

Neurobiología del Lenguaje



Laura Kaczer

Laboratorio de Lenguaje y Cognición. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular.
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

laurakaczer@gmail.com

Hoja de ruta para la clase de hoy:

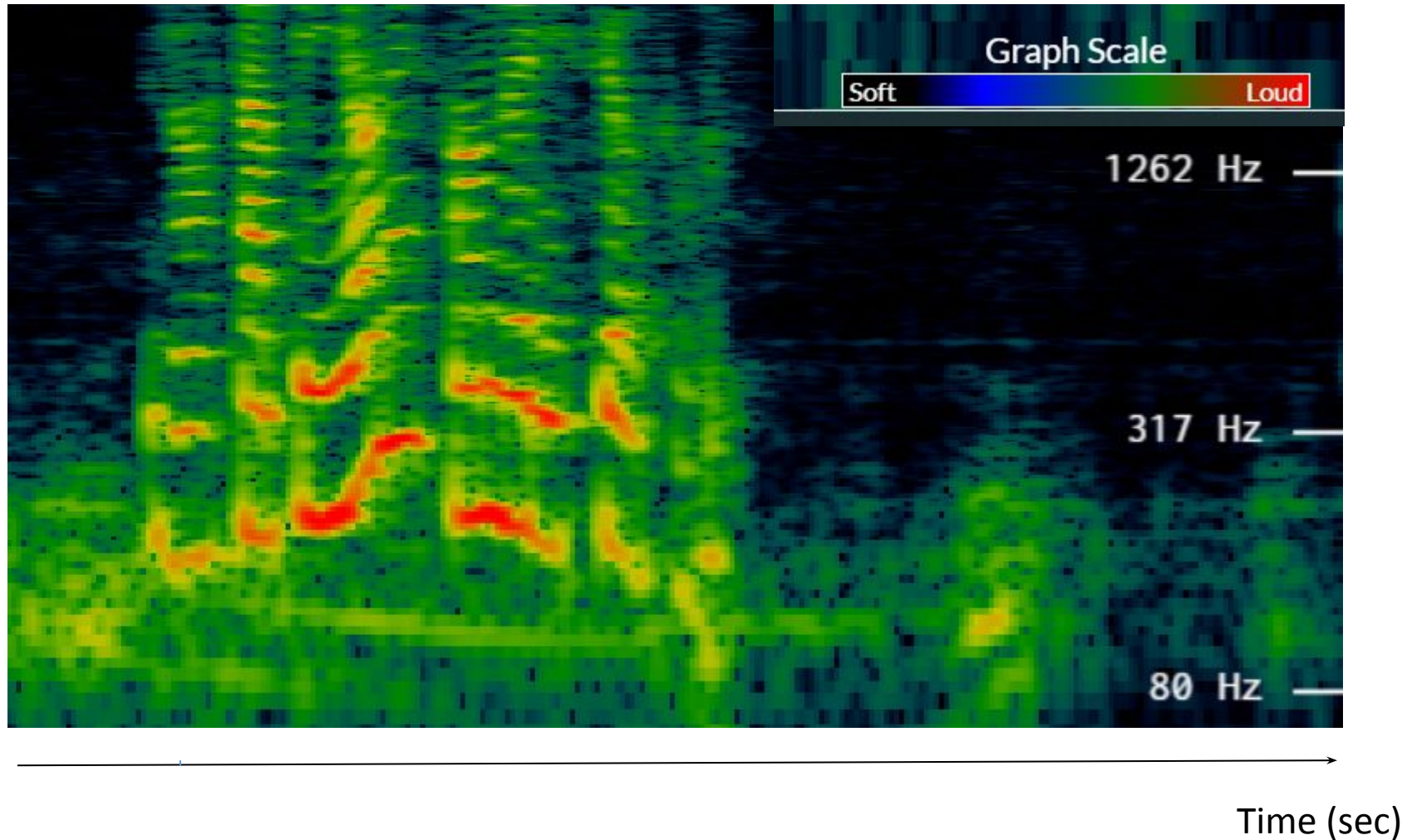
- 1- Un poquito de definiciones y de historia del estudio del lenguaje y cerebro.
- 2- ¿Cómo se almacenan las palabras en el cerebro?
Diseños experimentales para entender cómo accedemos a las palabras y correlatos cerebrales
- 3- ¿Cuáles son las bases cerebrales de la lectoescritura?
¿Cómo se ven afectadas durante la alfabetización y en la dislexia?

¿Qué entendemos por 'lenguaje'?

- ✓ Se trata de una habilidad distintiva de los seres humanos que nos permite obtener, a partir de información sonora o visual, un modelo mental de lo que el interlocutor quiere decir...pero ¿COMO?
- ✓ El lenguaje conecta la forma (oral-escrita) con el significado. Implica diversos conocimientos:
 - Conocimiento de los sonidos de nuestra lengua y cómo combinarlos
 - Conocimiento de las palabras. En la mayoría de los casos se trata de conexiones arbitrarias entre sonido y significado.
«¿Qué Hay En Un Nombre? Lo Que Llamamos Rosa Olería Igual De Dulce Si Tuviese Cualquier Otro Nombre» – William Shakespeare
 - Conocimiento de las reglas combinatorias entre palabras (sintaxis, gramática). Podemos comprender una frase que no hemos oído nunca '**Colorless green ideas sleep furiously**'-Chomsky
- ✓ La facilidad con la que producimos y comprendemos el habla puede llevarnos a pensar que los mecanismos cognitivos y cerebrales que se ponen en juego en esta habilidad son bastante simples. Pero no!

¿Cómo es la señal lingüística que llega a nuestros oídos?

'Los champiñones son deliciosos'



Distintos niveles de representación: del sonido al significado (y viceversa)

/L/o/s /tʃ|a/m/ /p/i/ n/o/n/e/s /s / o/ n/ /d /e /l/ i /θ / i / o / s / o / s

FONEMA Estudio de las categorías de los sonidos



MORFEMAS: Estudio de la estructura de las palabras



PALABRAS



SINTAXIS: Estudio de la estructura de las oraciones

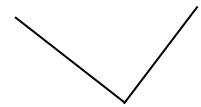


SEMANTICA: Estudio del significado de oraciones y palabras

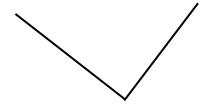
Los champiñon/es son delici / oso /s

Los champiñones son deliciosos

Los champiñones son deliciosos



sujeto

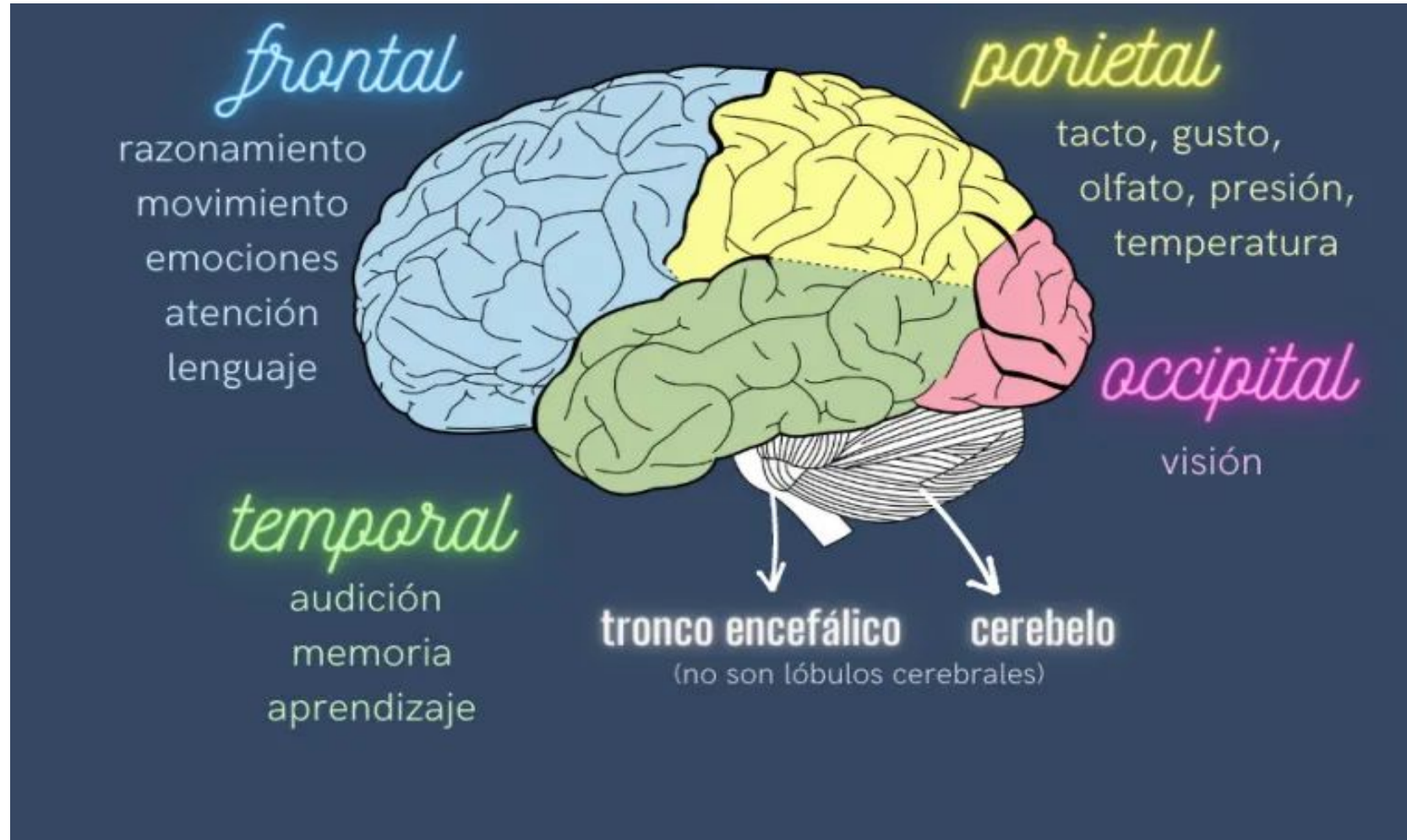


predicado



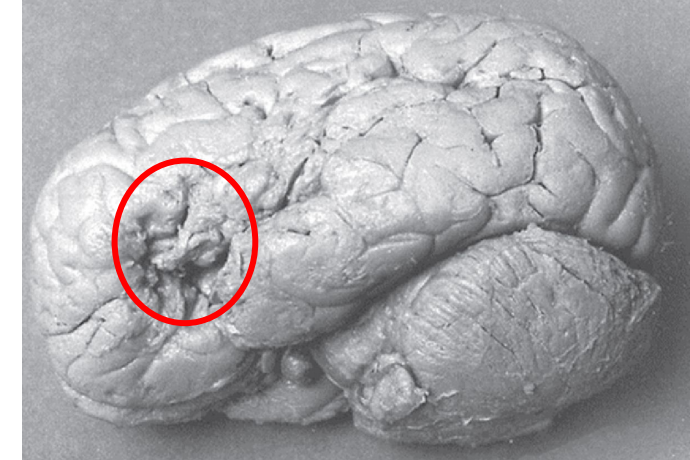
Por lo tanto, el lenguaje es un sistema con múltiples niveles de representación que nos permite conectar forma y significado (comprensión) y viceversa (producción)

Generalidades funcionales de los lóbulos cerebrales



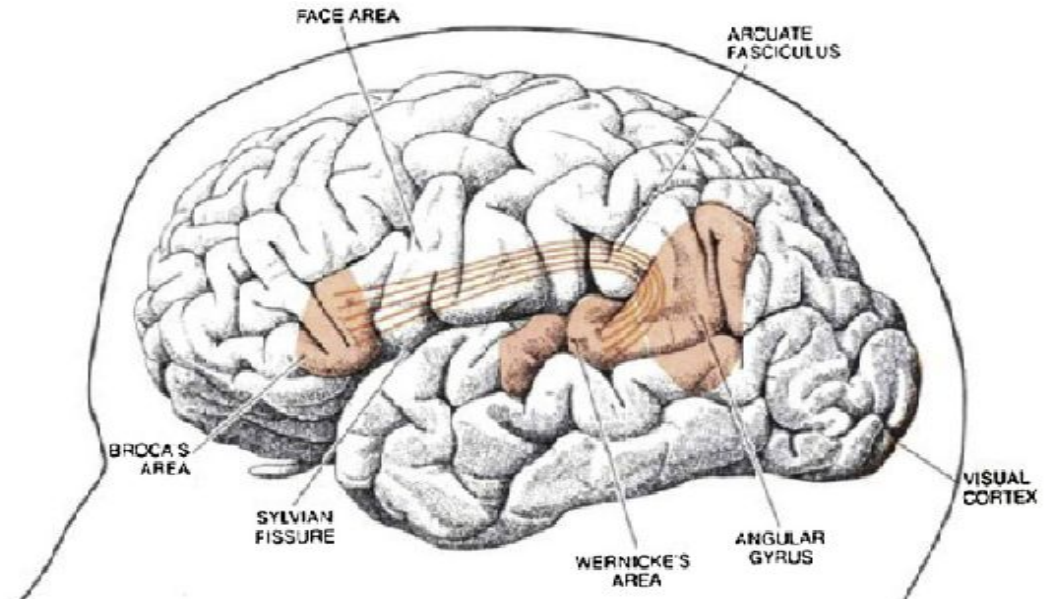
Paul Broca y la afasia de Broca

- Primera localización cerebral del lenguaje (1861)
- Paciente sólo podía producir una sílaba: 'tan'
- Cuando murió, se reveló que la lesión estaba en la parte posterior del giro frontal izquierdo inferior ('Area de Broca')
- A partir de este caso se empezó a denominar a las afasias de producción como afasias de Broca
- Estas afasias implican un habla lenta y laboriosa, frases cortas.
- La comprensión en general estaría relativamente intacta



