Tema del mes

¿Cómo el cerebro devuelve la voz al texto?

How does the brain return voice to text?

Resumen: Este artículo explora cómo la alfabetización transforma la arquitectura del cerebro. Desde el modelo estándar hacia el nuevo marco explicativo, se revisan los conceptos de percepción categorial, conciencia fonológica, muestreo temporal oscilatorio. Finalmente, se propone una neuroeducación del lenguaje que enlaza el funcionamiento del cerebro, la cultura y la educación.

Abstract: This article explores how literacy transforms the brain's architecture. Moving from the standard model to a new explanatory framework, it reviews the concepts of categorical perception, phonological awareness, and oscillatory temporal sampling. Finally, it proposes a neuroeducation of language that links brain function, culture, and education.

Palabras clave: Lectura. Oscilaciones corticales. Dislexia. Conciencia fonológica. Neuroeducación.

Keywords: Reading. Cortical oscillations. Dyslexia. Phonological awareness. Neuroeducation.

Juan Luis Luque
Catedrático de Psicología Evolutiva y de la Educación
Universidad de Málaga

Auxiliadora Sánchez
Profesora del Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación
Universidad de Málaga

Almudena Giménez
Profesora del Departamento de Psicología Básica
Universidad de Málaga

Los romanos afirmaban que leer consiste en «devolver la voz al texto». No es extraño que el estudio de los procesos cerebrales implicados en el lenguaje oral y la lectura acumulen una larga y densa historia común. Al aprender a leer se conectan dos sistemas neuronales en principio independientes. El sistema de procesamiento del lenguaje oral que preexiste a la alfabetización y el sistema viso-atencional que se "recicla" al mismo tiempo que se construye la conexión entre ambos (Dehaene, 2009). Las palabras escritas literalmente conquistan zonas de la corteza previamente dedicadas a la percepción de caras, dando lugar al área de la forma visual de las palabras (VWFA). Pero no sólo el sistema viso-atencional se recicla, aprender a leer "re-mapea" literalmente la fonología en el cerebro (Goswami & Leong, 2013). Frith (1998) escribió que adquirir el código alfabético era como coger un virus: "*This virus infects all speech processing, as now whole word sounds are automatically broken up into sound constituents. Language is never the same again*".

Sin embargo, más allá de los cambios cerebrales generados por la proyección entre grafemas y fonemas, el impacto de la alfabetización sobre la arquitectura de nuestra corteza cerebral está prácticamente por explorar. García Madruga (2006) desarrolla la tesis según la cual el pensamiento abstracto y descontextualizado —fundamento de la filosofía y la ciencia— es, desde una perspectiva filogenética, fruto de la invención de la lectoescritura, y desde una perspectiva ontogenética, resultado de la escolarización. Esta idea fue el eje del enfoque histórico-cultural. Según la troika —Vygotsky, Luria y Leontiev— las funciones mentales superiores son construcciones histórico-culturales, mediadas por herramientas simbólicas como el lenguaje escrito. Luria, en particular, demostró mediante estudios transculturales que la alfabetización y la escolarización reorganizan funcionalmente el cerebro humano, habilitando formas de pensamiento abstracto, analítico y autorregulado que no emergen en ausencia de estas herramientas.

El modelo estándar de la lectura

La lectura paso a paso

Por sencillo que parezca para un lector experto, la lectura de una simple palabra implica una compleja secuencia de operaciones cognitivas que suceden en fracciones de segundo, coordinando múltiples regiones cerebrales, para transformar una cadena de letras -una palabra escrita- en sonido y significado.

El cerebro lector opera mediante **dos vías** interconectadas, cuya organización refleja la transición desde la decodificación fonológica hacia el reconocimiento ortográfico. La **ruta dorsal** involucra las regiones temporoparietales y frontales. Se activa cuando el lector decodifica palabras nuevas o poco familiares, ensamblando fonemas paso a paso. Es fundamental en el aprendizaje inicial de la lectura. La **ruta ventral** implica la región occipitotemporal y el giro frontal inferior, y se utiliza para el reconocimiento rápido de palabras conocidas mediante procesamiento automático.

