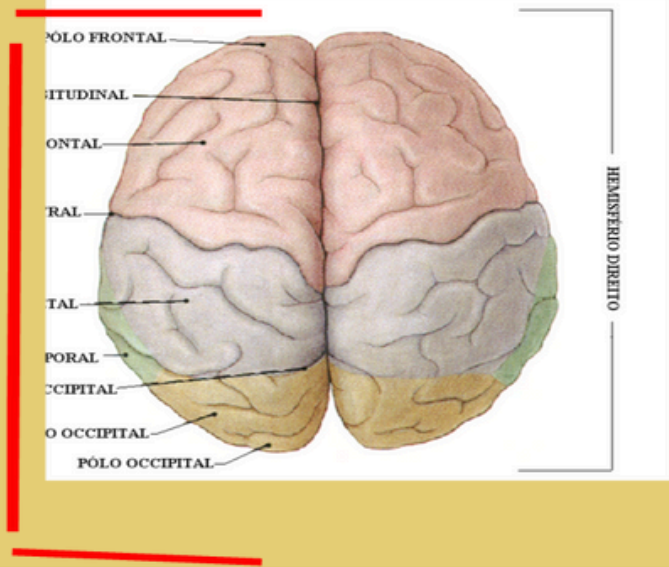
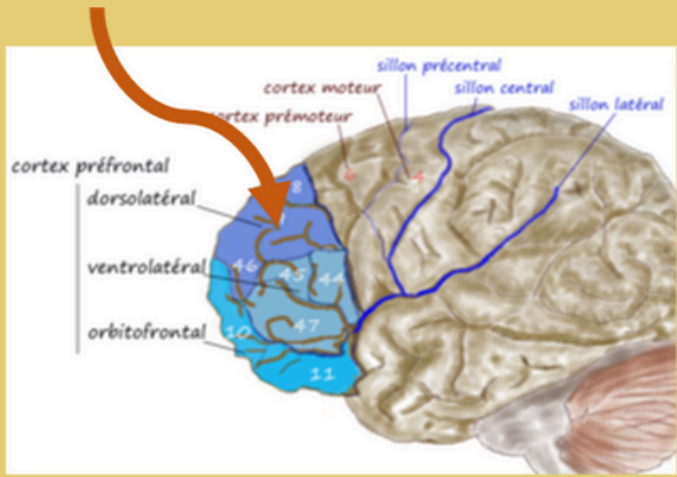


Los datos aquí presentados son relativos a investigadores de diversos países. No son fruto de investigaciones de campo de la conferencista. Fue realizado un recopilatorio de artículos científicos

Processamento de números e cálculos aritméticos	córtex parietal	
Cálculos propriamente	sulco intraparietal horizontal (HIPS)	
Aspectos visuo-espaciais e de atenção ao processamento de números incluindo as representações mentais de objetos e rotações mentais	lobo parietal posterior superior (PSPL)	

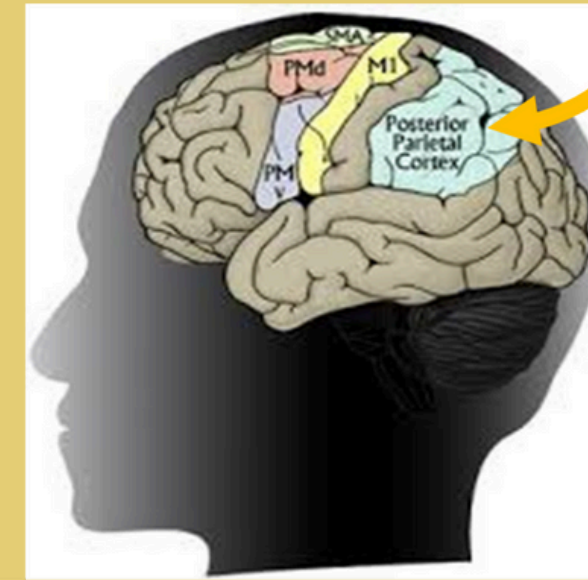
Processamento verbal de números envolvidos na recuperação de fatos	giro angular (AG)	
Controle de atenção e memória	córtex frontal	
Processamento matemático mais complexo, como a resolução de problemas, equações algébricas e demonstração em geometria	córtex parietal	

Adição	Lateralidade esquerda no córtex parietal	 Diagrama do cérebro humano mostrando a lateralização da linguagem. A seta azul aponta para o lobo parietal esquerdo, associado à adição. O diagrama inclui as seguintes legendas: PÓLO FRONTAL, FISSURA LONGITUDINAL, LOBO FRONTAL, SULCO CENTRAL, LOBO PARIETAL, LOBO TEMPORAL, SULCO PARIETO-OCCIPITAL, LOBO OCCIPITAL, PÓLO OCCIPITAL, HEMISFÉRIO ESQUERDO e HEMISFÉRIO DIREITO.
Multiplicação	Lateralidade direita córtex parietal	 Diagrama do cérebro humano mostrando a lateralização da linguagem. A seta azul aponta para o lobo parietal direito, associado à multiplicação. O diagrama inclui as seguintes legendas: PÓLO FRONTAL, FISSURA LONGITUDINAL, LOBO FRONTAL, SULCO CENTRAL, LOBO PARIETAL, LOBO TEMPORAL, SULCO PARIETO-OCCIPITAL, LOBO OCCIPITAL, PÓLO OCCIPITAL, HEMISFÉRIO ESQUERDO e HEMISFÉRIO DIREITO.
Problema matemático relativamente avançado	córtex pré-frontal lateral inferior (LIPFC)	 Diagrama do cérebro humano mostrando a localização do córtex pré-frontal lateral inferior (LIPFC). A seta laranja aponta para uma área azulada no lobo frontal inferior. O diagrama inclui a seguinte legenda: Dorsolateral prefrontal cortex.

A medida que a dificuldade da equação algébrica aumenta	Aumenta ativação cerebral nas regiões selecionadas do IPS (sulco intraparietal) e no córtex pré-frontal	 ■ Sulco Pós-central ■ Sulco Intraparietal
Resolução de problemas matemáticos avançados como integrais	ativa uma rede cortical lateralizada à esquerda	 POLO FRONTAL CORTEZ FRONTAL CORTEZ CENTRAL CORTEZ PARETAL CORTEZ OCCIPITAL POLO OCCIPITAL HEMISFÉRIO DIREITO
Lembrança de diferentes representações das funções	o pré-frontal dorsolateral anterior esquerdo do córtex é mais ativo para a recuperação da representação verbal	 córtex pré-frontal dorsolateral cortex pré-moteur cortex motor sillon précentral sillon central sillon latéral ventrolateral orbitofrontal

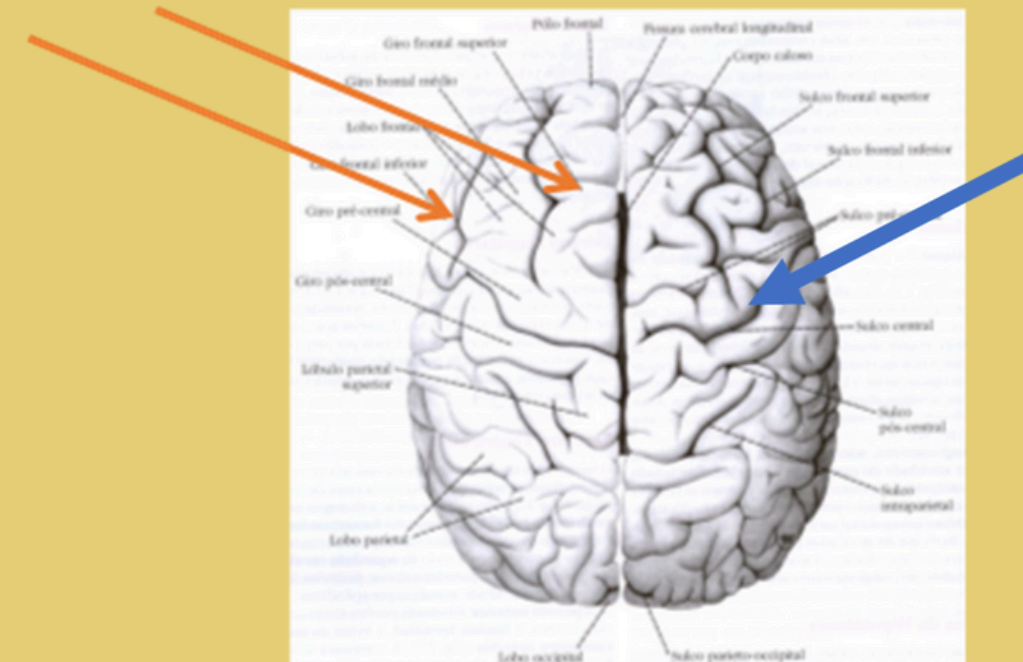
Para a recuperação da representação de equações

os córtices parietais posteriores são mais ativos



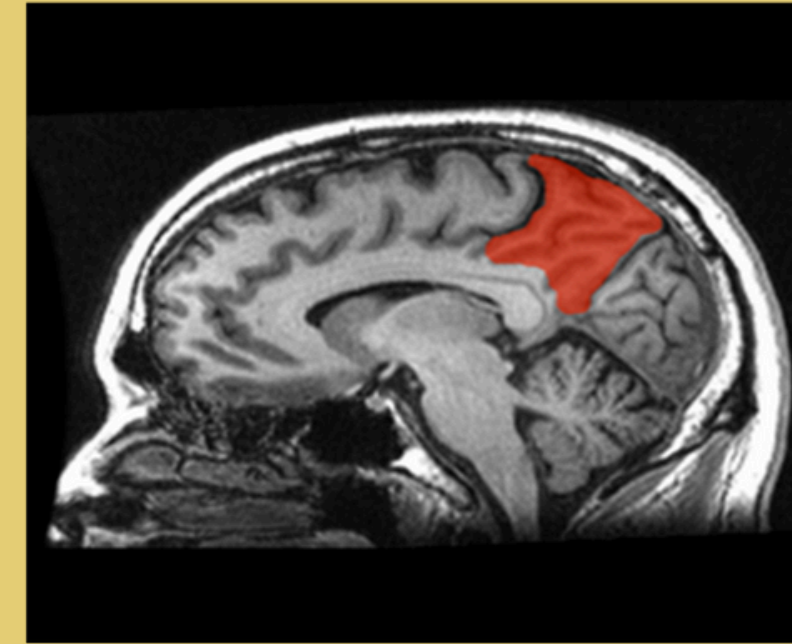
Diagramas e equações, representações para problemas de palavras/ símbolos matemáticos

Ativa áreas ligadas à memória de trabalho e processamento quantitativo (giros frontais esquerdos e ativação bilateral do hIPS-sulco intraparietal horizontal).

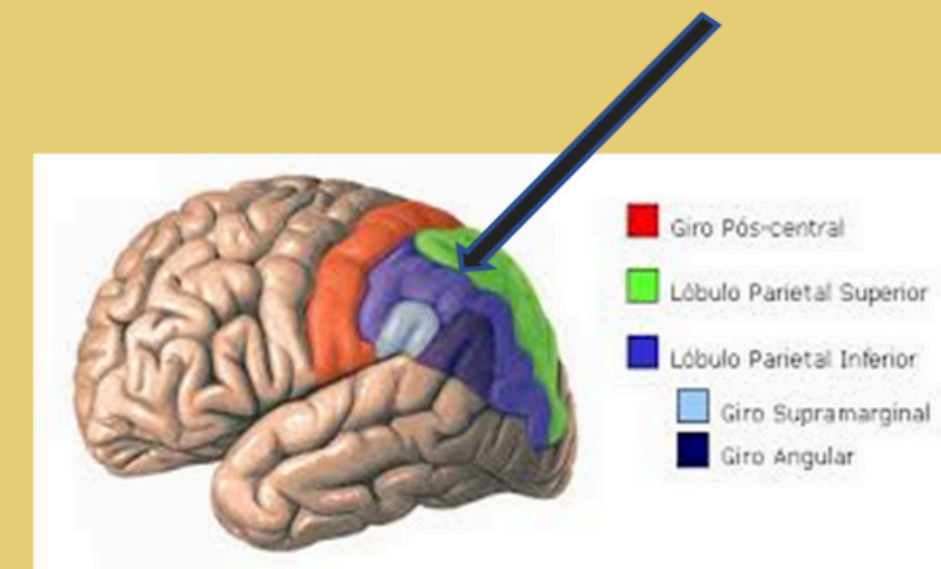


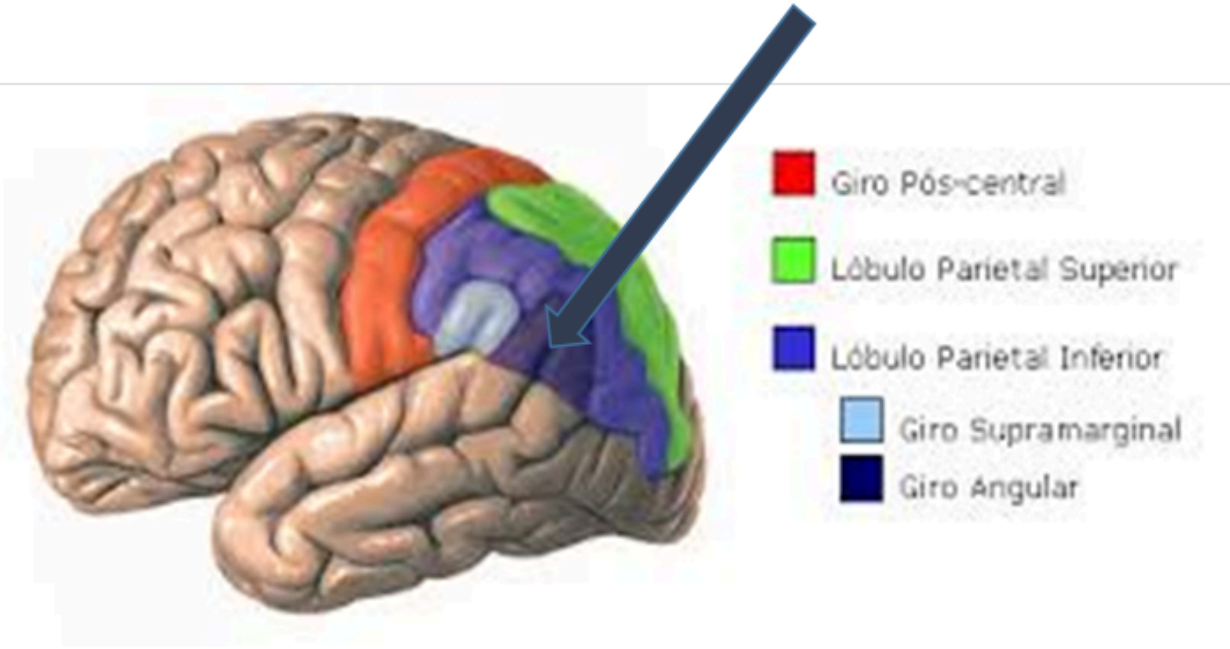
A representação simbólica de funções.

ativa a **PSPL** (lobo parietal posterior superior) e o **precuneus** (pequena **região do lobo parietal superior**).



