Capítulo 6. COMUNICACIÓN HUMANA

2018/2019

PSICOLOGÍA FISIOLÓGICA |

El lenguaje surge (biológicamente) de abajo, de la necesidad irreprimible que tiene el ser humano de pensar y comunicarse. Pero se genera también y se transmite (culturalmente) desde arriba, es una encarnación viva e indispensable de la historia, las visiones del mundo, las imágenes y las pasiones de un pueblo. Veo una voz (1989). Oliver Sacks (1993-2015).

1. INTRODUCCIÓN

La comunicación, entendida como un proceso mediante el cual se trasfiere la información desde un emisor hasta un receptor, es un hecho común que se produce en todos los seres vivos. Se puede comunicar de formas diferentes a través de distintos códigos que son comunes al emisor y al receptor.

El **lenguaje** humano constituye una singularidad de nuestra especie que ha permitido la transmisión de la cultura. Es una característica exclusivamente humana que permite expresar un número infinito de ideas a partir de unos elementos finitos, como son los fonemas o los grafemas que se combinan entre sí para trasmitir información o trasmitir emociones o sentimientos.

El lenguaje tiene una fuerte dimensión social, siendo la conducta verbal, que permite la comunicación humana, uno de los tipos más importantes de conducta social de nuestra especie. Presenta varias características que hacen que sea único y diferente a otras formas de comunicación animal:

- El número de las palabras del vocabulario (lexicón) es muy grande y, además, únicamente el lenguaje humano presenta palabras de función que solo existen en el contexto del lenguaje.
- Se pueden usar palabras para referirse a cosas o eventos que son del pasado, futuro o de una realidad hipotética.
- La metáfora y la analogía. El lenguaje figurado es único en nuestra especie.
- La utilización de una sintaxis flexible y recursiva, que solo aparece en el lenguaje humano.

Debe requerir por tanto una organización cerebral única que permita procesar tres tipos de información fundamentales para el lenguaje, como son el sonido, la sintaxis y el significado.

2. LENGUAJE HUMANO Y HOMONIZACIÓN

2.1. Definición y componentes del lenguaje

El **lenguaje humano** es una característica especial de nuestra especie. Es un sistema jerárquico en el que los elementos se combinan entre sí para producir las palabras y las frases con la intención de comunicarse. Tiene dos formas principales, la forma oral y la forma escrita que presentan características diferentes pero que comparten el objetivo de trasmitir información.

Es el medio de comunicación humana más importante, ya que posibilita la emisión y la compresión de ideas, sentimientos y pensamientos. Según Kolb y Wishaw, hay que diferenciar entre: **lenguaje**[1], **lengua** [2]y **habla**[3].

El lenguaje presenta cinco dimensiones:

- **Fonológica**. La comprensión y de la producción de los sonidos del habla. En esta dimensión del lenguaje se incluiría la **prosodia**, que es la entonación vocal que es característica de un idioma y que puede modificar el sentido literal de palabras y oraciones.
- **Semántica**. La comprensión del significado de las palabras y de las combinaciones entre ellas.
- **Gramatical**. La sintaxis (las reglas por las que se colocan las palabras en las frases), y de la morfología (el uso de las marcas gramaticales que indican tiempo, género, etc).
- **Pragmática**. Los principios que rigen el uso del lenguaje en un contexto comunicativo apropiado.
- **Lexicón.** Componente de la memoria en el que se almacenan los significados de las palabras.

[1] Lenguaje: sistema que se emplea para expresar ideas y que puede tener diversas modalidades.
[2] Lengua: sistema de signos y reglas que emplea un grupo de personas para comunicarse.
[3] Habla: forma audible del lenguaje comunicativo, aunque también se refiere al uso particular que se hace del lenguaje.

2.2. ¿Cuándo y cómo aparece el lenguaje?

No se sabe con certeza cuándo, ni cómo o porqué surge el lenguaje en el linaje evolutivo del hombre. Diversos cambios anatómicos, como el aumento de la capacidad craneal y modificaciones en el aparato fonador junto con el desarrollo del pensamiento simbólico, son fundamentales para la aparición del lenguaje

Ya el Homo habilis, tendría un **centro de Broca**, una de las áreas clave del lenguaje, como se verá posteriormente y que serviría en estos homínidos para interpretar gestos. El Homo erectus, tenía un mayor volumen craneal que su antecesor, y gracias a ello, habría surgido un **protolenguaje**[4].

Figura 1. Evolución de la capacidad craneal del género Homo. Se piensa que el incremento en la capacidad craneal ha sido fundamental para el desarrollo del lenguaje.

Existen dos condiciones que deben darse para que el lenguaje se desarrolle:

- La aparición del **pensamiento simbólico**.
- El desarrollo de un **aparato fonador** lo suficientemente sofisticado como para poder producir los sonidos del lenguaje.

Estas dos características aparecen ya en el Homo heidelbergensis. Este homínido ya tenía un volumen craneal grande, que permitió la aparición del pensamiento simbólico, como se pone

[4] Protolenguaje: un sistema arbitrario de vocalizaciones que etiquetan un pequeño número de conceptos preexistentes generalmente referidos a objetos.

de manifiesto en los enterramientos funerarios encontrados y en las herramientas descubiertas en ellos. Se producen unos cambios en el aparato fonador que son imprescindibles para la producción de los sonidos articulados del habla como son la modificación del hueso hioides y el descenso de la laringe.

El **hioides** es un hueso pequeño con forma de herradura que está colocado en el cuello y que en las personas posibilita una articulación comprensible. Una laringe más baja hace posible la aparición de los sonidos propios del habla, algo que no sucede en los chimpancés, que tienen la laringe más alta. Y si, con la **laringe** más baja aumenta el riesgo de morir por asfixia, entonces la aparición del lenguaje hubo de proporcionar una ventaja evolutiva grande al género Homo ya que se hace a costa de una mayor probabilidad de muerte por asfixia.

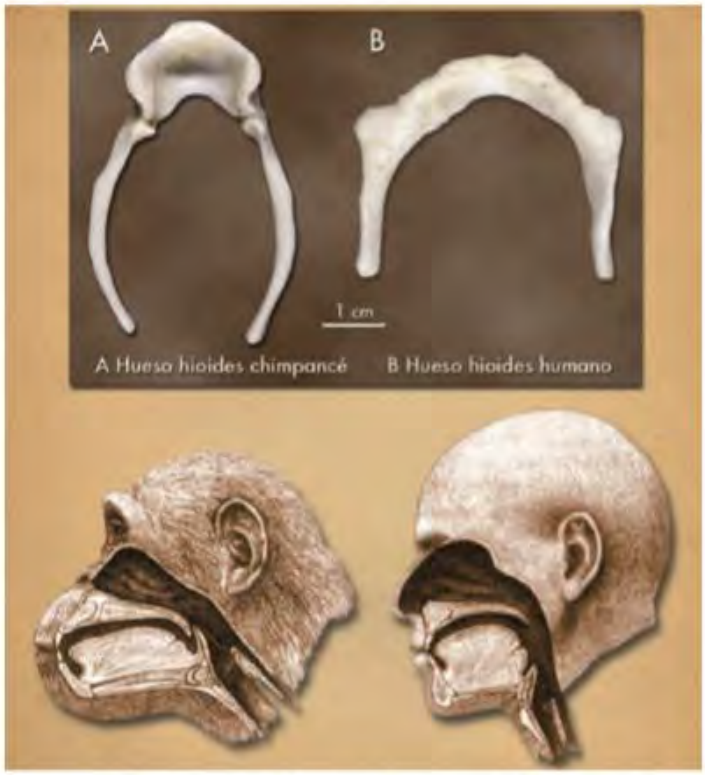


Figura 2. Comparación del hueso Hioides en el chimpancé (A) y en los seres humanos (B). En la parte inferior de la figura se muestra la posición de la laringe en los chimpancés y en los seres humanos.

Estos cambios anatómicos en el aparato fonador, a la vez que la aparición de un cerebro de mayor tamaño y complejidad, posibilitaron la aparición y desarrollo del lenguaje en los Homo sapiens.

Pero ¿cómo surge el lenguaje?

Una teoría postula que el lenguaje surge **a partir de los gestos**. La primera teoría postula que el lenguaje gestual, los signos, estaría en la base del lenguaje oral, puesto que los primeros homínidos ya contaban con una estructura cerebral para entenderlo. A medida que fuera evolucionando este lenguaje gestual se irían incorporando vocalizaciones hasta llegar al lenguaje definitivo.