El procesamiento comienza con la **recepción visual** de la palabra**.** Cuando el lector fija su mirada en una palabra impresa, la información visual es captada por la retina y enviada a la corteza visual primaria, ubicada en el **lóbulo occipital**. Esta región analiza las características visuales del estímulo: formas, líneas y contrastes, esto es, el procesamiento de la forma de las letras.

El segundo proceso sería el **reconocimiento ortográfico.** La información visual viaja hacia la región **occipitotemporal**, en particular al **giro fusiforme izquierdo**, también conocido como el área de formato visual de palabras. Esta región reconoce configuraciones familiares de letras y permite identificar la palabra como una unidad ortográfica, especialmente si ya ha sido vista antes. En esta área se produce el reconocimiento rápido y automático de palabras familiares.

Si la palabra no es familiar o si el lector está aprendiendo a leer, es necesario decodificarla, es decir, traducir grafemas (letras) en fonemas (sonidos). Esta tarea se realiza en la **región temporoparietal**, especialmente en el **giro supramarginal**, que vincula los símbolos visuales con sus correspondientes sonidos del habla.

«El impacto de la alfabetización sobre la arquitectura de nuestra corteza cerebral está prácticamente por explorar»

En tercer lugar, la secuenciación de los fonemas y su preparación para la articulación involucran el **giro frontal inferior izquierdo** (área de Broca). Esta región almacena y organiza los sonidos en el orden correcto para su pronunciación, incluso en lectura silenciosa. De esta forma participa en la codificación fonológica, la planificación articulatoria, y el acceso al léxico fonológico.

Simultáneamente al procesamiento por las rutas dorsal o ventral, otras áreas de la región **temporoparietal**, como el **giro angular**, contribuyen a la activación del significado de la palabra leída. Si la palabra es conocida, este proceso es automático y rápido; si es nueva, puede requerir inferencias.

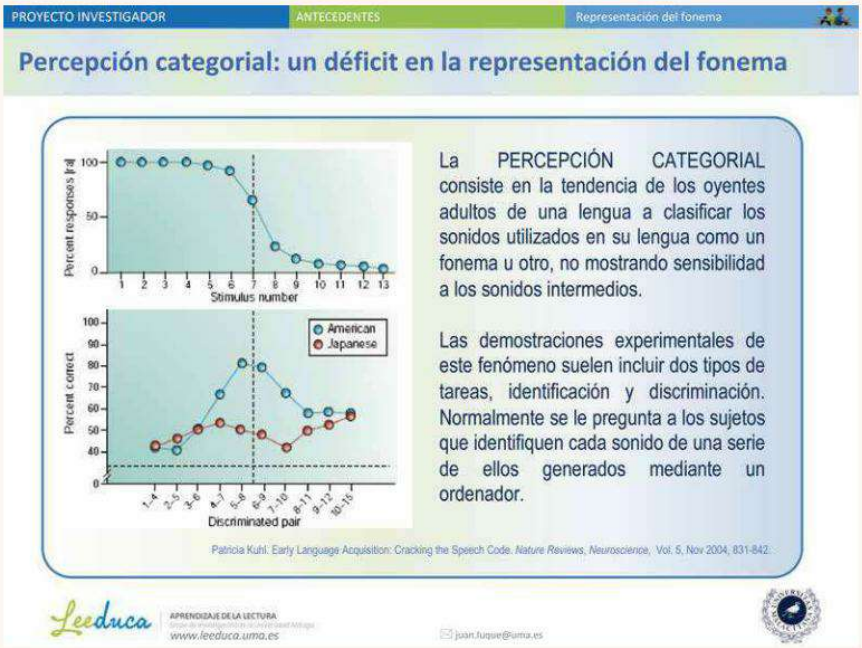
Finalmente, el cerebro no solo reconoce y comprende palabras individuales, sino que las integra en estructuras sintácticas y discursivas más complejas: frases o textos. Esta integración involucra redes distribuidas, incluyendo áreas prefrontales dorsolaterales para la memoria de trabajo, áreas temporales (v.g.: giro temporal superior para el contexto semántico) y subcorticales (v.g.: tálamo y ganglios basales para el control atencional y el aprendizaje).