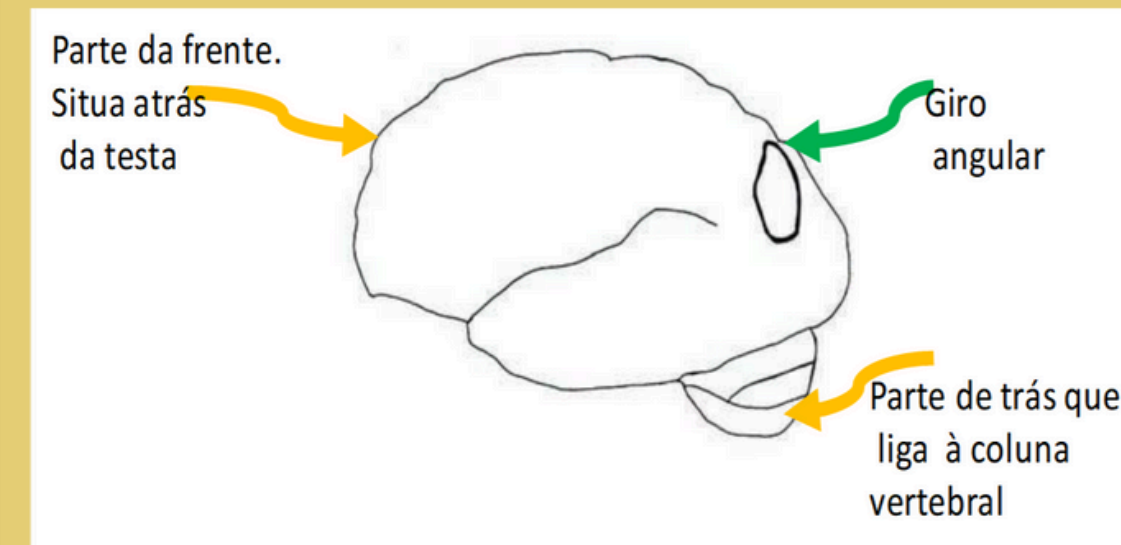
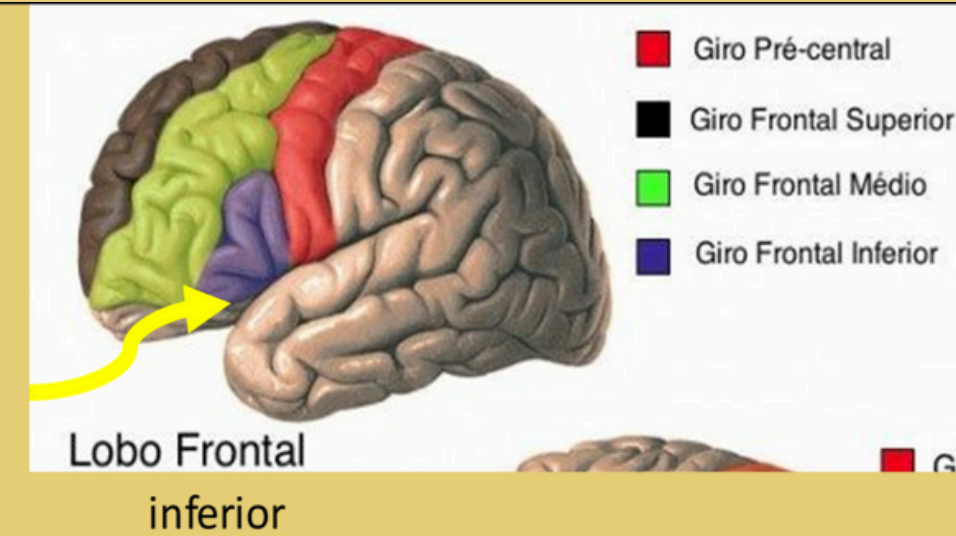
Estes resultados sugerem que os dois modos de representação impõem uma atenção de diferentes demandas (representação simbólica é mais exigente).

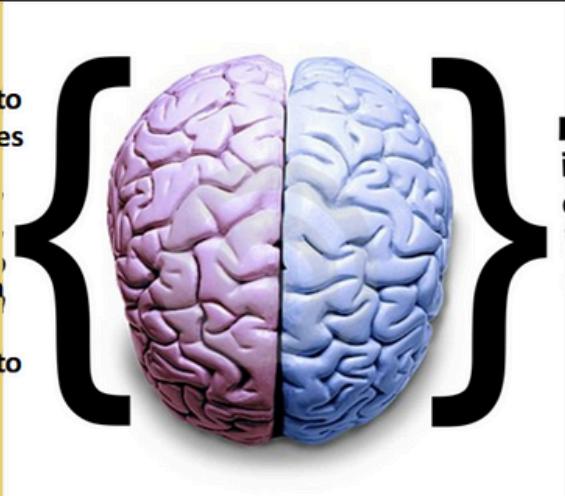


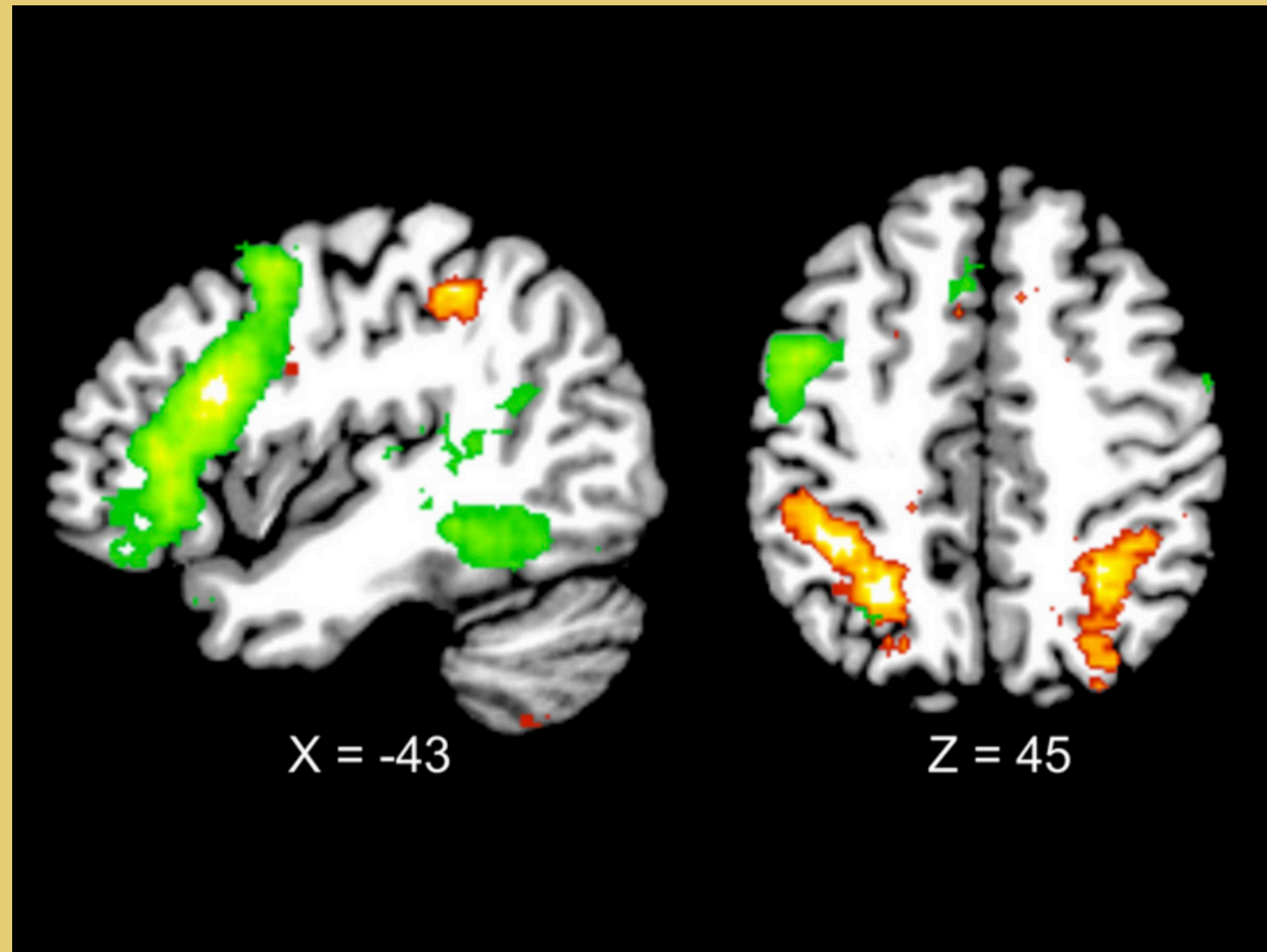
A conexão entre correlatos cerebrais e competência matemática em tarefas que requerem o processamento da representação matemática.	Maior acionamento à esquerda do AG	 Diagrama lateral do cérebro humano com regiões coloridas e uma seta apontando para o giro angular. A legenda indica: - Giro Pós-central (vermelho) - Lóbulo Parietal Superior (verde) - Lóbulo Parietal Inferior (azul escuro) - Giro Supramarginal (azul claro) - Giro Angular (azul muito escuro)
O processamento de termos algébricos e geométricos (por exemplo, termos como quadrados e valor absoluto)	Os termos geométricos provocaram mais ativação IPS à direita do que os termos algébricos	 Diagrama superior do cérebro humano com o lado esquerdo em tons de roxo e o lado direito em tons de azul, com chaves indicando funções: - Processamento de informações verbais e também mais analítico, do ponto de vista do processamento (lado esquerdo, roxo) - Processamento de informações visuo-espaciais (lado direito, azul)

A tradução entre
formatos gráficos e
simbólicos

O acionamento
estendido das áreas
de IPS (sulco
intraparietal) e
PSPL (lobo parietal
posterior superior).
Maior
envolvimento do
IFG (giro frontal
inferior) esquerdo e
do AG (giro
angular) direito