Otros investigadores proponen que el lenguaje se ha desarrollado paso a paso a partir de otras formas primitivas de comunicación, de un **protolenguaje** (sistema arbitrario de vocalizaciones) en las que los movimientos de la mandíbula para acciones como mascar y succionar y los chasquidos de los labios podrían haber sido los primeros signos de la comunicación que podría haber dado origen a la sílaba y pudo haber precedido al lenguaje gramatical.

Así el lenguaje podría haber evolucionado hasta su forma actual mediante la **selección natural,** porque representaba una adaptación beneficiosa que favorecía la supervivencia.

El producto final del **aprendizaje** de las habilidades que posibilitan la supervivencia se almacena en el cerebro y el lenguaje es el medio a través del cual se puede transmitir esta información de un cerebro a otro sin tener que pasar por todas las experiencias uno mismo, ya que se pueden aprovechar las experiencias de los otros.

2.3. ¿Existe un gen del lenguaje?

Puesto que el lenguaje se desarrolla de manera natural en los niños en condiciones normales, se ha supuesto que podría tener un origen genético y se han intentado identificar los genes del lenguaje a partir del estudio de personas que están afectadas por un **Trastorno Específico del Lenguaje (TEL)** (grupo de desórdenes que implican el retraso o la imposibilidad del desarrollo de las habilidades tanto de lenguaje hablado como del escrito).

Se han identificado cuatro genes, dos en el cromosoma 7 y dos en el cromosoma 16, que están implicados en algún aspecto del lenguaje oral:

- **CROMOSOMA 7**. El primero de los genes fue identificado en una familia inglesa que se denominó familia KE en la que se producía un tipo de TEL. Las personas afectadas presentaban dispraxia verbal[5]o dificultades en la articulación. Se identificó una mutación del **gen Forkheas Box P2 (FOXP2)**, presente en el brazo largo del cromosoma 7 en los afectados de la familia. Está implicado en la coordinación de la información sensorial y motora y en la realización de movimientos complejos. Este gen es de

[5] Dispraxia verbal: consiste en las dificultades en la articulación que tienen como consecuencia una incapacidad para realizar los movimientos musculares coordinados que se necesitan para el habla.

expresión temprana en el embrión, en la corteza cerebral y en otras regiones que posteriormente conformarán el cerebelo, el tálamo y los ganglios basales. Estas personas no muestran activación de las áreas que participan en el lenguaje hablado, como el área de Broca y, a la vez, muestran sobreactivación de otras áreas que no están implicadas en tareas lingüísticas.

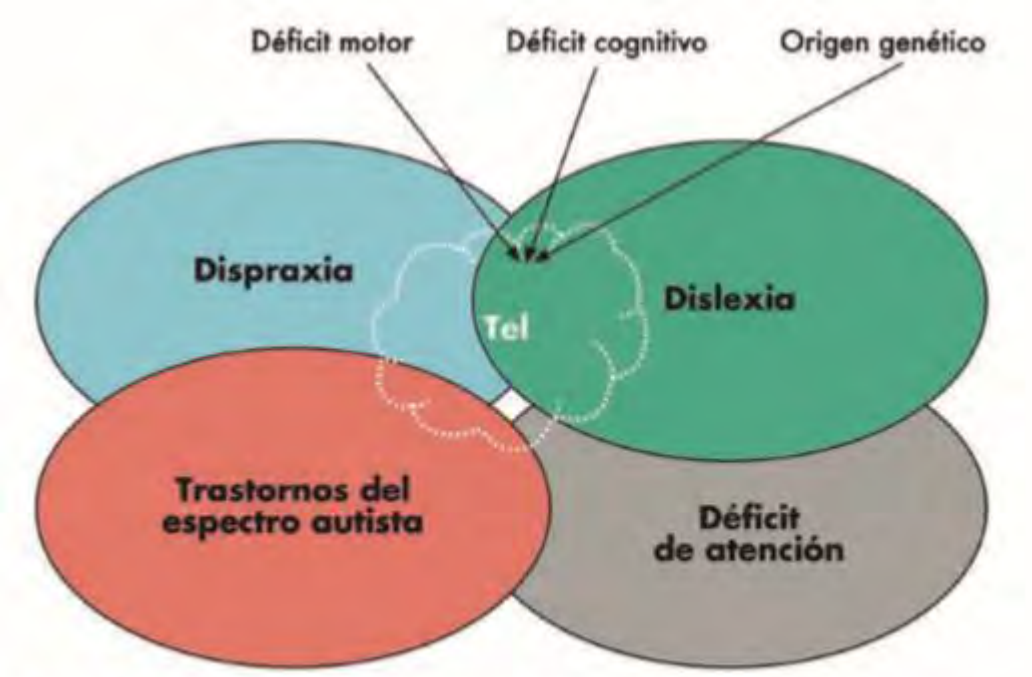


Figura 3. Representación de la relación del TEL con otros trastornos del desarrollo.

Se establece, entonces, un **vínculo entre la mutación del gen FOXP2 y el desarrollo de la cultura humana**. Según esta teoría, la expansión del Homo sapiens se debe en parte a la mutación del gen FOXP2, que hizo que el lenguaje se hiciera completamente autónomo de los gestos, es decir que se liberaran las manos para hacer una comunicación más eficiente, acompañada de un desarrollo del área de Broca y de una capacidad mayor para coordinar movimientos complejos. Aunque **no se puede afirmar que el gen FOXP2 sea "el gen responsable del lenguaje",** sí que tiene una influencia ya que es suficiente su mutación para provocar diferentes trastornos en el lenguaje. El otro gen relacionado con el lenguaje que está en el cromosoma 7, en el brazo corto, es el **CNTNAP2**. Las personas que presentan una mutación en este gen no

pueden realizar la tarea de repetición de pseudopalabras (agrupación de letras con apariencia de palabras, pero sin significado).

- **CROMOSOMA 16.** los genes **ATP2C2** (del inglés calciumtransporting ATPase 2C2) y el **CMIP** (del inglés c-MAF inducing protein), situados ambos en el brazo largo del cromosoma 16, también parecen estar implicados en algún aspecto del lenguaje. El **gen CMIP participa en la remodelación del citoesqueleto** de las células, que es imprescindible para la migración neuronal y la formación de sinapsis. La actividad del **gen ATP2C2 está implicada en la regulación del ion de calcio**. Las personas con alguna mutación en estos genes también muestran dificultades en la tarea de repetición de pseudopalabras, por lo que al igual que el gen anterior parecen estar implicados en las tareas de memoria más que en el lenguaje en sí mismo.

Los genes que están relacionados con el TEL tienen algunas características comunes:

- Son **genes de expresión temprana**.
- Se expresan en las **mismas zonas del cerebro**.
- Están involucrados en tareas **cruciales para el correcto desarrollo del sistema nervioso**.

3. LATERALIZACIÓN CEREBRAL EN EL LENGUAJE

El cerebro humano está dividido en dos estructuras diferentes denominadas hemisferios cerebrales, conectados a través de las comisuras que presentan diferencias anatómicas y funcionales entre ellos. Estas diferencias entre los dos hemisferios se denominan **asimetrías cerebrales.**

Las principales asimetrías que se han descrito son de dos tipos:

- Las **asimetrías estructurales o morfológicas.** Se refiere a diferencias en la morfología del cerebro entre los dos hemisferios.
- Las **asimetrías funcionales.** Se refiere a diferencias en la funcionalidad de los dos hemisferio.

3.1. Asimetrías morfológicas relacionadas con el lenguaje

Asimetría frontooccipital. Se produce porque los volúmenes de las regiones frontal y occipital de los dos hemisferios son diferentes, debido a que existe una protrusión de un hemisferio con respecto al otro, que tiene como resultado una configuración cerebral característica que se conoce como **petalia**[6]. Así, el lado derecho del cerebro está ligeramente deformado hacia delante con relación al hemisferio izquierdo, en un patrón que se conoce como **Torsión de Yakovlev**. Esta asimetría se ha relacionado con el grado de dominancia de la mano derecha, y está presente en los humanos modernos y en los grandes simios, pero no en ninguna otra especie de primates

Cisura de Silvio: en torno a la que se agrupan las áreas clásicas del lenguaje humano.

Planum Temporale: desempeña una función muy destacada en el procesamiento fonológico del lenguaje.

Área de Broca: que es otra zona importante relacionada con el lenguaje como se verá posteriormente, también es asimétrica: es estructuralmente más larga en el hemisferio izquierdo que en el derecho.

Figura 7. Representación de los tres segmentos del Fascículo arqueado (FA). B: área de Broca; G: área de Geschwind; W: área de Wernicke. Adaptada de Thiebaut de Schotten y cols., 2011.