La percepción categorial y la conciencia fonológica

Saber **dónde** ocurren los procesos en el cerebro no es lo mismo que saber **cómo** ocurren. Si leer implica conectar letras con sonidos, entender cómo se representan los sonidos puede ser clave para explicar el aprendizaje lector y sus dificultades.

El concepto de **percepción categorial** marcó un punto de partida para comprender el lenguaje y su vínculo con la lectura. El fenómeno ilustra cómo los oyentes no perciben los sonidos del habla como una dimensión física continua, sino como categorías discretas, es decir, como fonemas. (Liberman et al. 1957).

«La lectura de una simple palabra implica una compleja secuencia de operaciones cognitivas que suceden en fracciones de segundo»



Este concepto está estrechamente ligado al desarrollo del término **conciencia fonológica**, clave en la explicación de la dislexia. Los estudios de Liberman demostraron que **el sistema perceptivo está sintonizado con los fonemas, las unidades abstractas del lenguaje**. Ser consciente de estos fonemas —es decir, reflexionar y manipular los sonidos del habla— es una habilidad esencial para aprender a leer, aunque no es necesaria para hablar. Esta capacidad no surge espontáneamente, sino que se desarrolla mediante instrucción directa y contacto con el lenguaje escrito. Numerosos estudios han mostrado que una baja conciencia fonémica predice dificultades lectoras, y que estas ya son detectables antes de aprender a leer (Ziegler y Goswami, 2005).

La **hipótesis fonológica de la dislexia** propone que la dislexia tiene su origen en dificultades para representar, acceder o manipular los fonemas. Si un niño no percibe claramente los límites fonémicos (v.g.: entre /ba/ y /pa/), tendrá problemas para establecer correspondencias grafema-fonema y para decodificar palabras escritas. Así, el concepto de percepción categorial fue clave para el surgimiento de la conciencia fonológica, y ambos fundamentales para explicar los orígenes cognitivos de la dislexia y su tratamiento (Luque et al., 2016). El modelo estándar parecía cerrado, pero en ciencia, aunque las preguntas sean las mismas, las respuestas evolucionan.

Más allá del modelo estándar

En las últimas décadas se ha producido un giro fundamental en nuestra comprensión sobre cómo se produce el procesamiento del habla. David Poeppel y sus colegas han mostrado que la percepción del habla es un proceso activo de seguimiento temporal, donde el cerebro sincroniza La actividad oscilatoria de diversos grupos de neuronas con los patrones rítmicos del habla para segmentar, codificar y comprender el mensaje (Giraud y Poeppel, 2012). El hallazgo crucial fue que la información transmitida por las modulaciones de amplitud (AM), que reflejan el ritmo del habla, resultaban más determinante para la comprensión que la información espectral o de frecuencia modulada (FM) —como la que subyace al fenómeno de la percepción categorial— (Giraud y Poeppel, 2012). Dicho metafóricamente, nuestras neuronas bailan al ritmo del habla, y ese ritmo es más importante perceptivamente que la melodía. Como en una pieza musical, la señal de entrada implica diversos ritmos (modulaciones de amplitud), y, del mismo modo, nuestras neuronas "muestrean" el flujo acústico en ventanas temporales precisas, ajustándose a la estructura jerárquica del lenguaje oral. Así, la señal de entrada es segmentada mediante oscilaciones neuronales específicas: el ritmo delta (1–3 Hz) vinculado a frases o acento tónico; el theta (4–8 Hz) a la tasa silábica; y, el beta y gamma (12-20 Hz; 25–40 Hz) relacionado con la codificación de rasgos fonémicos y/o acústicos.

