

# Sistemas sensoriales

Prof. Lic. Mario Di Santo



[mariocdisanto@gmail.com](mailto:mariocdisanto@gmail.com)  
+54 9 351 611-3600

# Contenidos

- 
- Definición de sistema sensorial
  - Componentes básicos
  - Fisiología sensorial elemental
  - Análisis de algunos sistemas
  - Consecuencias didácticas

# Reflexiones iniciales

- ❖ No es extraño que comencemos el análisis del procesamiento de la información propia de los actos motores precisamente desde el inicio.

A

No todos los movimientos humanos tienen como punto de partida la estimulación sensorial, sin embargo la adquisición de los mismos, su aprendizaje inicial, requiere ingreso de información: los sistemas sensoriales proveen la materia prima para los aprendizajes

B

Conocerlos en su constitución general facilita entender cada uno de ellos en particular

C

Sobre todo aquellos de los que depende el movimiento

# Definición inicial

A

Entre las funciones más importantes del SN está la de obtener información sobre las condiciones físicas y químicas del medio ambiente interno y externo del cuerpo y sus variaciones

B

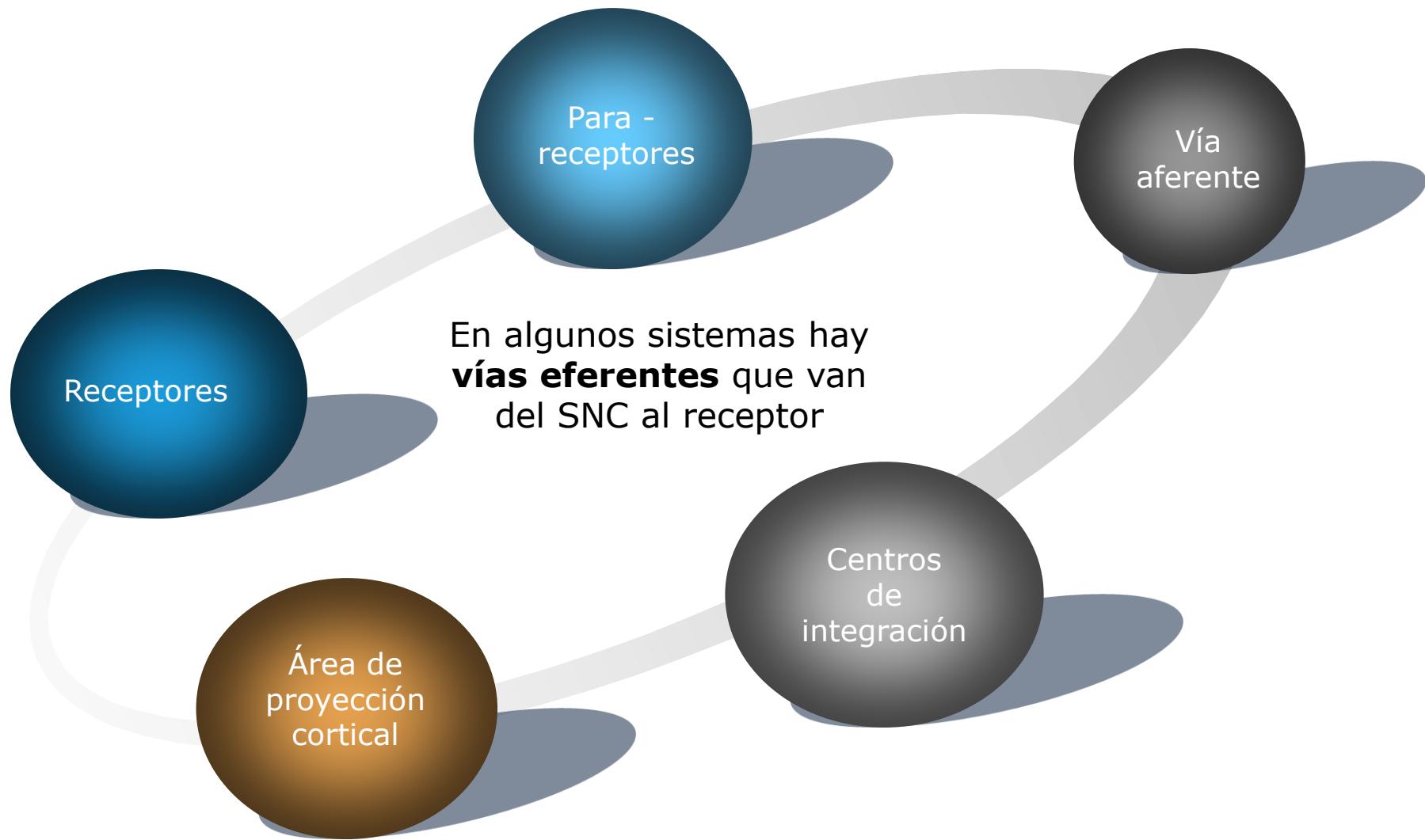
Esta información resulta crucial para conservar la homeostasis, contrarrestar la heterostasis y adaptarse a las condiciones de medio (y así sobrevivir)

C

En todos los sistemas sensoriales hay elementos y características comunes, tanto en la anatomía como en la función básica de sus componentes

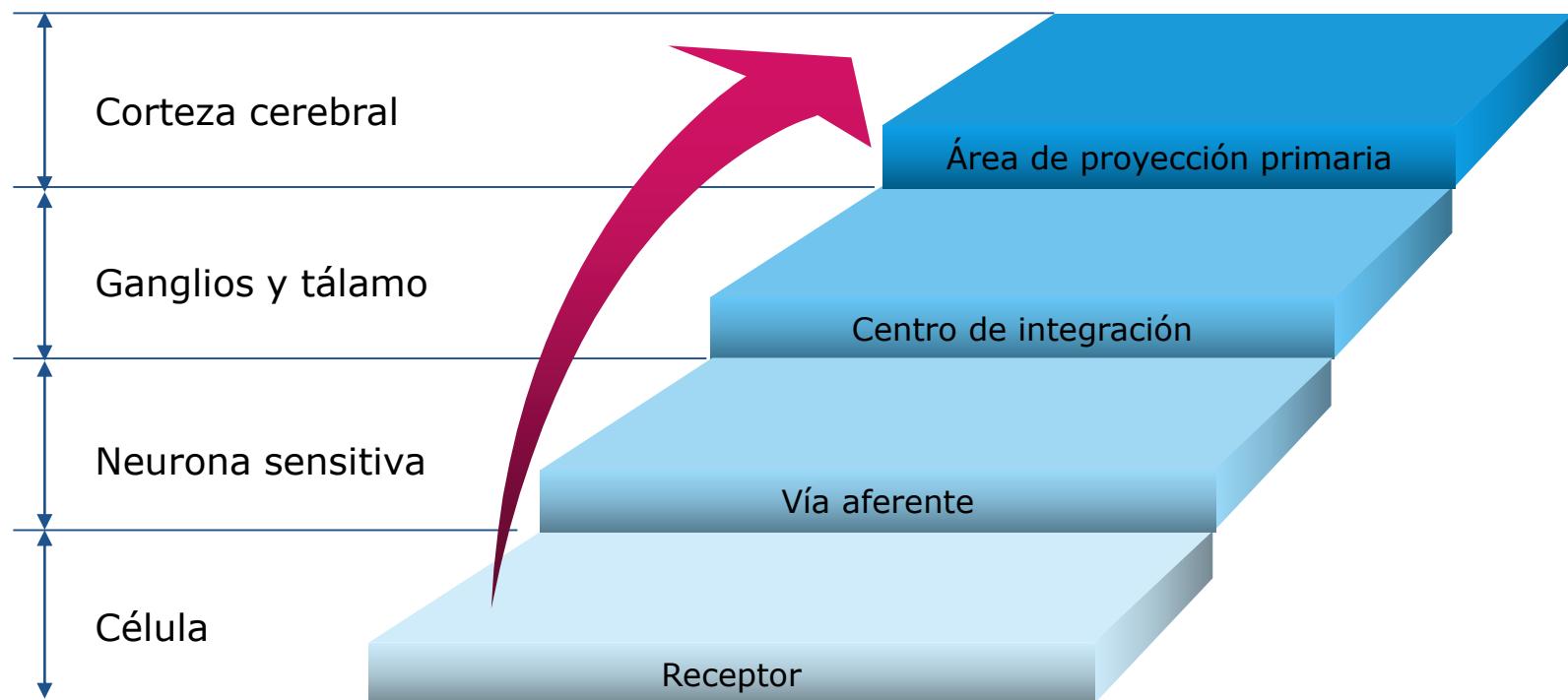
- ❖ Un sistema sensorial es el conjunto de órganos, vías y centros nerviosos especializados en la captación, codificación y transmisión de la información sobre las propiedades del medio externo o interno hasta el SNC.

# Componentes de un sistema sensorial



# Itinerario del estímulo

- ❖ Desde la captación del estímulo por los receptores hasta el acceso de la información al área de proyección primaria en la corteza cerebral.



# Procesamiento cruzado

- ❖ Lo que capta un hemicuerpo es procesado por el hemisferio contralateral.



Captada por los receptores específicos para las diferentes modalidades sensoriales y sus estímulos adecuados

Ya para el procesamiento talámico de la información, en sus núcleos geniculados, ha habido cruce

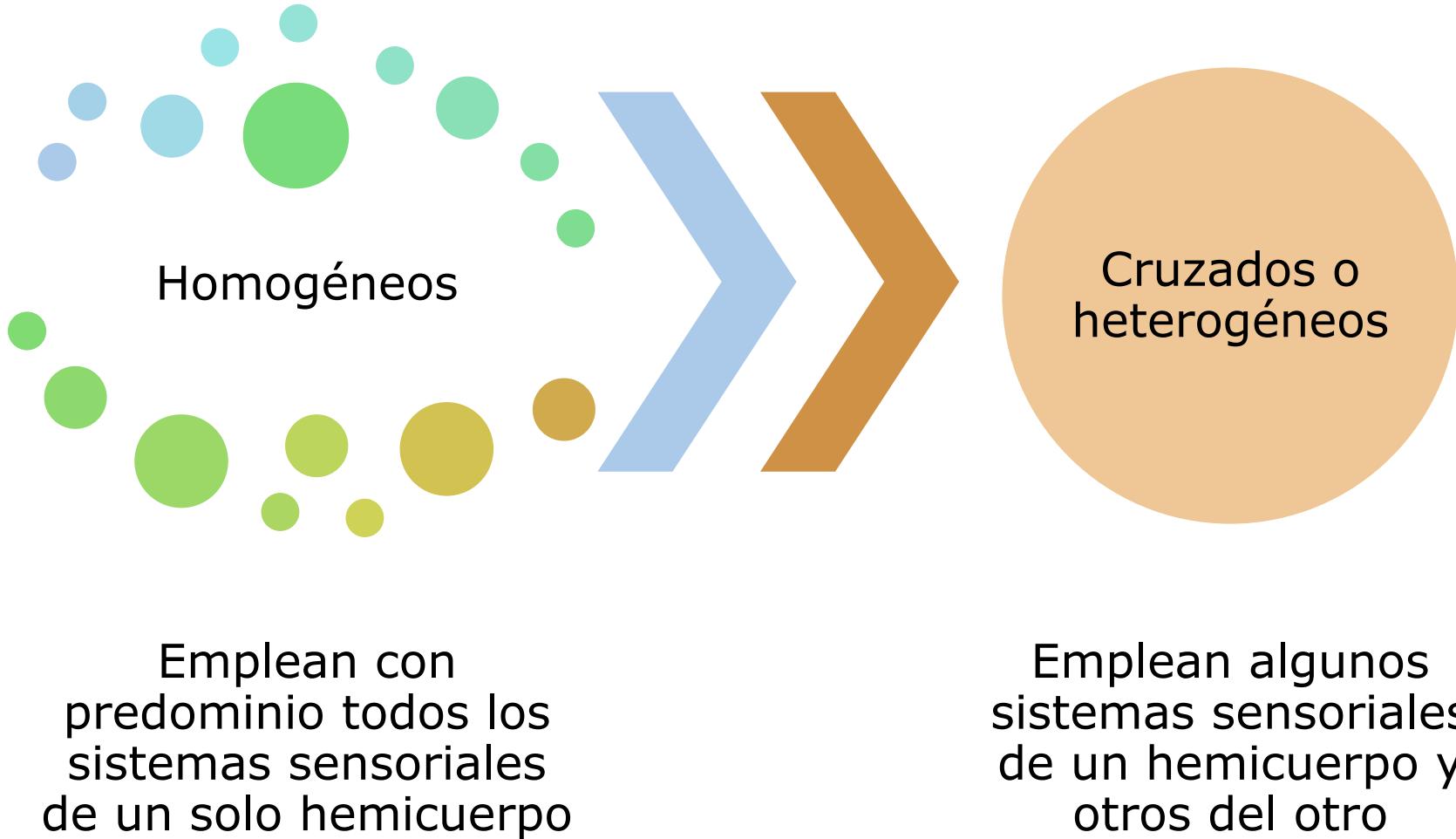
Cada hemisferio cerebral procesa la información sensorial obtenida por el hemicuerpo contrario

# Más captación por parte de un hemicuerpo

- ❖ Constatamos que los seres humanos tendemos a emplear más los sistemas sensoriales que pertenecen a un hemicuerpo.