Fascículo arqueado: una de las vías de conexión entre el lóbulo temporal posterior y la corteza inferior frontal, donde se han descrito 3 segmentos:

- B: área de Broca.

[6] Petalia. Son las impresiones que deja el cerebro en la base del cráneo y que constituyen una impresión del volumen del cerebro.

- G: área de Geschwind.
- W: área de Wernicke.

Esta representación asimétrica del fascículo arqueado es diferente además en hombres y mujeres, siendo más frecuente la asimetría en los hombres (85% de los hombres) que en las mujeres (40% de las mujeres). Se ha demostrado que los pacientes con **afasia**[7] por lesión en el hemisferio izquierdo tienen más probabilidad de recuperar una capacidad normal para el lenguaje si tienen un mayor volumen del segmento largo del fascículo arqueado, en el hemisferio derecho que no está afectado.

Las asimetrías encontradas en las zonas relacionadas con el lenguaje parecen estar altamente conservadas, como se ha observado en personas que presentan un síndrome denominado **situs inversus totalis**. En las personas que padecen este síndrome, los órganos del cuerpo están colocados en una disposición contraria a la encontrada normalmente y, tienen también invertida la asimetría encontrada en las petalias.

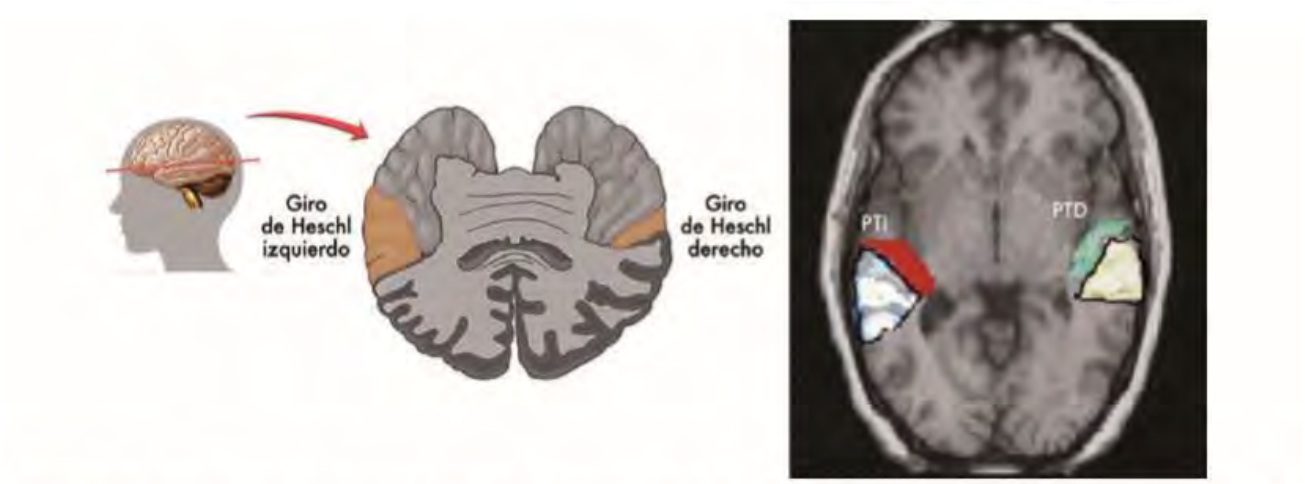


Figura 6. En el dibujo se puede observar la asimetría en el Giro de Helsch, (marcada en marrón), que es doble en el hemisferio izquierdo en comparación con el derecho. A la derecha, una imagen de RM que muestra la asimetría del *Planum Temporale*.

¿Y cuál podría ser la razón de la existencia de estas asimetrías?

La lateralización podría tener alguna ventaja evolutiva encaminada a **aumentar la velocidad y la capacidad de procesamiento de la información**, ya que la especialización hemisférica permite un incremento en la eficacia, puesto que es más eficiente el trabajo de las neuronas si están concentradas en una función en particular en un hemisferio determinado. Además,

[7] Afasia. Se define como una alteración básica de la producción o de la comprensión del habla producida por una lesión cerebral.

al estar especializados, los hemisferios pueden llevar a cabo procesos simultáneos que no interfieren entre sí al no utilizar los mismos circuitos cerebrales.

3.2. Asimetrías funcionales

Hace referencia a que una función está especialmente representada en un hemisferio, por lo que se dice que un hemisferio es dominante pare esa función. Se sugiere que las asimetrías representan un principio general de organización del sistema nervioso. **Entre las lateralizaciones más evidentes se encuentra la preferencia manual y el lenguaje.**

Tabla 1. Funciones principales que se relacionan con el hemisferio derecho e izquierdo

Hemisferio izquierdo	Hemisferio derecho
Lenguaje, comprensión y producción del discurso	Habilidades espaciales, perceptivas y visuales
Escritura	Reconocimiento de patrones o caras
Cálculo	Emoción
Ritmo	Elementos no verbales del lenguaje: prosodia
Sentido del tiempo	Pragmática del lenguaje
Secuencia de movimientos complejos	

Se ha demostrado que el **hemisferio izquierdo es dominante para el lenguaje**. Se propone que el control del lenguaje por el hemisferio izquierdo se produce por su especialización en la comunicación rutinaria vocal y no vocal.

Ya desde el siglo XIX, los estudios de Broca y Wernicke indicaron que el lenguaje residía en el hemisferio izquierdo. Pero fueron los experimentos llevados a cabo por Roger Sperry primero y Michael Gazzaniga después en pacientes comisurotomizados, los que mostraron de manera inequívoca que los dos hemisferios cerebrales tenían capacidades diferentes y que las del hemisferio izquierdo estaban más relacionados con el lenguaje que las del derecho.

Se ha demostrado que la lateralización del lenguaje no está presente al nacimiento, sino que es producto de los procesos madurativos.

Figura 8B. Representación esquemática de los experimentos de Gazzaniga de selección de estímulos en pacientes con cerebro dividido. En la izquierda, al llegar la información visual al hemisferio izquierdo, la persona puede nombrar lo que está viendo. En la situación de la derecha, al llegarla información al hemisferio derecho, la persona no puede nombrar lo que está viendo, pero puede seleccionarlo correctamente de entre varios estímulos.

3.3. ¿Qué hace el hemisferio derecho con respecto al lenguaje?

Existe, sin embargo, una parte del lenguaje que es automático o no propositivo, es decir, que no incluye la generación de nuevas ideas (canciones infantiles, series de números, los días de la semana, o las formas de saludos e incluso el lenguaje vulgar). Este lenguaje automático o no propositivo parece estar controlado por el hemisferio derecho.

Controla uno de los aspectos más característicos de cada lengua como es la **prosodia**, es decir el ritmo, el énfasis del lenguaje y la entonación. Además, a través de la prosodia se va a trasmitir el contenido emocional del lenguaje por lo que se puede decir que el hemisferio derecho está implicado en la comunicación exitosa con los otros.

También está implicado en los aspectos pragmáticos del lenguaje, de tal forma que tiene una función muy relevante en la integración de los elementos de una narración (lesiones pueden provocar dificultades para entender las metáforas y el sarcasmo). Además, está activado durante la comprensión de los chistes.

4. PROCESAMIENTO CEREBRAL DEL LENGUAJE ORAL: BASES NEURALES

La identificación de las bases neurales del lenguaje comienza a finales del siglo XIX, con los ya mencionados estudios de Broca en pacientes con lesión cerebral.

A partir de estos estudios se proponen una serie de modelos, en los que se deduce la implicación de una determinada área cerebral en el lenguaje, según los déficits que se producen en el mismo a consecuencia de una lesión en dichas áreas.