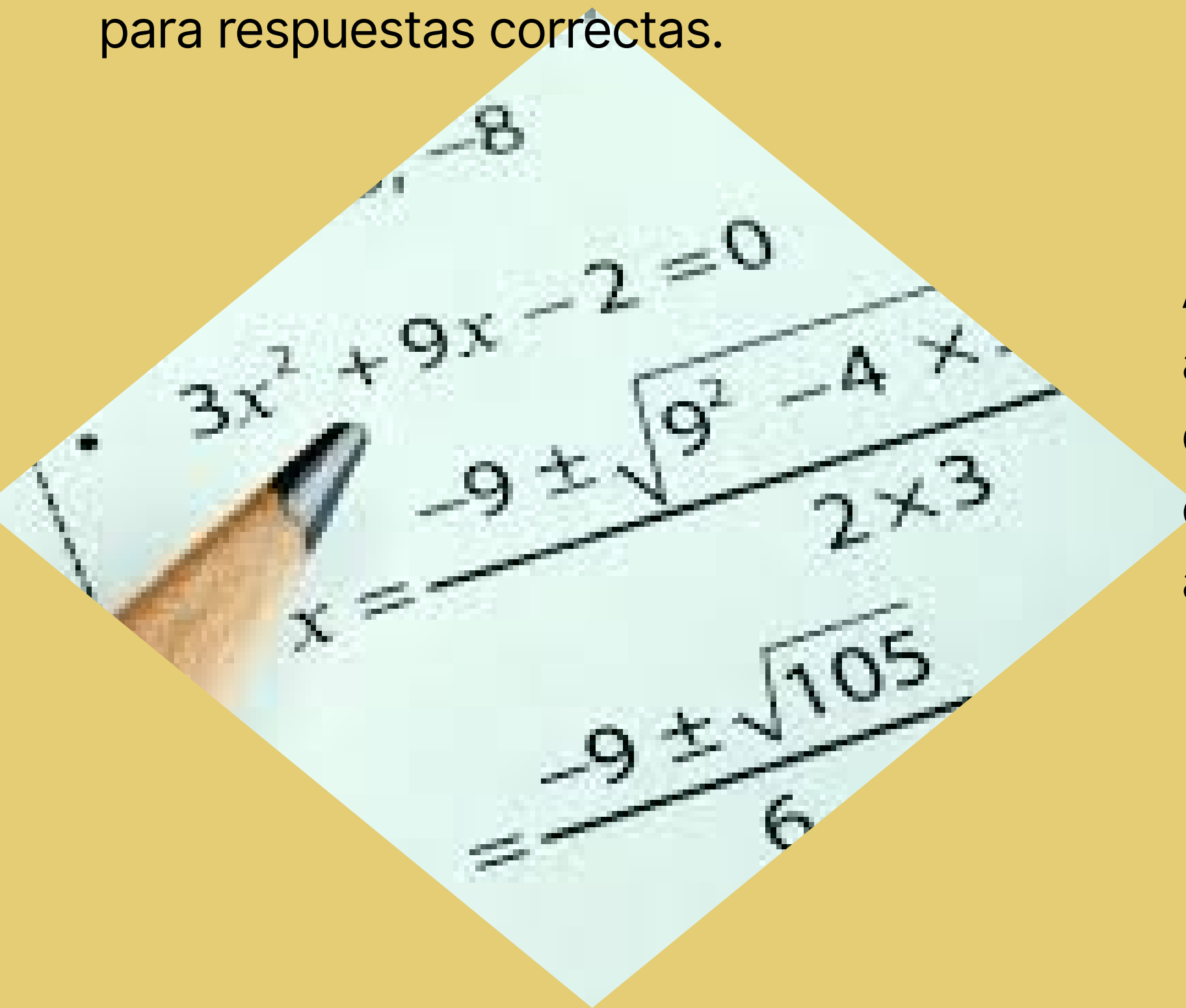
Geração de prova de geometria	Indica um maior envolvimento de regiões hemisféricas direitas	Processamento de informações verbais e também mais analítico, do ponto de vista do processamento  Processamento de informações visuo-espaciais
As redes cerebrais para raciocínios matemáticos avançados podem se desenvolver na ausência de experiência visual.	Ativações adicionais foram encontradas no córtex occipital, mesmo em indivíduos que ficaram cegos durante a infância, sugerindo que tanto a imagem mental ou um mais radical reajuste do córtex visual pode ocorrer em matemáticos cegos.	



Las áreas cerebrales asociadas con el procesamiento numérico se muestran en colores que van del rojo al amarillo, y las regiones asociadas con el **lenguaje** se muestran en colores **verdes**.

Los resultados respaldan la conclusión de Amalric y Dehaene de que los circuitos neuronales que sustentan el procesamiento numérico y matemático complejo son en gran medida distintos de los circuitos neuronales implicados durante el lenguaje.

Leikin M, et al. (2014) indican que, cuando la complejidad de los problemas aumenta, más áreas cerebrales apoyan el proceso de resolución y que el rendimiento en la resolución de problemas de geometría, en comparación con el rendimiento en tareas de álgebra, reveló mayores potenciales eléctricos junto con mayor precisión y tiempos de reacción más cortos para respuestas correctas.



Apontam ainda que a resolução de problemas em álgebra e geometria é associado a diferentes padrões de atividade cerebral e, assim, hipotetizam que o ensino de álgebra e o de geometria podem requerer abordagens didáticas diferentes.

El nivel de abstracción es el mayor desafío para abordar el pensamiento algebraico en la enseñanza básica

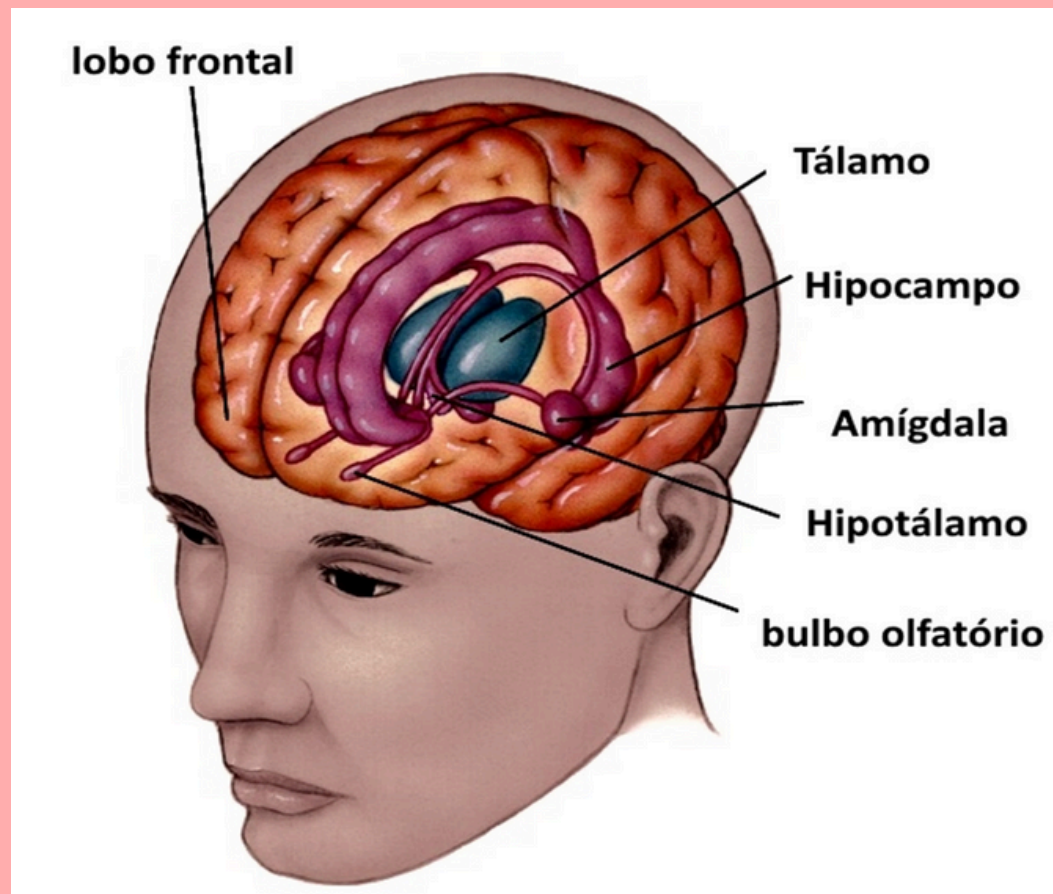


Suponen que los hallazgos sobre las diferencias en la topología del cuero cabelludo asociadas con la resolución de tareas de álgebra y geometría pueden explicar por qué los estudiantes no son igualmente buenos en geometría y álgebra.

Se cree que el hemisferio izquierdo está más implicado en el procesamiento de información verbal y también se muestra más analítico desde el punto de vista del procesamiento, mientras que el hemisferio derecho parece encargarse más del procesamiento de información visoespacial.



LAS EMOCIONES

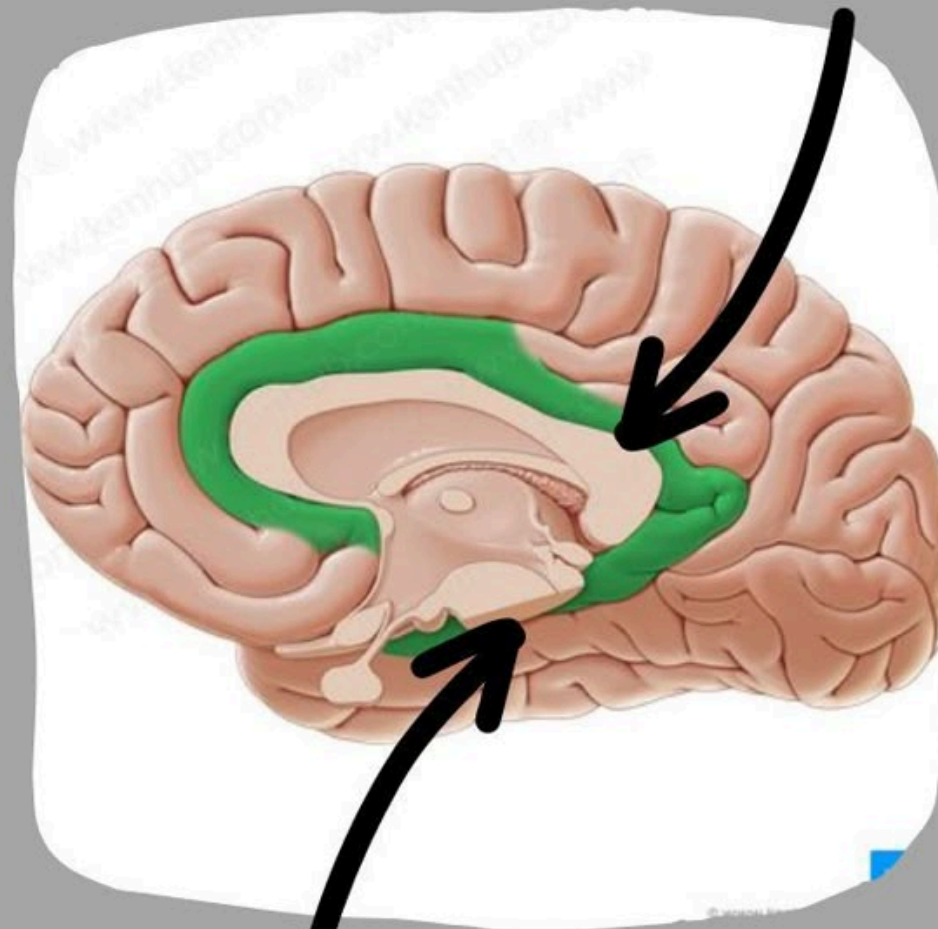


PARTES DEL SISTEMA LÍMBICO

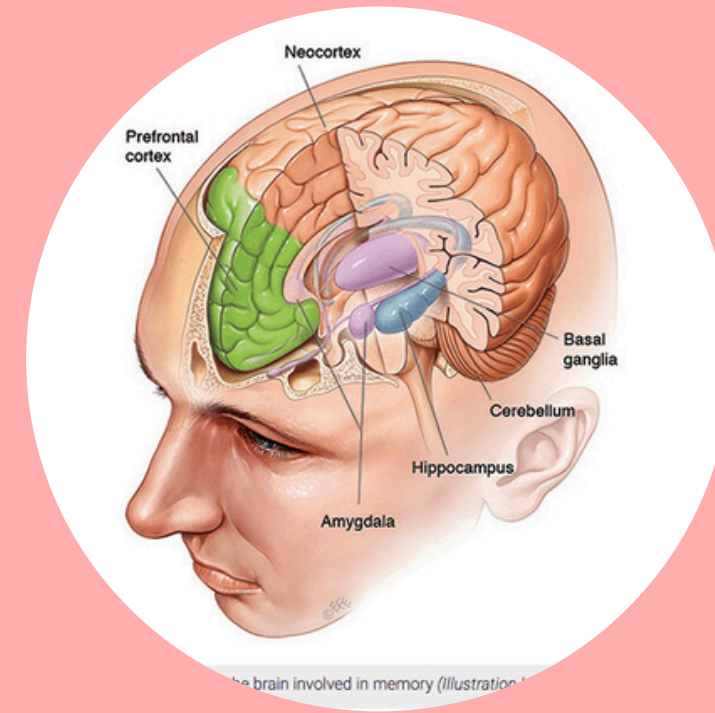
Sistema límbico

El hipocampo es un área relacionada con la corteza cerebral que se ubica al interior del lóbulo temporal. Es una región pequeña del cerebro y más específicamente del lóbulo temporal que es reconocida por ser parte importante del sistema límbico. Las alargadas estructuras del hipocampo se localizan a lo largo del eje longitudinal del cerebro, en la parte medial de cada lóbulo temporal.