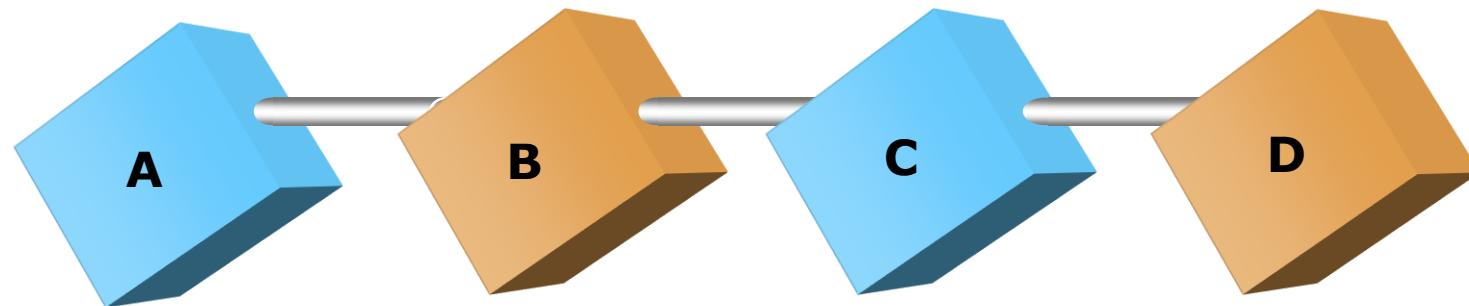


# Homogéneos y cruzados



# Comenzamos el análisis

- ❖ De los diferentes componentes de un sistema sensorial.



Con el  
objetivo  
de  
entender  
la  
fisiología  
sensorial

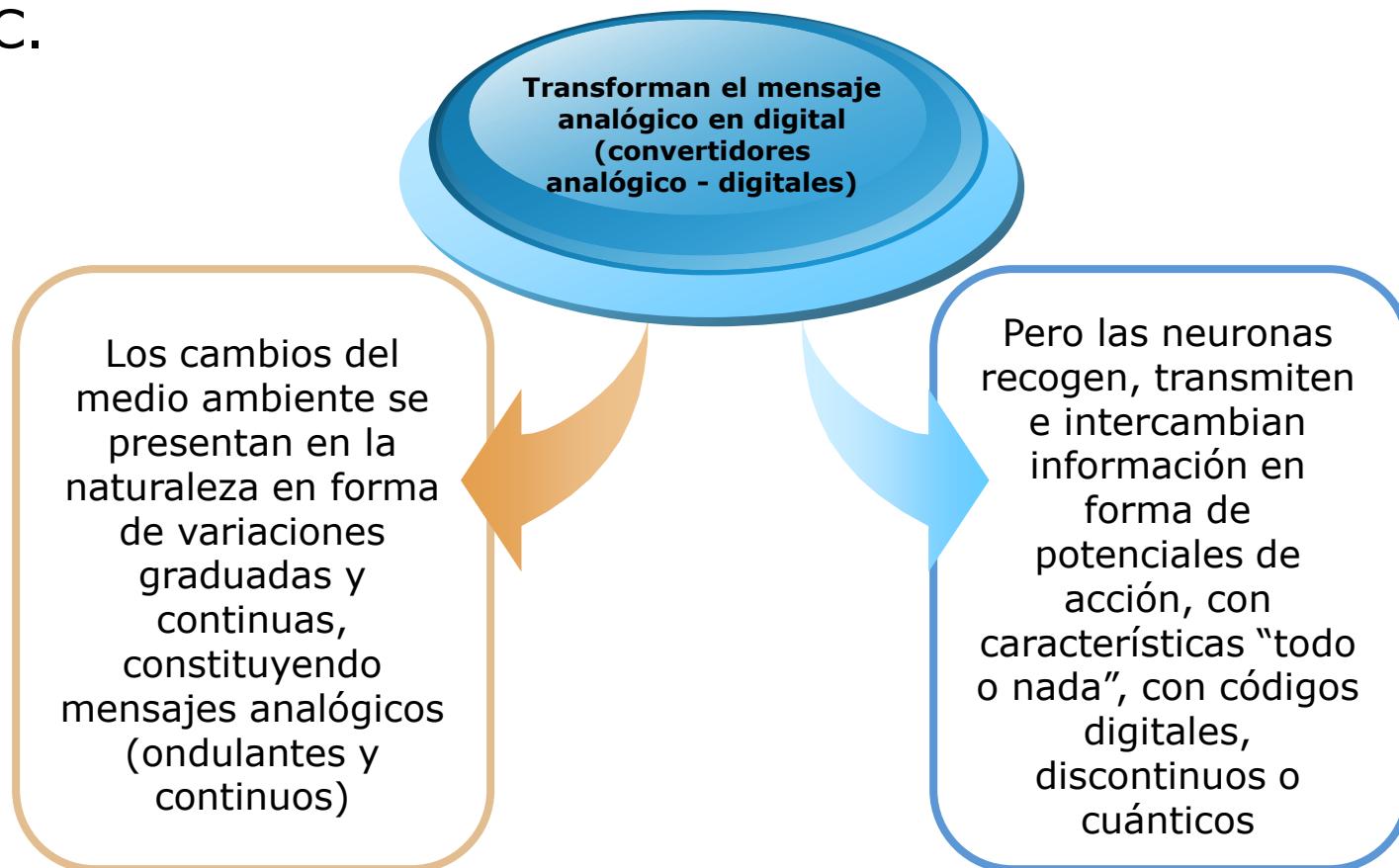
De saber  
como  
obtenemos  
datos para  
armar  
programas  
motores

Para saber  
si las  
personas  
obtienen  
información  
de manera  
similar

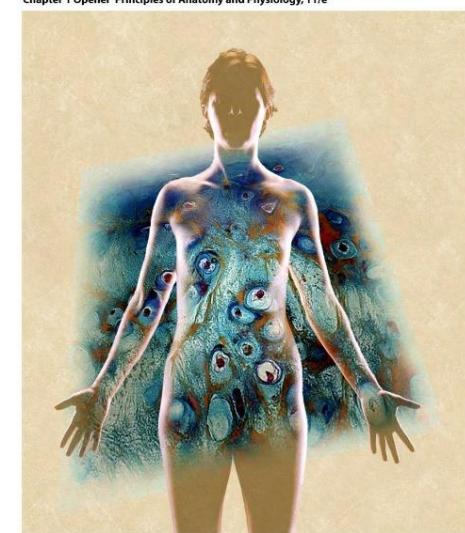
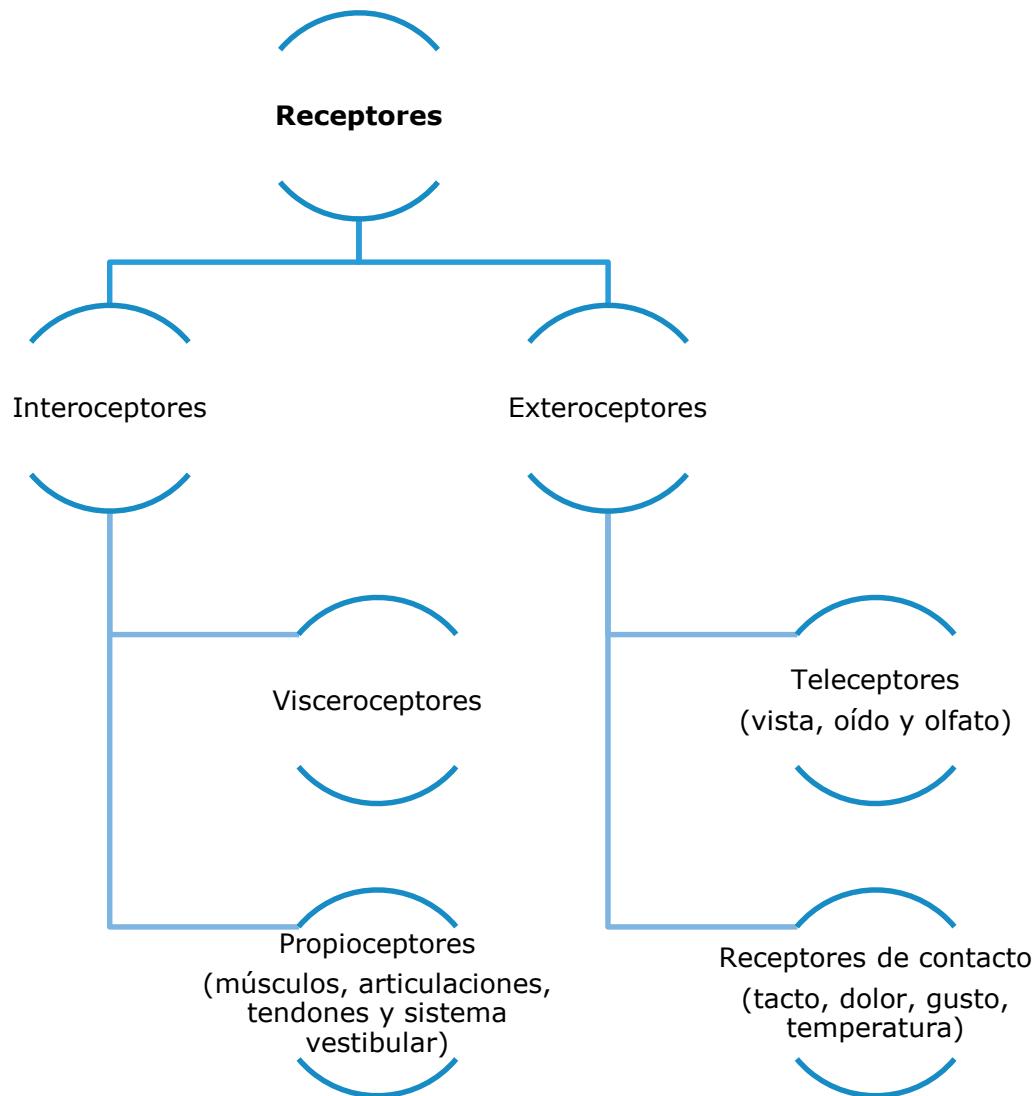
Sobre todo  
para extraer  
pistas  
didácticas  
para el  
aprendizaje  
motor

# Receptores

- ❖ Se puede considerar a los receptores como verdaderos intérpretes que traducen y codifican todas las dimensiones del lenguaje analógico del medio ambiente al lenguaje digital del SNC.

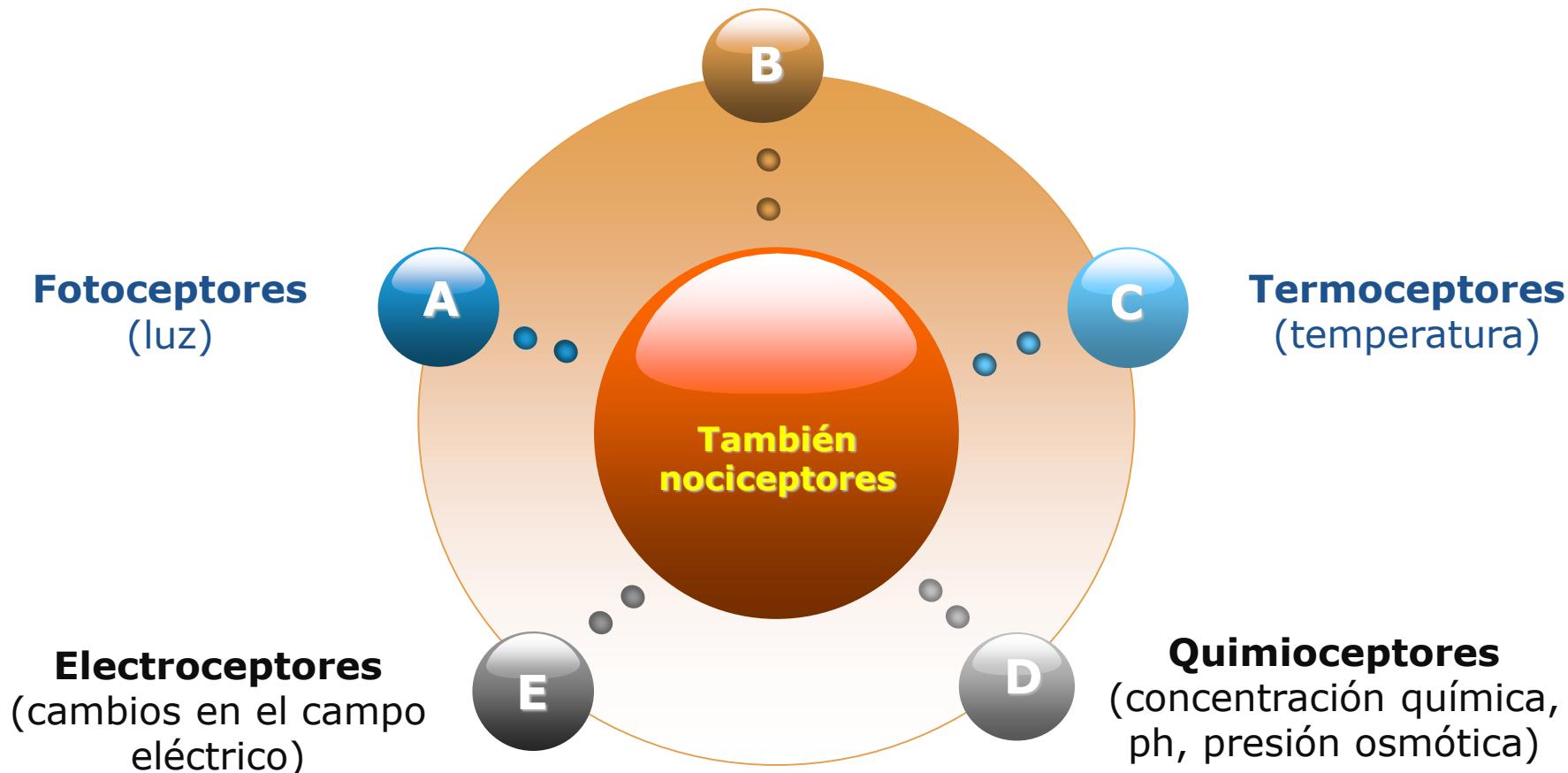


# Clasificación de los receptores



# Otra clasificación

**Mécanoceptores**  
(estiramiento, compresión, torsión, vibración)



# Los otros componentes



## Anexos o pararreceptores

Protegen.  
Colaboran con la captación y amplificación de la información.