Del mismo modo que la comprensión del lenguaje oral exige segmentar un flujo acústico continuo en unidades discretas como fonemas, sílabas y palabras, la lectura implica segmentar un flujo visual que, históricamente, fue también continuo. Durante siglos, los textos fueron escritos en *scriptio continua*, es decir, sin separación entre palabras, sin puntuación y en mayúsculas, como en los manuscritos latinos clásicos. Leer era literalmente "devolver la voz al texto": el lector debía imponer una estructura prosódica y sintáctica sobre una secuencia visual ininterrumpida. Esta tarea demandaba una forma activa de segmentación lingüística, similar a la que ocurre en la percepción del habla. Así, tanto en el plano auditivo como en el visual, el lenguaje necesita ser segmentado para poder ser comprendido. La escritura moderna, al introducir espacios, signos y convenciones gráficas, facilita esta segmen-

«Una baja conciencia fonémica predice dificultades lectoras, que son detectables incluso antes de aprender a leer»

tación visual, pero no elimina la necesidad de sincronizarse con el ritmo del lenguaje y reconstruir, desde el texto escrito, la voz que una vez lo generó.

El avance provocado por el nuevo marco de la amplitud ha cambiado incluso el mapa de las funciones lingüísticas de la corteza cerebral. El modelo tradicional de la lectura se centraba en el hemisferio izquierdo, en particular en las regiones perisilvianas asociadas con el procesamiento fonológico y el lenguaje. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado la implicación de regiones bilaterales en el procesamiento del habla. El profesor Poeppel afirmaba con ironía recientemente que el hemisferio derecho había sido "plenamente rehabilitado". En efecto, la evidencia neurofuncional acumulada muestra que el procesamiento prosódico, la entonación y otros aspectos temporales del habla están mediados principalmente por una red dorsal-ventral en el hemisferio derecho, paralela a la que se encuentra en el izquierdo. Esta organización refleja una especialización hemisférica funcional, en la que el hemisferio derecho desempeña un papel crucial en la percepción y producción de la prosodia, mientras que el izquierdo se especializa en el contenido y segmentación del habla (Sammler et al. 2015).

Una de las aportaciones más relevantes del nuevo modelo es la hipótesis de que tanto los trastornos del lenguaje como la dislexia podrían tener un origen común en alteraciones de los ritmos oscilatorios (Goswami, 2017). El cerebro infantil necesita alinear sus oscilaciones corticales con la envolvente temporal del lenguaje para poder extraer con precisión las unidades fonológicas básicas. Si este proceso de "sintonización" falla —por ejemplo, por disfunción en la sincronización de oscilaciones en bandas clave como theta y gamma—, el niño no podrá construir representaciones fonológicas estables, lo que afectaría tanto la adquisición del vocabulario como el desarrollo de la conciencia fonológica, dificultando a su vez la adquisición del lenguaje oral y el aprendizaje de la lectura. Esta hipótesis se ve reforzada por el hallazgo de que ciertas variantes genéticas asociadas a la dislexia podrían interferir con el proceso de migración neuronal que construye la corteza cerebral durante el desarrollo embrionario, afectando particularmente a regiones temporales, mediante anomalías -como ectopias- que alteran la microarquitectura y la conectividad local. Estas alteraciones estructurales comprometen la organización laminar de la corteza y afectan la generación sincronizada de oscilaciones neuronales en las bandas delta, theta y gamma (Giraud y Poeppel, 2012).