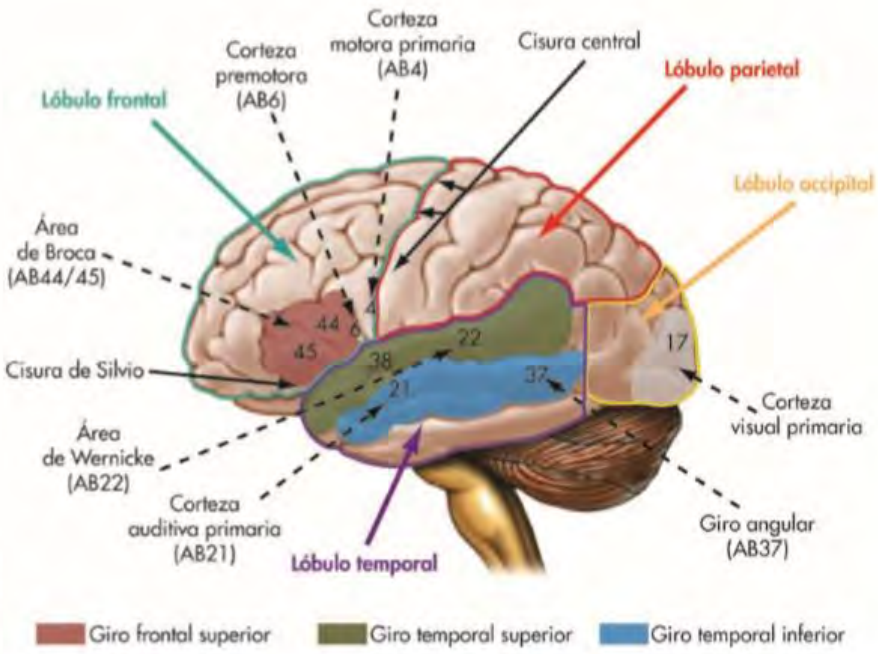


Figura 9. Principales zonas cerebrales relacionadas con el lenguaje, mencionados en este capítulo.

4.1. Datos provenientes de pacientes con afasia

Los primeros intentos de explicar las **bases neurales del lenguaje** provienen de los estudios realizados a los pacientes con afasia (alteración básica de la producción o de la comprensión del habla, producida por una lesión cerebral) en los que se relacionan las alteraciones en el lenguaje observadas con una lesión cerebral, mediante el análisis post mortem del cerebro de dichos pacientes.

Con estos estudios se identificaron varias formas de afasia diferentes, tanto en los síntomas que presentaban, como en los lugares del cerebro en los que se localizaban las lesiones que las producían, a la vez que se establecía una diferencia entre la producción y la comprensión del lenguaje como procesos independientes.

En los años 70 del siglo pasado, Norman Geschwind formula el conocido como **modelo de Wernicke-Geschwind** de procesamiento cerebral del lenguaje, para intentar dar un marco explicativo que, dirigiría la investigación en las bases cerebrales del lenguaje hasta la primera década del siglo XXI.

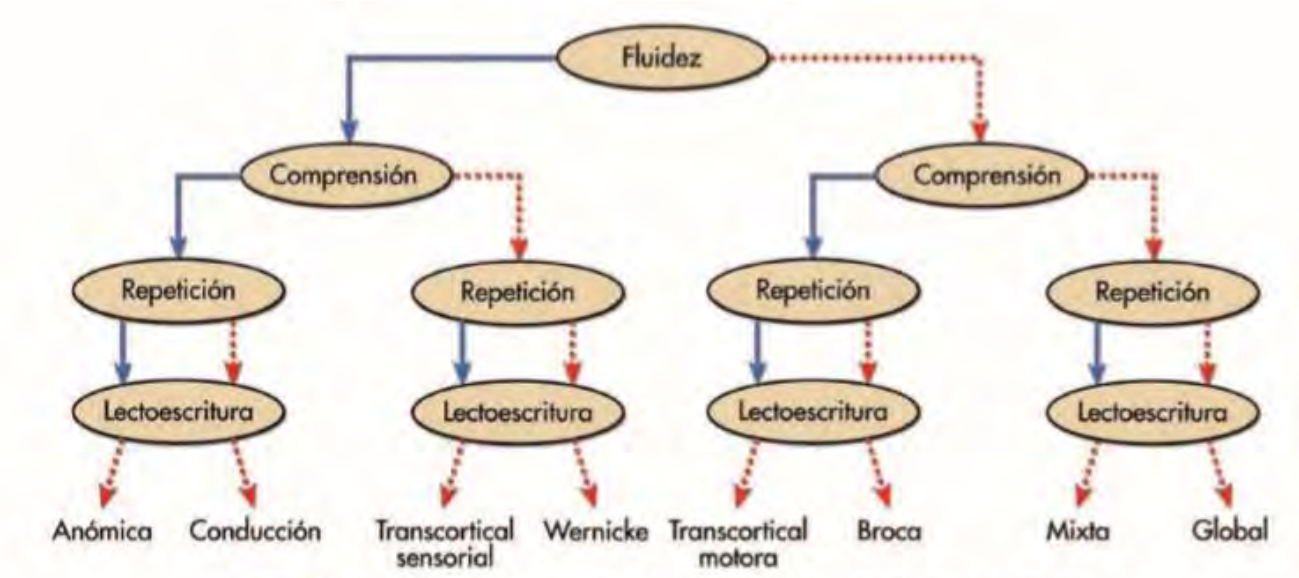


Figura 10. Representación esquemática de las diferencias entre los tipos de afasias. Las flechas azules representan capacidades conservadas y las rojas capacidades deterioradas.

4.1.1. Primeros modelos

Afasia de Broca[8]

Paul Broca informó de dos casos de pacientes que mostraban una pérdida de la capacidad de articular el habla a la que se denominó afasia. Los dos pacientes estudiados presentaban una lesión en la parte inferior de la circunvolución frontal inferior izquierda, que se conocería posteriormente como **área de Broca áreas (AB44/45).** Broca sugirió que los programas de articulación del lenguaje se almacenaban dentro de esta área y, que el discurso en el habla normal se produciría cuando dicha región activaba las áreas adyacentes del giro pre- central, que controla los músculos de la cara y de la cavidad oral.

[8] Afasia de Broca: tipo de afasia que se caracteriza por dificultades articulatorias, anomia y agramaticalidad.

La afasia de Broca también se denomina afasia motora o no fluente, porque uno de los síntomas más llamativos son dificultades articulatorias que provocan que tengan apraxia del habla (un habla lenta, que no es fluida, que se realiza con mucho esfuerzo y que tiene la prosodia alterada, aunque lo que se consigue decir tiene sentido) y anomia (dificultad para encontrar las palabras). Se caracterizan por un lenguaje en el que se utilizan palabras de contenido, (nombres, verbos y adjetivos), pero no palabras de función (artículos, pronombres y conjunciones) y en el que los verbos no se conjugan, ni se suelen utilizar verbos auxiliares, por lo que se dice que el habla en la afasia de Broca es agramatical.

Esta **agramaticalidad**[9] junto con la aparición de la apraxia del habla es consideradas como las características definitorias en la afasia de Broca, mientras que la anomia es una característica común en los diferentes tipos de afasia.

La lesión del área de Broca provoca déficits en la producción del lenguaje, y en la comprensión de este. No presentan dificultades para la comprensión cuando se trata de entender órdenes sencillas, pero sí tienen grandes dificultades cuando tienen que comprender las estructuras sintácticas que determinan el orden de las palabras en una oración y, también presentan problemas en la comprensión de las frases pasivas. También se han observado dificultades en las tareas de repetición.

Afasia de Wernicke[10]

Carl Wernicke identificó otra área que también estaba implicada en el lenguaje. La lesión de esta área que se llamaría de **Wernicke (AB22)** producía un tipo de afasia en la que estaba afectada la comprensión, pero no la producción del lenguaje.

La lesión del área de Wernicke produciría síntomas receptivos, pero no productivos, porque en el área de Wernicke se encontrarían almacenadas las secuencias de los sonidos que constituyen las palabras.

Los síntomas característicos de la afasia de Wernicke son **un habla fluida y gramatical pero carente de sentido**. Además, la comprensión está muy deteriorada, aunque las personas con

[9] Agramaticalidad: Falta de adecuación de un enunciado a las reglas gramaticales.
[10] Afasia de Wernicke: clase de afasia que se caracteriza por un habla fluida, pero sin sentido

este tipo de afasia no parecen extrañarse de su habla ni del de otras personas y conservan la entonación y la prosodia. En este caso también tanto la lectura como la escritura están alteradas.

Afasia de conducción [11]

También definida por Wernicke. El **paciente habla más despacio porque no encuentra las palabras y, además, suele ser consciente de sus errores y ralentiza el habla en un intento de evitar errores**. La comprensión está también conservada y la característica más definitoria de esta alteración es la dificultad para repetir palabras que se han oído. Este tipo de afasia resulta del daño de una estructura, el fascículo arqueado, que sirve de conexión para la trasmisión de la representación de los sonidos entre el área de Wernicke y el área de Broca.

Presentan también defectos en la denominación de objetos, imágenes o nombres y su escritura presenta graves alteraciones. En cuanto a la lectura, la lectura en voz alta está alterada, pero conservan la comprensión de lo que leen.

Con la descripción de la afasia de conducción**, Wernicke adelantó la idea de que las funciones del lenguaje implican a regiones corticales especializadas** que están interconectadas por vías de sustancia blanca.