Hipocampo



Amígdala

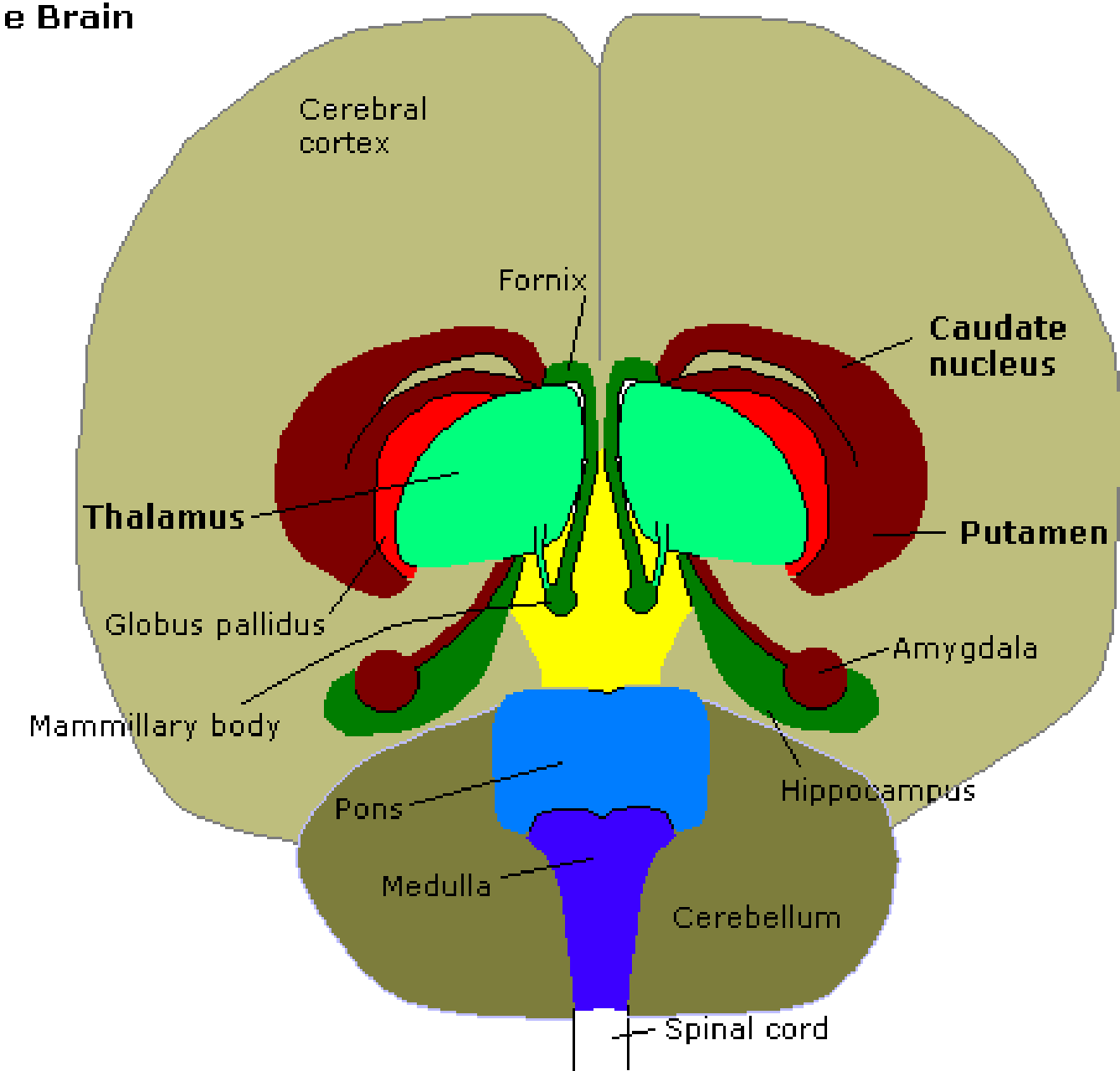


Amígdala

La amígdala cerebral es una región del sistema límbico que tiene funciones importantes. Se encarga de regular nuestros recuerdos y emociones, especialmente las relacionadas con el miedo y la ansiedad. Además, se ha constatado que la amígdala es necesaria para el aprendizaje y expresión del condicionamiento emocional. Conocer la anatomía de la amígdala y entender sus funciones es importante para todos los apasionados de la neuroanatomía.

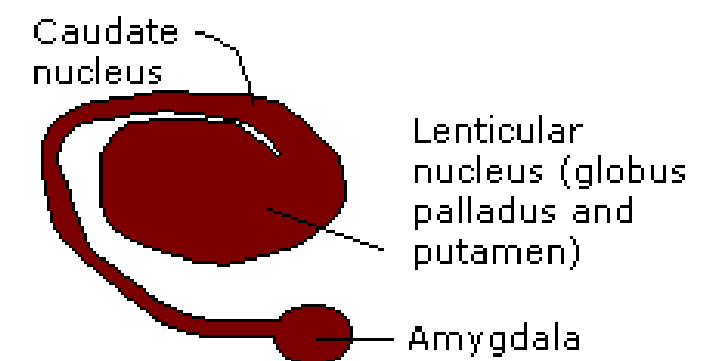
PARTES DEL SISTEMA LÍMBICO

The Brain



The brain as viewed from the underside and front. The thalamus and Corpus Striatum (Putamen, caudate and amygdala) have been splayed out to show detail.

Corpus Striatum



LAS EMOCIONES

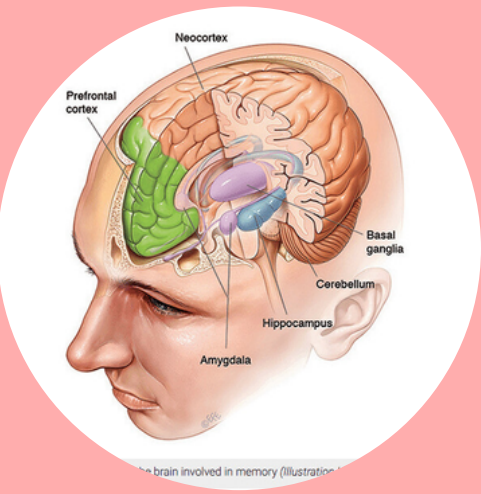
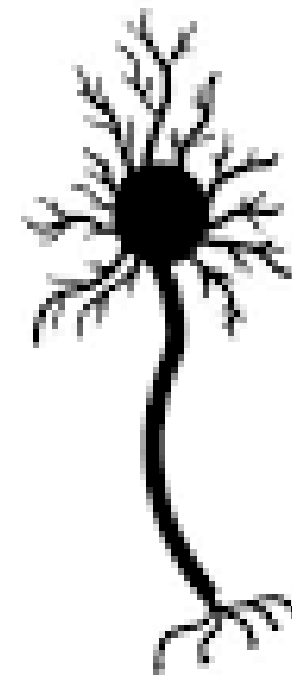
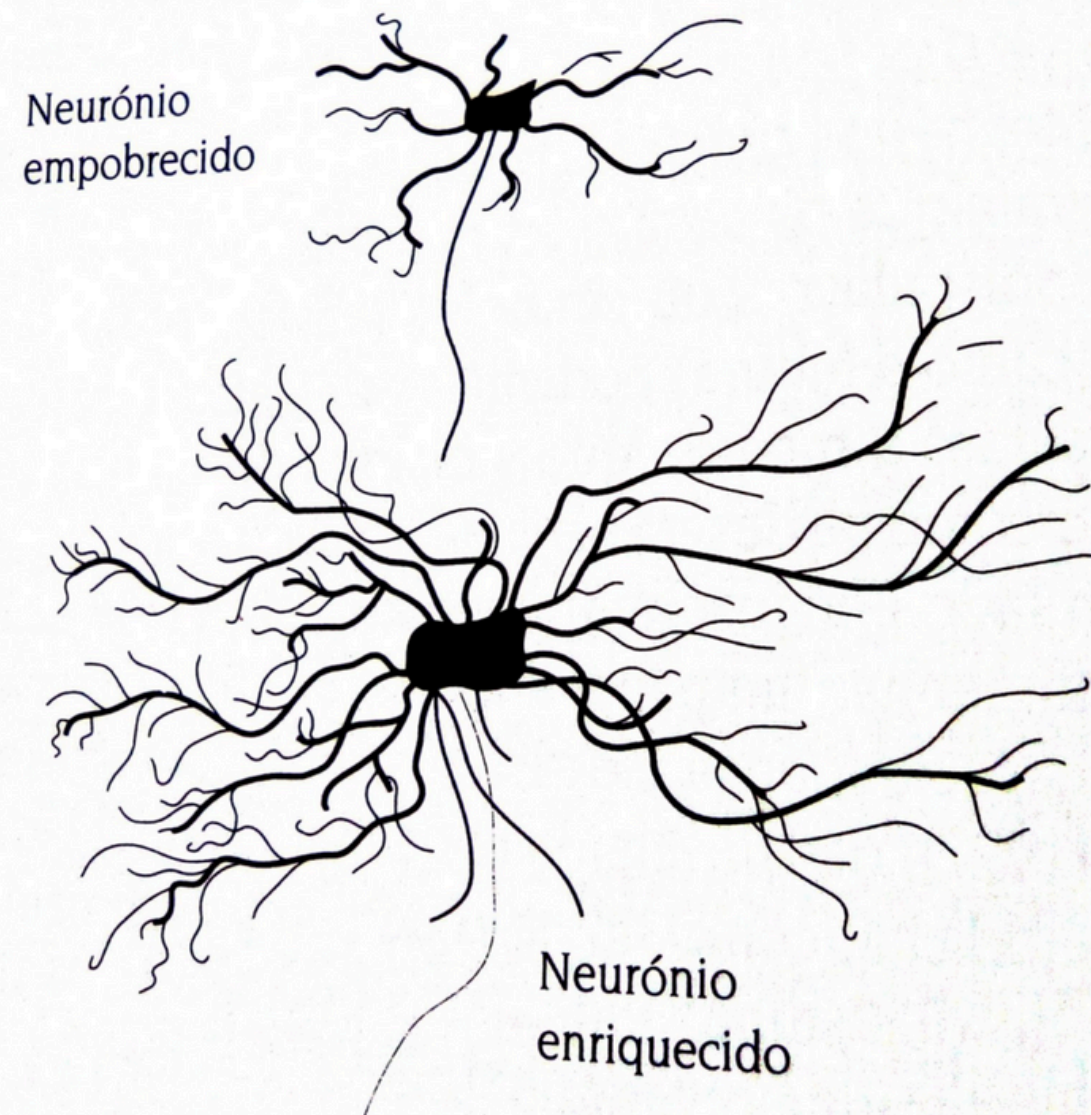
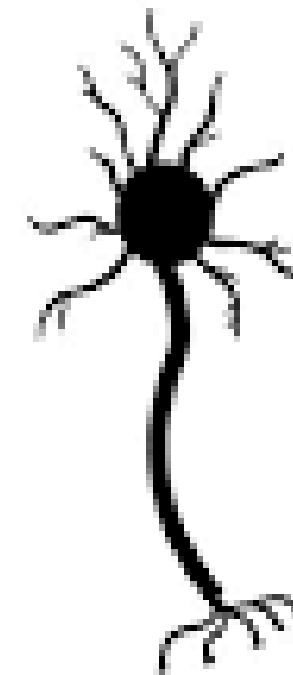


Figura 4.1 – Como o enriquecimento altera a estrutura das células nervosa



Neurónio típico retirado de um animal com papel dominador.



Neurónio típico retirado de um animal com papel de subordinado.

- Amígdala

Identifica estímulos estresantes, interpretando señales de peligro o desafío. Cuando percibe algo amenazante, activa rápidamente el sistema de alerta del cuerpo, iniciando la respuesta al estrés.

- Hipotálamo

Central en la respuesta al estrés, el hipotálamo activa el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA). Libera la hormona liberadora de corticotropina (CRH), que estimula a la hipófisis a liberar la hormona adrenocorticotrópica (ACTH). El ACTH entonces estimula a las glándulas suprarrenales a liberar cortisol, la principal hormona del estrés.

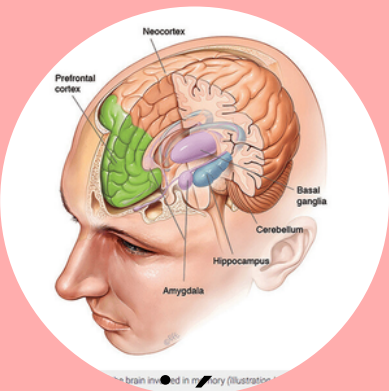
- Hipocampo

Ayuda a regular la respuesta al estrés, enviando señales de retroalimentación para desactivar la activación del eje HHA cuando el estresor termina. Como el hipocampo es sensible al cortisol, el estrés crónico puede dañar su función, afectando la memoria y el control emocional.

- Corteza prefrontal

Ayuda a controlar y modular la respuesta emocional al estrés, evaluando racionalmente la situación y contribuyendo a inhibir respuestas exageradas.

En situaciones de estrés crónico, la función de la corteza prefrontal puede verse perjudicada, dificultando el control emocional.



¿CÓMO SE MANIFIESTA EL ESTRÉS?:

Fisiológicamente: aumento de la frecuencia cardíaca, tensión muscular, sudoración, liberación de cortisol y adrenalina.

Emocionalmente: ansiedad, irritabilidad, miedo, sensación de sobrecarga.

Cognitivamente: dificultad de concentración, toma de decisiones perjudicada, memoria afectada.

RESUMEN DEL PROCESO:

Situación estresante →

La amígdala reconoce el peligro →

El hipotálamo activa el eje (hipotálamo-hipófise-adrenal)HHA →

Liberación de cortisol y adrenalina →

Preparación del cuerpo para "luchar o huir" →

El hipocampo y la corteza prefrontal intentan regular la respuesta →

Si el estrés es crónico, pueden ocurrir daños en el hipocampo y reducción del control de la corteza prefrontal →

Consecuencias negativas en la salud física y mental

El estrés crónico generalmente disminuye la cantidad de dendritas en ciertas áreas del cerebro, especialmente en el hipocampo y en la corteza prefrontal.

¿Por qué sucede esto?

El estrés prolongado eleva los niveles de cortisol (hormona del estrés), que en exceso puede provocar atrofia dendrítica —es decir, el encogimiento y la pérdida de ramificaciones de las dendritas, estructuras de las neuronas responsables de recibir señales de otras células.

Esa reducción en las dendritas perjudica la comunicación entre las neuronas, afectando funciones como:

- Memoria y aprendizaje (hipocampo)
- Regulación emocional y toma de decisiones (corteza prefrontal)

En contrapartida:

En áreas como la amígdala, el estrés puede aumentar la arborización dendrítica, lo que puede hacer que la persona sea más sensible a estímulos emocionales, especialmente de miedo y ansiedad.