PROYECTO INVESTIGADOR | ANTECEDENTES | Niveles de amplitud y Conciencia Fonológica

Niveles de Amplitud y de Conciencia Fonológica

NIVEL FONOLÓGICO	Frecuencia oscilatoria (banda EEG)	Ejemplo(s)	Edad a la que se desarrolla la conciencia reflexiva
Entonación de frase	~1 Hz y más bajo	¿Quién es este maduro pero atractivo opositor?	No conocido todavía
Sílaba tónica	~2 Hz (δ; delta)	PE-dro PÉ-rez PE-ga PE-cas	No conocido todavía
Sílaba	~5 Hz (θ; theta)	1. a-ni-mal 2. can-dil	2–3 años
Principio - rima	~ 20 Hz (beta o gamma baja)	1. p-an 2. pl-an	3–4 años
Fonema	~35 Hz (γ; gamma)	p-l-a-n	Con la alfabetización
Infra-fonemas o alófonos (rasgos acústicos)	~60 Hz (γ; gamma)	p / ¿pb? / b	

Adaptado a partir de Goswami (2015). Sensory theories of dyslexia: three challenges for research. *Natural Review Neuroscience*, 16:43-54.

Leeduca APRENDIZAJE DE LA LECTURA www.leeduca.uma.es juan.luque@uma.es

Finalmente, el marco oscilatorio ha abierto nuevas vías de investigación e intervención educativa. La profesora Goswami está investigando lo que ha dado en llamarse «estímulos supernormales», es decir, señales acústicas que amplifican de forma artificial las propiedades rítmicas del habla, por ejemplo, exagerando las transiciones silábicas o los contornos prosódicos, como en las canciones populares infantiles. Estos estímulos, más regulares y predecibles que el habla natural, pueden facilitar la sincronización cortical y potenciar el desarrollo fonológico. Los *esqueletos prosódicos*, por su parte, son patrones prosódicos recurrentes del lenguaje (trocaico y yámbico del inglés o la métrica silábica del español) que guían la percepción temprana del habla. Estos patrones ofrecen una especie de "andamiaje rítmico" sobre el cual el sistema auditivo construye representaciones fonológicas. La propuesta de Goswami es que si la intervención temprana se apoya explícitamente en estos esqueletos —mediante juegos rítmicos, canciones infantiles o lectura en voz alta con entonación marcada—, se puede mejorar la sensibilidad a la estructura temporal del lenguaje, fomentar su desarrollo y compensar parcialmente los déficits oscilatorios. Estas investigaciones conectan con la creciente evidencia que demuestra que el desarrollo lingüístico infantil está profundamente vinculado a las

«El desarrollo lingüístico infantil está profundamente vinculado a las experiencias verbales en los primeros años de vida»

experiencias verbales en los primeros años de vida. En otro artículo de este número especial, se revisa como la lectura compartida, el lenguaje narrativo y las conversaciones sensibles producen un impacto en la estructura de la corteza cerebral y en la conectividad funcional de las áreas implicadas en el procesamiento del lenguaje.

En definitiva, el marco de muestro temporal oscilatorio permite concebir una visión dinámica y relacional del procesamiento del lenguaje, en la que cerebro, cultura y educación se entrelazan. Esta perspectiva no solo ha ampliado nuestra comprensión sobre cómo el cerebro devuelve la voz al texto, sino que también nos aproxima a una auténtica **neuroeducación del lenguaje oral y escrito**: una acción educativa informada por los crecientes conocimientos sobre la actividad cerebral, sensible a las etapas del desarrollo, y orientada a construir, desde el vínculo con otros humanos y la palabra compartida, las bases neuronales del lenguaje y el pensamiento.