## Neurona aferente

Es la neurona sensorial que transporta la información a centros superiores.



## Centro integrador

Centros de conmutación de la información.  
Médula espinal, ganglios raquídeos, tálamo y otros.



## Área primaria

Sector de recepción inicial de la información en la corteza cerebral.

17, 42, 3, 1, 2, 5, 7.

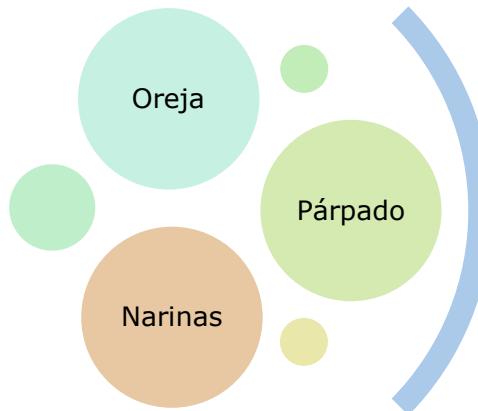


## Vía eferente

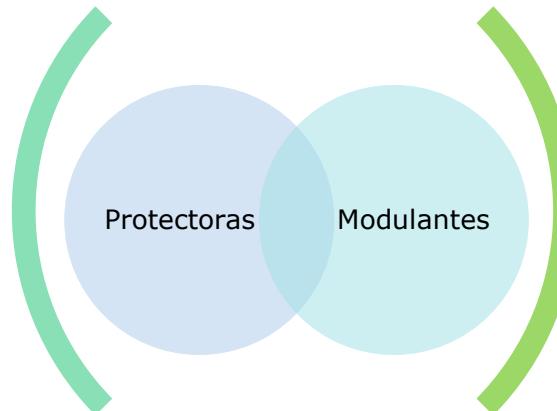
Neurona motora que modula la actividad del receptor y/o pararreceptor.

Modula, protege.

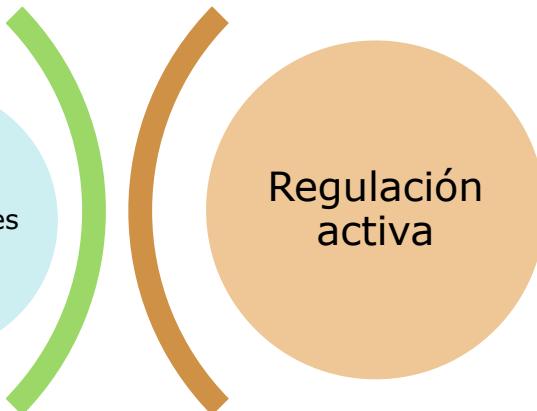
# Anexos o para - receptores



Ejemplos



Funciones



Inervación motora



# Neurona aferente

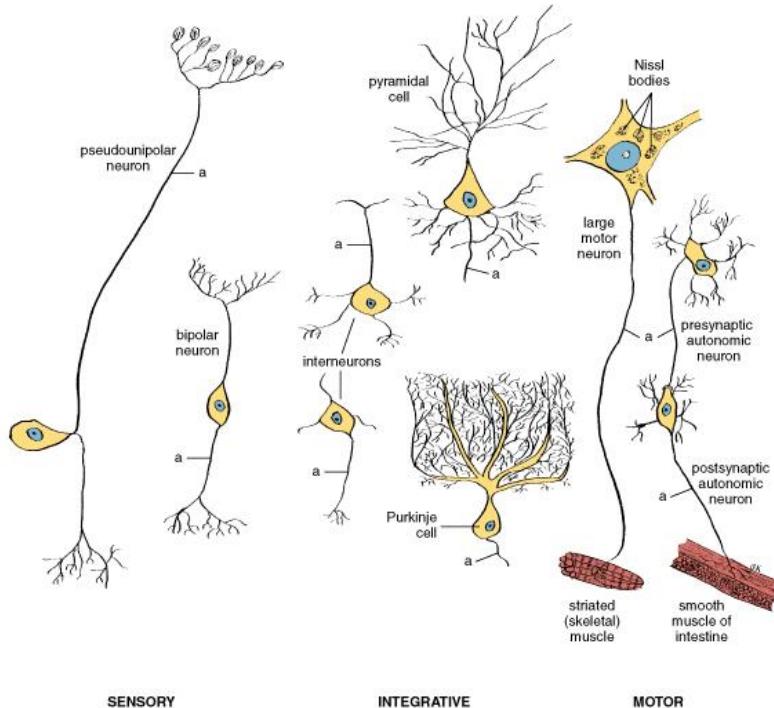
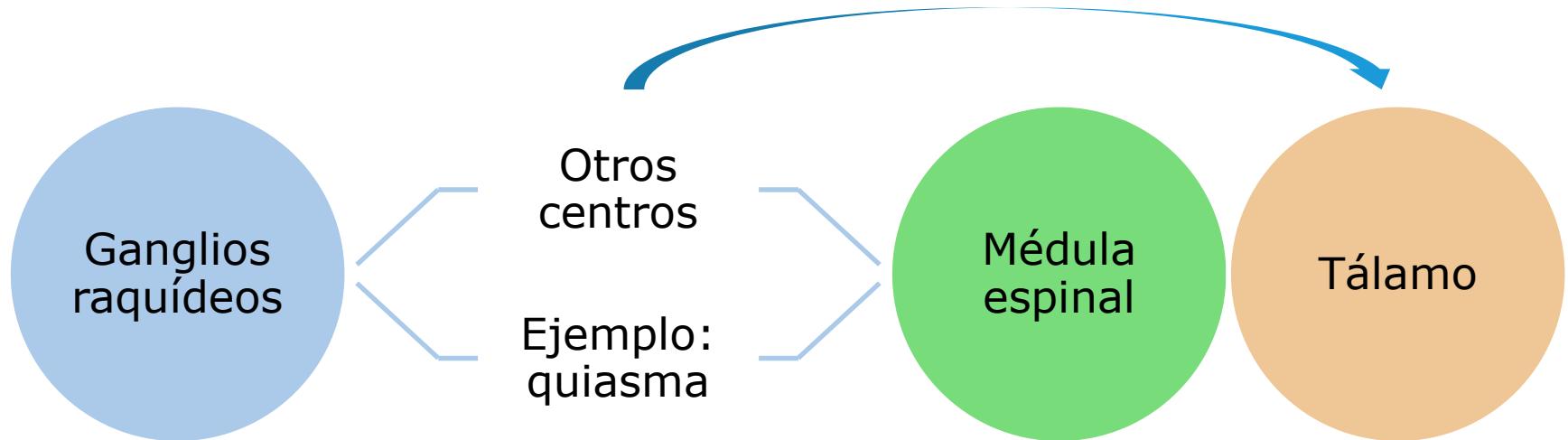


Figure 11.2. Diagram illustrating different types of neurons. *a*, axon.

Copyright © 2003 Lippincott Williams and Wilkins

- ❖ Las que particularmente nos interesan son las IA y IIA y las IB.
- ❖ Las primeras envían información al SNC acerca de los acontecimientos mecánicos de las fibras intrafusales y las segundas de los órganos tendinosos de Golgi.
- ❖ Las de conducción más rápida (90 - 120 m/s) son las IA, luego las IIA (60 - 90 m/s) y finalmente las IB (30 - 60 m/s).
- ❖ Todas mielinizadas.

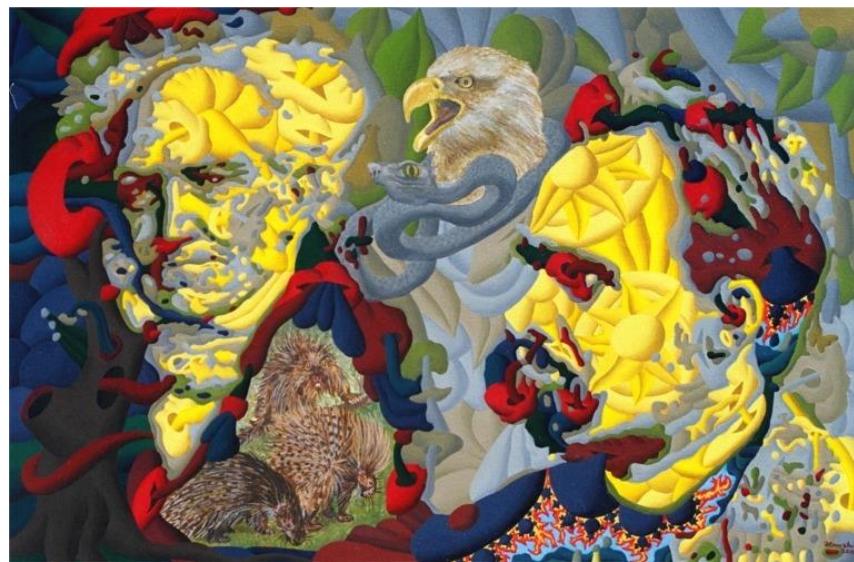
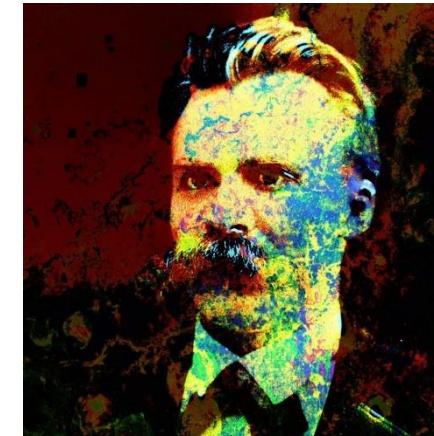
# Centros de integración pre - corticales



- ❖ Toda la información captada por los receptores es procesada, es decir, conmutada, por los centros de integración antes de seguir su camino hacia la corteza primaria.
- ❖ Numerosas sinapsis y combinaciones, por ende, cambios, ocurren antes de que la información llegue al cerebro.
- ❖ Llega a la corteza resultante de múltiples procesamientos.

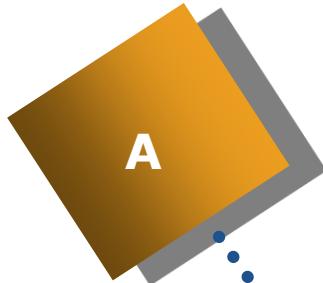
# Primera reflexión escéptica

- ❖ No es sorprendente que, a la luz de estos conocimientos, ya difundidos plenamente por el siglo XIX, filósofos de la talla de Arthur Schopenhauer o Friedrich Nietzsche confirmasen el escepticismo cognitivo.
- ❖ El mundo está ahí y es como es.
- ❖ Para nosotros es como podemos conocerlo, como nuestros dispositivos biológicos nos permiten acceder a él.