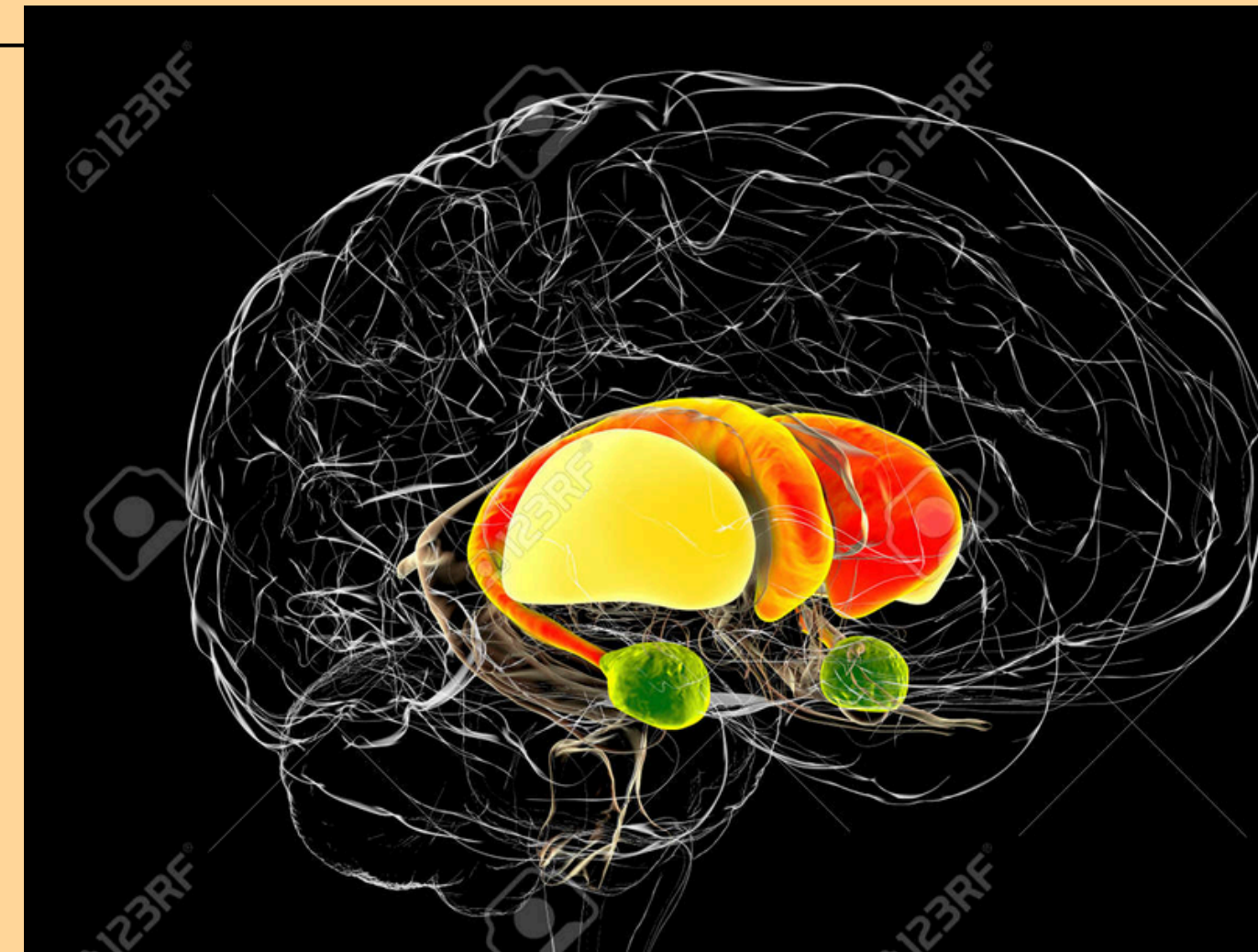
Região cerebral	Efeito do estresse crônico sobre os dendritos
Hipocampo	Diminui dendritos → prejuízo na memória
Córtex pré-frontal	Diminui dendritos → pior controle emocional
Amígdala	Aumenta dendritos → maior reatividade emocional

Aspecto	Neurotransmissores	Hormônios
Origem	Neurônios	Glândulas endócrinas
Via de transporte	Sinapse (espaço entre neurônios)	Corrente sanguínea
Velocidade de ação	Muito rápida (milissegundos)	Mais lenta (segundos a horas/dias)
Alcance da ação	Localizado (células próximas)	Geralmente sistêmico (todo corpo)
Exemplos	Dopamina, serotonina	Cortisol, adrenalina

MEMÓRIA

Los recuerdos movilizan varias regiones del cerebro, incluyendo el estriado, la amígdala, el hipocampo, la corteza prefrontal, el lóbulo temporal y otras.

La formación de todos los recuerdos requiere alteraciones morfológicas en las sinapsis: deben formarse nuevas sinapsis o reforzarse las ya existentes.



Anatomía del cuerpo estriado dorsal del cerebro, ilustración 3D. El estriado dorsal consiste en el núcleo caudado (naranja) y el putamen (amarillo). La amígdala se colorea de verde

Pero es cierto que “Cuanto más usamos el cerebro, mejor se vuelve y con más capacidad para seguir aprendiendo y haciendo cosas nuevas” (HERCULANO-HOUZEL, 2010, p.16) y que “Aprender es cambiar el cerebro según la experiencia” (ibidem, p.20).

¿Cómo procesa el cerebro la memoria?

El cerebro procesa la memoria a través de varias etapas interconectadas:

Codificación: La información sensorial se transforma en un formato que el cerebro puede almacenar. Diferentes regiones participan según el tipo de información (visual, auditiva, emocional, etc.).

Almacenamiento: La información codificada se conserva en distintas áreas del cerebro. Por ejemplo, el hipocampo es clave para la memoria episódica, mientras que la corteza almacena recuerdos a largo plazo.

Consolidación: Las memorias se estabilizan y fortalecen mediante cambios en las sinapsis y la creación de nuevas conexiones neuronales. El sueño también juega un papel importante en este proceso.

Recuperación: El cerebro accede a la información almacenada cuando se necesita, activando las redes neuronales correspondientes para traer el recuerdo a la conciencia.

Este proceso depende de la interacción entre varias regiones cerebrales, incluyendo el hipocampo, la amígdala, la corteza prefrontal y el estriado.

MEMÓRIA

Bases neurobiológicas da memória

Hipocampo: fundamental para formar memorias explícitas (conscientes), como hechos y eventos. Es crucial para la consolidación de la memoria de corto plazo a largo plazo.

Corteza cerebral: área donde se almacenan las memorias a largo plazo, distribuidas en regiones específicas según el tipo (visuales, auditivas, motoras, etc.).

Amígdala: relacionada con la memoria emocional, intensificando recuerdos asociados a emociones fuertes.

Cerebelo y ganglios basales: involucrados en la memoria procedimental, es decir, la memoria de habilidades y hábitos (por ejemplo, andar en bicicleta).

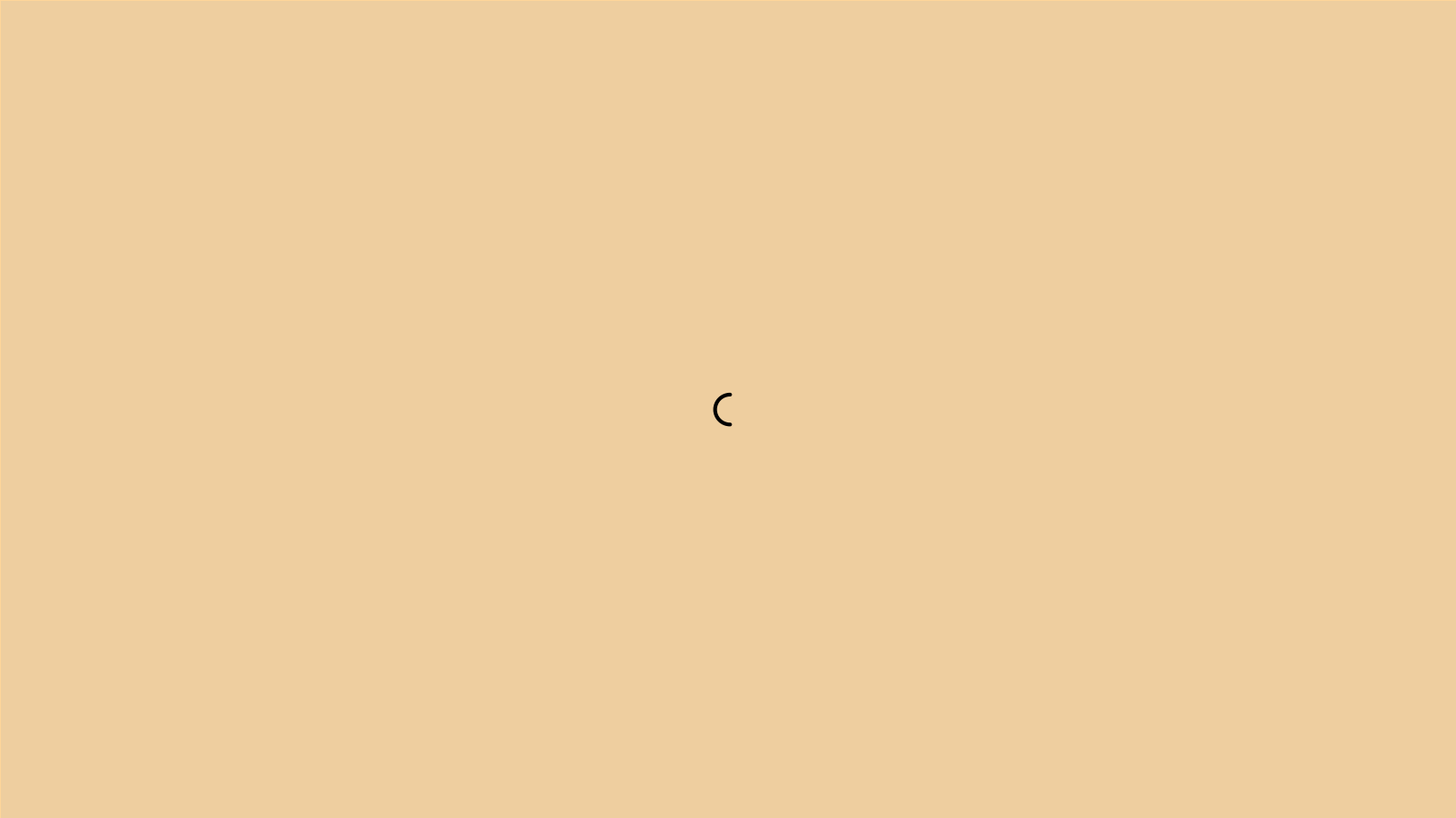
¿Qué ocurre en la sinapsis durante la formación de la memoria?

La comunicación entre neuronas ocurre en la sinapsis mediante la liberación de neurotransmisores. Para formar una memoria, se produce un proceso llamado: **Potenciación a largo plazo (LTP)**– un fortalecimiento duradero de las conexiones sinápticas, aumentando la eficiencia de la comunicación entre neuronas. Esto facilita la activación futura de estas conexiones, siendo esencial para el aprendizaje y la memoria.

MEMÓRIA

La memoria implica codificación, almacenamiento y recuperación. Depende de la plasticidad sináptica, especialmente en el hipocampo.

Existen varios tipos de memoria con bases neuronales diferentes. La fuerza de las conexiones sinápticas cambia para almacenar información (LTP, potenciación a largo plazo).



c

www.youtube.com/watch?v=PMQny4kp4cc

1. Memoria sensorial

Función: Retiene información de los sentidos por muy poco tiempo.

Base cerebral: Corteza sensorial correspondiente (visual, auditiva, táctil, etc.)

2. Memoria a corto plazo / de trabajo

Función: Mantener información temporalmente para procesarla y usarla.

Base cerebral: Corteza prefrontal y redes asociadas.

3. Memoria a largo plazo

a) Memoria explícita (declarativa) – **consciente**

Memoria episódica: eventos y experiencias personales → hipocampo y corteza temporal.