Para saber más

- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The science and evolution of a human invention.* Viking.
- Frith, U. (1998). *Literacy, brain and education.* In S. N. F. Pugh & M. D. Gough (Eds.), *How children learn to read: Current issues and new directions in the integration of cognition, neurobiology and genetics of reading and dyslexia research and practice* (pp. 1–20).
- García Madruga, J. A. (2006). *Lectura y conocimiento*. Paidós.
- Giraud, A.-L., & Poeppel, D. (2012). *Cortical oscillations and speech processing: Emerging computational principles and operations.* Nature Neuroscience, 15(4), 511–517. https://doi.org/10.1038/nn.3063
- Giraud, A.-L., & Ramus, F. (2012). *Neurogenetics and auditory processing in developmental dyslexia.* Current Opinion in Neurobiology, 23(1), 37–42. https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.09.003
- Goswami, U. (2017). *A neural basis for phonological awareness? An oscillatory temporal sampling perspective. Current Directions in Psychological Science*, 26(1), 56–63. https://doi.org/10.1177/0963721416686510
- Goswami, U., & Leong, V. (2013). *Speech rhythm and temporal structure: Converging perspectives?* Laboratory Phonology, 4(1), 67–92.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2016). *The cortical organization of speech processing*. Nature Reviews Neuroscience, 8(5), 393–402.
- Liberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., & Griffith, B. C. (1957). *The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries.* Journal of Experimental Psychology, 54(5), 358–368.
- Luque, J. L., Giménez, A., Bordoy, S., & Sánchez, A. (2016). *De la teoría fonológica a la identificación temprana de las dificultades específicas de aprendizaje de la lectura*. Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología, 36(4), 146–153. https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2015.10.001
- Sammler, D., Grosbras, M.-H., Anwander, A., Bestelmeyer, P. E. G., & Belin, P. (2015). *Dorsal and ventral pathways for prosody*. Current Biology, 25(23), 3079–3085. https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.10.009
- Ziegler, J., Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. Psychological Bulletin. 131(1):3-29. doi: 10.1037/0033-2909.131.1.3.

La influencia de la interacción verbal en el desarrollo del lenguaje infantil

The influence of verbal interaction on children's language development

Resumen: Las experiencias verbales tempranas no sólo moldean las habilidades lingüísticas de los niños, sino también su estructura cerebral. Las evidencias neurocientíficas destacan el potencial compensatorio de la escuela a través de prácticas como la lectura compartida, el lenguaje narrativo y las interacciones sensibles, que favorecen tanto el desarrollo lingüístico como la organización funcional del cerebro en desarrollo.

Abstract: Early verbal experiences shape not only children's language skills but also their brain structure. Neuroscientific evidence highlights the compensatory potential of school through practices such as shared reading, narrative language, and sensitive interactions, which support both linguistic development and the functional organization of the developing brain.

Palabras clave: Desarrollo del lenguaje. Interacción temprana. Plasticidad cerebral. Equidad educativa. Estimulación lingüística.

Keywords: Language development. Early interaction. Brain plasticity. Educational equity. Language stimulation.

Auxiliadora Sánchez Gómez
Juan Luis Luque
María Rodríguez Moreno
Universidad de Málaga

El desarrollo del lenguaje constituye una piedra angular del desarrollo cognitivo y socioemocional, y se ha consolidado como uno de los predictores más sólidos del éxito escolar y del bienestar. Desde los primeros meses, los niños adquieren sus habilidades lingüísticas principalmente a partir de interacciones con las personas de su entorno familiar. Numerosos estudios señalan diferencias significativas en el desarrollo del lenguaje asociadas al nivel socioeconómico (ISE), diferencias que ya son detectables antes del ingreso a la escuela y que tienden a consolidarse a lo largo de la trayectoria educativa.

La relación entre el ISE y el desarrollo del lenguaje infantil está mediada por la calidad del entorno verbal, que varía en función de factores como la riqueza léxica, la complejidad sintáctica o la sensibilidad comunicativa del adulto. Hoff (2003) mostró que más que la cantidad de habla es su calidad lo que predice el vocabulario infantil. Prácticas como la lectura compartida, una respuesta sensible y el intercambio conversacional han demostrado ser especialmente eficaces para estimular el desarrollo lingüístico desde los primeros años (Rakesh et al., 2025). Su influencia no se limita al plano conductual: se ha demostrado que estas experiencias modulan la configuración