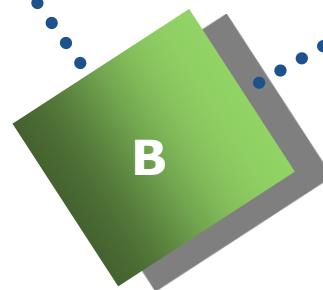


# Y en la misma corteza

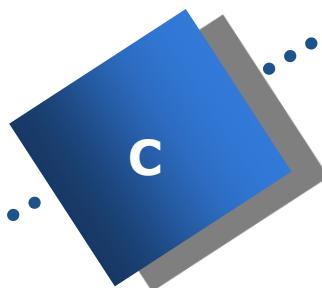
También continua el proceso creativo



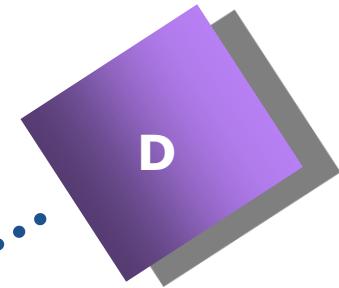
La información es  
conmutada en la  
áreas de proyección  
primaria



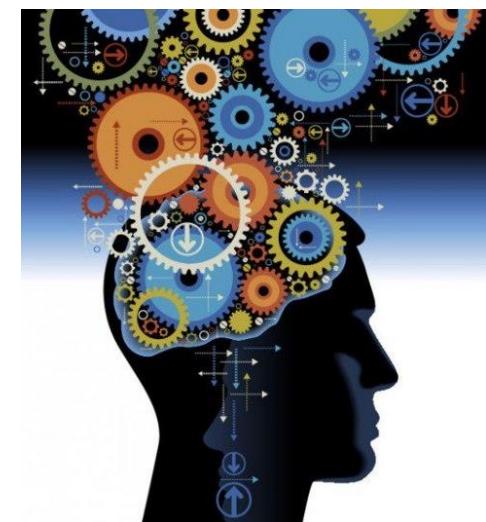
A la corteza visual  
primaria llegan  
proyecciones desde  
36 áreas cerebrales  
diferentes



Construimos  
creativamente la  
imagen del mundo  
exterior



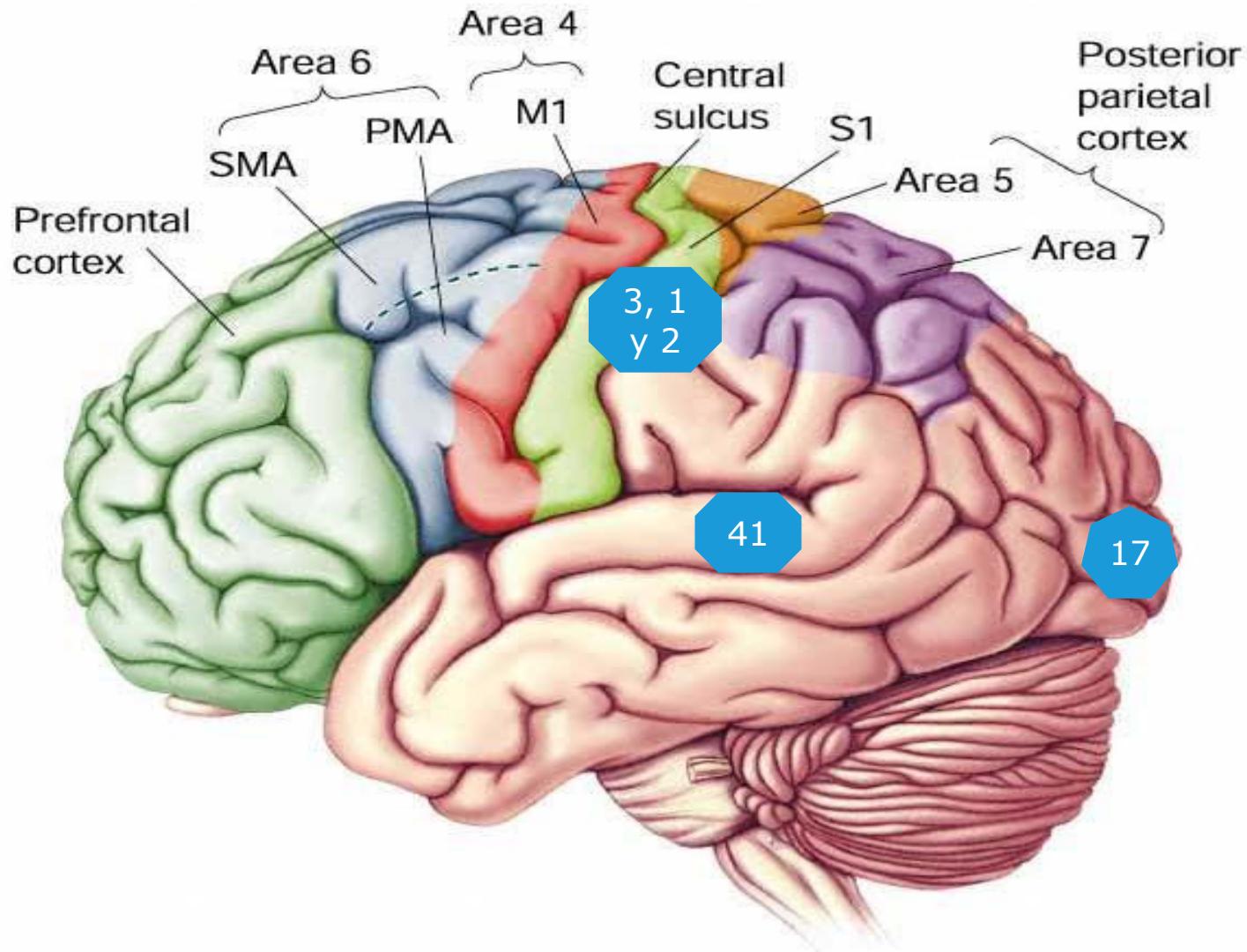
No sólo la  
sensación y la  
precepción son  
creativas, también  
la memoria



# Jean Jacques Rousseau y la libertad

- ❖ Jean Jacques Rousseau entendía que en el problema de la “unión” se manifestaba la expresión máxima de libertad humana.
- ❖ **Rüdiger Safransky** acerca de Rousseau: Rousseau descubre la libertad en cada acto de la percepción.
- ❖ La producción activa del yo, el libre juego de la conciencia, concilia y ordena las impresiones captadas por los sentidos, de modo que cobra forma en nuestro espíritu de un “objeto”.
- ❖ Por medio de la sensación recibimos el mundo, por medio de la libertad lo configuramos en objeto para la conciencia en un acto llamado percepción.
- ❖ Esta libertad no se encierra en el interior del cerebro, sino que sale a luz.
- ❖ La libertad convierte las afecciones del alma en acciones.

# Áreas primarias o de proyección primaria



# Acerca de las áreas sensoriales

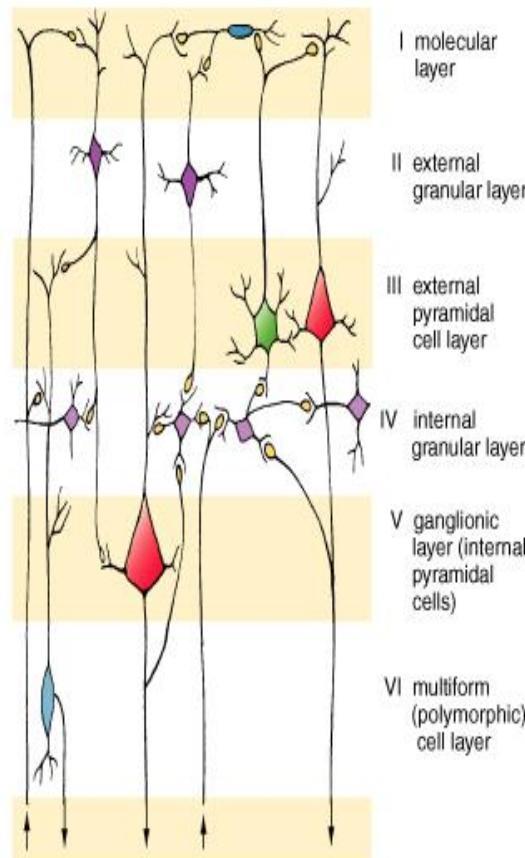
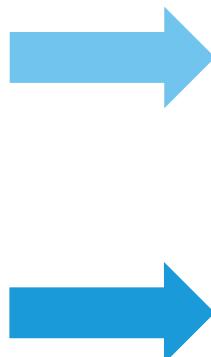
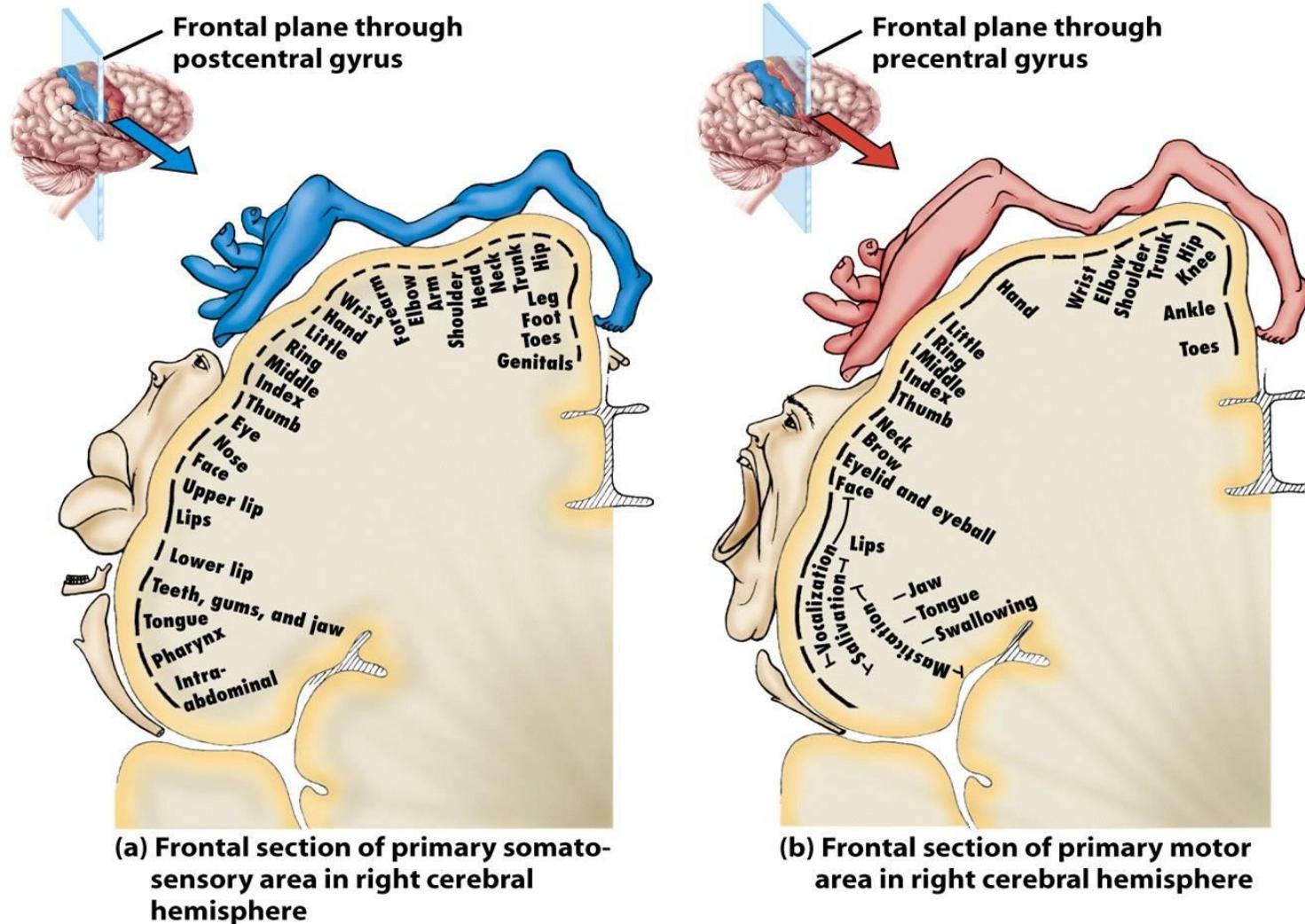


Figure 11.29. Nerve cells in intracortical circuits.

Copyright © 2003 Lippincott Williams and Wilkins

- ❖ La información sensorial es procesada en las capas granulares.
- ❖ Se trata de las capas pares, la 2 y la 4.
- ❖ Y sorprende constatar que sigue un itinerario preciso.
- ❖ Los plexos de asociación permiten la asociación entre áreas corticales.