Afasia transcortical sensitiva y afasia transcortical motora[12]

Según este modelo, el centro del pensamiento asigna el significado a las imágenes de las palabras del centro auditivo. Enfatiza la importancia de las vías de sustancia blanca que

[11] Afasia de Conducción: tipo de afasia en la que no se pueden repetir las palabras que se oyen, aunque el discurso espontáneo está conservado.

[12] Afasia transcortical sensitiva: en la que los pacientes no pueden comprender las palabras escuchadas, ni producir un discurso espontáneo pero la repetición está conservada.

conectan estas regiones, porque si se lesionan dan lugar tanto a la afasia transcortical sensorial, en la **que los pacientes no pueden comprender las palabras escuchadas**, ya que no se puede acceder al centro del pensamiento, como a la afasia transcortical motora, en la que **los pensamientos no pueden verbalizarse** puesto que hay una interrupción de la información entre el centro del pensamiento y el área de Broca.

4.1.2. Modelo de procesamiento del lenguaje de Wernicke-Geschwind

Según la propuesta de Geschwind, las estructuras cerebrales del hemisferio izquierdo que participan en el procesamiento del lenguaje son: la **corteza primaria visual**, **el giro angular**, la **corteza auditiva primaria**, el **área de Wernicke**, el **fascículo arqueado**, el **área de Broca** y la **corteza motora primaria**.

El área de Broca, que sería el centro de producción o articulación del lenguaje, y el área de Wernicke, sería el centro de la comprensión del lenguaje, comunicadas entre sí por el fascículo arqueado. Además, dependiendo de la tarea, otras áreas como el giro angular (decodifica la información de la imagen) o las cortezas auditivas, motora y visual primarias también estarían involucradas.

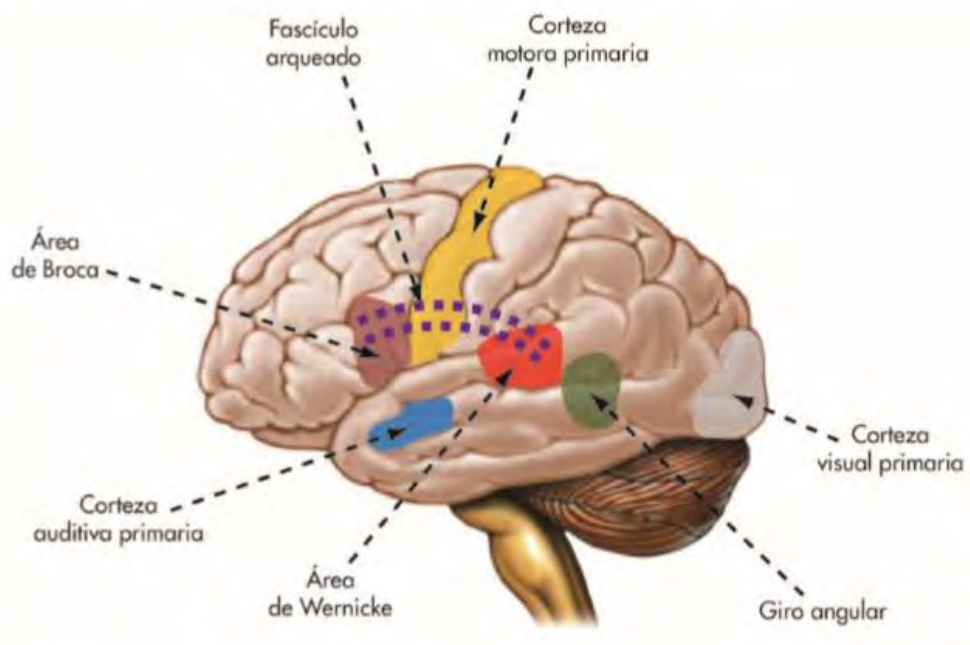


Figura 11. Representación del modelo de Wernicke-Geschwind.

¿Cómo se produciría el procesamiento del lenguaje en este modelo?

El modelo proporciona la explicación de los procesos que ocurren en dos tareas: cuando se tiene que repetir una palabra o en el caso de la lectura en voz alta.

- **Repetición de una palabra escuchada**. Cuando se escucha una palabra, la información sonora llega a la corteza auditiva y se procesa en el área de Wernicke, que sería la que dota del significado a las palabras. Para poder repetir las palabras que se han oído, la información pasa del área de Wernicke al área de Broca a través del fascículo arqueado y ya en el área de Broca, las palabras se convierten en un código de movimientos musculares que son necesarios para el habla y que permiten la repetición de esta.
- **Lectura en voz alta**. La información visual que procede de la letra escrita o impresa se recibe en la corteza estriada y las áreas corticales visuales. De ahí pasa al giro angular, que es donde se procesaría la forma escrita del lenguaje. Después, la información llega a través del fascículo arqueado al área de Wernicke y, de ahí al área de Broca, lugar en el que se organizaría la secuencia de eventos musculares que posibilitan la lectura.

En este modelo **se separa el lenguaje en dos procesos básicos diferenciados como son la producción y la comprensión**. El lenguaje está lateralizado en el hemisferio izquierdo.

Sin embargo, este modelo presenta algunos puntos débiles, que hacen que se inicie otra vía de investigación que culmina con la **propuesta de Hickok y Poeppel (2007).**

4.2. Modelos actuales del procesamiento del lenguaje

Se estudia los niveles de representación del lenguaje. Así se ha ido construyendo un nuevo marco teórico basado en tres ideas:

- Se ha producido un cambio en la forma en la que se estudia el lenguaje. El uso del lenguaje está mediado por la actividad de todas las áreas del cerebro que participan en los procesos cognitivos implicados en el lenguaje, es decir, **en sus procesos constitutivos que son de dos clases, gramaticales o semánticos.**

- **Las áreas del lenguaje no están implicadas solamente en este proceso**, ya que pueden formar parte de otros sistemas funcionales.
- Estas **áreas son pequeñas, están ampliamente distribuidas y son muy especializadas**. Esto ha llevado a cartografiar de manera más precisa las áreas implicadas en el lenguaje, por lo que se ha abandonado la terminología tradicional (área de Broca, Werncike, etc) que queda para el ámbito clínico mientras que en investigación se utiliza la clasificación revisada de Brodmann en áreas funcionales de la corteza.

4.2.1. Modelo de doble ruta de Hickok y Poeppel (2007)

Se basa en el postulado de que el cerebro tiene dos tipos de tareas que hacer cuando recibe información oral: por un lado, tiene que comprender el lenguaje es decir debe asociar los sonidos con sus representaciones y por otro, tiene que poder reproducirlo.

Propone que **existen dos rutas para el procesamiento de la información: una ruta ventral, que se encargaría de la comprensión del lenguaje oral y una ruta dorsal, que se encargaría de la producción del discurso.**