Memoria semántica: hechos y conocimientos generales → corteza temporal y cortical distribuida.

b) Memoria implícita (no declarativa) – **inconsciente**

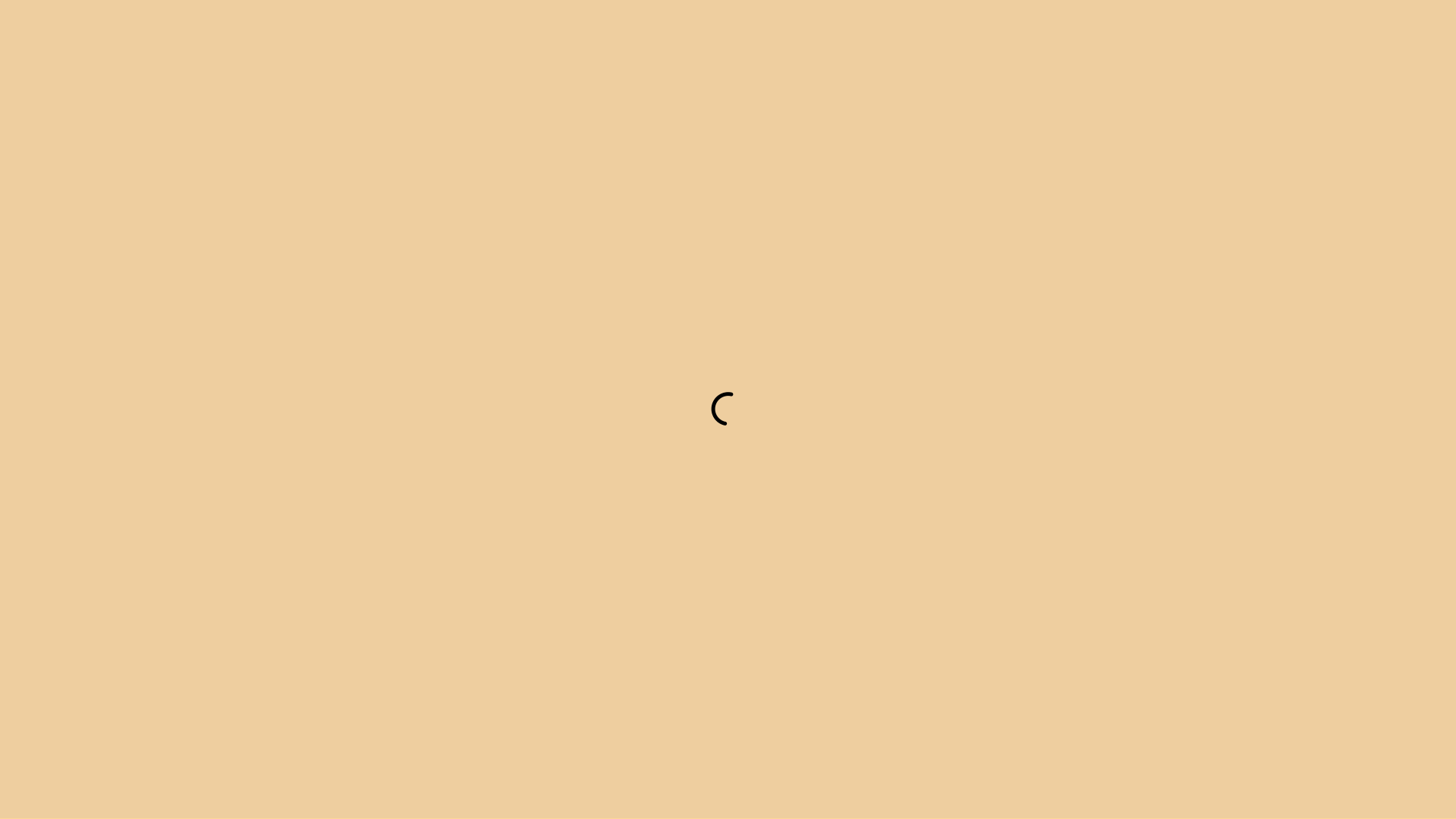
Memoria procedimental: habilidades y hábitos (ej.: andar en bicicleta) → cerebelo y ganglios basales.

Condicionamiento y asociaciones: aprendizajes automáticos, respuestas emocionales → amígdala y cerebelo

MEMÓRIA

La memoria a largo plazo es el tipo de memoria que permite almacenar información de manera duradera, desde horas hasta toda la vida.

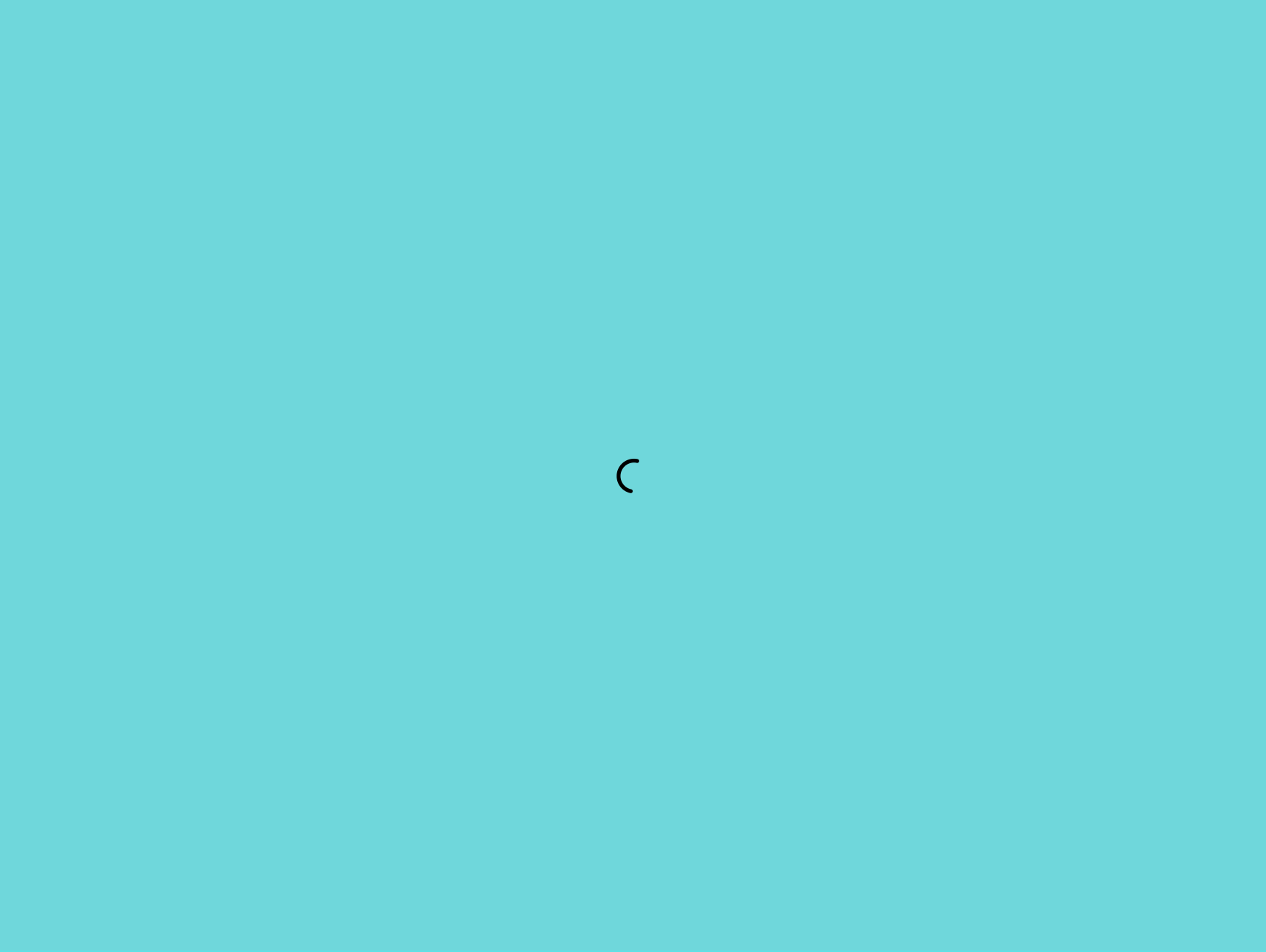
Función: guardar conocimientos, experiencias, habilidades y recuerdos que pueden ser recuperados posteriormente.



C

www.youtube.com/watch?v=PMQny4kp4cc

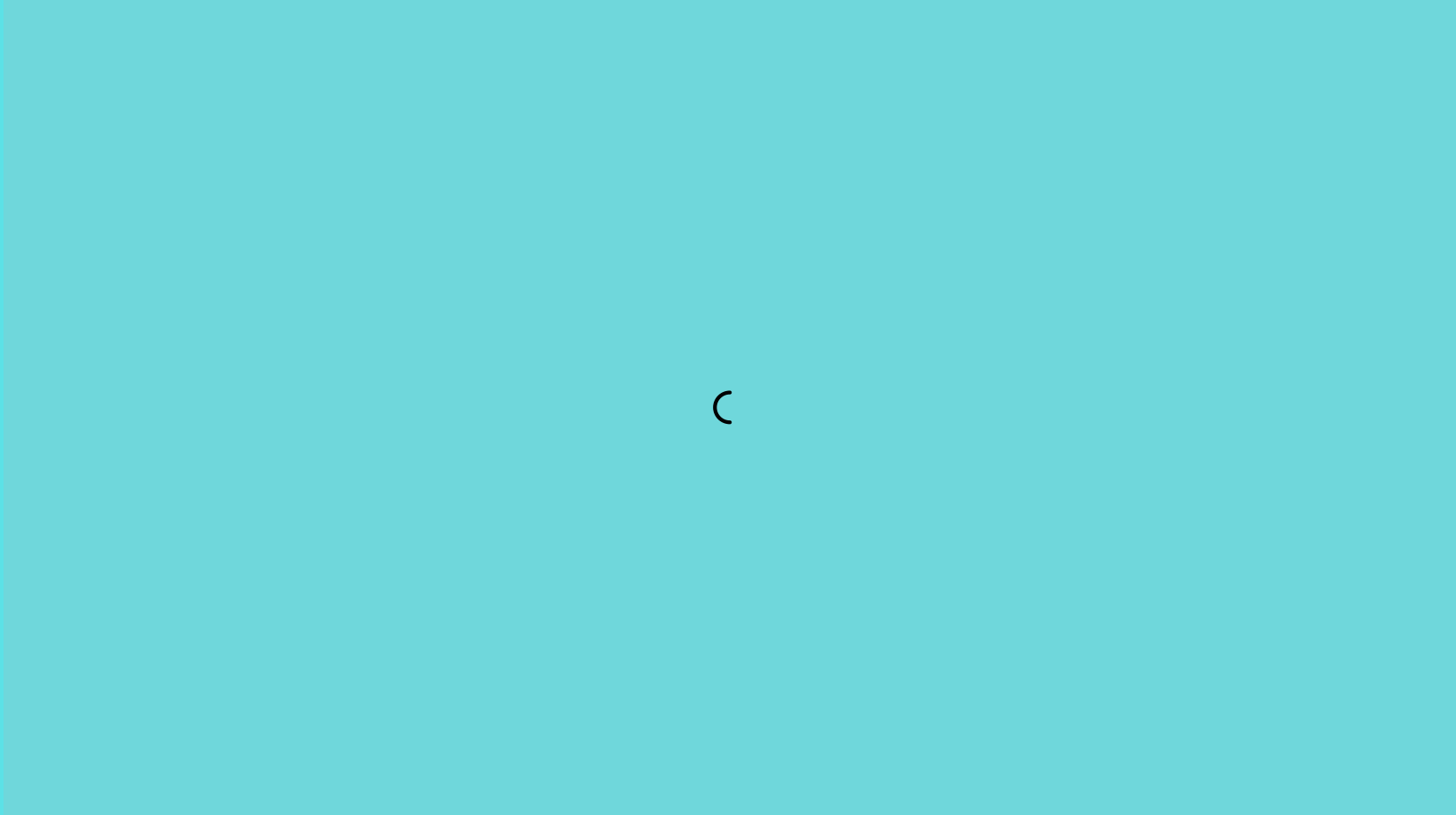
ATENCIÓN



C

www.youtube.com/watch?v=hWqWL9SHo9o

NEUROPLASTICIDAD-CULTURA



C

www.youtube.com/watch?v=w20YaljoFeo

LOS 4 PILARES DEL APRENDIZAJE

DEHAENE



www.youtube.com/watch?v=Cj3_ugRRIt8

CRIATIVIDADE

Modelo Gestalt
(Wallas, 1926):

Preparação:

Leituras, conversar com outros matemáticos, tentar variadas heurísticas, usar o método de “para frente e para trás”, trabalhar em um outro problema mais simples, mas parecido, talvez um caso particular

Incubação:

o problema inicial é deixado de lado e outro entra. Há uma transição consciente para inconsciente. O lado intuitivo do cérebro inicia a si comunicar com lado lógico e essa comunicação não é possível no nível consciente

Iluminação:

Segue da incubação quando menos se espera. Pode acontecer quando se está na cama, caminhando ou em situações menos esperadas ou quando estamos conversando com alguém.

Verificação: verificar a coerência do resultado, comparar com outros trabalhos e então proceder à demonstração

Flexibilidade

Processos criativos envolvem: o papel da imagem, o da intuição, o da interação social, o uso de heurísticas, necessidade de demonstrar
Sriraman (2004)

Hadamard (1945)
Poincaré (1948)
Polya (1945)
Sriraman (2004)

¿CUÁL ES LA CONTRIBUCIÓN DE LA NEUROCIENCIA PARA LA COMPRENSIÓN MATEMÁTICA?

La Matemática involucra un lenguaje específico, una lectura y una interpretación de símbolos. Necesita varias interpretaciones de un mismo objeto matemático, de varias interrelaciones entre tales objetos, de un *corpus* de contenidos para ser utilizados de forma adecuada y lógica cuando el análisis del fenómeno lo demanda. Tal fenómeno puede estar, o no, dentro de la propia matemática. Para analizar contextos o situaciones-problema fuera de las matemáticas necesitamos también conocer los lenguajes de otras ciencias para modelarlos. Así, necesitamos más interconexiones neurales de lo que normalmente se hace para aprender otras ciencias.

Es decir, para aprender matemáticas necesitamos tener **un conjunto amplio de conocimientos interconectados**. Cuanto más relaciones logremos extraer entre ellos más aptos seremos para hacer nuevas construcciones mentales, para obtener nuevos entendimientos, es decir, estamos aprendiendo.