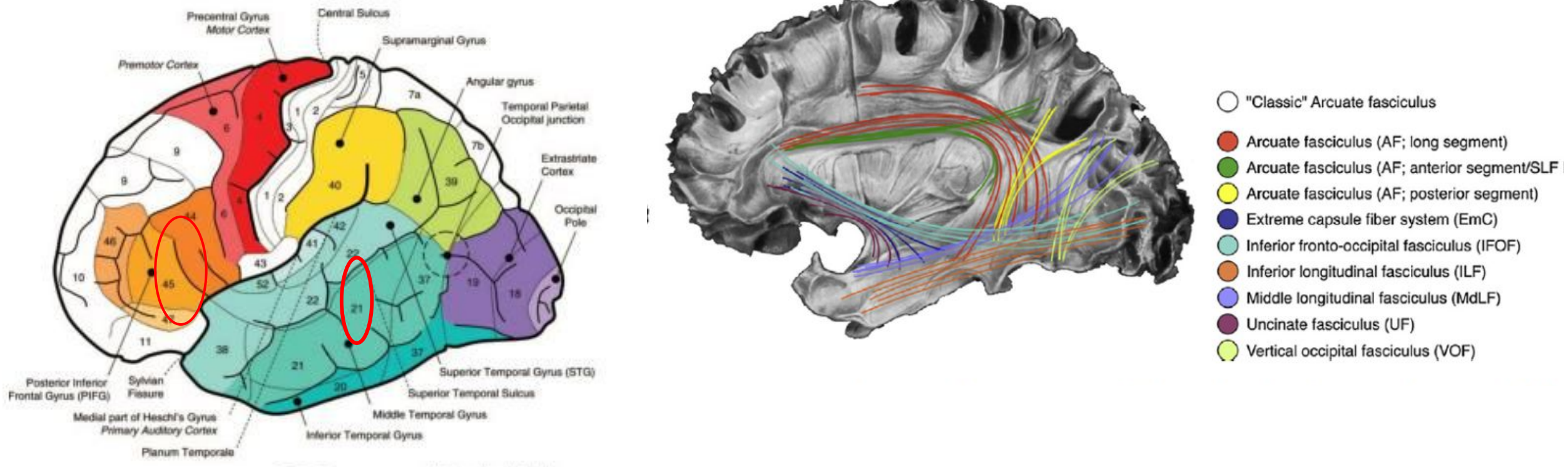
Carl Wernicke y la afasia de Wernicke

- Lesión cerebral en lóbulo temporal superior y parietal (1874)--- Área de Wernicke
- Se plantea que allí están las ‘imágenes auditivas del habla’
- Afasia de Wernicke se caracteriza por un habla fluente, pero sin sentido y desordenada. La comprensión está afectada, al igual que la lectura
- A partir de estos hallazgos se planteó el modelo de Wernicke-Lichtheim-Geschwind



Se plantea que las ‘imágenes acústicas’ de las palabras se localizan en el área de Wernicke, conectándose a través del fascículo arqueado con el área de Broca, donde se alojarían las ‘imágenes motoras’

Los hallazgos recientes muestran un panorama más complejo de áreas y de conexiones implicadas en el lenguaje

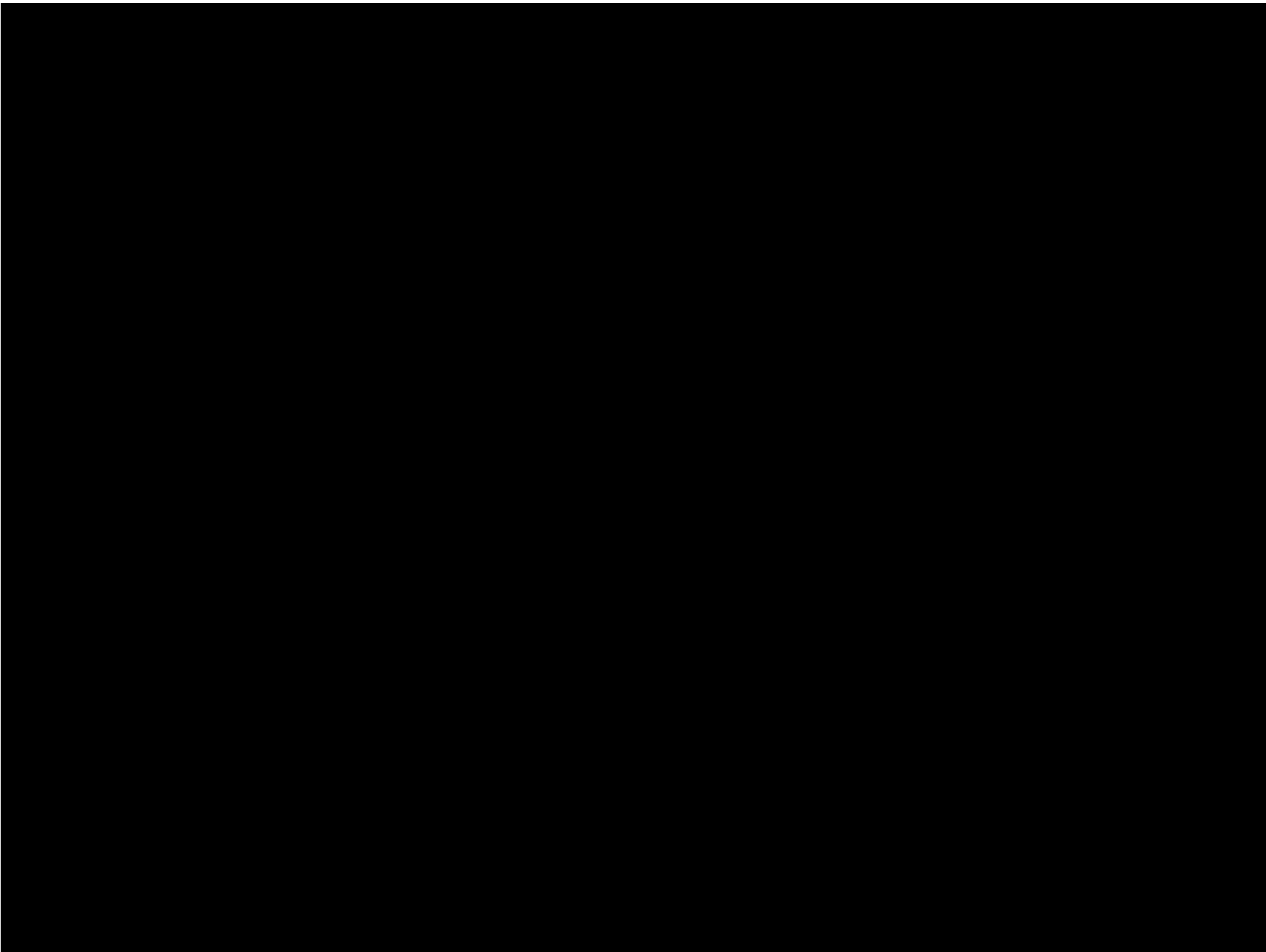


□ La red de lenguaje se distribuye ampliamente por el cerebro, extendiéndose mucho más allá de las áreas de Broca y Wernicke, en los lóbulos frontal, parietal y temporal, así como en los ganglios basales, tálamo y cerebelo

Tremblay, P., & Dick, A. S. (2016). Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology. *Brain and language*, 162, 60-71.



Huth, A. G., De Heer, W. A., Griffiths, T. L., Theunissen, F. E., & Gallant, J. L. (2016). Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex. *Nature*, 532(7600), 453-458



<https://www.youtube.com/watch?v=k61nJkx5aDQ>

Este conocimiento se puede usar para BCI

Article | [Published: 01 May 2023](#)

Semantic reconstruction of continuous language from non-invasive brain recordings

[Jerry Tang](#), [Amanda LeBel](#), [Shailee Jain](#) & [Alexander G. Huth](#) 

[Nature Neuroscience](#) **26**, 858–866 (2023) | [Cite this article](#)

29k Accesses | 4321 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

A brain–computer interface that decodes continuous language from non-invasive recordings would have many scientific and practical applications. Currently, however, non-invasive language decoders can only identify stimuli from among a small set of words or phrases. Here we introduce a non-invasive decoder that reconstructs continuous language from cortical semantic representations recorded using functional magnetic resonance imaging (fMRI). Given novel brain recordings, this decoder generates intelligible word sequences that recover the meaning of perceived speech, imagined speech and even silent videos, demonstrating that a single decoder can be applied to a range of tasks. We tested the decoder across cortex and found that continuous language can be separately decoded from multiple regions. As brain–computer interfaces should respect mental privacy, we tested whether successful decoding requires subject cooperation and found that subject cooperation is required both to train and to apply the decoder. Our findings demonstrate the viability of non-invasive language brain–computer interfaces.

Perceived stimulus

*i don't have my
driver's license yet
and i just jumped out
right when i needed to*

Decoder prediction

she has not even
started to learn to
drive yet i had to push
her out of the car

Exact

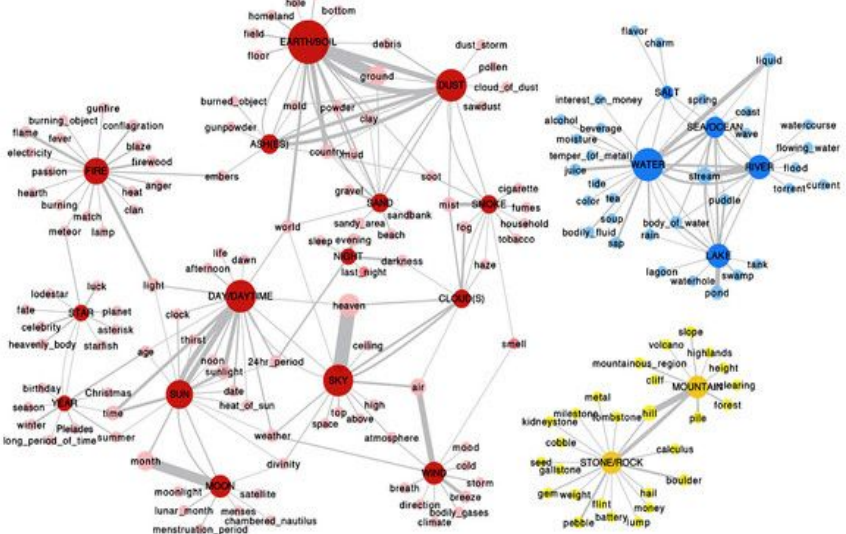
Gist

Error

*i didn't know whether
to scream cry or run
away instead i said
leave me alone*

started to scream and
cry and then she just
said i told you to
leave me alone

¿Cómo están almacenadas las palabras en nuestro cerebro?



- Casi sin darnos cuenta, usamos miles y miles de palabras por día
- Somos capaces de reconocer una palabra en una fracción de segundo



Cómo accedemos a las palabras almacenadas en el léxico mental?

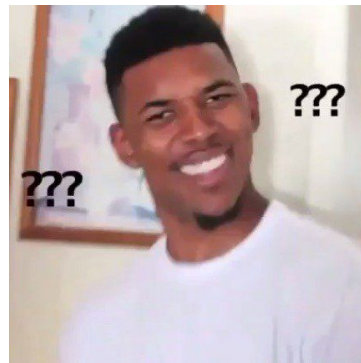
Acceso Lexical: implica acceder a la “entrada” correspondiente a una palabra almacenada en el léxico mental

Leer o Escuchar una palabra **ACTIVA** su entrada en el léxico mental

Se plantea que existe un **UMBRAL** de activación para lograr el acceso lexical.



¿Cómo medir el acceso lexical experimentalmente?



Tarea de decisión léxica:

ORKA

Efecto de la frecuencia: todas las palabras están igualmente representadas?

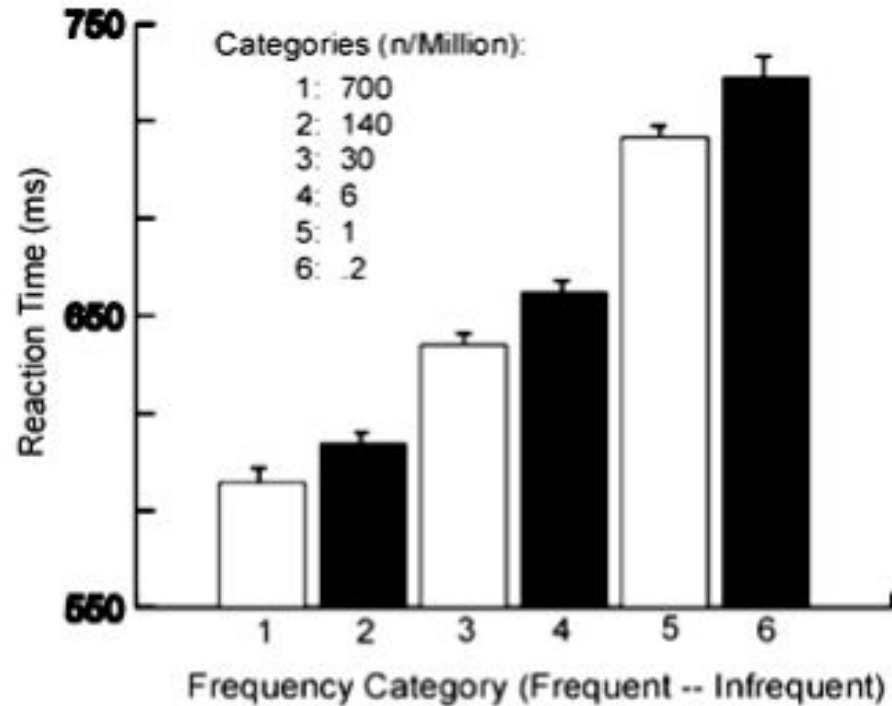
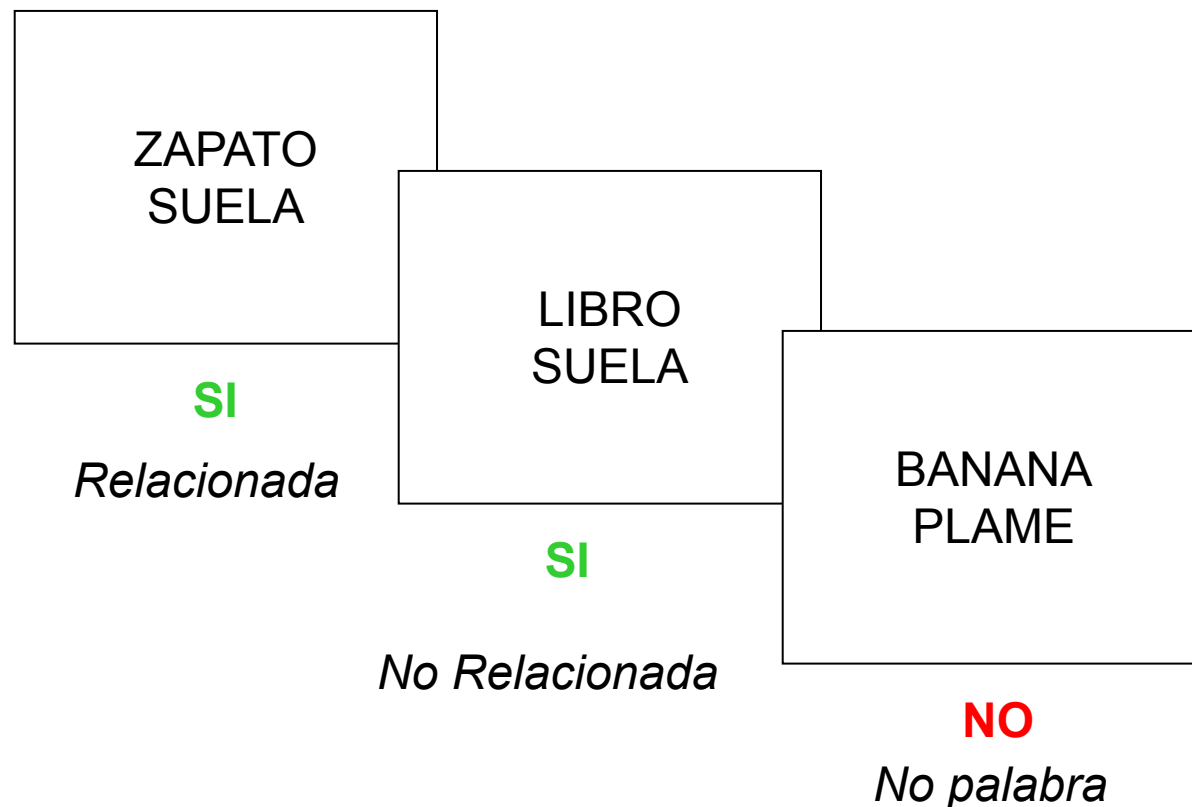


Fig. 1. Reaction time by frequency category (Mean and S.E.).