# Homúnculo sensorial y motor



**Figure 16-6 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e**  
© 2006 John Wiley & Sons

# Acerca del homúnculo sensorial

A

Cada zona de nuestro cuerpo está representada en el homúnculo sensorial con una extensión determinada y precisa, aunque dinámica

B

Esa extensión está en relación directa con la densidad de receptores (cantidad) que, precisamente, le es propia a dicha área

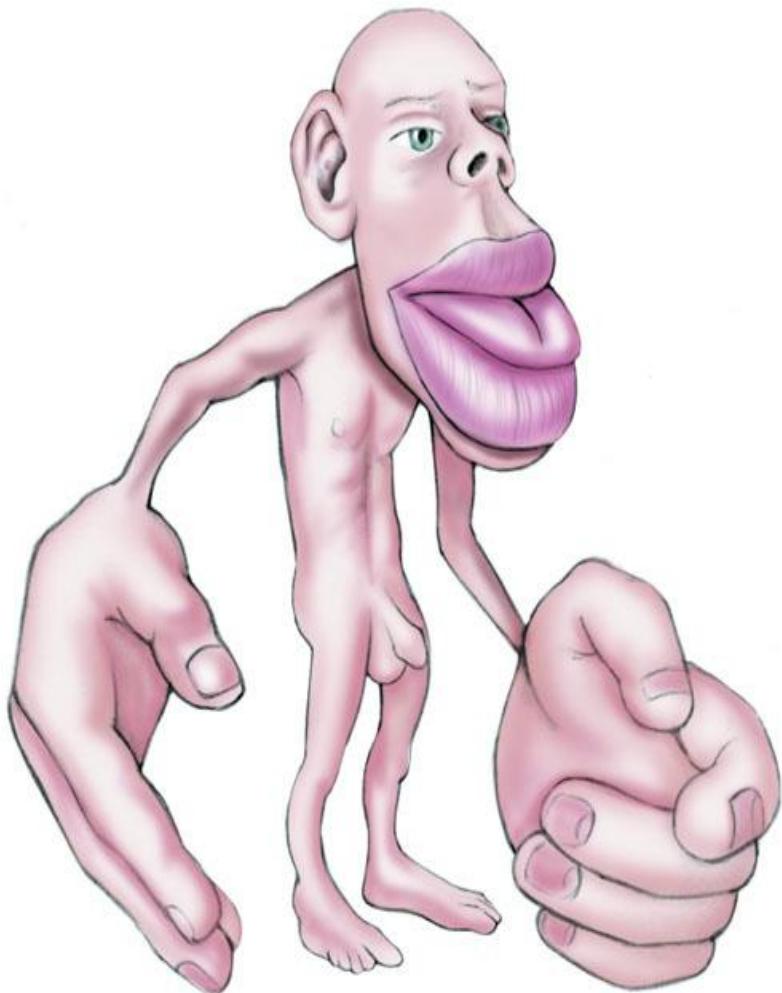
C

Sobre todo en lo que refiere a la sensibilidad somestésica, tan importante para los ajustes motores finales y otras funciones

D

Por ello observamos manos, dedos, boca, labios y lengua de mayor tamaño: son las zonas de mayor densidad de receptores

# Homúnculo sensorial



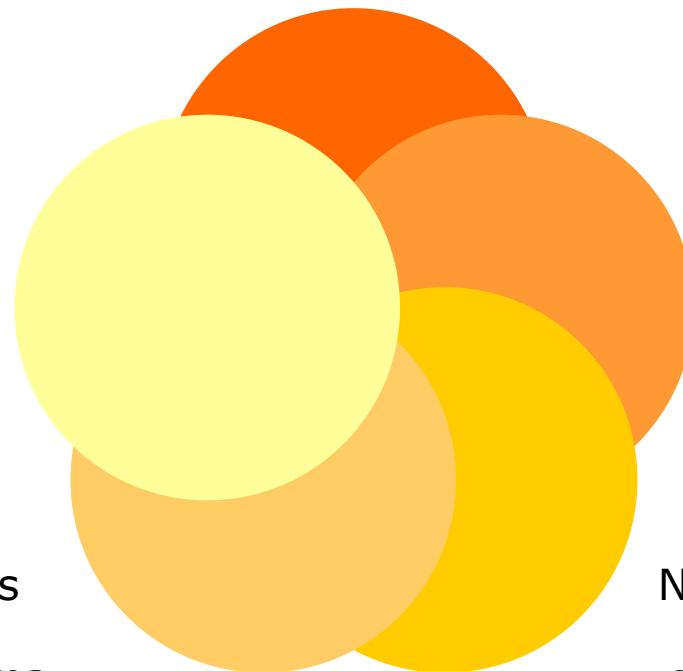
- ❖ Luciría más o menos así.
- ❖ De acuerdo la densidad de receptores, es decir, cantidad en relación a la superficie.
- ❖ Los sectores de mayor tamaño refieren a mayor sensibilidad.
- ❖ Lo cual denota mayor densidad de receptores somestésicos por unidad de superficie.
- ❖ Llama la atención la similitud con el homúnculo motor.
- ❖ Sensibilidad y control.

# En el caso del homúnculo motor

Con el homúnculo motor sucede lo propio

Correspondencia casi exacta entre el homúnculo motor y el sensorial

Son los sectores donde cada motoneurona toma menos fibras

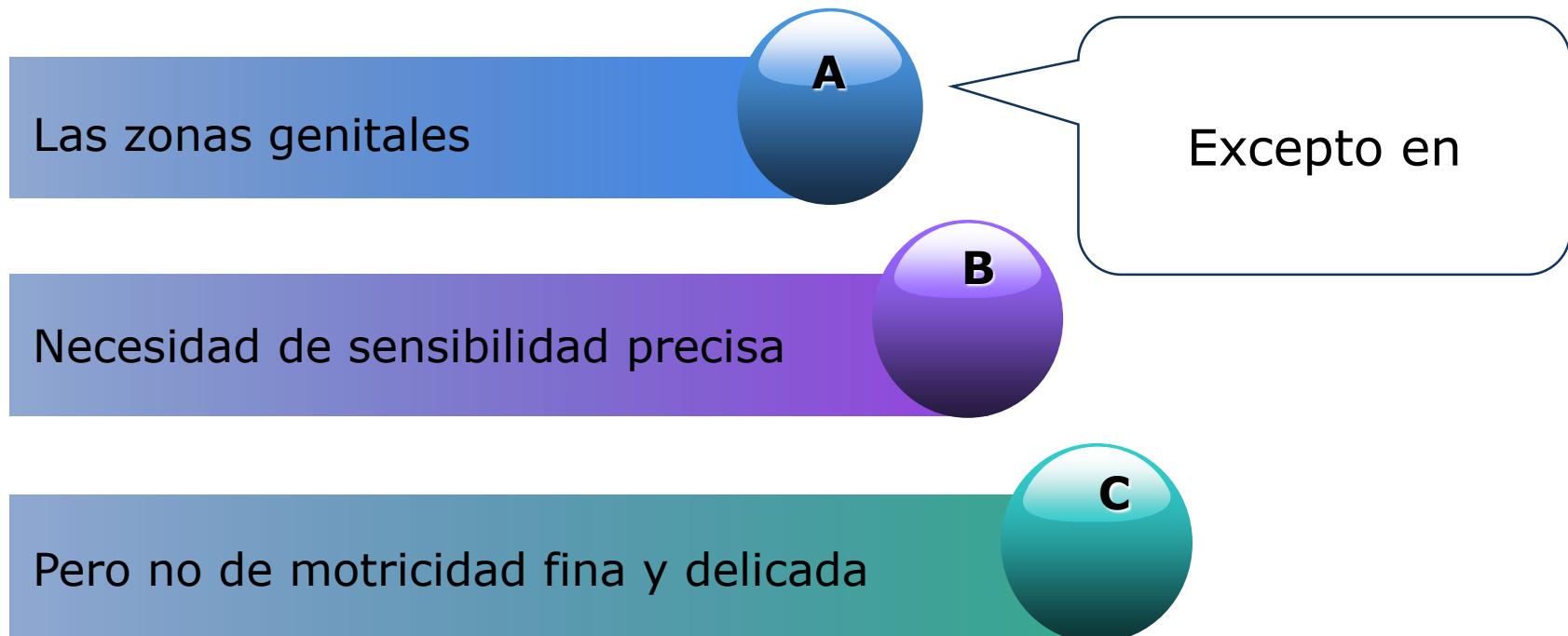


Los sectores con representación topográfica de mayor superficie corresponden a los sectores del cuerpo humano con mayor densidad de motoneuronas

No necesariamente a la mayor densidad de fibras musculares

# Semejanzas y diferencias

- ❖ Entre los homúnculos sensorial y motor.
- ❖ Semejanzas en casi toda la extensión corporal.
- ❖ A mayor coordinación fina, mayor necesidad de captación diferencial de información sensorial.



# Del museo de ciencias naturales de Londres



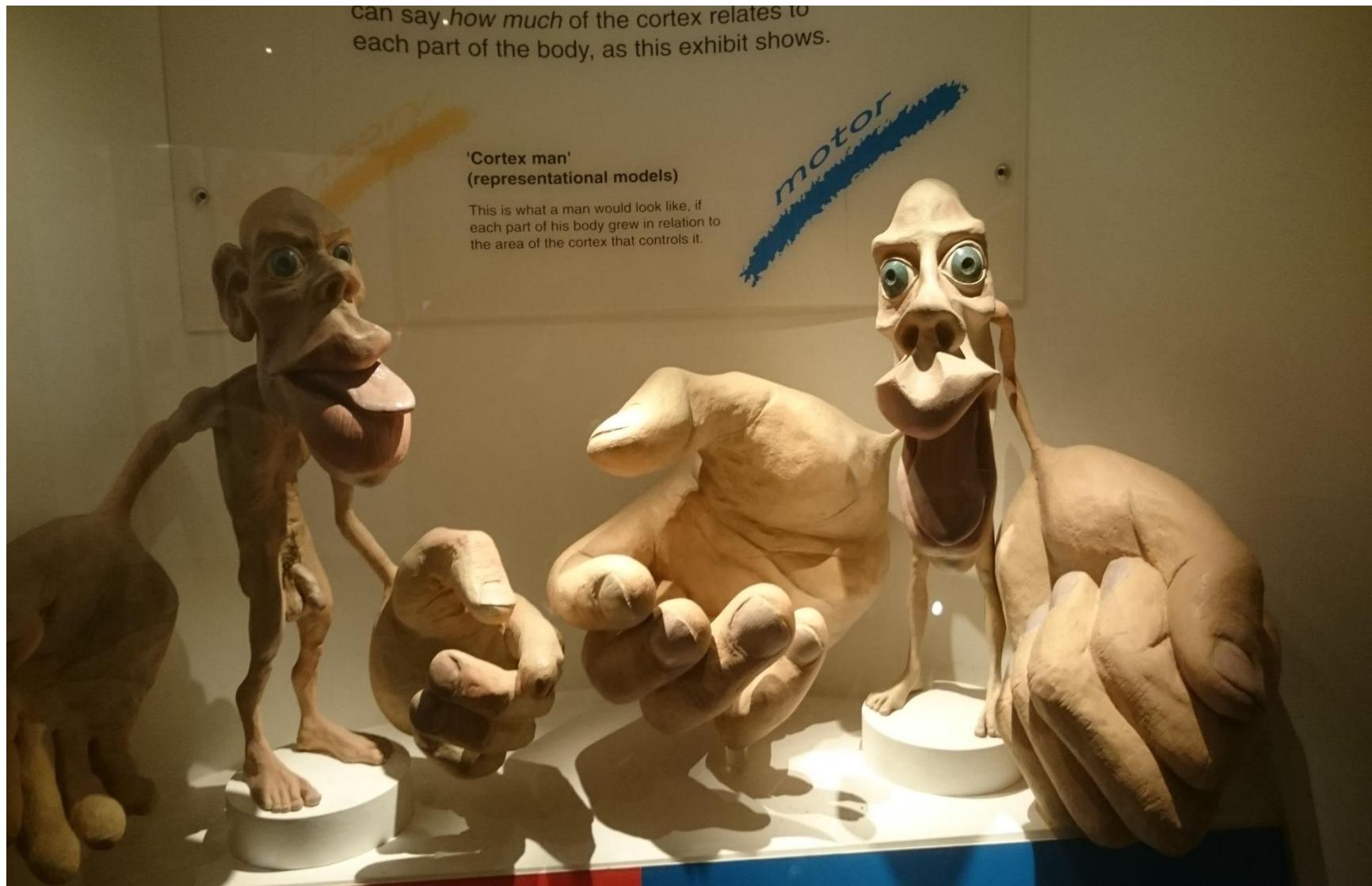
# Otra foto del mismo museo

Can say *how much* of the cortex relates to each part of the body, as this exhibit shows.

'Cortex man'  
(representational models)

This is what a man would look like, if each part of his body grew in relation to the area of the cortex that controls it.

*motor*



# Las ST o slow twitch

- ❖ Son responsables de la coordinación fina.
- ❖ Su fatiga promueve la alteración de la coordinación fina.
- ❖ Ellas reciben mayores aferencias, es decir, desde las regiones del cuerpo donde hay más ST, la corteza parietal recibe mayores aferencias.
- ❖ Al proveer mayores aferencias, luego hay más sensibilidad y mayor aporte para la coordinación fina.
- ❖ La fatiga las inhibe.
- ❖ Lo mismo que el triptófano y la serotonina.
- ❖ El entrenamiento nos prepara para evitar la inhibición frente a la fatiga.



# **Modificaciones en el homúnculo sensorial**

- ❖ Posibilidad esbozada en publicaciones recientes.
- ❖ Cambios en la S2 e inhibición de MP1.

Sports Med.