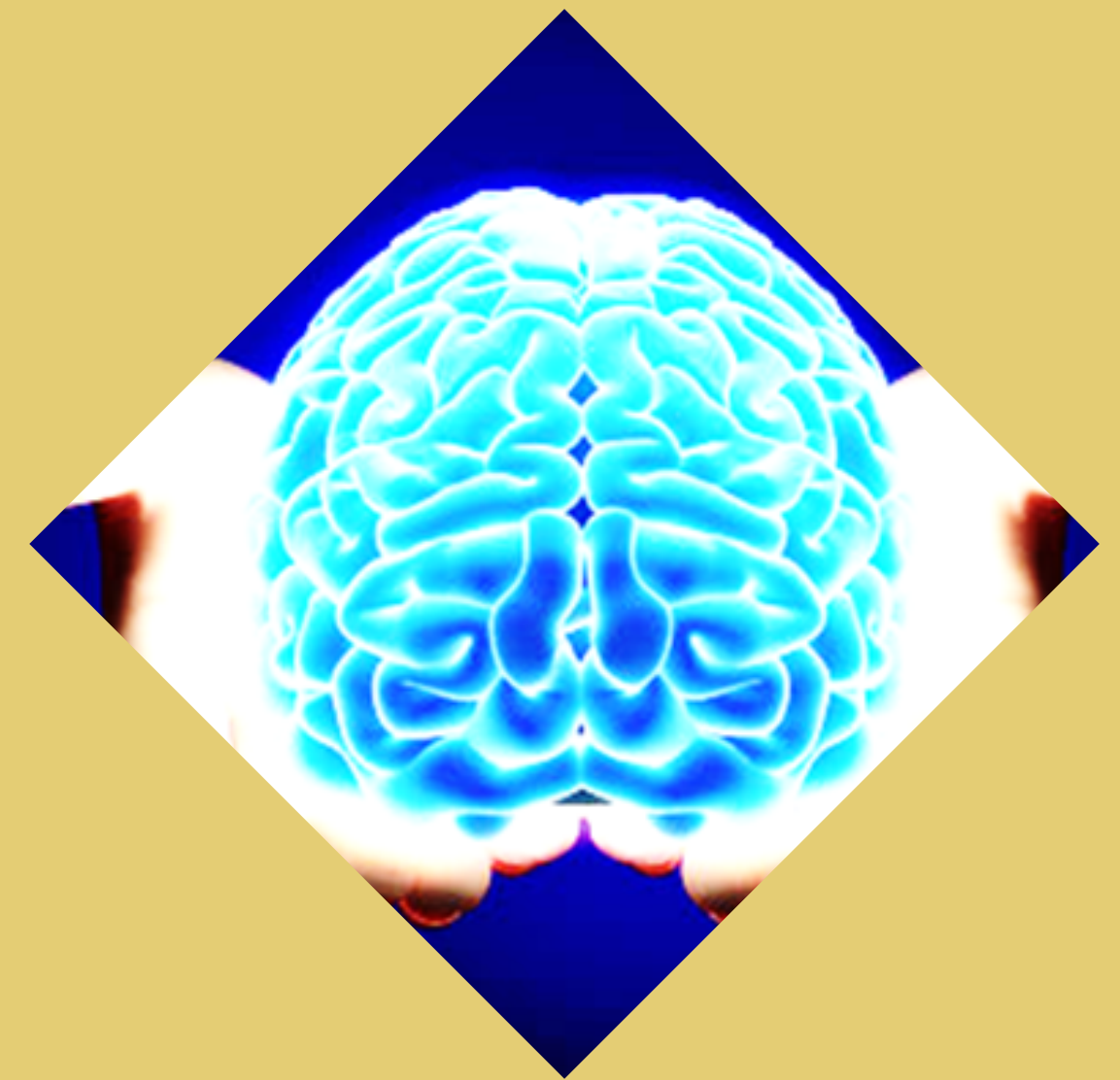
Cuanto más símbolos matemáticos tenemos, más decodificaciones necesitamos. Muchas veces nos ayudan en esta decodificación e interpretación los recursos visuales, los computacionales, los ejemplos particulares, los materiales concretos que apelan a la manipulación, la mirada hacia el ente matemático en otra situación, entre otros recursos.

Esto porque existen, actualmente lo sabemos, zonas cerebrales que se accionan para cada uno de estos recursos de interpretación.



Desde un punto de vista basado en las neurociencias, podemos comprender el aprendizaje como un fenómeno de plasticidad cerebral modulado por factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (experiencias).

En líneas generales, el fenómeno de la **plasticidad** corresponde a la capacidad de las neuronas para transformar su función de forma prolongada o permanente de consecuencia de una acción del ambiente externo, de nuestras experiencias. Hay varias formas de plasticidad: nacimiento de nuevas neuronas, la cantidad de varias y complejas etapas, reorganización cerebral para atender los nuevos desafíos y aprendizajes, modificando las conexiones neurales fijándolas en la memoria, modificaciones intencionales de las transformaciones anatómicas con actividades específicas como la meditación y otras. El grado de plasticidad varía de acuerdo con la edad.



La plasticidad puede o no ser beneficiosa.



En casos como el Trastorno del Espectro Autista (TEA), la plasticidad cerebral puede verse alterada debido a fallas en el proceso de poda sináptica durante el desarrollo del cerebro, lo que resulta en un exceso de conexiones (sinapsis) que afecta la asimilación de nuevas habilidades.

Sin embargo, la plasticidad puede volverse maladaptativa cuando los cambios resultantes generan más problemas que soluciones, como en el caso del dolor crónico, que puede implicar una reorganización neural maladaptativa, o cuando hay un aumento de lesiones en lugar de recuperación.

La capacidad de encontrar nuevos caminos entre ideas y conceptos, y de generar nuevos conceptos a partir de las mismas ideas, depende del esfuerzo conjunto de regiones de ambos hemisferios cerebrales, que también participan en la memoria de trabajo, la representación de objetos y acciones, los significados emocionales complejos, el placer y la satisfacción, y sobre todo en la flexibilidad cognitiva: la capacidad de cambiar el conjunto de reglas en uso.

A la hora de ser creativo, el cerebro se utiliza a sí mismo de manera diferente y descubre un camino alternativo para resolver el problema en cuestión.

Sucede que cada una de estas funciones depende de la experiencia real con el mundo. Solo así el cerebro aprende a ver, a representar objetos y acciones, a razonar. Un cerebro que nunca ha visto guacamayos o luz ultravioleta no sabe imaginar qué es un guacamayo ni cómo es el color ultravioleta. Si la imaginación depende de los sentidos y los sentidos dependen de la experiencia, entonces la imaginación depende de la experiencia.

La creatividad, por lo tanto, puede desarrollarse junto con la experiencia del mundo. Solo hace falta que la corteza prefrontal permita que el resto del cerebro se libere.

(Suzana Herculano-Houzel)



APRENDER, EN ESPECIAL LAS MATEMÁTICAS, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS NEUROCIENCIAS COGNITIVAS INCIDE EN:

- activación cerebral de determinada área: millones de neuronas están produciendo impulsos nerviosos en proporciones mayores que antes. Esto significa un alto metabolismo y gasto de energía, y la reposición se realiza mediante un aumento localizado del flujo sanguíneo arterial. Más sangre en la zona, pero hemoglobina circulando;**
- neuroplasticidad;**
- motivación;**
- creatividad (una forma de imaginación);**
- reactivación, experiencias anteriores (base de la imaginación);**
- usar el cerebro, usar el cerebro, usar el cerebro,... insistir, insistir. Cuanto más usamos el cerebro, mejor se vuelve y con mayor capacidad para seguir aprendiendo y haciendo cosas nuevas.**
- cambiar el cerebro, conforme a la experiencia;**
- controlar el estrés y las emociones;**
- flexibilidad del pensamiento; entre otras....**

Hadamard sostiene que el pensamiento creativo en matemáticas se lleva a cabo, en gran medida, sin palabras, y suele ir acompañado de imágenes mentales compactas, cuya forma varía de persona a persona. Hace hincapié en los **procesos inconscientes y subconscientes** que producen soluciones repentinas a problemas no resueltos en las fases del esfuerzo consciente.

Basados por todo que fue presentado y
por las ideas del Pensamiento
Matemático Avanzado, en como se
puede desarrollar la construcción del
pensamiento matemático, les
presento el Modelo Teórico de
Acciones Mentales Matemática
(MTAMM)

MARCOS TEÓRICOS



Modelo Teórico de Ações Mentais Matemáticas

1 “Algebrizar”	18 Analizar la dirección inversa de la manipulación.	35 Argumentar textualmente, sin formalización ni lenguaje matemático
2 Clasificar	19 Recopilar información/datos	36 Comparar entre problemas similares
3 Compensar	20 Conectar experiencias previas (met-before)	37 Conjeturar
4 Convencer al otro, explicarle verbalmente	21 Crear tu propio lenguaje matemático	38 Crear contraejemplos
5 Demostrar, probar	22 Distinguir entre qué son las hipótesis y qué es una tesis	39 Desarrollar casos particulares

6 Encapsular procesos en objetos, decapsular objetos en procesos (APOE)	23 Enumerar etapas, pasos	40 Estimar, hacer aproximaciones
7 Evidenciar, destacar	24 Hacer “mostraciones”	41 Hacer analogías entre otros contenidos.
8 Hacer cálculos con números reales	25 Flexibilizar contextos	42 Flexibilizar interpretaciones
9 Formalizar	26 Generalizar	43 “Geometrizar”
10 “Graficar”	27 Identificar	44 Inducir

11 Inferir	28 Interpretar	45 Investigar
12 Manipular expresiones de derecha a izquierda, cuando sea posible. Retroceder	29 Manipular expresiones de abajo hacia arriba	46 Modelar
13 "Numerizar"	30 Organizar, desorganizar y reorganizar	47 Repensar, rehacer y repensar, es decir, probar, probar y probar...
14 Representar	31 Simplificar	48 Sintetizar
15 “Tablar”	32 Traducir de la lengua materna al lenguaje matemático simbólico	49 Traducir del lenguaje matemático a la lengua materna

**50 Utilizar un lenguaje
matemático apropiado**

53 Medir

17 Enumerar etapas

**16 Emplear
propiedades de los
numeros reales**

C

17 Enumerar etapas

www.cnnbrasil.com.br/educacao/qualquer-um-pode-aprender-matematica-em-alto-nivel-diz-expert-de-stanford/



NO HAY JERARQUÍA

**LA CANTIDAD Y CUÁLES
ACCIONES, DEPENDE DE LA
SITUACIÓN MATEMÁTICA**

**MUCHAS SON MOVILIZADAS,
UTILIZADAS, AL MISMO
TIEMPO**

**TENER CONSCIENCIA DE
ELLAS ES FUNDAMENTAL
PARA AVANZAR EL
PENSAMIENTO MATEMÁTICO**

EJEMPLO

(Rocha et al., 2022)

4- Para equilibrar el número de niños y niñas que participarán en una competición, se deberán convocar grupos de cinco niñas y cuatro niños. ¿Cuántas niñas y cuántos niños se deben convocar para obtener un total de 45 participantes?

Se espera que uno emplee al menos las siguientes acciones mentales:

interpretar – entender y analizar los datos que tienes y lo que estás pidiendo;

uso de un lenguaje matemático apropiado – incluso si el lenguaje es exclusivamente numérico;

identificar – cuál es el plan a utilizar, reconocer las variables en cuestión y las relaciones entre ellas;

clasificar – para resolver, es necesario separar el número de niños y niñas;

Verificar– verificar se hace sentido la solución

Análisis de la resolución de la estudiante A

La estudiante A movilizó las AM:

Handwritten mathematical work showing two rows of numbers separated by hyphens, and a final sentence in Spanish.

$$5 = 10 - 15 - 20 - 25$$
$$4 = 8 - 12 - 16 - 20$$

25 meninas e 20 meninos

clasificar – separó a los estudiantes según sus características, para resolver la pregunta;

interpretar – interpretó correctamente la pregunta, sumando “5 de 5” y “4 de 4”, hasta llegar al total, que equivale a 45 participantes;

traducir del lenguaje matemático al idioma materno, escribiendo – “25 niñas y 20 niños” en la respuesta;

numerizou – identificó repeticiones, utilizó cálculos numéricos y realizó comparaciones;

Usó el lenguaje matemático correcto – usó un guion para separar los números agregados de 5 o 4.

La resolución nos llamó la atención por su sencillez. De las evaluaciones examinadas, esta estudiante fue la única que siguió este camino. Parece tener un PMA en este contexto, ya que su resolución fue simple, correcta y objetiva.

CARACTERÍSTICAS INVOLUCRADAS EN EL MTAMM

- Metacognición
- Conciencia, trae a la superficie lo que está sumergido
- Resolución de problemas
- Varios caminos disponibles
- Muchas posibilidades de movilización
- Varias áreas de activación cerebral
- Estimula el proceso creativo
- Estimula el trabajo conjunto: aritmética, álgebra y geometría
- El profesor puede orientar mejor el foco, los objetivos
- Observación de acciones mentales poco estimuladas y sumamente importantes
- Memoria y atención
- Más posibilidades de conexiones sinápticas, fortacerlas y diferenciarlas
- Estímulo a la plasticidad cerebral

Críticas a las ciencias cognitivas

Reduccionismo

Se critica que las ciencias cognitivas, en muchos casos, reducen los procesos mentales complejos a modelos computacionales o neuronales demasiado simplificados, sin captar la riqueza de la experiencia subjetiva y cultural.

Exceso de enfoque en el cerebro

Existe una tendencia a explicar el aprendizaje y la cognición únicamente en términos de actividad cerebral, dejando de lado factores sociales, emocionales, históricos y culturales que influyen en el pensamiento humano.

Universalismo cuestionado

Muchos modelos cognitivos parten de la idea de que los procesos mentales son universales, sin tener suficientemente en cuenta las diferencias culturales, lingüísticas y contextuales en la forma de razonar y aprender.