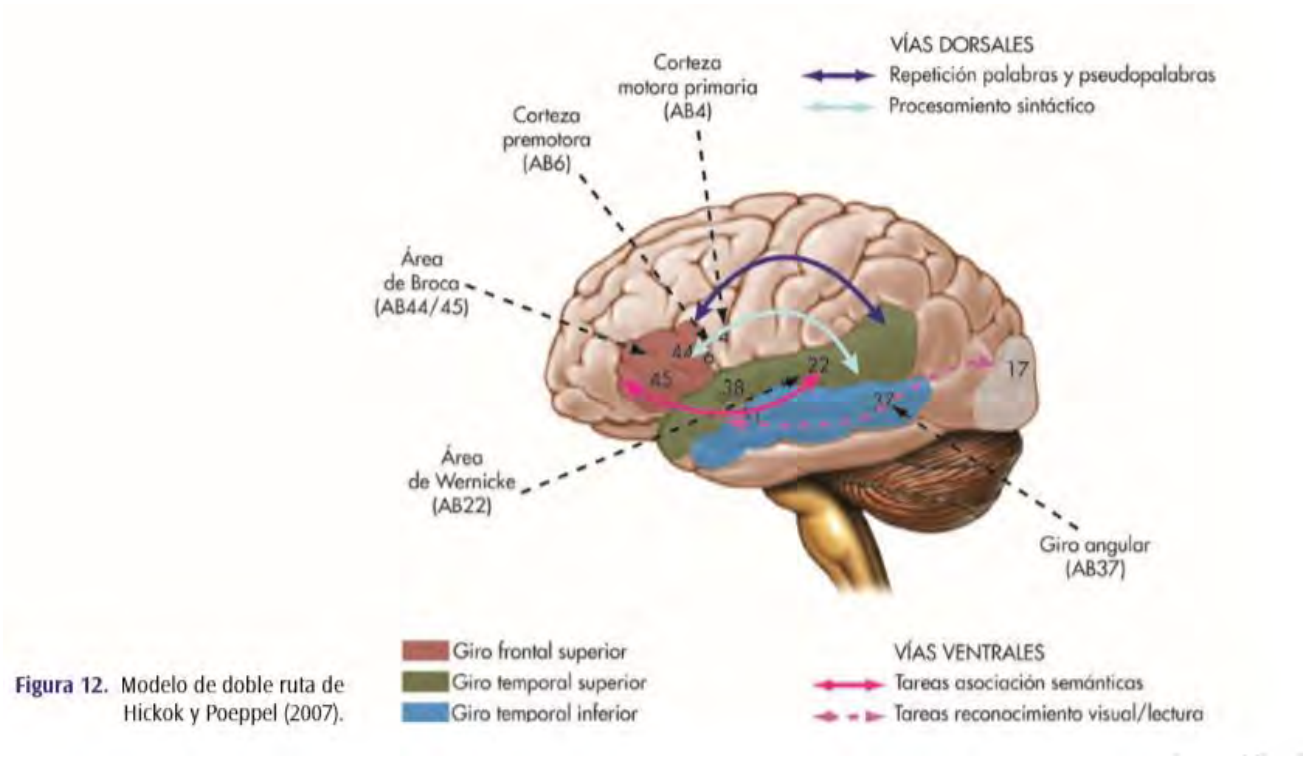


Figura 12. Modelo de doble ruta de Hickok y Poeppel (2007).

4.2.1.1. La corriente dorsal

En la ruta dorsal, sería donde se conectan las representaciones sonoras de los sonidos del lenguaje con las representaciones articulatorias que están almacenadas en las cortezas prefontrales.

Esta vía tiene dos funciones principales:

- **Permitir la repetición de las palabras y las pseudopalabras**. Esta tarea se lleva a cabo a través de la vía que va desde el giro temporal posterior/giro temporal superior a la corteza dorsal premotora.
- **Facilitar el procesamiento sintáctico complejo**, que se realizaría por la vía que va desde el giro temporal superior hasta el área de Broca, que es el lugar en el que se produciría el procesamiento sintáctico complejo.

El segmento directo del **fascículo arqueado está implicado en al aprendizaje de palabras** nuevas. Es muy importante durante el desarrollo de las habilidades del lenguaje en los niños.

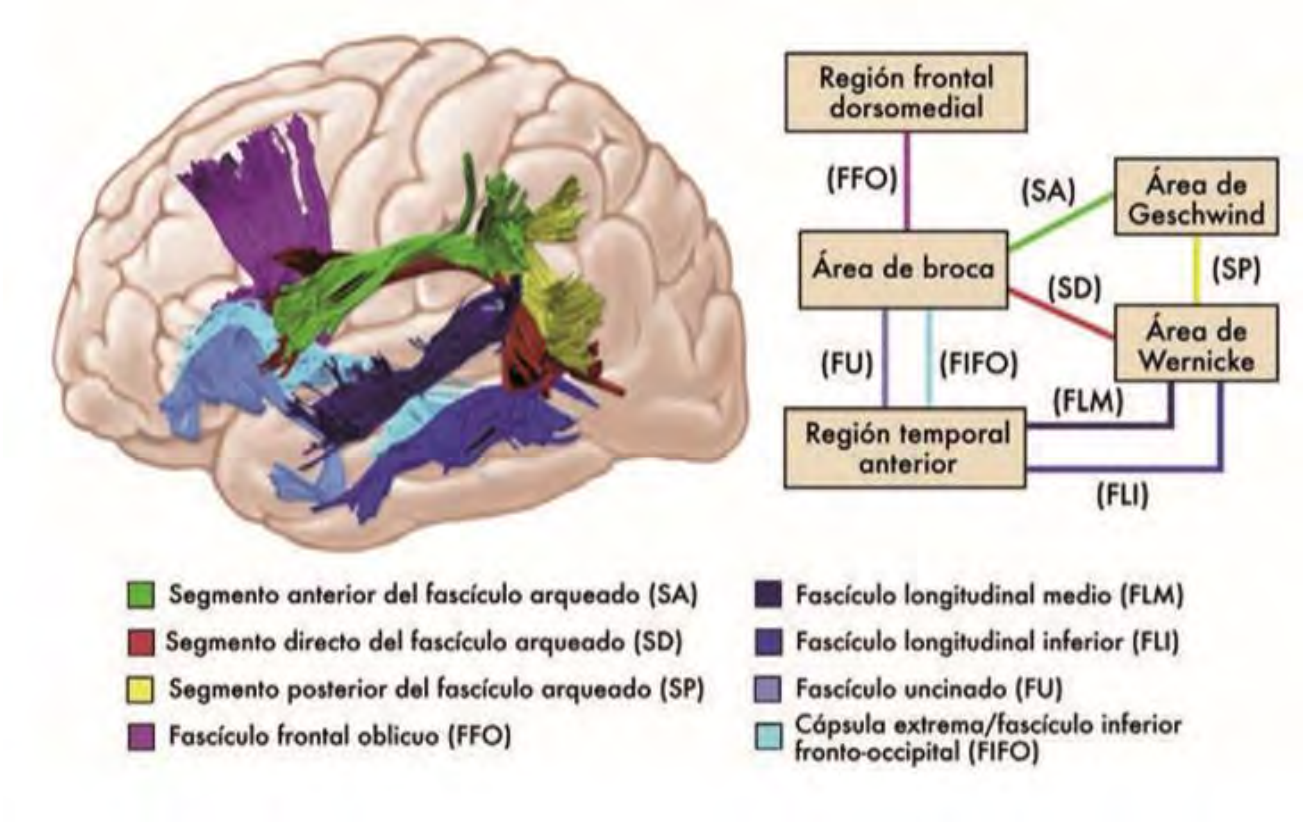
4.2.1.2. La corriente ventral

También llamada la **ruta del "qué"**. En la corriente ventral se **procesaría el significado**. Está implicada en el proceso de reconocimiento auditivo, que se requiere para la comprensión del lenguaje, procesamiento léxico, sintáctico y semántico.

Está **organizada jerárquicamente**, de tal forma que el procesamiento del input a un nivel depende de que dicho procesamiento haya tenido lugar en el nivel anterior. Esta ruta comprende tres vías y está poco lateralizada.

- **El fascículo uncinado interviene en las tareas de asociaciones semánticas**, las tareas de denominación y las de recuperación léxica.
- **El fascículo longitudinal inferior lleva la información visual y auditiva** y estaría implicado en el reconocimiento visual de objetos, en la lectura y en la identificación de las representaciones de los objetos con sus etiquetas léxicas.
- **El fascículo frontooccipital inferior es el único que conecta directamente la corteza occipital y la frontal** en los humanos y se considera una parte del sistema de neuronas

espejo. Este fascículo no está presente en los simios. Parece ser que está envuelto en la lectura y la escritura



¿Cómo se lleva a cabo el procesamiento del lenguaje según el modelo de doble ruta de Hickok y Poeppel?

- **La información acústica se procesa** en las cortezas auditivas primarias de ambos hemisferios.
- Esa información **pasa al giro temporal medial dorsal** en los dos hemisferios donde se identifican los códigos fonológicos.
- A partir de ahí la información **pasa a la doble ruta**.
- En la **ruta dorsal**, la información se envía a la región temporoparietal de la cisura de Silvio del hemisferio izquierdo, que sería donde se conectan las representaciones sonoras de los sonidos del lenguaje con las articulatorias, que están almacenadas en las cortezas prefontrales.

- Las cortezas del **surco frontal inferior, la ínsula anterior y las áreas premotoras** son las responsables de generar los códigos articulatorios propios del lenguaje, que serían enviados bien a los músculos del aparato fonador, o al movimiento de las manos.
- Por la **ruta ventral** se procesaría el significado. Esta red es bilateral, la información que llega al giro temporal superior medial dorsal se proyecta al interfaz léxico de las regiones del giro temporal medial anterior y al surco temporal intermedio posterior de ambos hemisferios para asignar a la entrada fonológica la palabra almacenada.
- Una vez hecho esto, se **activa la información semántica sobre el significado**, el uso y las propiedades de dichas palabras almacenadas de forma ámpliamente distribuida en el cerebro.