- Las respuestas son mas rápidas ante las palabras más frecuentes
- Implica que el lexicon está organizado por **frecuencia**

(Embick et al., 2001)

Efecto del contexto: protocolos de priming



¿Son ambos estímulos palabras en español?

Efecto semántico: resultados

TABLE 1
MEAN REACTION TIMES (RTs) OF CORRECT RESPONSES AND MEAN PERCENT ERRORS
IN THE YES-NO TASK

Type of stimulus pair		Correct response	Proportion of trials	Mean RT (msec.)	Mean % errors
Top string	Bottom string				
word	associated word	yes	.25	855	6.3
word	unassociated word	yes	.25	940	8.7

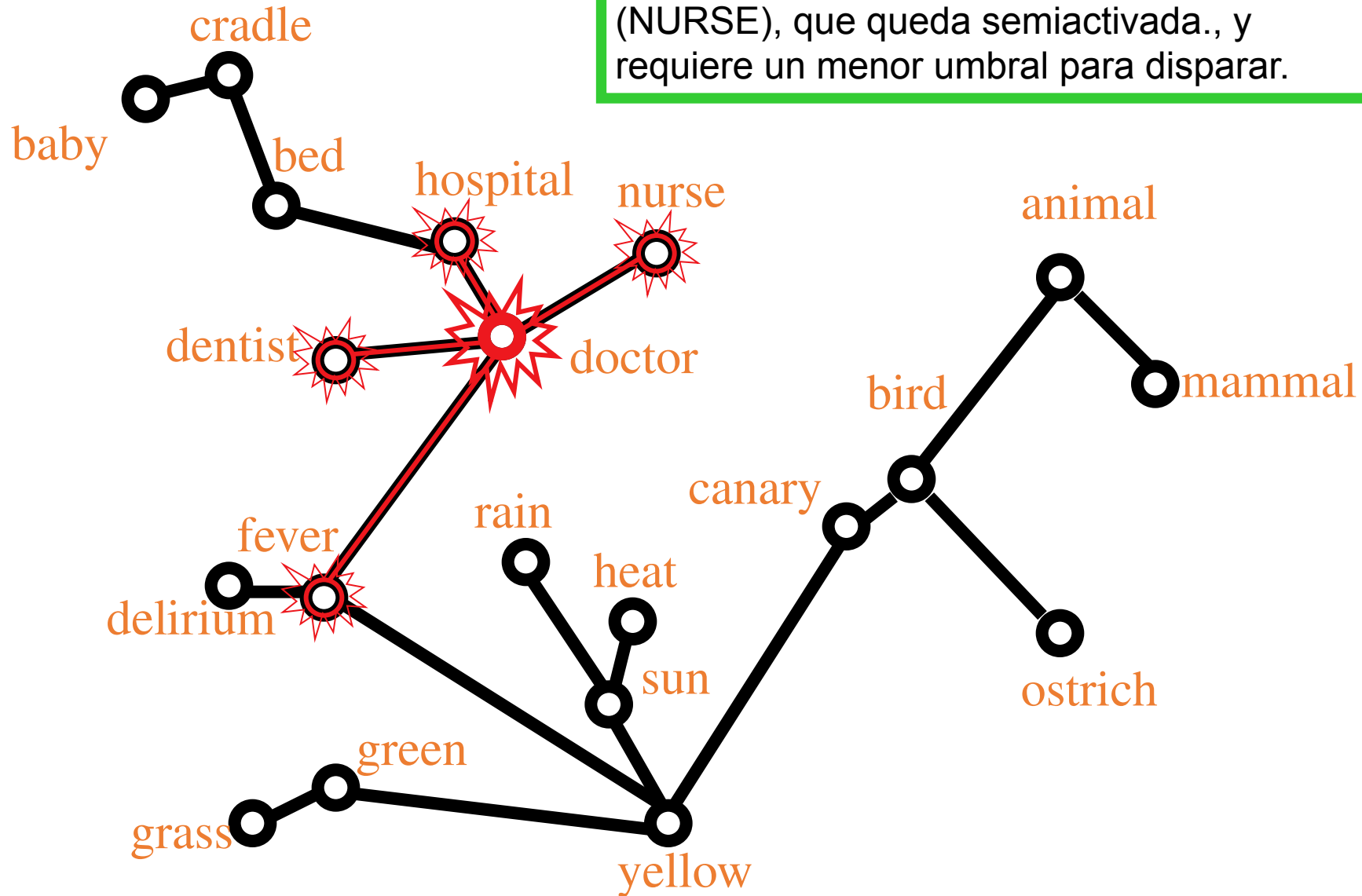
- Las respuestas son más rápidas cuando están precedidas por palabras relacionadas semánticamente
 - Esto se denomina “PRIMING”
 - ZAPATO es el “prime” de SUELA
- Implica que el léxico está organizado por significado

Existen muchas variantes de priming

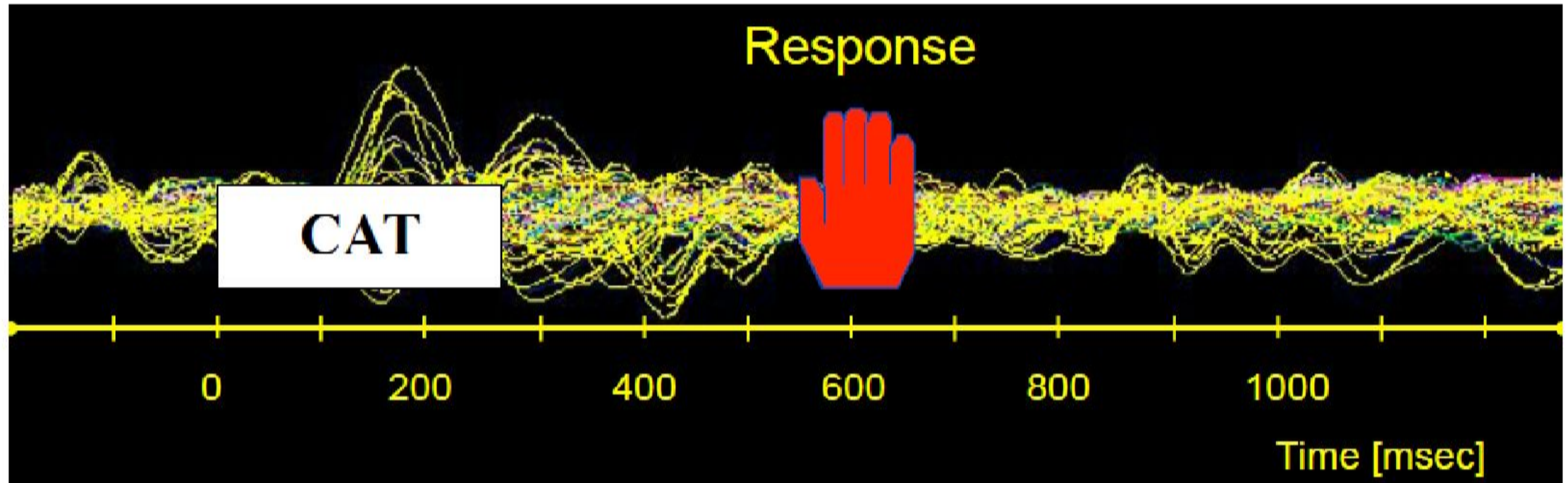
- Enmascaramiento (presentaciones muy breves del prime, de menos de 50 ms: #####, **prime**, **TARGET**)
- Tarea de juicio semántico (¿están relacionadas las dos palabras? / Decidir si son animados o inanimados)
- Priming palabra-dibujo (al nombrar un dibujo)

Modelo de Activación por propagación

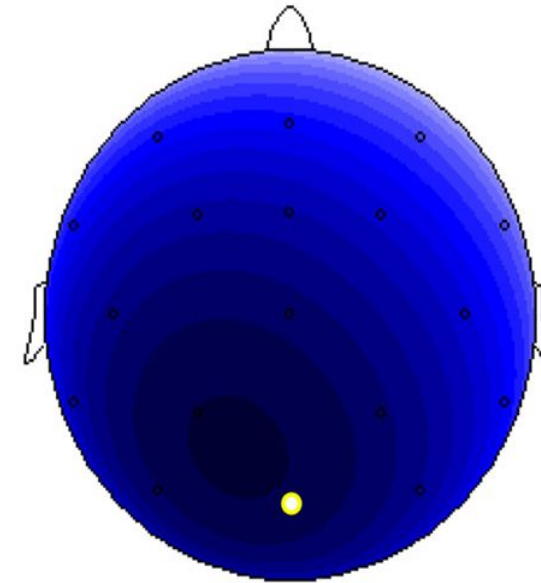
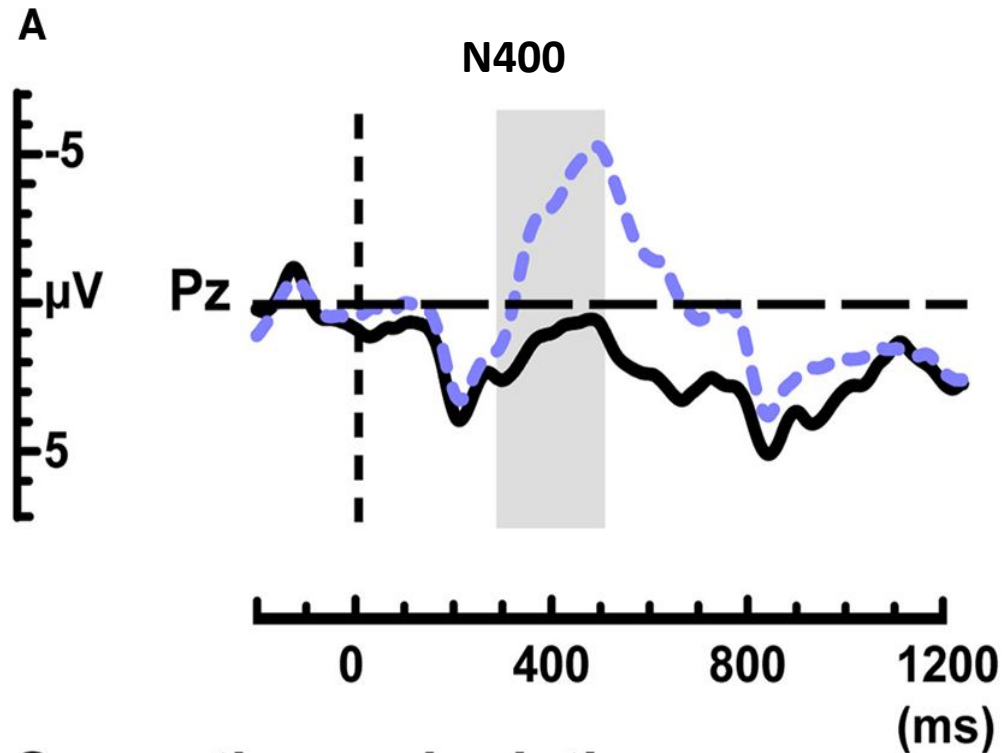
“doctor” propaga su activación a “enfermera” (NURSE), que queda semiactivada., y requiere un menor umbral para disparar.



Correlatos cerebrales del acceso lexical



EEG: Potenciales asociados al procesamiento lingüístico

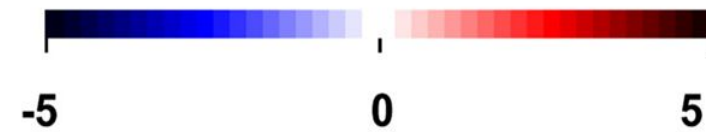


300 – 500 ms

Semantic manipulation

Whipped cream tastes **sweet**... ———

Whipped cream tastes **anxious**... - - -



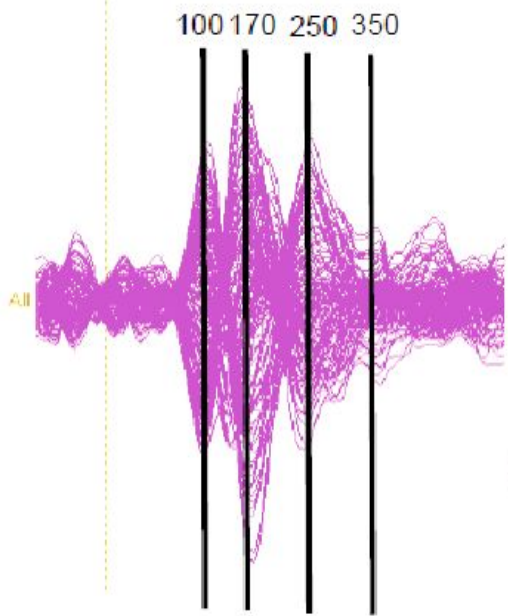
Dificultad para integrar palabras a un contexto semántico

Palabras aceptables la oración, pero incongruentes con el discurso previo

Pares de palabras no asociadas semánticamente vs asociadas (PERRO – GATO vs PERRO – **MOTO**)

Curso temporal del acceso lexical medido con método de magnetoencefalografía (MEG)