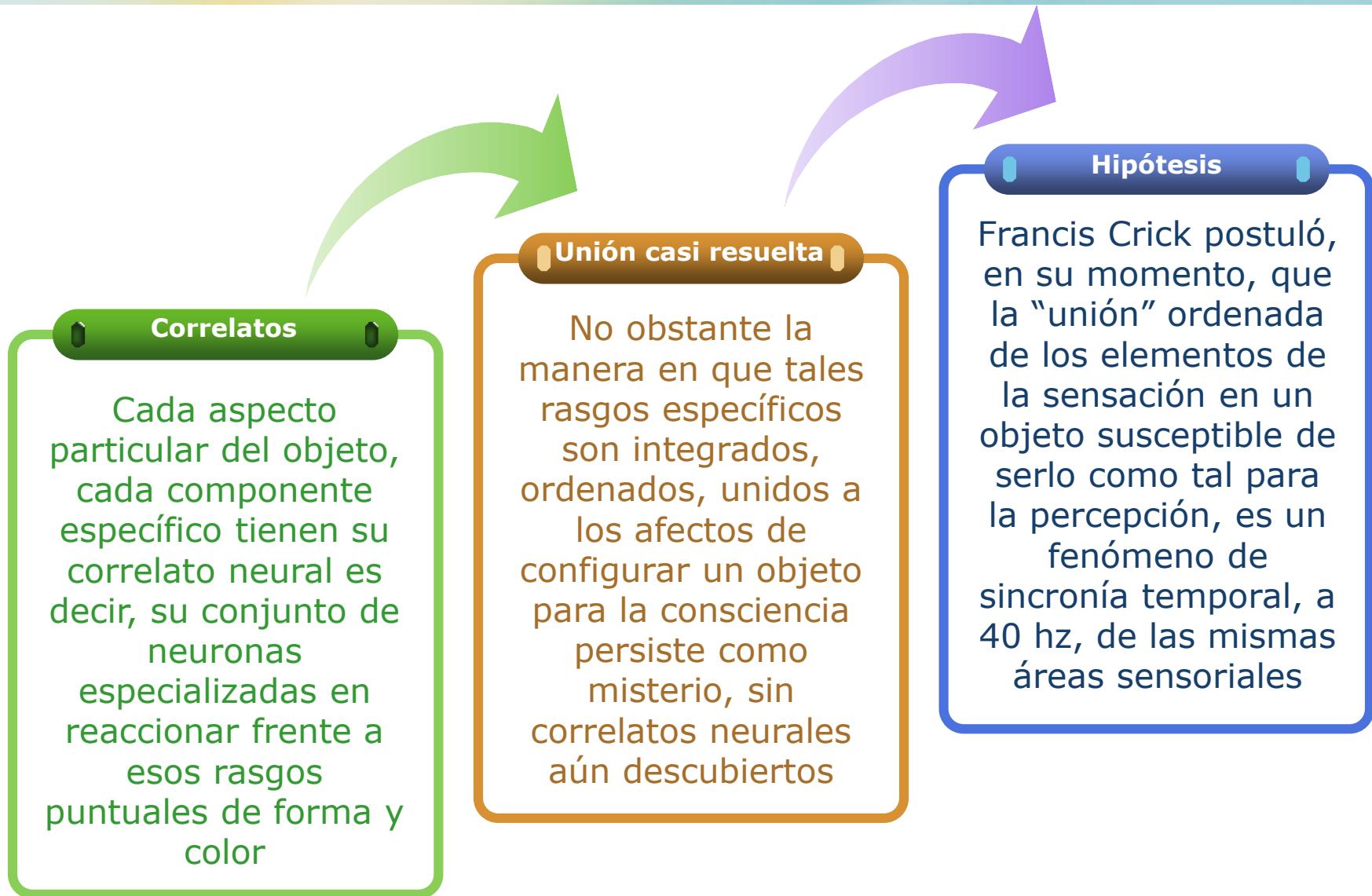
DOI 10.1007/s40279-017-0682-6

## **Neurophysiological Mechanisms Underpinning Stretch-Induced Force Loss**

- Gabriel S. Trajano 1,2.
- Kazunori Nosaka 3.
- Anthony J. Blazevich 3.

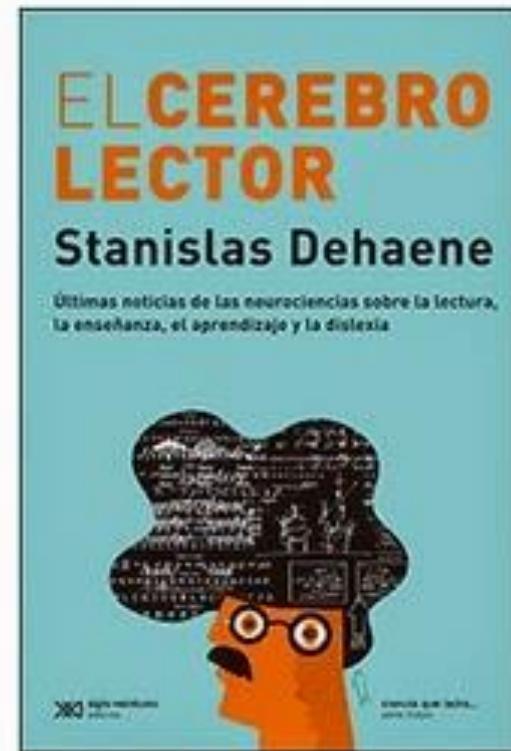
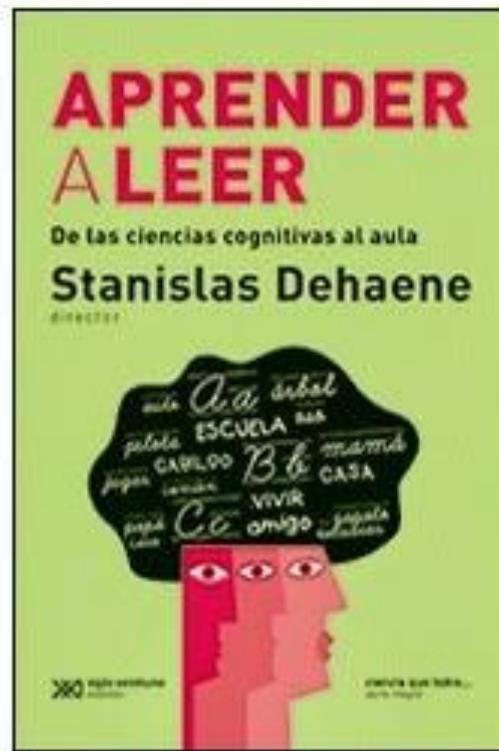
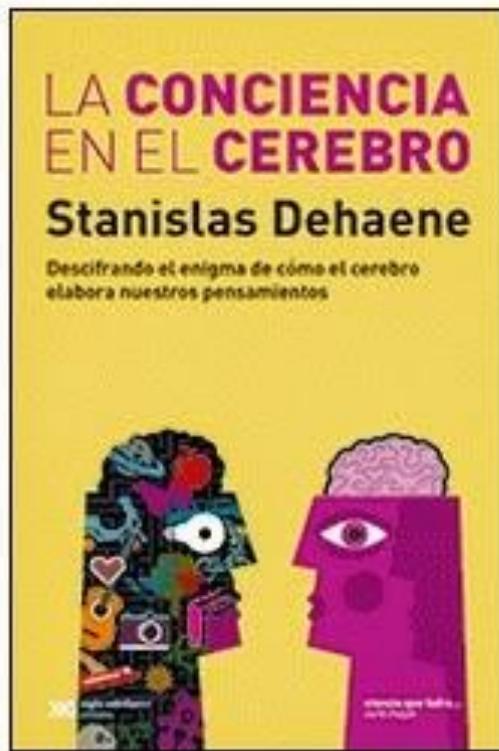
Springer International Publishing Switzerland, 2017.

# Correlatos analíticos: menos dudas



# Stanislas Dehaene

- ❖ Posibilidad de neuronas de axón largo que promuevan conectividad córtico - cortical.
- ❖ Fundamento neurofisiológico posible del problema de la unión.



# Elementos básicos de fisiología sensorial

Modalidad sensorial

Post - descarga

Campo sensorial

Estímulo adecuado

Conversión analógico - digital

Transducción

Adaptación

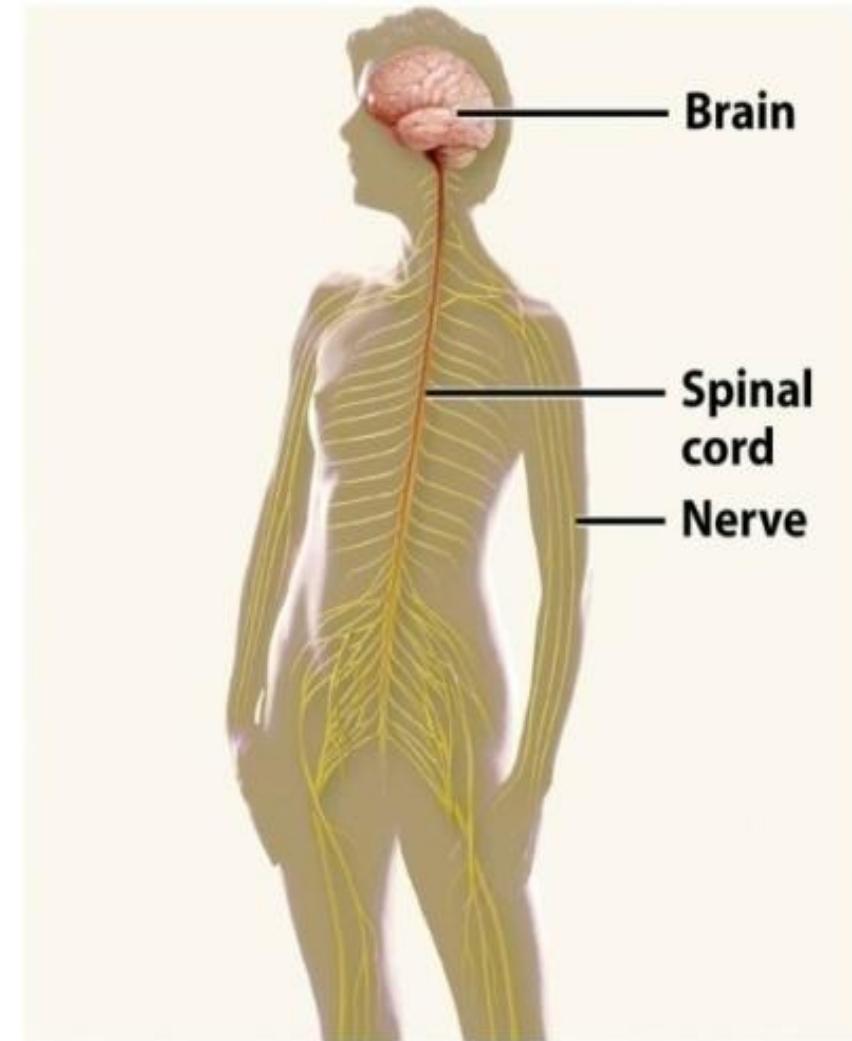


Table 1-2 figure 4 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e  
© 2006 John Wiley & Sons

# Utilidad de estos conocimientos

- ❖ Del estudio de estas propiedades podemos extraer inferencias importantes para la práctica de los aprendizajes motores.



# Los primeros

## Modalidad sensorial

La especialización de cada sistema para un estímulo específico y la sensación que despierta (ejemplo, conos y bastones para el luminoso)

## Estímulo adecuado

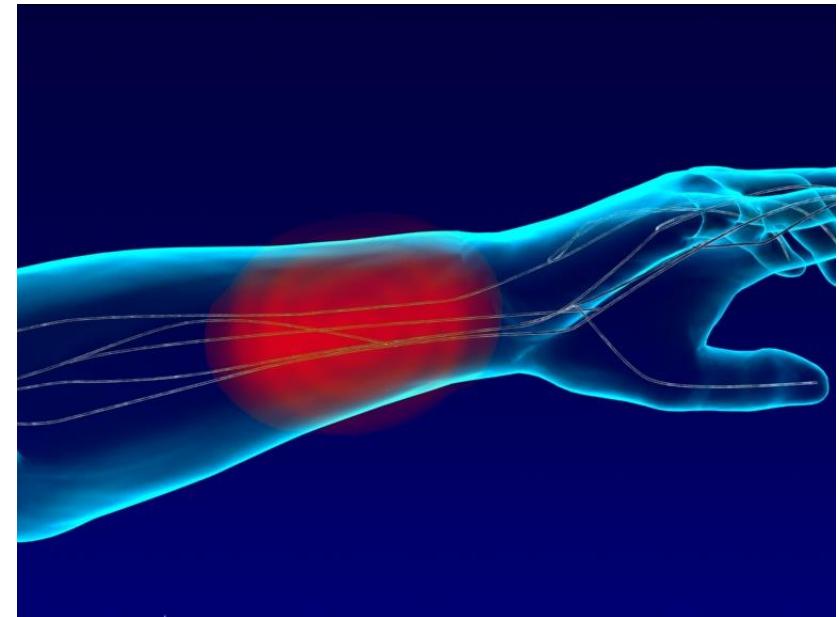
Aquel al cual el receptor es particularmente sensible, no únicamente y necesariamente sensible (casos excluyentes)

## Unidad sensorial y campo receptivo

La fibra nerviosa aferente y todos los receptores que le aportan datos definen un campo receptivo

# Campo sensorial o receptivo

- ❖ Cada neurona ganglionar de la raíz dorsal transmite información sensitiva de un área limitada de la piel, determinada por la localización de sus receptores.
- ❖ La neurona sensitiva, junto con la totalidad de receptores que inerva, compone el campo sensorial o receptivo.
- ❖ Dos estímulos que impactan en el mismo campo sensorial se detectan como sólo uno.