Según este modelo, la **corriente *dorsal*** *está lateralizada* en el hemisferio izquierdo mientras que la **corriente ventral es bilateral**, aunque presenta un gradiente de lateralización que va hacia la izquierda en cuanto las funciones de las que se ocupa esta ruta se hacen más abstractas.

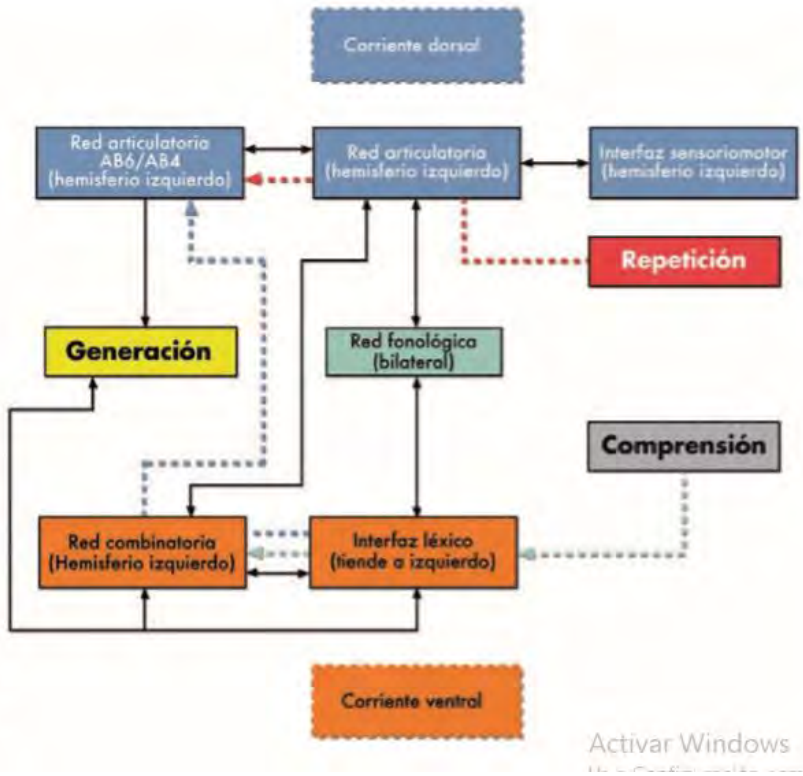


Figura 14. funcionamiento del modelo de doble ruta en el caso de repetición, comprensión o generación del lenguaje.

Activar Windows

5. PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE ESCRITO

El lenguaje escrito no se despliega de manera instintiva en los niños, sino que requiere de un procedimiento de aprendizaje difícil y, que exige varios años de duración hasta la automatización de las habilidades que posibilitan la lectura y la escritura.

5.1. Definición y componentes del lenguaje escrito

La lectura es un proceso que consiste en trasformar los signos gráficos en sonidos, en el caso de la lectura en voz alta, o en significados, en el caso de la lectura silenciosa.

Aunque para todos los que saben leer parece una actividad instantánea, **requiere de un aprendizaje** difícil en el que las características del propio lenguaje incluyen también. Algunas lenguas están basadas en un código fonético (español, inglés, italiano) o ideográficos (chino).

En el caso del lenguaje escrito se requiere la activación del:

- **Sistema ortográfico**: permite la identificación de las letras.
- **Sistema fonológico**: identifica los sonidos.
- **Sistema semántico**: se encarga de los significados.

5.2. Tipos y modelos de lectura

Existen dos modos diferentes de leer.

En la **lectura fonética** se lee utilizando un sistema **de conversión de grafema a fonema**, lo que hace que sea una lectura más lenta pero más precisa, siempre que el idioma en el que se lee sea un idioma trasparente, en el que las reglas de conversión de grafema a fonema sean siempre las mismas.

Habla: forma audible del lenguaje comunicativo, aunque también se refiere al uso particular que se hace del lenguaje.
Lexema: es la parte que se mantiene invariable en todas las palabras de una misma familia que expresa el significado común a toda la familia y puede coincidir o no con una palabra entera.
Morfema: es la unidad más pequeña de la lengua que tiene significado léxico o gramatical y no puede dividirse en unidades significativas menores.
Fonema: unidad individual de sonido que se agrupa en un orden concreto para producir palabras.
Grafema: unidad mínima e indivisible de la escritura. En el español se corresponde con las letras.

En la **lectura global**, se lee mediante la identificación de la forma completa de la palabra. Este tipo de lectura es más rápida y es muy utilizada en el aprendizaje de idiomas irregulares como el inglés, pero requiere de un mayor dominio de la lengua.

Al igual que ocurre en el caso del procesamiento del lenguaje oral, se han propuesto varios modelos para explicar el **proceso de lectura**.

5.2.1. Modelo doble vía de Coltheart y cols. (2001)

Según el **modelo de la doble vía** propuesto por Coltheart y cols. (2001), existen dos vías para la lectura dependiendo de las características de las palabras, de la competencia lectora y de las características del lenguaje.

En lectores competentes, si la palabra es desconocida en un idioma regular, utilizan **la vía subléxica (lectura fonética),** que se activa de manera serial, mientras que, si la palabra es familiar, se utiliza la **vía léxica (lectura global**) que se activa de manera paralela y en cascada y que es más rápida. La vía léxica, además, se puede dividir en dos subsistemas:

- La **vía léxica no semántica**, que activa la representación de todas las letras que componen una palabra en paralelo y, después activa la representación en el léxico ortográfico y fonológico para permitir la lectura en voz alta.
- La **vía léxica semántica**, sigue la misma ruta que la vía anterior hasta el léxico ortográfico y, ahí activa la representación semántica y, posteriormente, la representación fonológica. Esta vía es **imprescindible para conseguir una lectura comprensiva.**

Así que, en los lectores competentes que tienen una lectura rápida y precisa, se activan las dos vías simultáneamente, pero la vía léxica se utiliza para palabras cortas o muy familiares y la subléxica para palabras largas o menos frecuentes.

En las personas que leen de manera defectuosa, o en los niños que están aprendiendo a leer, la principal ruta de lectura es la vía subléxica, por lo que su lectura es más lenta, hasta que a través de la lectura se va incrementando el número de palabras familiares que se conocen, para que se pueda producir la lectura por la vía léxica.

5.2.2. Modelo del triángulo

Otros modelos como el del **triángulo propuesto por Seidenberg, en 2006**, tratan de explicar cómo se produce el aprendizaje de la lectura que consiste en la asociación entre las representaciones ortográficas (las palabras escritas) y las representaciones fonológicas y semánticas que corresponden a esas palabras.

Esta asociación se lleva a cabo de manera **bidireccional** y a través de unidades ocultas para producir dos patrones, el **fonológico**, que permite leer en voz alta una palabra escrita, y el patrón **semántico**, que empareja la ortografía y la fonología a través del significado, ya que una palabra escrita produce una activación del significado que activa la pronunciación.

El modelo del triángulo es una propuesta conexionista, que está concebido para funcionar de manera similar a como lo hacen las redes neurales.

Ambos modelos pueden explicar diversos efectos que se producen durante la lectura:

- La mayor fluidez en la lectura de las palabras frente a las pseudopalabras, se explica en el **modelo de doble ruta** porque en la lectura de palabras se utilizan tanto la vía léxica como la subléxica y en las pseudopalabras solo la subléxica.
- En el **modelo conexionista**, se explica porque las palabras tienen una mayor fuerza de conexión que las pseudopalabras.

Lenguaje opaco: se denominan así a los lenguajes irregulares, en los que a algunos grafemas les pueden corresponder más de un fonema como por ejemplo el inglés.
Lenguaje trasparente: también llamado regular, en el que a cada fonema le corresponde un grafema como en el caso del español.

Aunque la mayor parte de la investigación se ha realizado sobre la lengua inglesa, **debemos saber que:**

- El aprendizaje de la lectura en los niños que están aprendiendo en idiomas trasparentes es más rápido que si el aprendizaje se realiza en un idioma opaco.
- Los niños que leen en idiomas trasparentes suelen ser más precisos y rápidos que los que leen en idiomas opacos.
- El aprendizaje inicial de la lectura en español se hace mediante el método fonético, pero en inglés se hace mediante el método global, porque existen muchas palabras irregulares que necesitan ser memorizadas.
- El tiempo que se tarda en el aprendizaje de una lengua trasparente es menor que en el de una lengua opaca.
- A medida que aumenta la competencia lectora, se pasa de la lectura fonética a la lectura global.