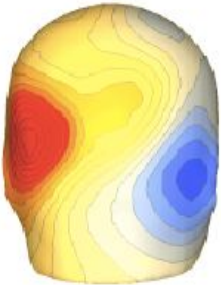
Averaged response to visual words



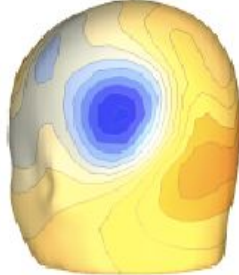
M100
100-150ms



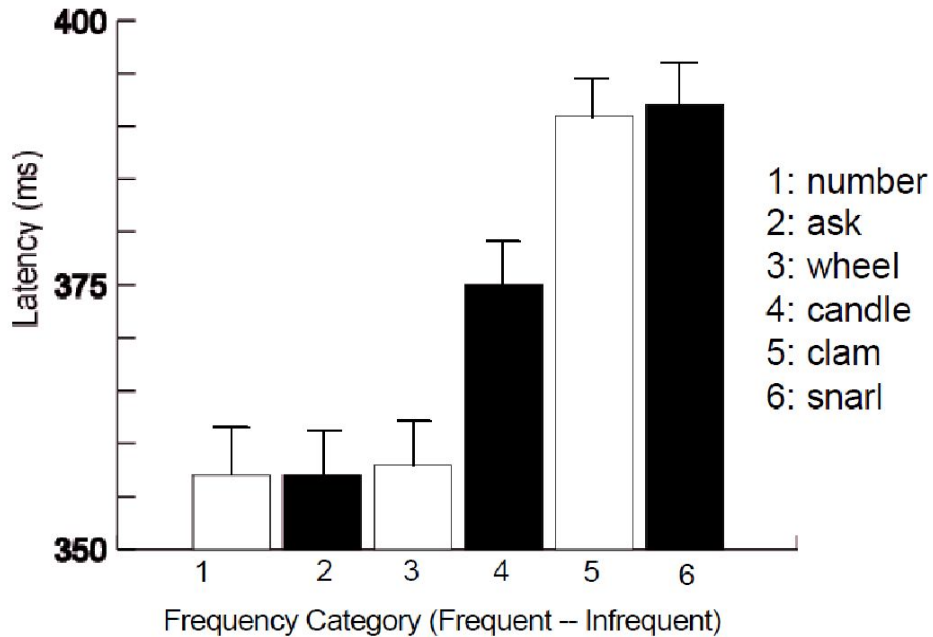
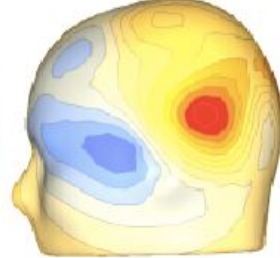
M170
150-200ms



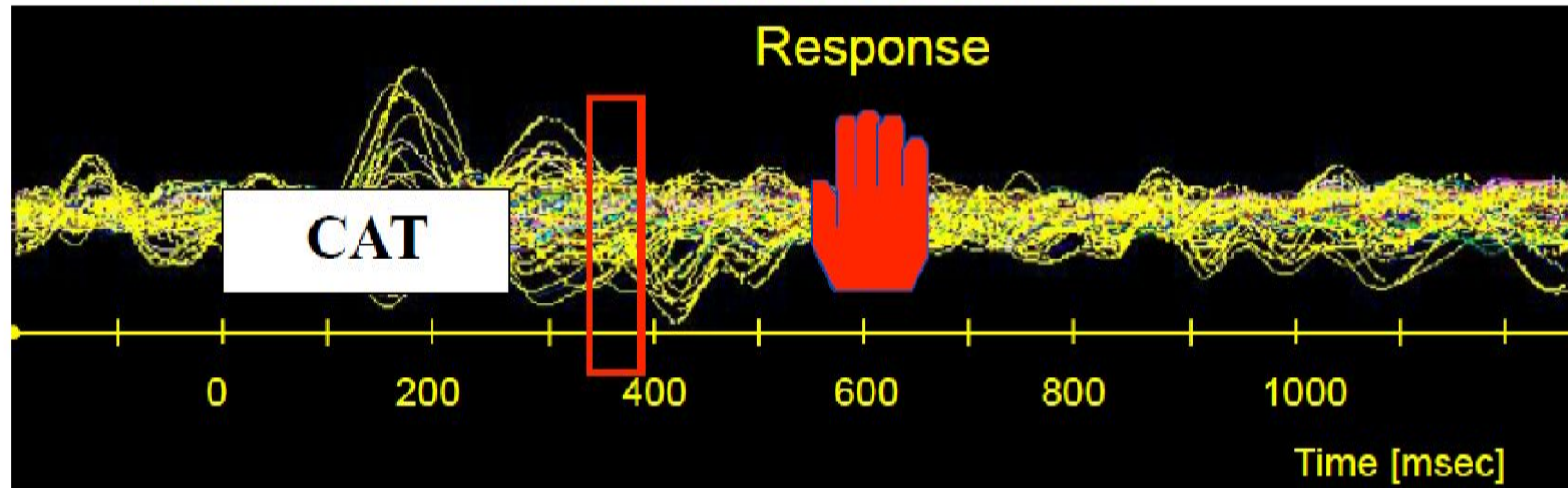
M250
200-300ms



M350
300-400ms



La actividad temporal izquierda alrededor de 350 ms es sensible a la frecuencia lexical en la LDT:

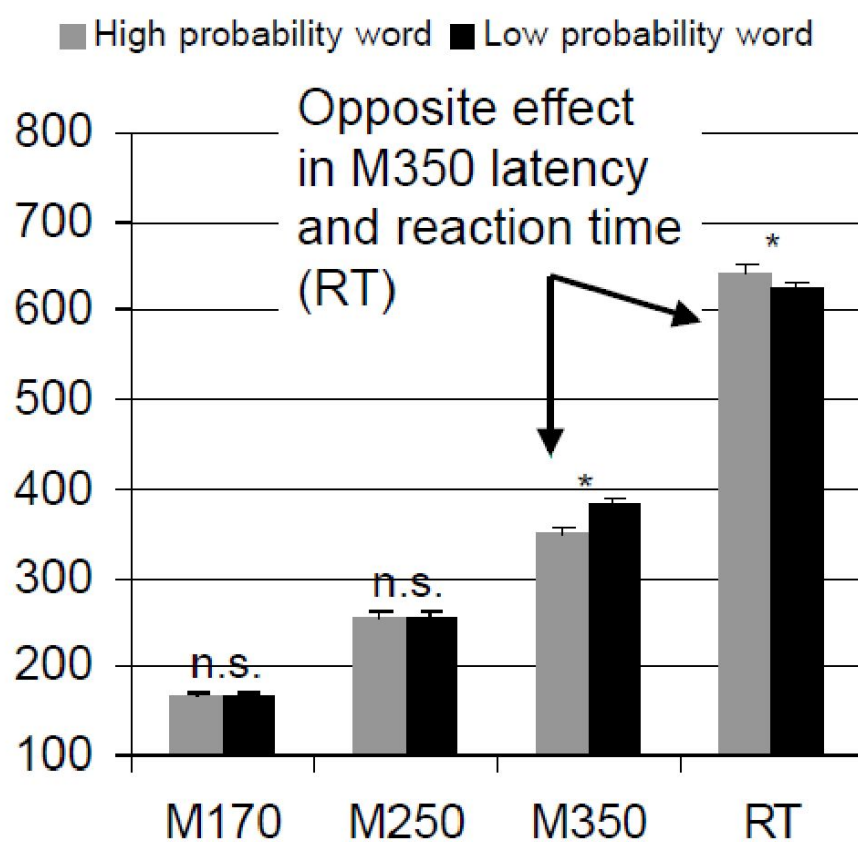


La modulación se observa mucho antes de la respuesta...
¿será la señal cerebral correspondiente al acceso lexical?
¿O corresponde al proceso de toma de decisión?
¿Cómo podría separar estas 2 posibilidades?

Probabilidad fonotáctica: Efectos opuestos sobre el acceso y la decisión

- Cuando los sonidos de una palabra ocurren comúnmente en el lenguaje, el cerebro tiene más facilidad para acceder al sonido y las representaciones. Por lo tanto, el acceso lexical es más rápido.

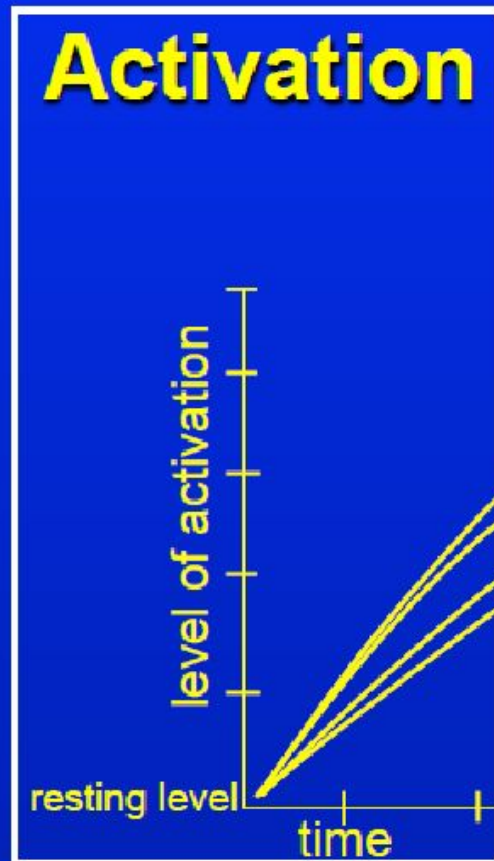
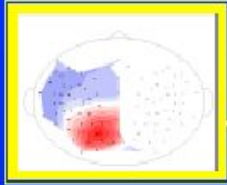
- Por otra parte, una palabra así también se parece a muchas otras palabras y, por tanto, la decisión léxica es más difícil (porque la forma activa muchos posibles candidatos)



-M350 se modula de acuerdo al acceso lexical (es más lento en palabras de baja probabilidad)
-RT se modula de acuerdo a la decisión léxica (es más lento en palabras de alta probabilidad)

M350:

- (i) 1st component sensitive to lexical frequency
- (ii) not affected by competition



Competition

Selection

Stimulus: TURN

Bases cerebrales de la lectura



Preguntas:

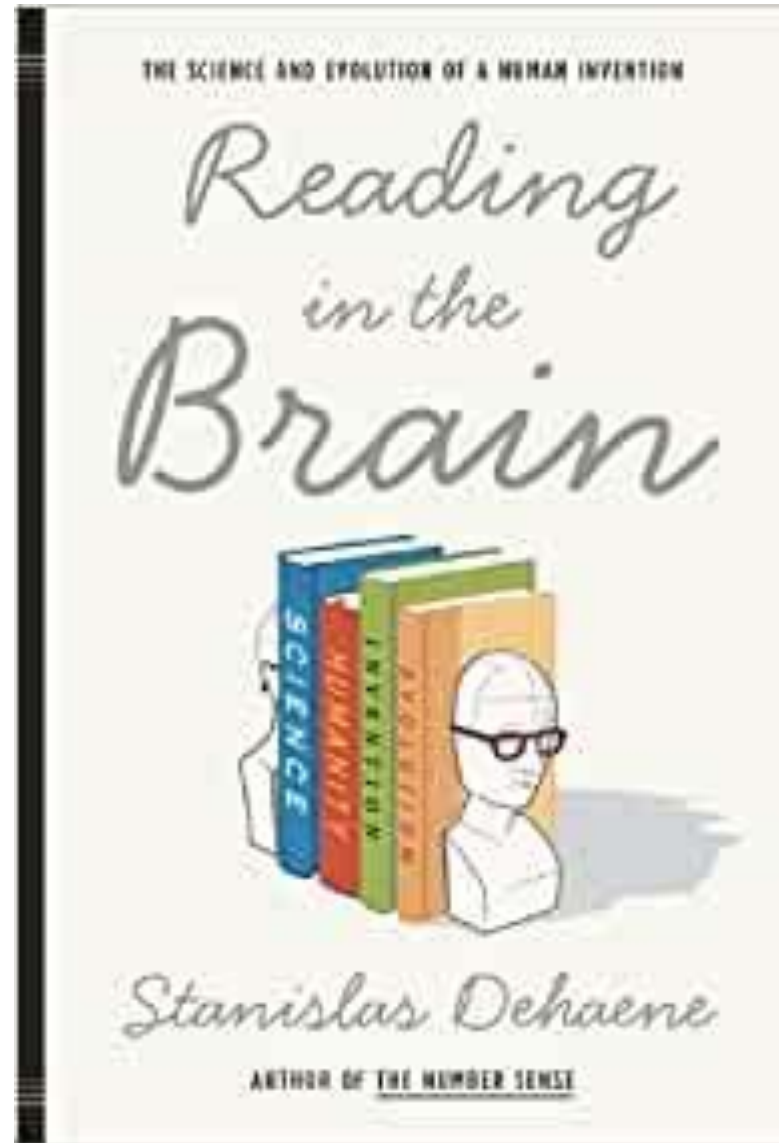
-¿Cómo leemos? ¿Las letras y palabras son estímulos especiales para nuestro sistema visual? ¿Qué metodologías se utilizan para estudiarlo?

-Si la lectura es una habilidad reciente en la historia evolutiva de los seres humanos (circa 5000 años), ¿puede existir un área del cerebro especializada en la lectura?

-¿Qué cambios ocurren en el cerebro cuando aprendemos a leer y escribir?

-¿Qué es la dislexia? ¿Los cerebros de personas con dislexia presentan diferencias respecto a personas sin esta condición?

La biblia de este tema



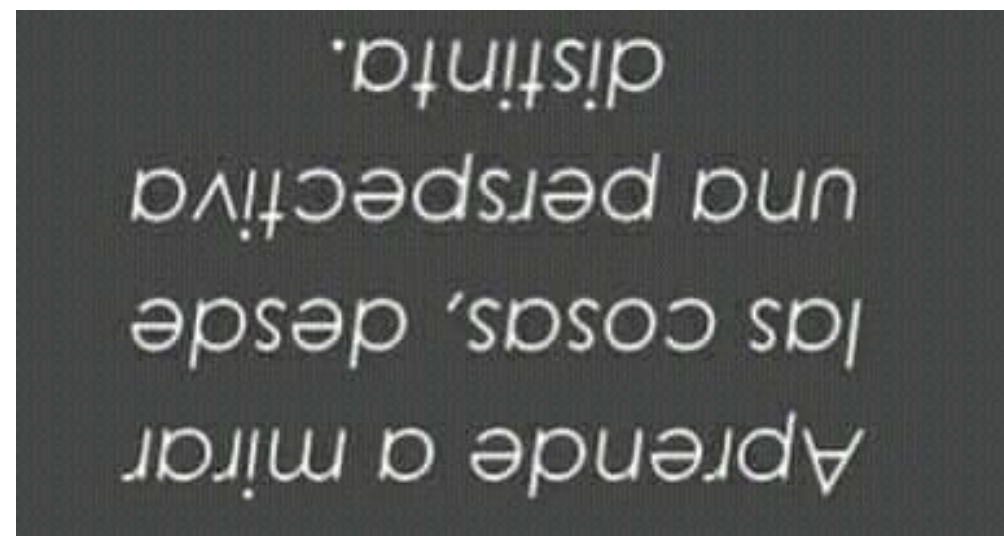
¿Cómo leemos?

-El lenguaje es universal, mientras que la lectura y la escritura **no lo son**: de las aproximadamente 3000 lenguas que se hablan en el mundo, más de la mitad no poseen un sistema de escritura.