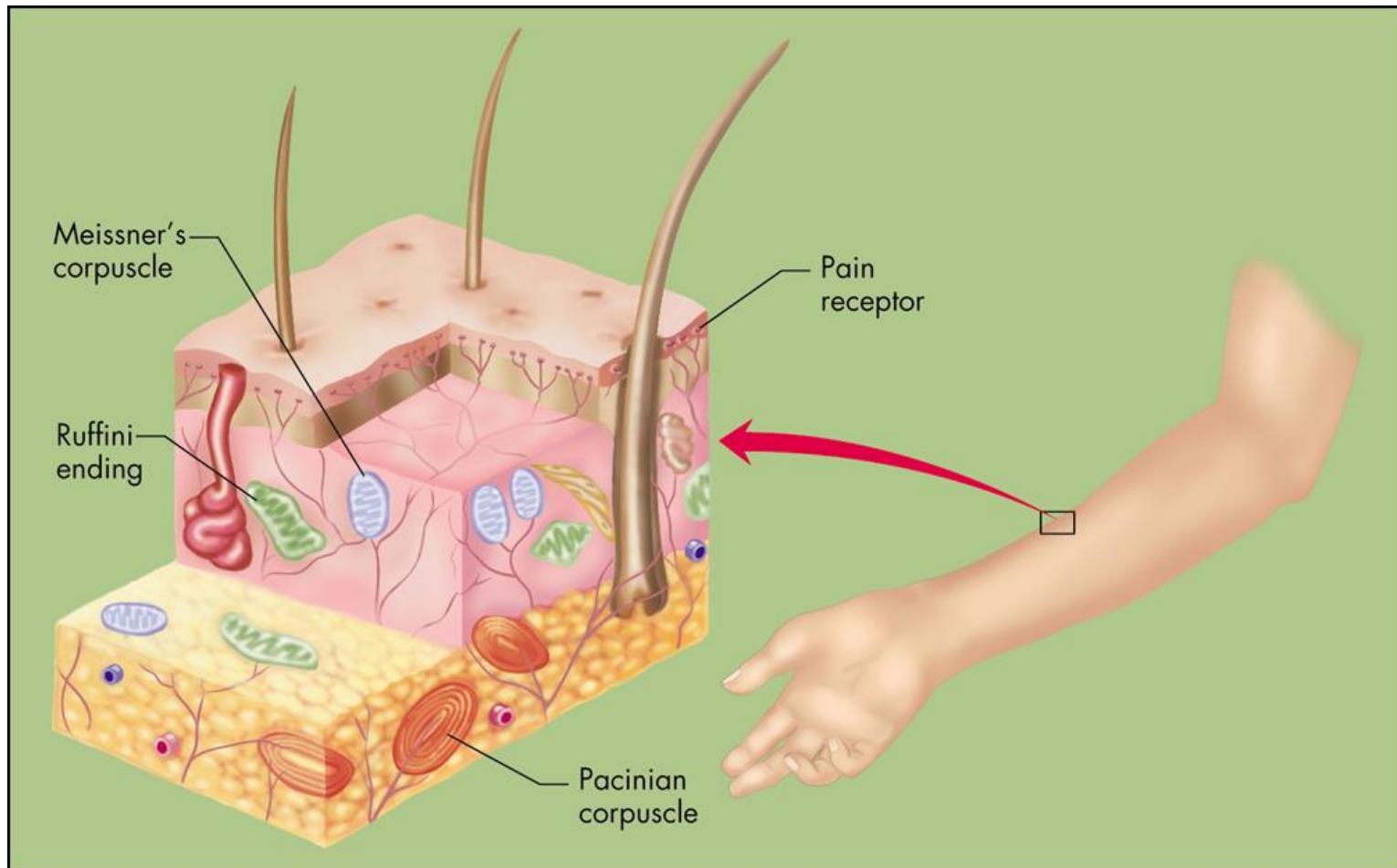


## Campo receptivo

- ❖ Con la sensibilidad táctil las pruebas son sencillas.
- ❖ Aproximar dos puntos hasta que se siente uno.

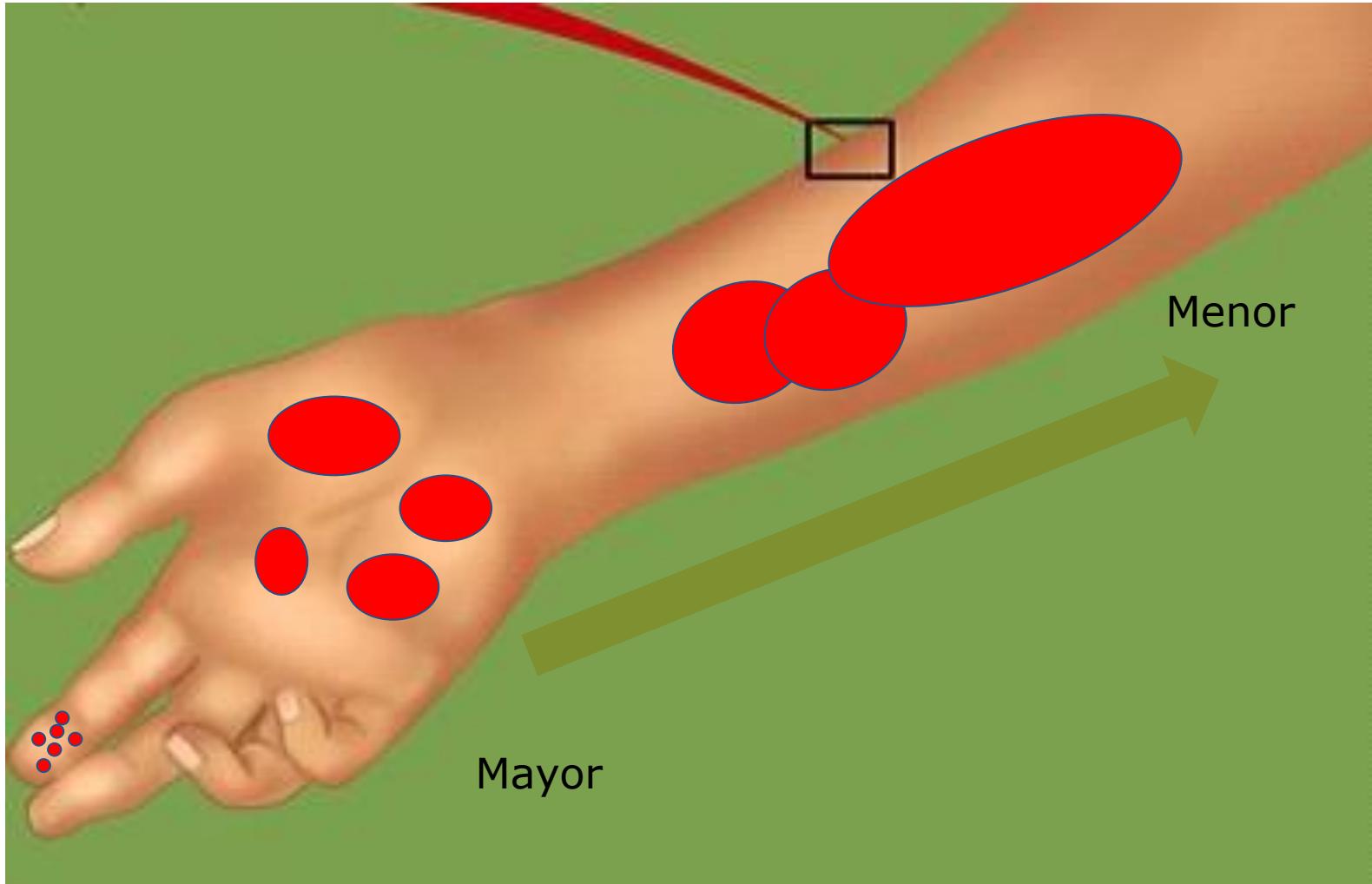
# Los campos receptivos varían

- ❖ El tamaño del campo sensorial varía en diferentes sectores corporales.



# También

- ❖ La densidad también varía.



# Transducción y conversión digital

- ❖ Uno de los aspectos más interesantes de la fisiología sensorial.



# Algunas reflexiones

- ❖ Una gran cantidad de estímulos, que permanentemente llegan a nuestros receptores, logran producir transducción, aunque no alcanzan superar el umbral mínimo como para promover conversión analógico - digital.
- ❖ Rayos infrarrojos, ultravioletas, ondas magnéticas, infrasonidos, ultrasonidos y muchas otras fuentes analógicas de información continuamente circulando por el medio ambiente.
- ❖ Por consiguiente, del mundo sólo podemos conocer lo que la complejidad de nuestros sistemas sensoriales hoy, en el grado actual de nuestra historia evolutiva, nos permiten conocer.
- ❖ Y no sólo depende de nuestros sistemas sensoriales, sino de todo el procesamiento perceptual posterior.
- ❖ Muchos factores modifican el potencial del receptor (por ejemplo, el grado de acidez del ambiente intersticial).

# No podemos conocer gran parte

Tanto del mundo exterior como de nuestro propio cuerpo

Y la falibilidad de nuestros sistemas sensoriales



Al no tener receptores capaces de generar esa conversión analógico digital

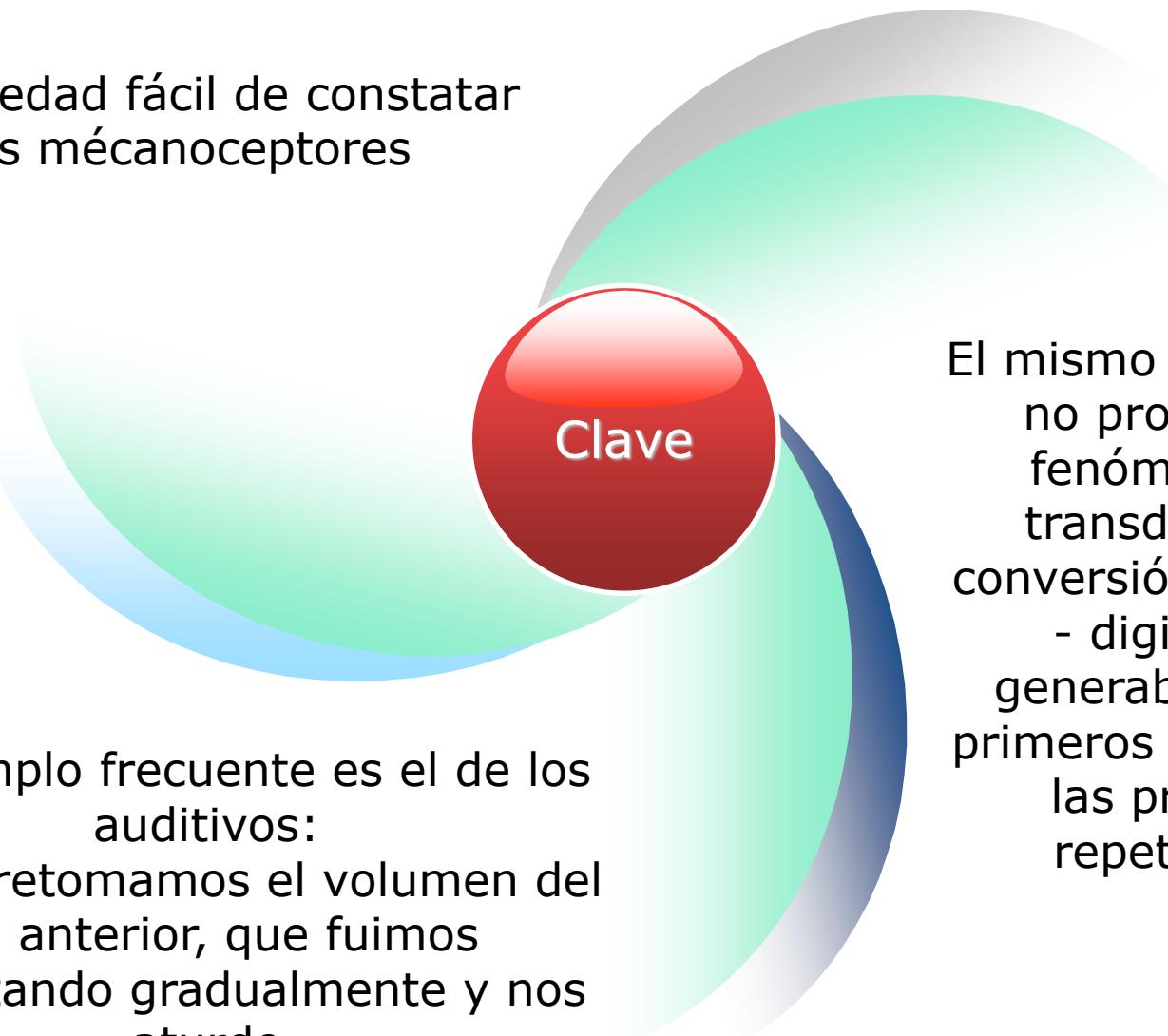
Necesitamos dispositivos auxiliares que amplifique o permitan el acceso cognitivo

# Post - descarga



# Adaptación de los receptores

Una propiedad fácil de constatar en los mécanoceptores



Un ejemplo frecuente es el de los auditivos:  
cuando retomamos el volumen del día anterior, que fuimos aumentando gradualmente y nos aturde

El mismo estímulo ya no produce los fenómenos de transducción y conversión analógico - digital que generaban en los primeros segundos o las primeras repeticiones

# Propiedad con importantes consecuencias

- ❖ La adaptación de los receptores, sobre todo de los propioceptores, tiene importantes consecuencias para el entrenamiento en general y en particular para el de la flexibilidad.
- ❖ Repercute en las estimaciones de los tiempos óptimos de estiramiento, sobre todo cuando las resistencias son miofasciales.
- ❖ Otra consecuencia importante tiene que ver con los bloqueos en los aprendizajes y estancamientos en el entrenamiento de la técnica.
- ❖ Algunos autores, inclusive, entienden al fenómeno de la **“estereotipia”** como inherente, por sobre todas las cosas, a la adaptación de los propioceptores.
- ❖ Por consiguiente, evitarla es fundamental.
- ❖ Variabilidad y reto motor para evitar la adaptación propioceptiva.