Problemas metodológicos

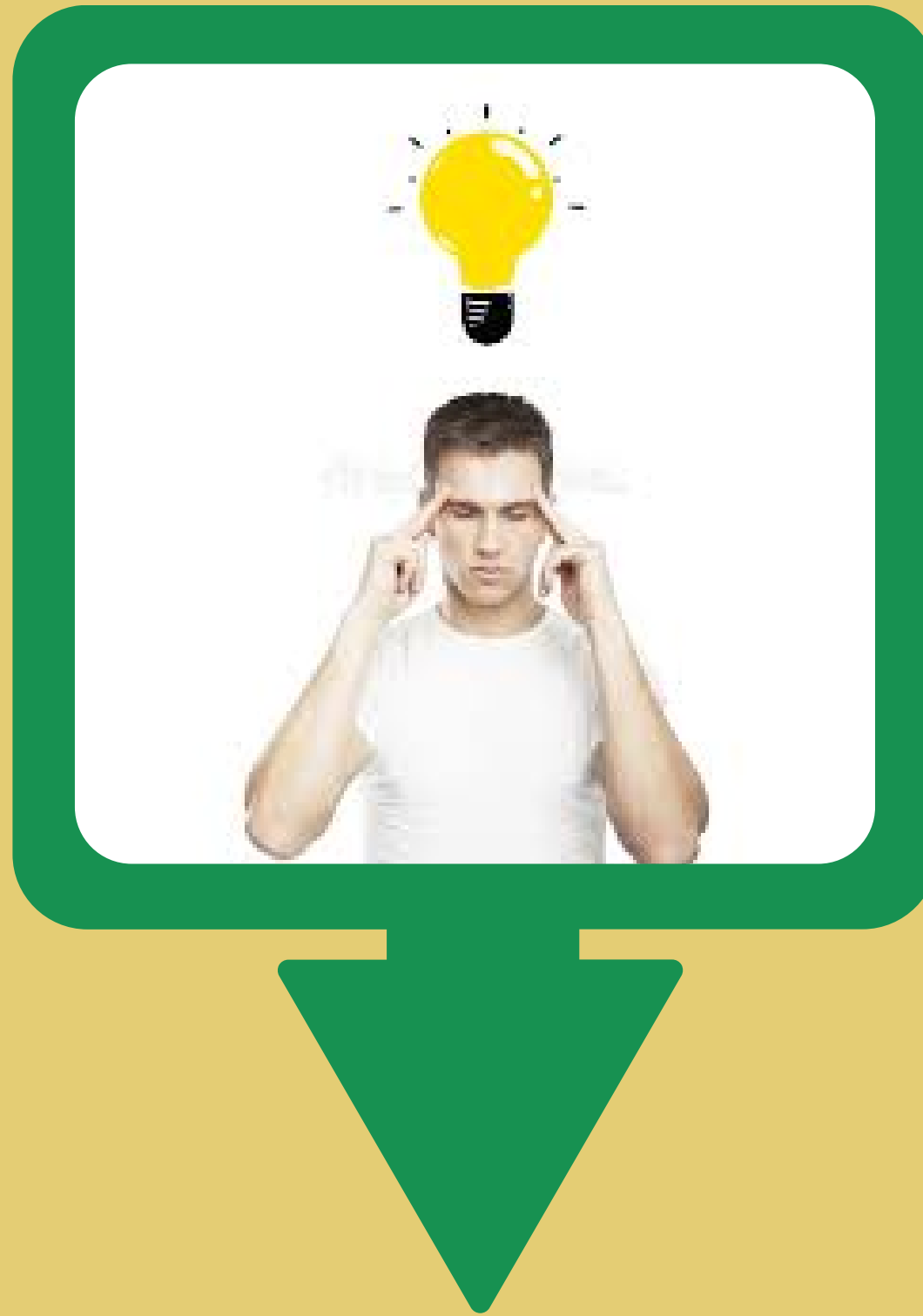
Algunos experimentos en neurociencia cognitiva utilizan muestras reducidas y artificiales, lo que limita la generalización de los resultados a contextos educativos reales o a poblaciones más diversas.

Aplicaciones educativas simplistas

Se critica la apropiación acrítica de conceptos como neuroplasticidad o aprendizaje basado en el cerebro, a menudo usados de manera ideológica para sostener discursos sobre flexibilidad ilimitada o adaptabilidad en contextos neoliberales, sin matices científicos.

Falta de integración interdisciplinaria

Aunque las ciencias cognitivas nacieron como un campo interdisciplinario (psicología, lingüística, inteligencia artificial, filosofía, neurociencia, antropología), en la práctica muchas investigaciones se centran casi exclusivamente en la neurociencia, descuidando otros aportes.



¿Qué hacer con todo esto?

- Alvarenga K. B. (2020). Neurociência cognitiva e matemática. En Pina R. & Dörr R. (Eds). Cenários de Pesquisa em Educação Matemática. Paco Editorial.
- Alvarenga K. B. & Domingos, A. (2021). Conexões Entre Neuroeducação e Formação de Professores. Revista Internacional em Formação de Professores. (en evaluación).
- Alvarenga K. (2021). Maneiras de Avançar o Pensamento Matemático na Educação Básica com Respaldo das Neurociências. En A Educação Matemática na Escola: Pesquisas e Práticas Goianas [E-book]. (Org.) Faria, E.C.; Gonçalves Júnior M.A. & Moraes, M. G. Cegraf UFG, 183 p.
- Amalric M. & Dehaene S. (2016). Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians. PNAS. 113(18), 4909–4917.
- Ansari, D, Coch D. & De Smedt B. (2011). Connecting Education and Cognitive Neuroscience: Where will the journey take us? Educational Philosophy and Theory, 43,1–2.
- Anderson J.R; Lee H. S. B. & Fincham J.M. (2014). Discovering the structure of mathematical problem solving. NeuroImage. 97,163–177.
- Anónimo (2009). Las Neuronas. <http://www.icarito.cl/2009/12/60-6926-9-las-neuronas.shtml/>.
- Boaler J. (2018) Mentalidades Matemáticas: Estimulando o Potencial dos Estudantes por Meio da Matemática Criativa, das Mensagens Inspiradoras e do Ensino Inovador. Penso.
- Chen, C., Wu, T. & Cheng, M. (2006). Prospective demonstration of brain plasticity after intensive abacus-based mental calculation training: An fMRI study. Nuclear Inst & Methods in Physics Research A, 569(2), 567– 571. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2006.08.101>
- De Smedt B., Ansari D., Grabner H., Hannula-Sormunen M., Schneider M. & Verschaffel L. (2011) Cognitive neuroscience meets mathematics education: It takes two to Tango. Educational Research Review, 6, 232–237.
- De Smedt B. & Verschaffel L. (2010). Traveling down the road: from cognitive neuroscience to mathematics education ... and back. ZDM Mathematics Education, 42,649–654.

- Delgado, C. (2017). El nuevo cerebro humano: críticas, reflexiones y nuevos descubrimientos. Grupo Z.
- Feiler J. B. & Stabio M. E. (2018). Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 17–25.
- Grabner R. & Ansari D. (2010) Promises and potential pitfalls of a ‘cognitive neuroscience of mathematics learning’. *ZDM Mathematics Education*, 42, 655– 660
- Goswami U. (2008). Principles of Learning, Implications for Teaching: A Cognitive Neuroscience Perspective. *Journal of Philosophy of Education*, 42, 3–4,
- Gomes, A. R. & Colombo Junior P. D. (2018). Diálogos necessários: neurociência, emoções e a formação inicial de professores. *Revista Iberoamericana de Educación* ,78 (1).
- Hammes de Carvalho F. H. (2011). Neurociências e Educação: Uma Articulação Necessária na Formação Docente. *Trab. Educ. Saúde*, 8 (3), 537–550.
- Jensen E. (2002). O Cérebro, a bioquímica e as aprendizagens. Trad. Joana Pinto. Portugal: Asa Editores.
- Kelly, C (2017). The Brain Studies Boom: Using Neuroscience in ESL/EFL Teacher Training. *Innovative Practices in Language Teacher Education: Spanning the Spectrum from Intra- to Interpersonal Professional. Development (Springer)*.79– 102.
- Kucian K., Mccaskey U., Tuura R. O. & Von Aster M. (2018) Neurostructural correlate of math anxiety in the brain of children. *Translational Psychiatry*, 8, 273– 282.
- Leikin, M.; Waisman, I.; Shaul, S.& Leikin, R. (2014) Brain Activity Associated with Translation from a Visual to a Symbolic Representation in Algebra and Geometry. *Journal of Integrative Neuroscience*, 13(1),35–59.
- Lent, R. (2019). O Cérebro Aprendiz: neuroplasticidade e educação. Atheneu.
- Magrini, M. Cérebro. Manual do Utilizador. Desassossego, 2019.
- Mo J. H., Yu Z. S. & Wei L.Y. (2018). Research on Mathematical Education and Teaching Design. *Educational Sciences: Theory & Practice Based on Brain Science*. 18(5), 1432–1439.

Nóvoa A. (2009). Educação 2021: Para uma história do futuro. <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/670>.

Nouri A. & Mehrmohammadi M. (2012). Defining the Boundaries for Neuroeducation as a Field of Study. Educational Research Journal. 27(1,2), 2-23.

Nouri A. (2017).The Neuro-cultural bases of learning and development: Towards a culturally responsive education. Journal of Curriculum Studies,11 (43), 1-20.

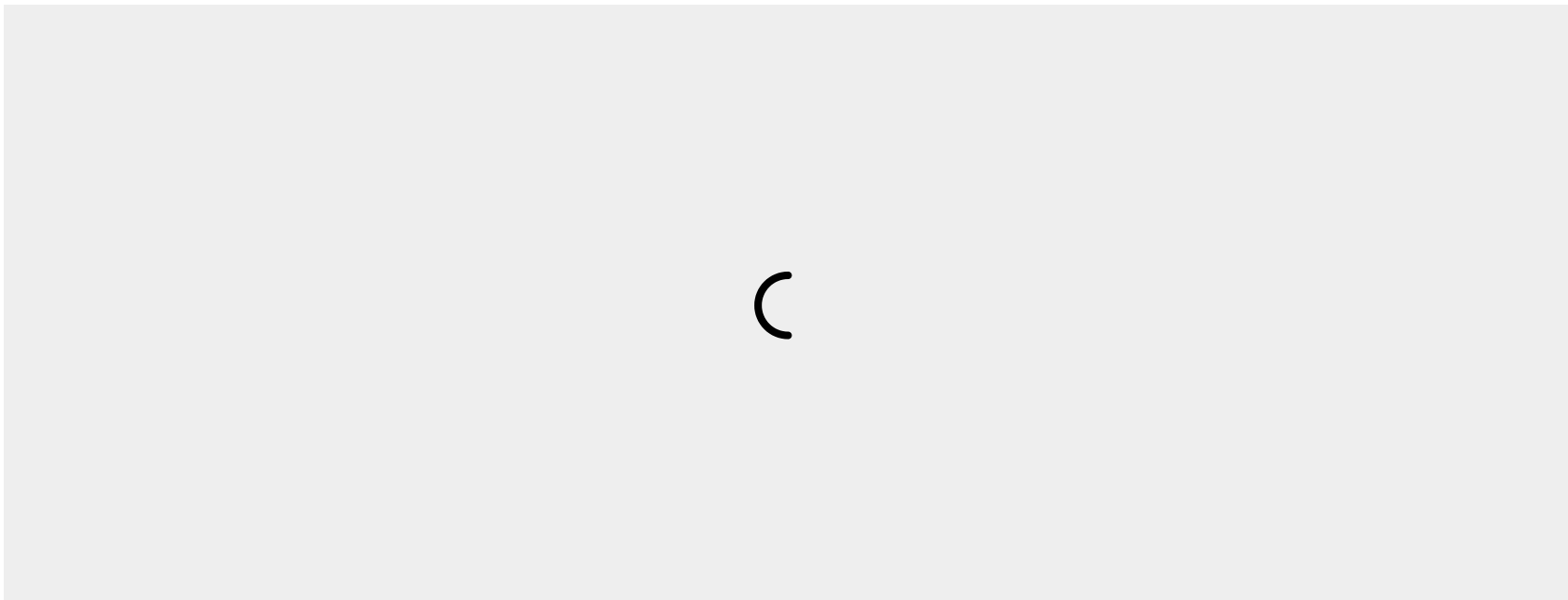
Obersteiner A., Dresler T., Reiss K., Vogel, A. C. M, Pekrun R. & Fallgatter A. J. (2010). Bringing brain imaging to the school to assess arithmetic problem solving: chances and limitations in combining educational and neuroscientific research. ZDM Mathematics Education. 42, 541-554.

Pizyblski L. M.; Santos Junior G. & Pinheiro N. A. M. (2009) Relações entre o Ensino da Matemática e a Neurociência. In Atas do I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Paraná.

Quinn F. (2010). Cognitive Neuroscience and Mathematics Education.<https://pdfs.semanticscholar.org/1150/997b6518793d64a92859973e07c1cab4da39.pdf>

Radford L. & André M. (2009). Cerebro, Cognición y Matemáticas. Relime, 12(2), 215-250.

Rato J. R. & Caldas A. C. (2010) Neurociências e educação: Realidade ou ficção? Atas do VII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia. Universidade do Minho. Portugal.



ESTOY AQUÍ POR MEDIO DE UN PROYECTO QUE TIENE LA COOPERACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE GOIÁS Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL: PROGRAMA ESCALA DOCENTE. NECESITO, SI ES POSIBLE, QUE USTEDES EVALÚEN EL CURSO A TRAVÉS DEL ENLACE:

docs.google.com/forms/d/1_tjSjFv8F46XpmooEHNkotqktW_wZjMvqJZ3uCexsxs/edit

c

¡Gracias por la paciencia!