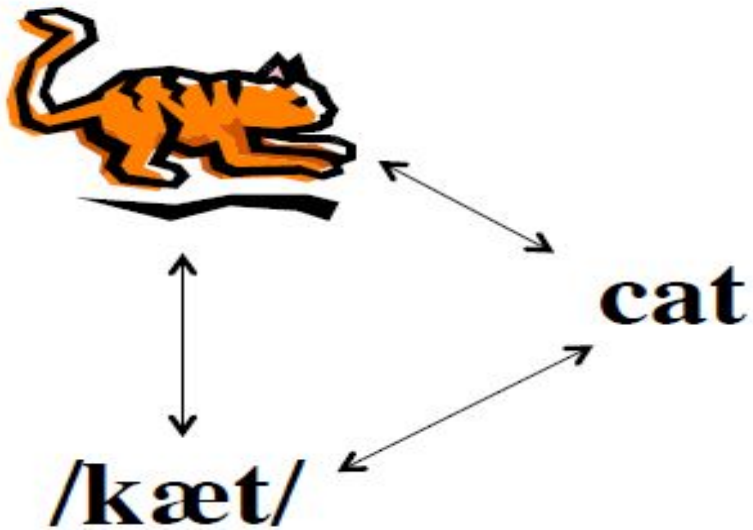
-Aprender a leer y escribir requiere un proceso de enseñanza a diferencia del lenguaje hablado que se adquiere incidentalmente

-Se propone que la lectura ya consolidada **no depende del formato visual** (mayúscula, minúscula, cursiva, etc.)

**3573 M3N54J3 35 94R4 D3M057R4R L45
C0545 74N INCR3I8L35 QU3 9U3D3
H4C3R NU357R0 C3R38R0. 5I L06R45
L33R 3570 9U3D35 53N7IR73
0R6ULL050 D3 7U IN73LI63NCI4, Y4**



- ¿Existen enlaces bidireccionales tanto al significado como al sonido?



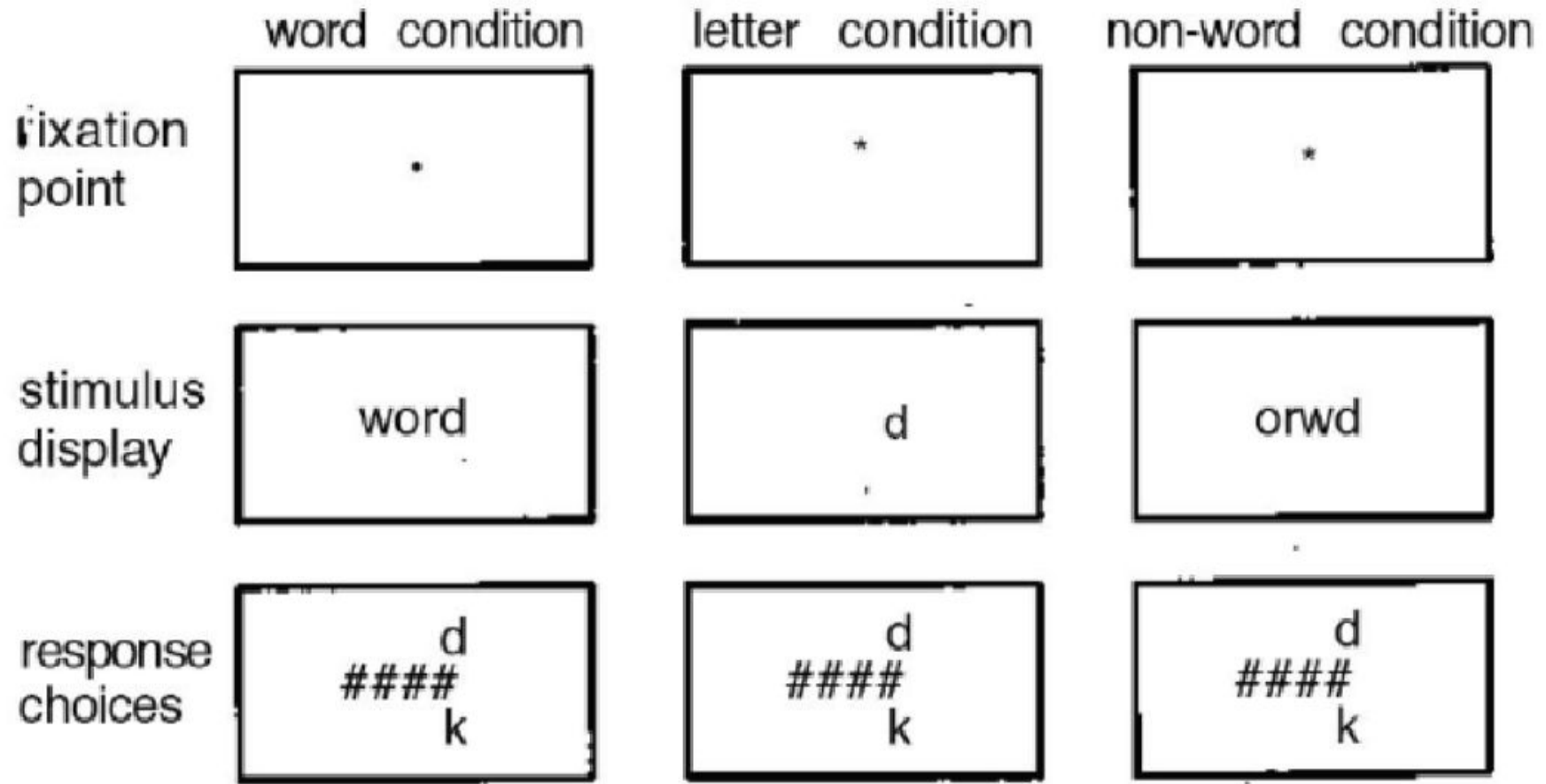
¿Qué importancia tiene el sonido en la lectura? ¿Las representaciones de significado de las palabras son dissociables de sus sonidos?

Hay mucha evidencia de que las representaciones auditivas se activan en la lectura.

Pero hay algunos pacientes afásicos que exhiben una incapacidad para nombrar objetos mientras que puede escribir sus nombres y luego leerlos en voz alta.

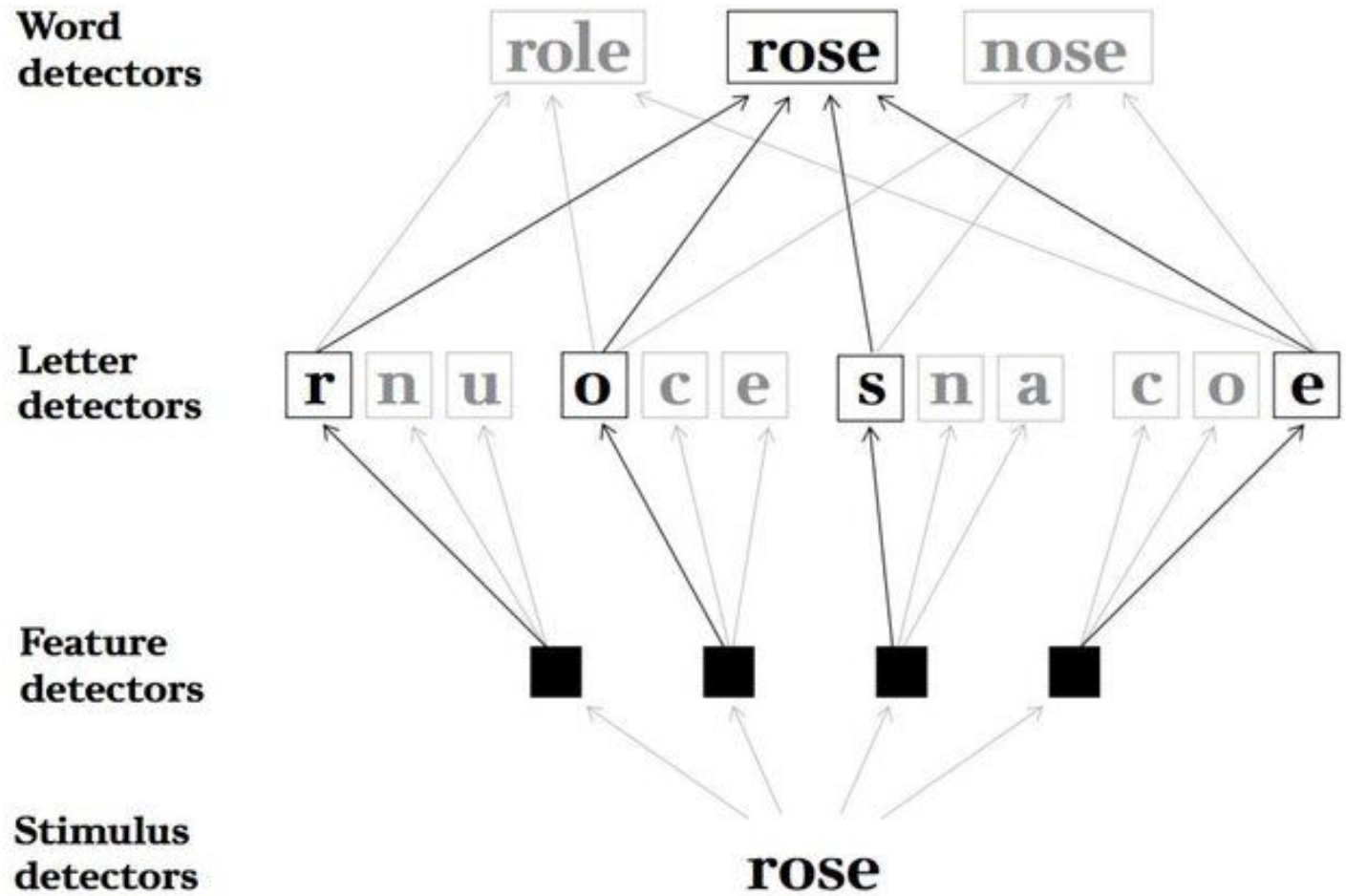
La activación del sonido no es una parte obligatoria de la lectura, aunque en el cerebro intacto sí parece ocurrir.

-Dado que el sonido se desarrolla gradualmente, procesamos los sonidos de una palabra en gran parte de modo serial ¿El procesamiento de palabras escritas ocurre también de modo serial?

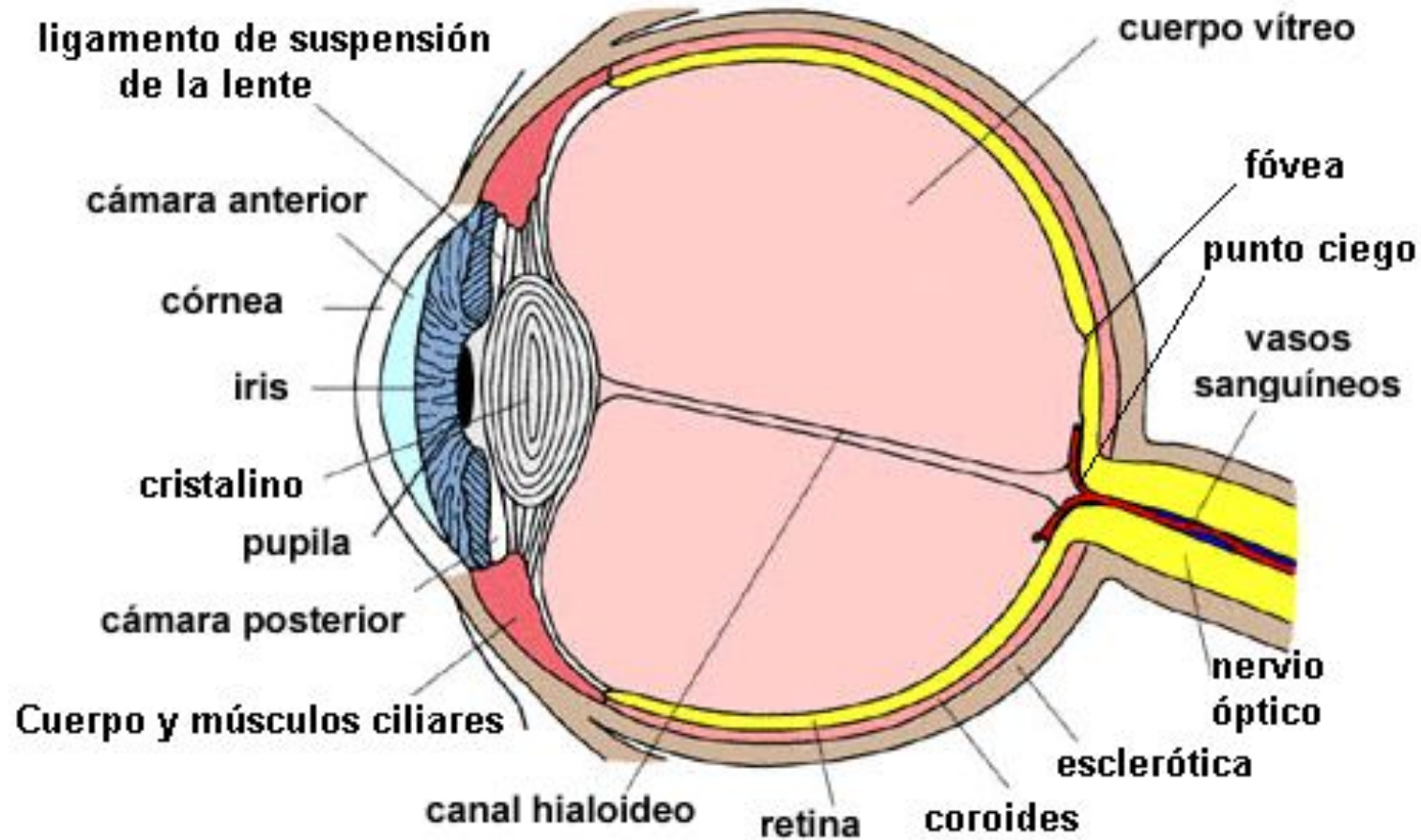


Mayor acierto

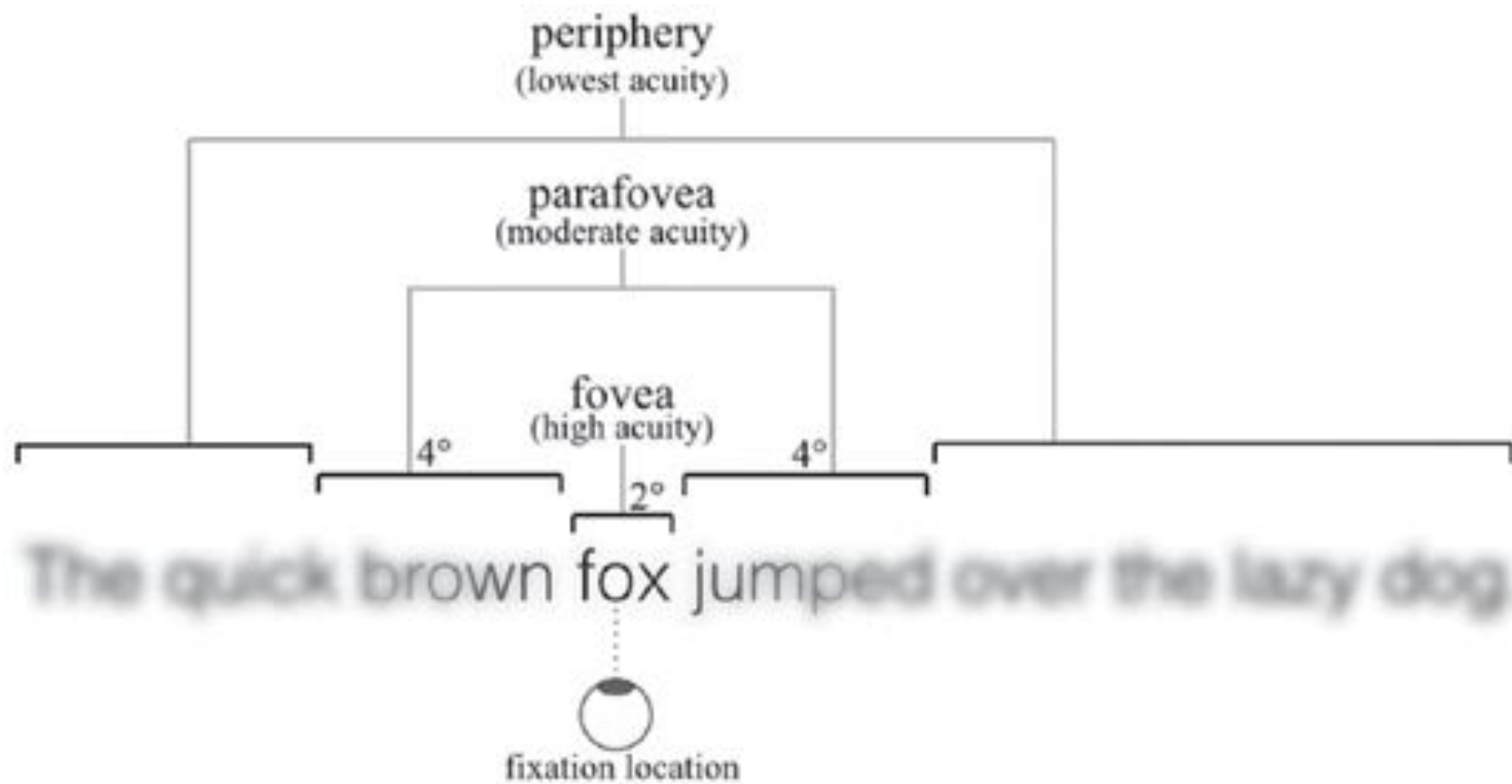
Rayner & Pollatsek model: Parallel letter detection