# Consecuencia no deseada de la adaptación

Evitar estereotipia

Se adaptan rápidamente



# Parámetros del mensaje neural

Potenciales de acción  
de una sola magnitud

Variaciones en el desarrollo  
temporal de éstos

Variaciones en la distribución  
espacial de los potenciales en  
las diferentes fibras del haz



Ya un mensaje transmitido en código binario (todo o nada) puede revestir gran complejidad

# Codificación neural

## **Frecuencia**

(número de descargas por unidad de tiempo)

## **Temporal**

(variación de la duración de los silencios entre potencial y potencial)

## **De fase**

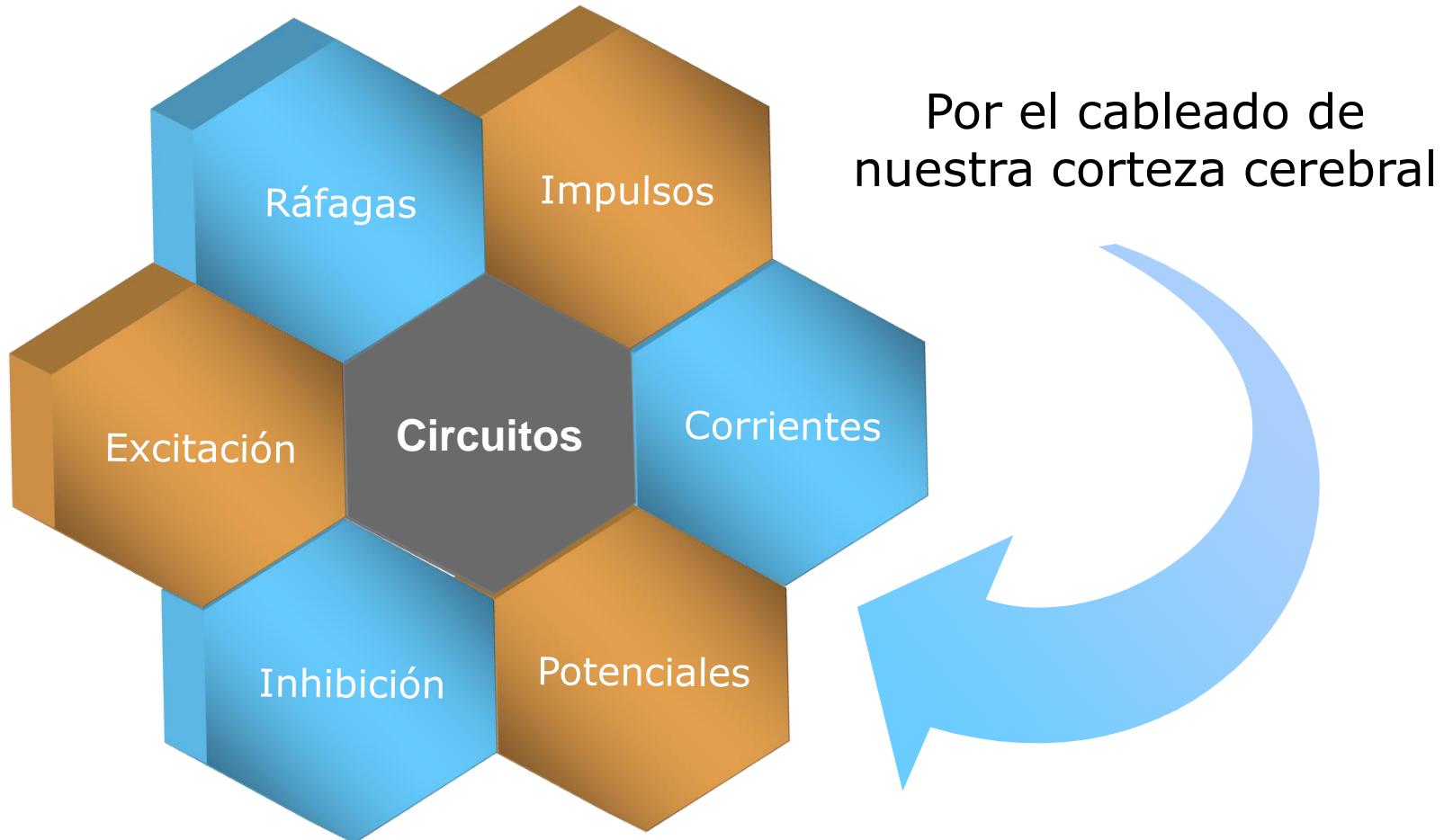
(relación temporal entre aplicación del estímulo y respuesta)

## **Duración de ráfagas de descargas**

## **Espacial**

(fibras que descargan dentro de una población total de axones)

# En rigor, lo que circula por nuestro SNC son



Por el cableado de  
nuestra corteza cerebral

- ❖ **El misterio:** ¿cómo extraemos significados de esos impulsos?

# No se trata de un reduccionismo

No afirmamos, bajo respecto alguno :  
“..el hombre no es más que u otra cosa que...”

Aún así, sirve para contextualizarnos, para dimensionarnos en la justa medida

La dimensión biológica no implica un reduccionismo



- ❖ La biología no pretende reducir al hombre a procesos neuroquímicos, mucho menos físicos.

# Consecuencias didácticas para el movimiento

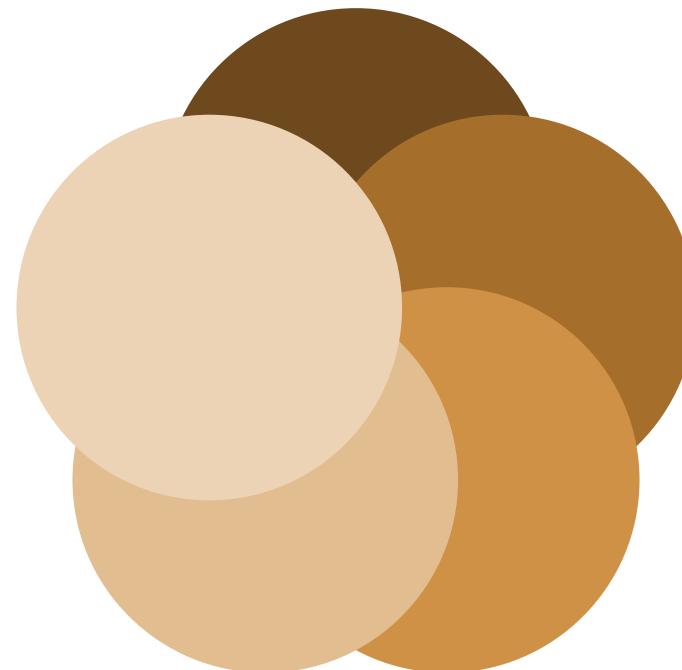
Son los canales  
de acceso de  
información

El proceso  
psicomotor  
subsiguiente  
depende de esta  
etapa

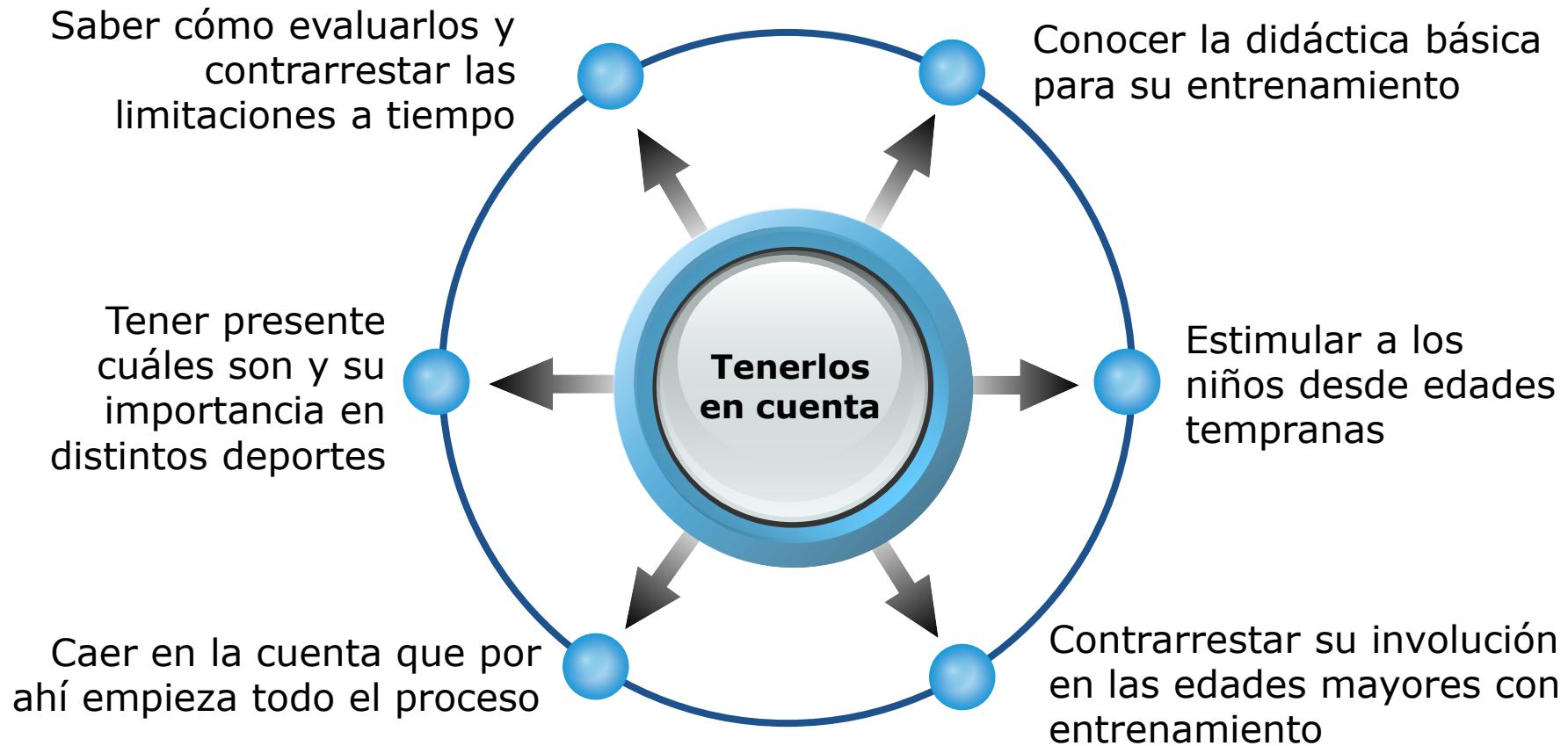
No sólo en  
edades  
tempranas, sino  
toda la vida

De su capacidad  
de recoger y  
transmitir  
depende el  
resto

Los sistemas  
sensoriales son  
altamente  
entrenables



# Conceptos didácticos de importancia



# Algunas consecuencias

- ❖ Preventivo de lesiones a partir de su impacto estabilizador del sistema articular.
- ❖ Modulación final de las eferencias motoras, dando precisión al gesto.
- ❖ Dosificación de los niveles de aplicación de fuerza en todas sus expresiones y magnitudes.
- ❖ Auto - detección de anomalías funcionales y la consecuente regulación del esfuerzo.



# No sólo el problema de la unión

¿Por qué si necesitamos de la corteza primaria para sentir finalmente sentimos en la periferia?



¿Porqué vemos en el ojo o sentimos en la piel y no en la corteza misma?



Toda la vida me lo he preguntado

# Seguramente hay respuestas

Manos a la obra

A

Ver homúnculo sensorial

B

Filosofía de la mente y otras fuentes

C

Trabajar interdisciplinariamente el tema

D



Como con todas  
la inquietudes

# Perspectivas y discusiones



Necesidad de entrenar los canales de acceso de la información para una buen desarrollo delos pasos subsiguientes del proceso motor

- ❖ Apertura de canales sensoriales como paso inicial del proceso.

# ¡A seguir trabajando!

Prof. Lic. Mario Di Santo



[mariocdisanto@gmail.com](mailto:mariocdisanto@gmail.com)

+54 9 351 611-3600