Anatomía del ojo humano



La retina está compuesta por 2 tipos de células fotorreceptoras: los conos y los bastones. Los conos se ubican principalmente en el centro de la retina, zona denominada **fóvea** que abarca unos 2º alrededor del centro de visión.



Metodología del seguimiento ocular (eyetracking)



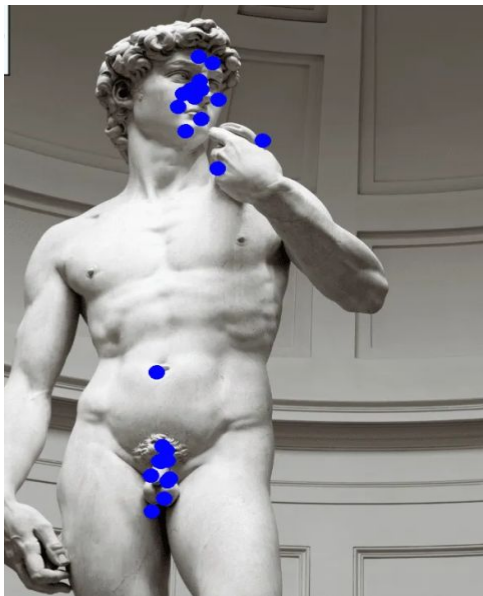
-Puede seguir lo que está mirando una persona en tiempo real.

-Consta de una fuente de luz (infrarroja) que proyecta luz en el ojo y una cámara de alta definición que detecta la dirección del reflejo en la córnea. A su vez, la cámara registra la posición de la pupila a través de la determinación de umbrales de luz.

-A partir de la posición de la pupila y del reflejo de la córnea es posible calcular la posición de la mirada sobre una pantalla. Para esto, es necesario hacer una calibración previa.

-Nuestro sistema visual selecciona ciertos puntos de interés o relevancia para cada imagen que observamos, moviendo los ojos de uno a otro . Estos movimientos rápidos, discretos y bruscos son denominados **sacadas** y tienen una duración del orden de los 30ms.

-Las sacadas son finalizadas con **fijaciones**, intervalos de tiempo en los que la posición del ojo permanece relativamente estable, tienen una duración media de entre 200ms y 300ms.



¿EXISTEN ÁREAS CEREBRALES ESPECIALIZADAS EN LA LECTURA?

-En términos evolutivos, la escritura es una innovación muy reciente. No parece que hubiera habido suficiente tiempo para que un área del cerebro se desarrollara y se especializara en el reconocimiento visual de palabras.

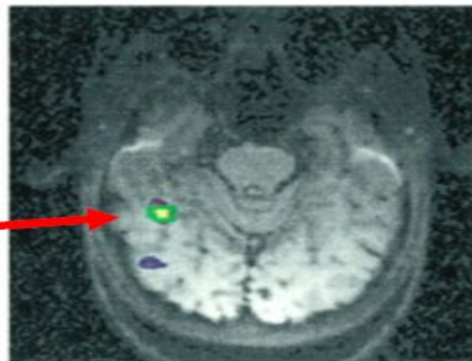
-¿Qué otros ejemplos de especialización se encontraron en el sistema visual?

-Ejemplo famoso: El giro fusiforme derecho responde selectivamente a los rostros en oposición a otras categorías, como manos, casas o animales (Kanwisher et al., 1997)

Kanwisher et al., 1997

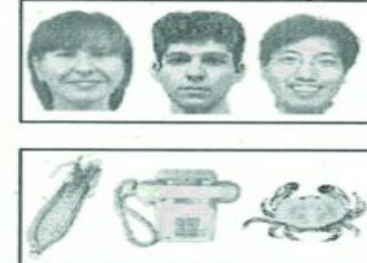
Fusiform Face Area
(FFA)

1a. Faces > Objects



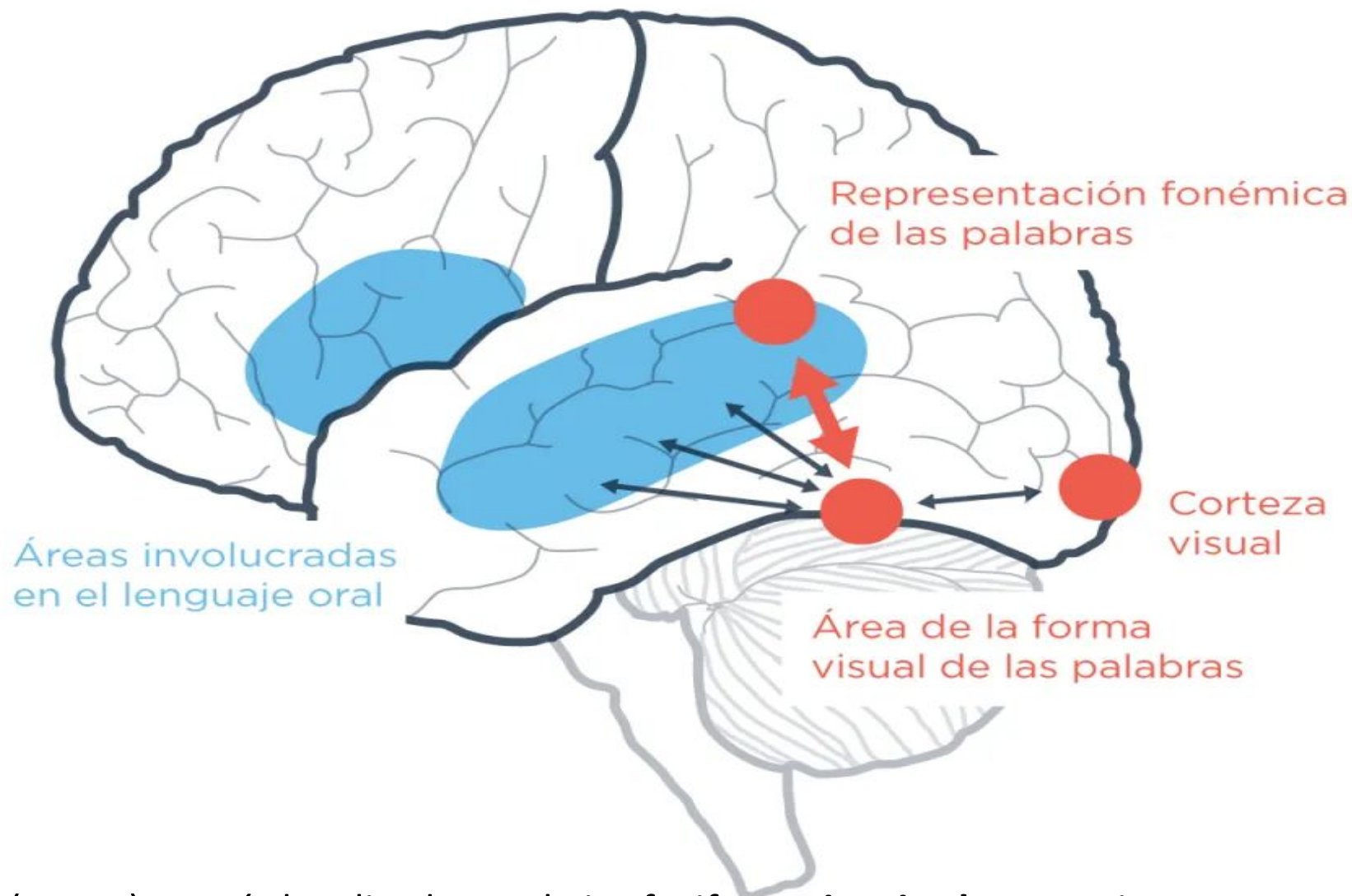
1b. Objects > Faces

4a. Faces > Objects



Other controls:
Scrambled faces,
houses hands

ÁREAS CEREBRALES ESPECIALIZADAS EN LECTURA: visual word form area (giro fusiforme izquierdo)



-El área de la lectura (VWFA) estaría localizada en el giro fusiforme **izquierdo**, se activa tanto por palabras como por pseudopalabras (i.e., que suenan parecido a palabras). Responde a formatos abstractos (ej: mEsA, MESA, mesa, es propia de la modalidad visual)

Dynamics of letter string perception in the human occipitotemporal cortex

A. Tarkiainen,¹ P. Helenius,¹ P. C. Hansen,² P. L. Cornelissen³ and R. Salmelin¹

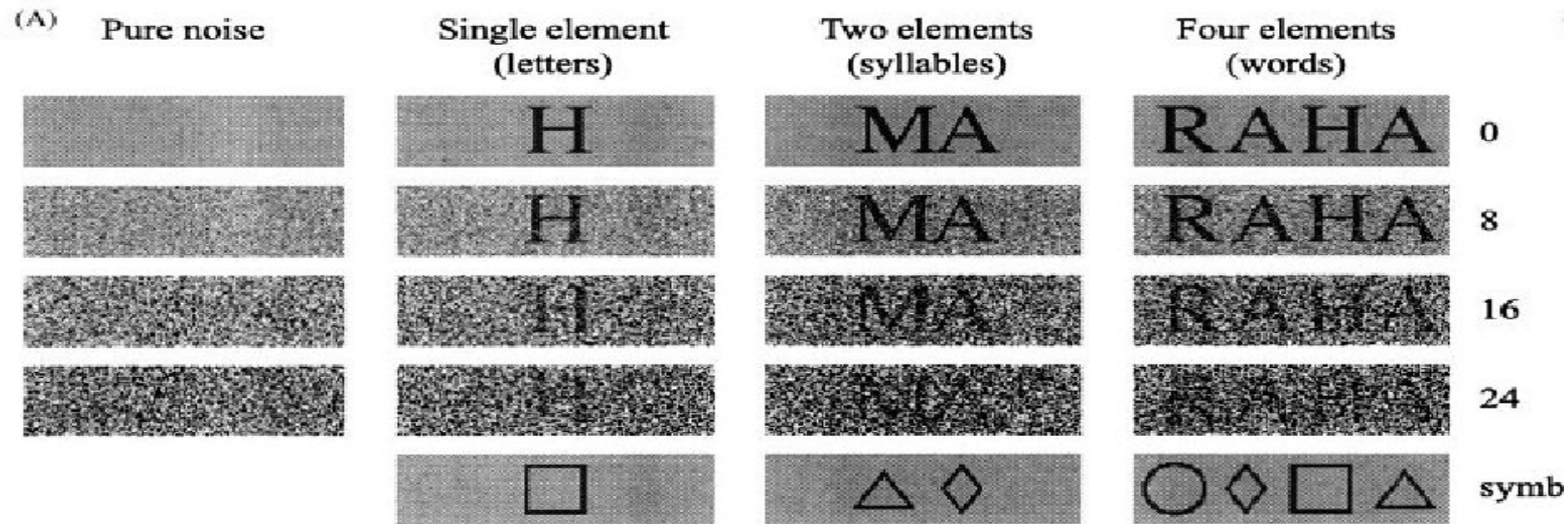
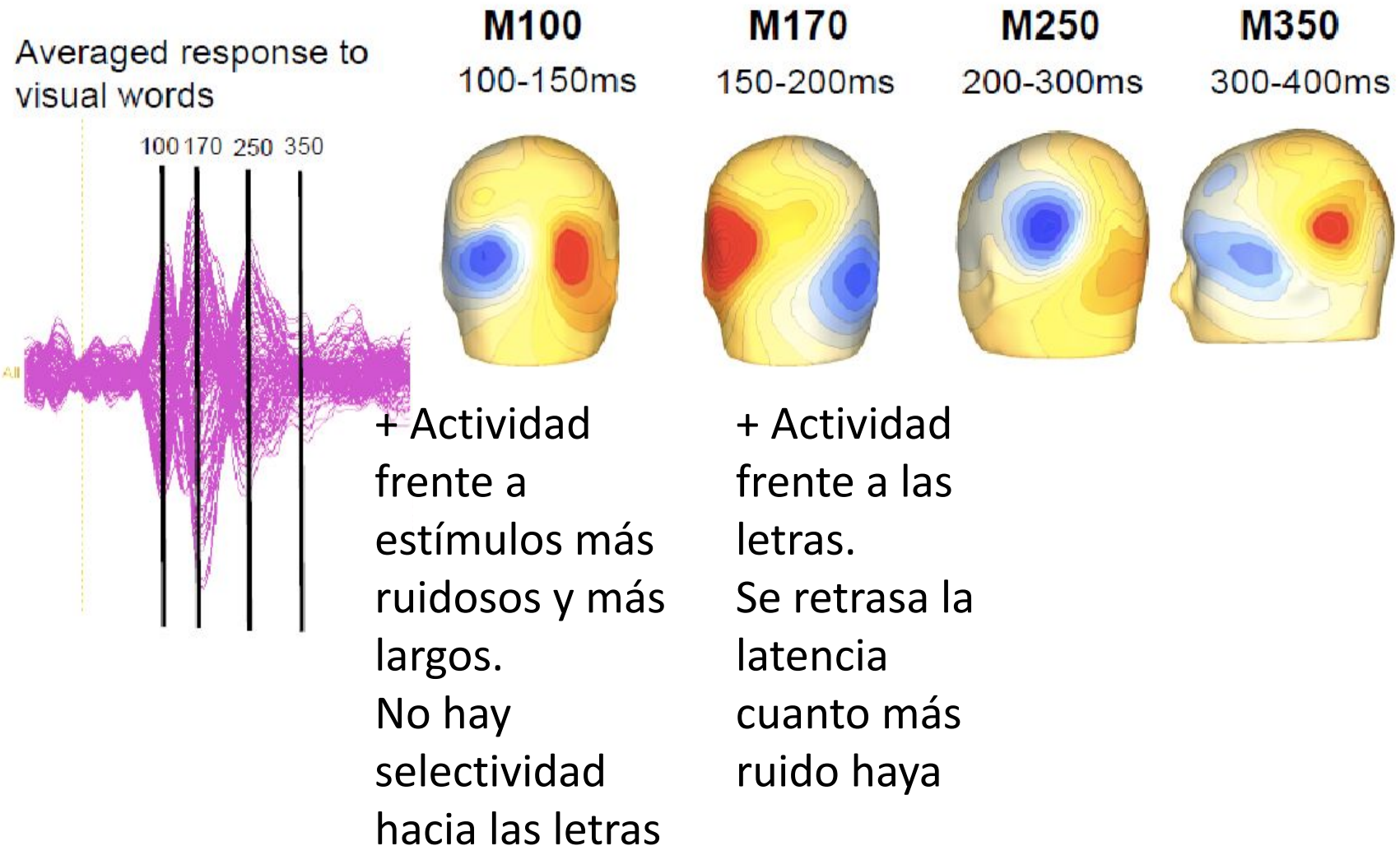
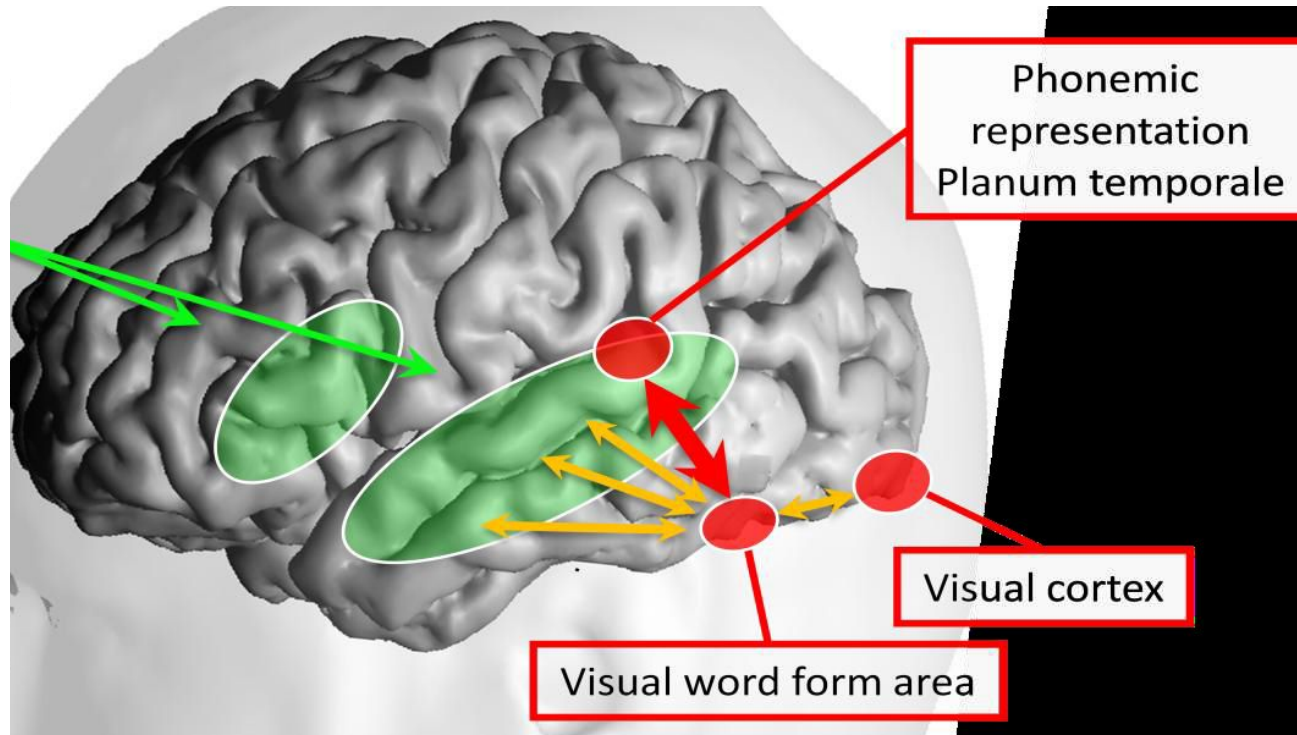


Fig. 1 (A) Examples of four different stimulus categories: pure noise, single-element stimuli (letters or symbols), two-element stimuli (syllables or symbol strings) and four-element stimuli (words or symbol strings). Within each category the letter strings were masked with four levels of Gaussian noise (levels were designated 0, 8, 16 and 24). Symbol strings (symb) were always presented without noise (level 0). **(B)** Examples of letter-like symbol strings tested with two subjects.

¿Qué componentes son sensibles a la detección de las letras?



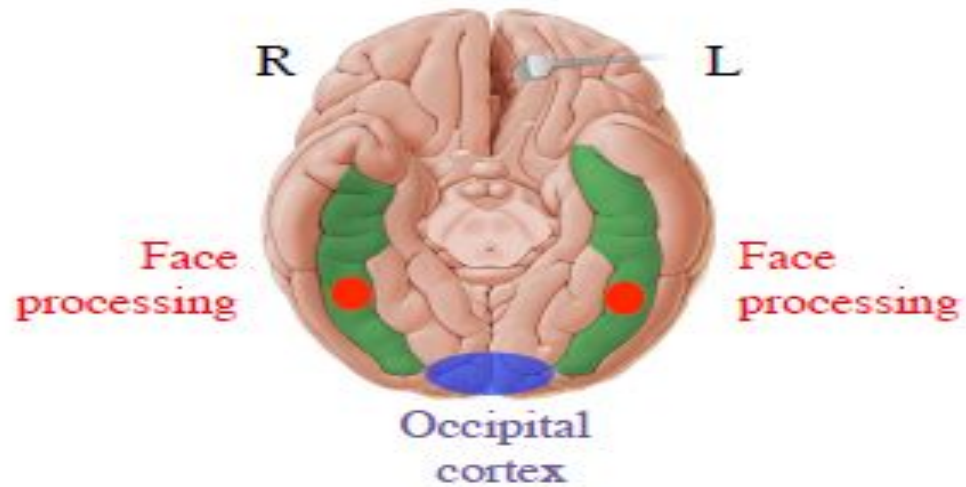
¿Qué cambios ocurren en el cerebro al aprender a leer?



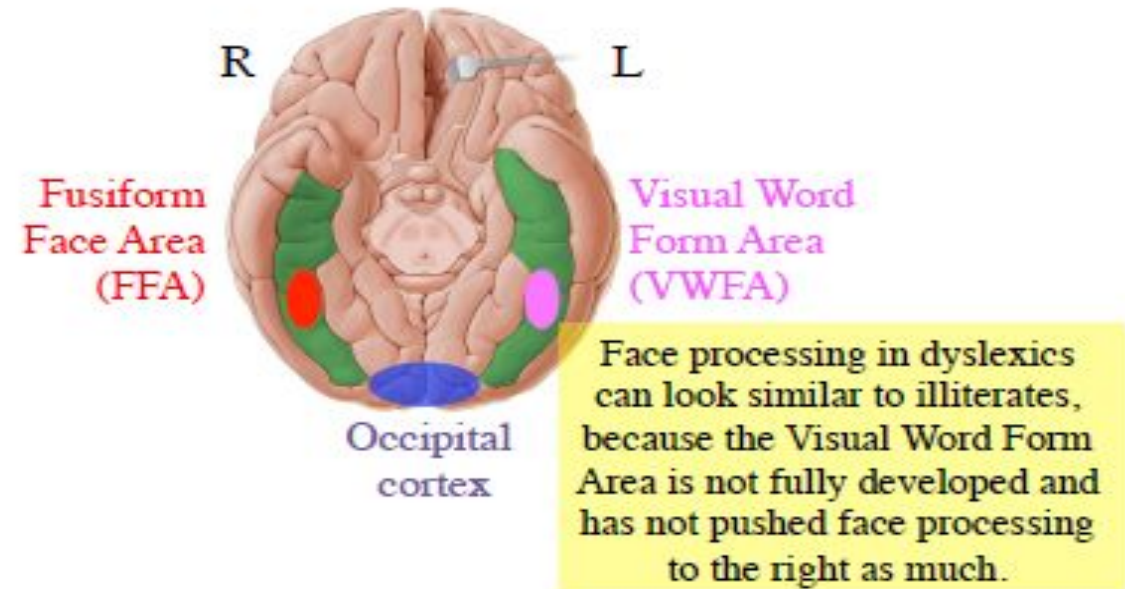
Las regiones que se muestran en **rojo** aumentan su activación y especialización durante la adquisición de la lectoescritura. Además, también se reorganiza un conjunto masivo de conexiones que vinculan las áreas visuales ventrales del hemisferio izquierdo con las regiones temporales superiores involucradas en la codificación fonológica. Como resultado de esos cambios, ganamos la capacidad de acceder al sistema de lenguaje hablado a través de la visión.

¿Qué cambios ocurren en el cerebro al aprender a leer?

Cerebro analfabeto



Cerebro alfabetizado



Trastornos de la lectura: la dislexia



Las personas con dislexia tienen dificultad para leer con fluidez y pueden tener dificultades con la comprensión lectora, la ortografía y la escritura.

Estas dificultades no están relacionadas con la inteligencia del individuo.

Trastornos de la lectura: la dislexia

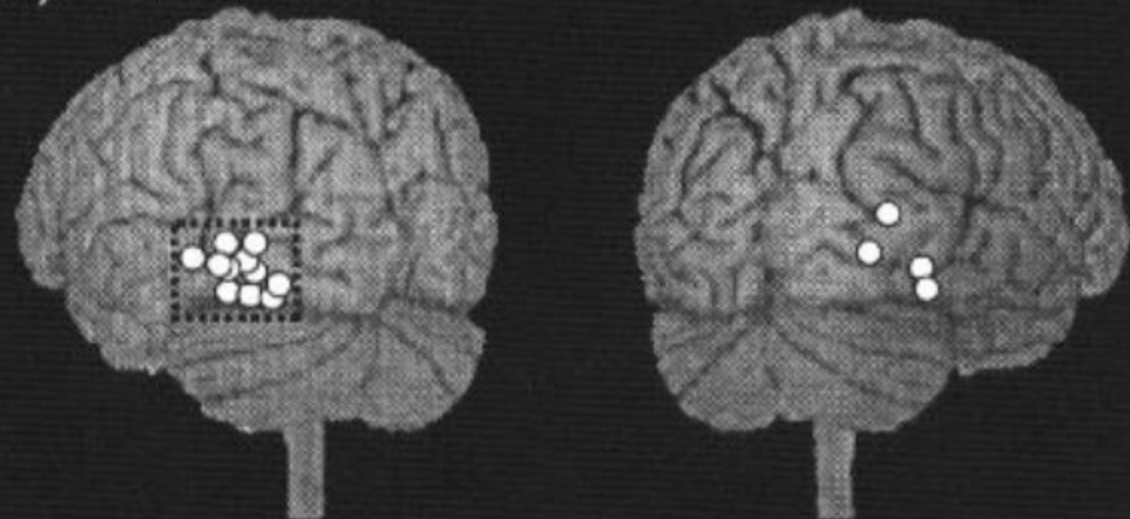
-El hallazgo más consistente es que se ve afectada la **CONCIENCIA FONOLÓGICA**: es la capacidad de distinguir los sonidos de las palabras, juzgar si son iguales o diferentes, el orden, la capacidad de reemplazar un sonido por otro. Por ejemplo: pato y primo empiezan con el mismo sonido? ¿Podés reemplazar el primer sonido de la palabra por una C? (Cato, Crimo)

-No se debe a un problema auditivo, ni visual

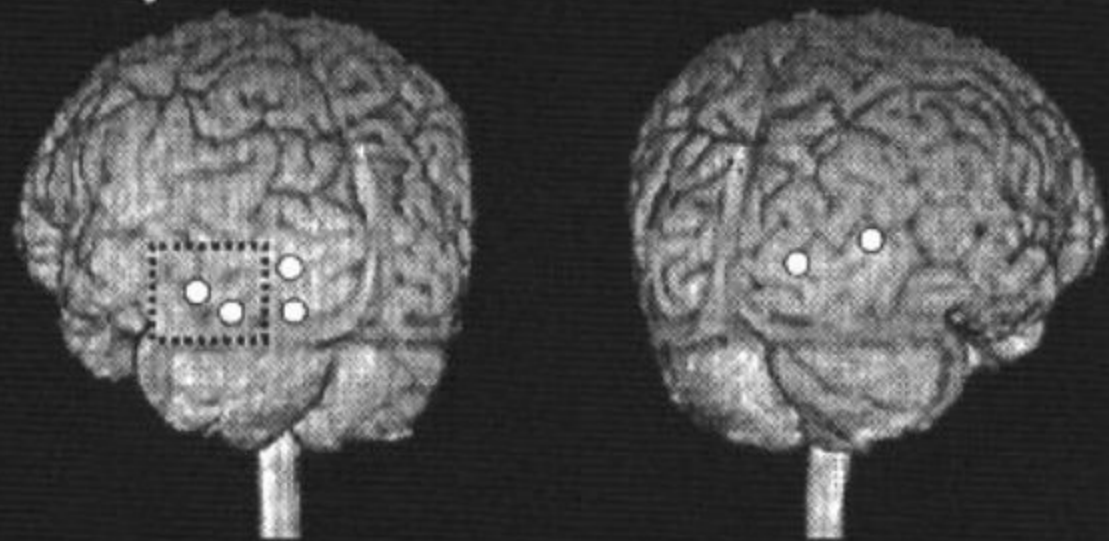
-La conciencia fonológica en edades tempranas resulta un predictor importante de las dificultades en la adquisición de la lectoescritura

- En la dislexia se ven afectadas las correspondencias entre grafemas y fonemas, y por eso se cree que la **VWFA** está menos desarrollada

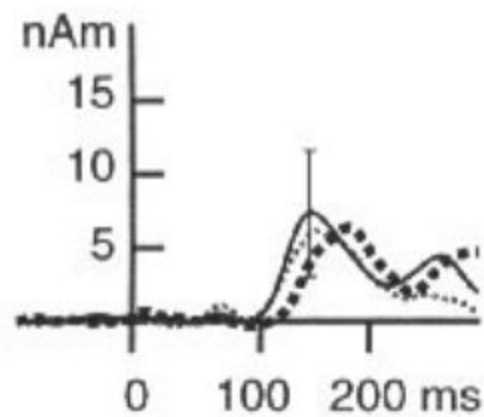
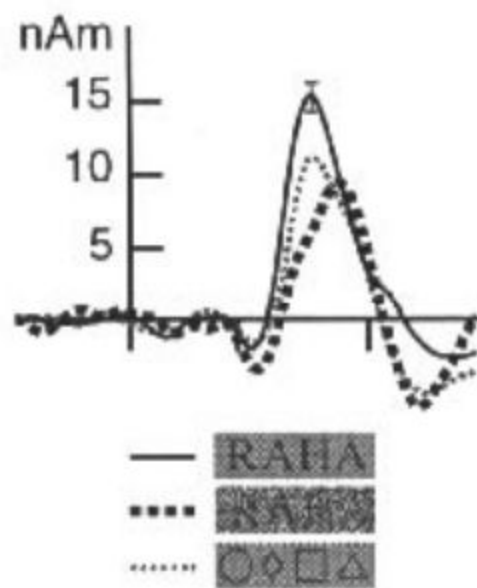
A) Control Ss



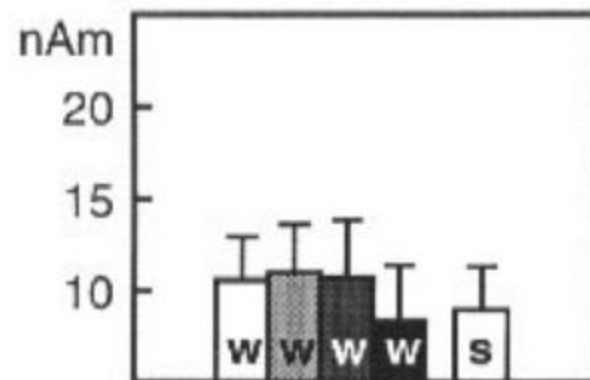
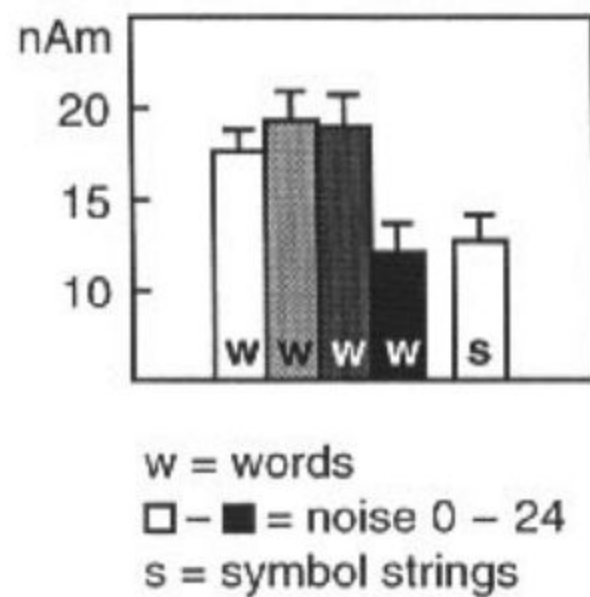
Dyslexic Ss



B)



C)

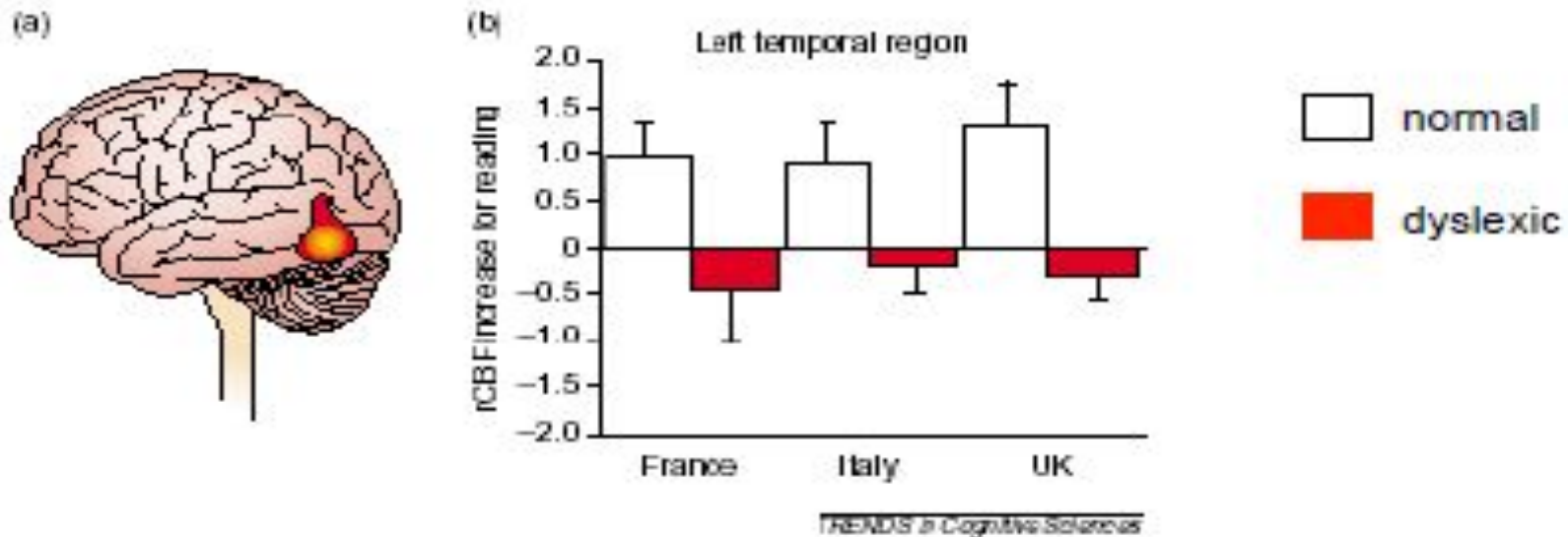


¿La dislexia depende del idioma que se hable?

-Hay muchos idiomas que tienen una relación transparente entre la ortografía y la fonología, mientras que en otros casos es más opaca.

Ej, en inglés. Couch—touch/ through-tough (misma ortografía, diferente sonido)

But—Butt /Hair—Hare (mismo sonido, diferente ortografía)



- Equal reduction in VWFA activation in English, French, and Italian dyslexics, despite differing degrees of orthographic transparency (Italian being the most transparent).

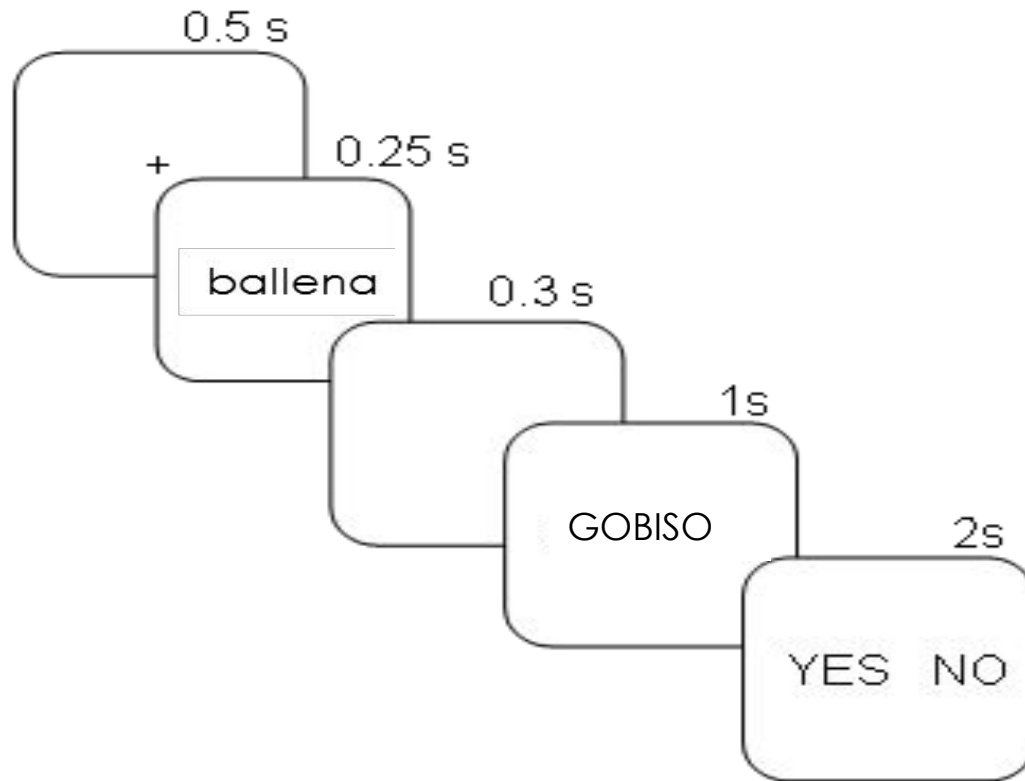
MI INVESTIGACIÓN: interfase entre lenguaje y memoria

Entender cómo procesamos las palabras, cómo llegan a establecerse de modo estable en el léxico mental y cómo cambian en el tiempo

- ¿Qué cambios cognitivos y cerebrales van ocurriendo a lo largo del camino de la integración?
- ¿Cómo interactúa una palabra nueva con las palabras que estaban guardadas antes?
- ¿Qué sucede cuando una palabra se asocia a 2 significados?

¿Se integran las nuevas palabras a las redes lexicales preexistentes?

Tarea de Priming Semántico



PRIME

Ballena

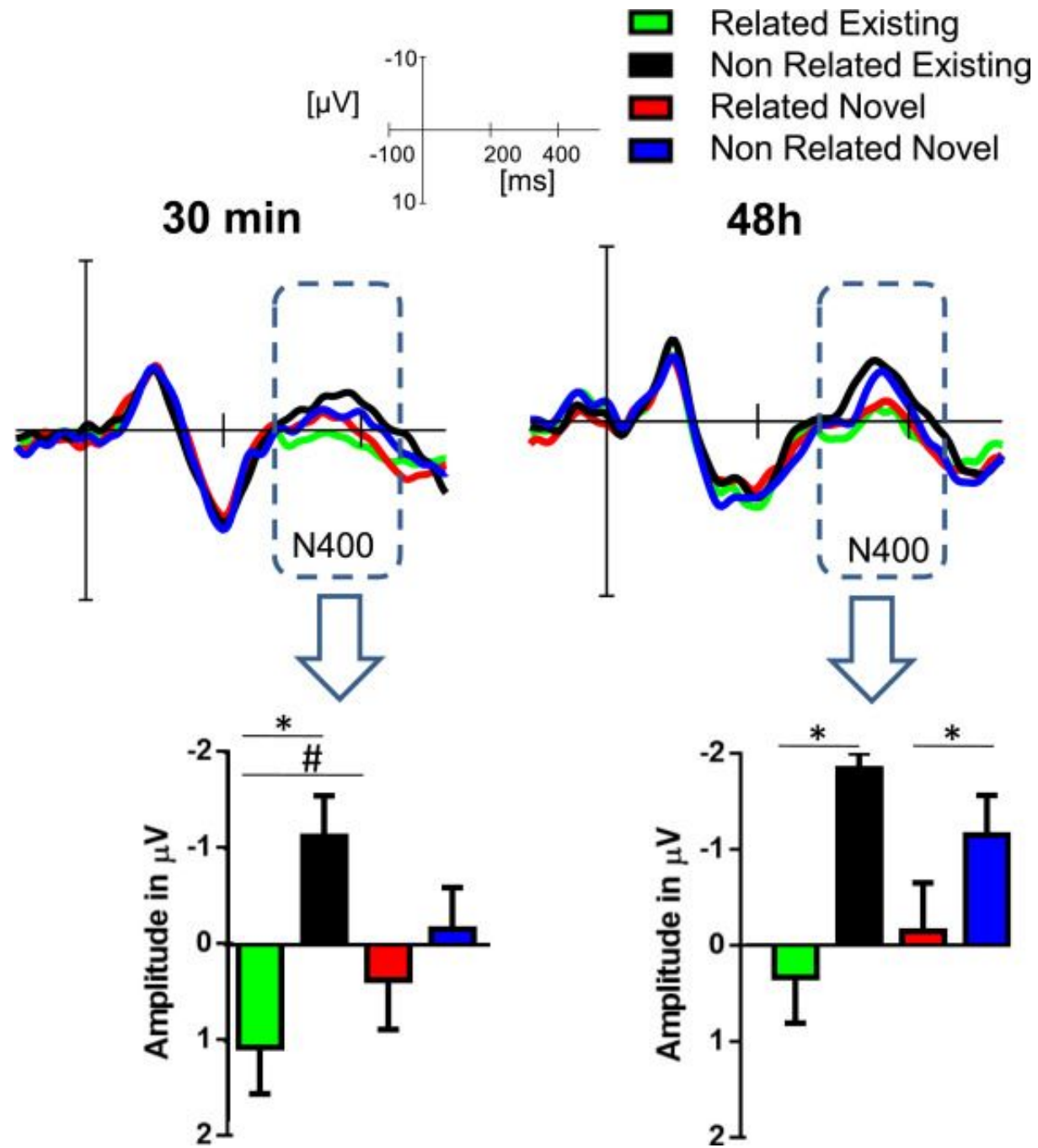
Jarabe

TARGET

Gobiso (Relacionado)
Banqueta (No Relacionado)

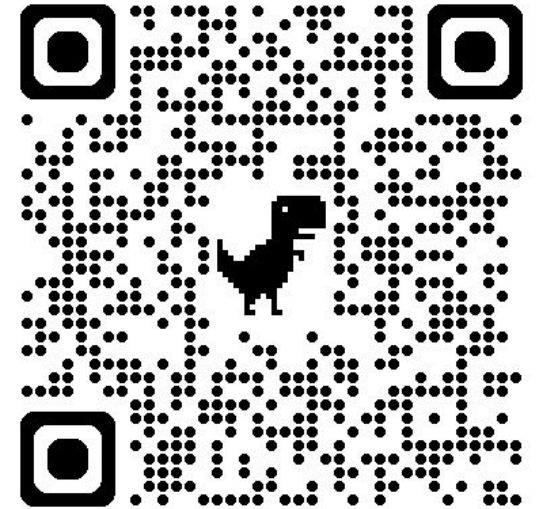
Remedio (Relacionado)
Maceta (No Relacionado)

Experimental Group	Study 1+Test _{short}	Interval	Semantic Priming	Test _{long}
SEMANTIC 30 min	List 1	30'	List 1 vs. Familiar	---
SEMANTIC 48h	List 1	48h	List 1 vs. Familiar	List 1





Lab Lenguaje y Cognición



<https://sites.google.com/view/lab-lenguaje-y-cognicion/inicio?authuser=0>