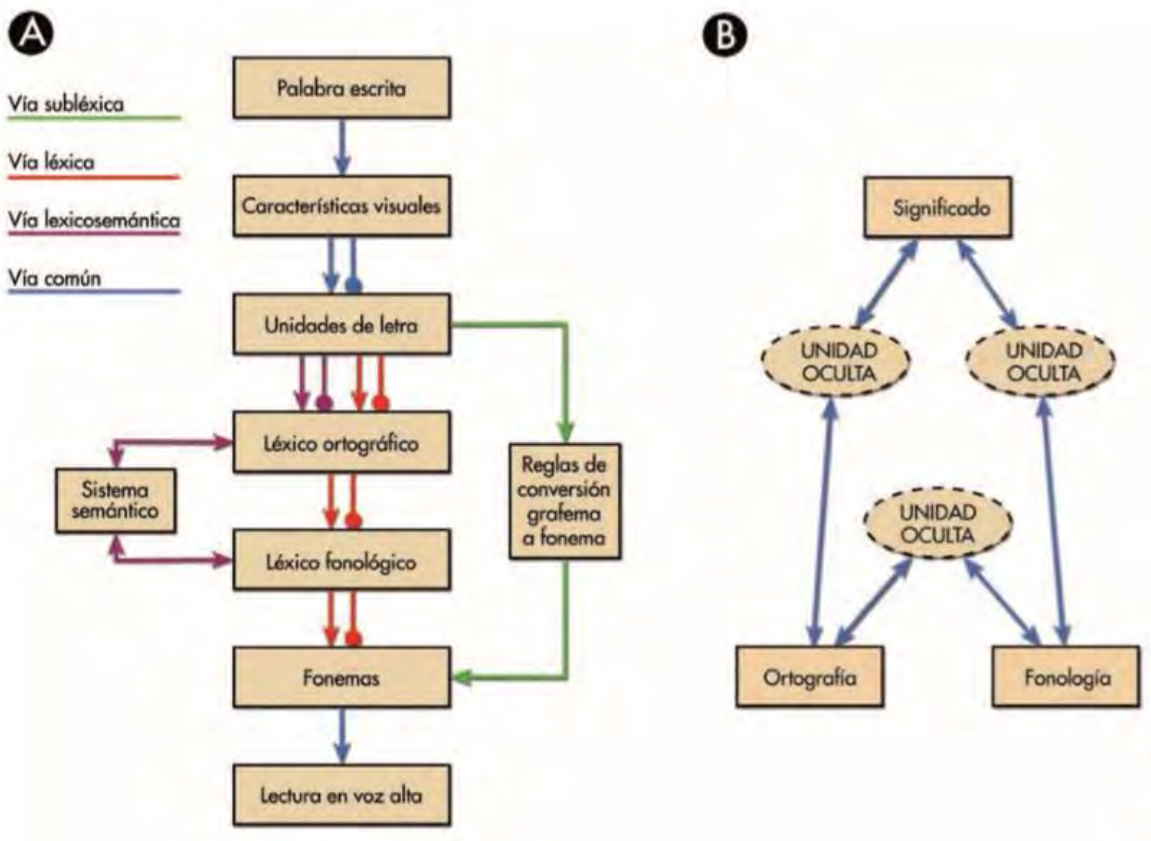


Figura 15. Modelo de doble vía (A) y modelo del triángulo (B) para la lectura.

5.3. Procesamiento cerebral del lenguaje escrito: bases neurológicas de la lectura

En el caso de la lectura, **no existe un circuito cerebral predeterminado para desarrollar esta habilidad,** ya que el sistema neural que controla la lectura se desarrolla durante el aprendizaje de esta (el cerebro aprovecha circuitos preexistentes que no son específicos de la lectura). Se han encontrado diferencias en los circuitos neurales entre las personas que saben leer y las que no.

Los primeros datos sobre el control neural del lenguaje escrito provienen de pacientes lesionados y ya Wernicke en 1874, utilizó los términos **alexía**[13] y **agrafía**[14] para explicar los defectos de la lectura y escritura, que se producirían por lesiones en la región visual del cerebro, porque la memoria visual de las letras es necesaria para la lectura y la escritura.

A finales del s. XIX**, Jules Dejerine identificó un área cerebral que se denominó el área de forma visual de las palabras**, en el giro angular del hemisferio izquierdo, como la zona más importante para la lectura. El hemisferio derecho no tendría papel en la lectura de palabras.

5.3.1. Datos obtenidos con los estudios de neuroimagen

Actualmente se ha propuesto la existencia de dos sistemas que intervienen en el procesamiento de la información que da lugar a la lectura: el **sistema dorsal**, en el que se integra la información visual con la fonológica y la semántica y el **sistema ventral**, que sería el encargado de la información ortográfica.

6. DISLEXIA

La dislexia es una dificultad para leer que no es consecuencia de un déficit visual, motor o intelectual. Existen varios tipos de dislexia que se clasifican en dos categorías principales, la **dislexia adquirida** [15]que es debida a daño cerebral que se produce en pacientes que ya sabían leer, y las **dislexias del desarrollo**[16] que se manifiestan cuando se está aprendiendo a leer.

[13] Alexía: pérdida total o parcial de la capacidad de leer cuando dicha capacidad ya está consolidada.
[14] Agrafía: pérdida total o parcial de la capacidad de escribir cuando ya se domina la escritura.
[15] Dislexia adquirida: debido a daño cerebral que se produce en pacientes que ya sabían leer.
[16] Dislexia del desarrollo: que se manifiesta cuando se está aprendiendo a leer. Se caracteriza por dificultades pronunciadas en la adquisición del código alfabético, que tiene como resultado errores en la precisión y déficits en la velocidad de lectura. No hay afectación de la inteligencia.

6.1. Dislexias adquiridas

Dentro de las dislexias adquiridas, existe otra categoría dependiendo de donde se encuentre el daño que provoca la dificultad para leer.

Tabla 2. Principales características de las dislexias adquiridas

	Dislexia fonológica	Dislexia superficial	Dislexia profunda	Dislexia letra a letra
Ruta dañada	Fonológica	Visual	Fonológica y visual o sistema semántico	Fonológica y visual
Ruta utilizada	Visual	Fonológica	Fonológica y/o visual	----------
Dificultad para leer	Pseudopalabras Palabras desconocidas	Palabras irregulares	Pseudopalabras Palabras abstractas o complejas	Palabras largas
Leen	Palabras familiares	Palabras o pseudopalabras regulares	Palabras familiares Palabras irregulares	Palabras cortas

6.1.1. Dislexias periféricas

Son las que resultan de problemas para la percepción de los signos lingüísticos y el ejemplo más característico de este tipo de dislexia es la **alexía pura** [17](letra a letra), en el que existe una dificultad para reconocer las palabras que tiene como característica una lectura en voz alta extremadamente lenta ya que la lectura se hace reconociendo letra a letra.

6.1.2. Dislexias centrales

Afectan a los procesos de reconocimiento de palabras, ya que existen problemas en las rutas de acceso al significado de estas. Las tres principales clases de dislexia adquirida central son:

[17] Dislexia letra a letra o alexia pura: consiste en una grave dificultad o incluso incapacidad para la lectura

- **Dislexia fonológica**[18]: en la que está afectada la vía subléxica por lo que solo se pueden leer palabras basándose en la forma de estas, pero se han perdido la capacidad de aplicar las reglas de pronunciación.
- **Dislexia superficial**[19]: en la que está afectada la vía léxica, pero se conservan el procedimiento fonético.
- **Dislexia profunda**[20]: es la más grave de todas las dislexias adquiridas.

Una característica muy interesante es que la repercusión y gravedad de la dislexia está en función del idioma. Así **la dislexia superficial prácticamente no se diagnostica en hablantes de español, pero es muy grave en inglés**. En cuanto a la dislexia profunda en español tampoco tiene mucha prevalencia.

El sitio cerebral dañado en los diferentes tipos de dislexia varía. En la **dislexia superficial está asociada predominantemente con lesiones en el lóbulo temporal izquierdo**, principalmente en el giro occipital medial, la parte posterior de los giros temporal, medio y superior izquierdo, la parte posterior e inferior de la ínsula izquierda y el fascículo inferior occipitofrontal izquierdo. En la **dislexia fonológica las lesiones se solapan en la parte superior de las partes anteriores y centrales de la ínsula izquierda**, el giro inferior frontal izquierdo (pars opercularis) y el giro precentral izquierdo y, las lesiones en los casos de alexia pura se dan en el giro fusiforme izquierdo incluyendo el área de forma visual de las palabras. En los casos de dislexia profunda, sin embargo, el patrón de lesión encontrada fue inconsistente y los autores sugieren que se debe más a una lesión en la sustancia blanca.

6.2. Dislexia del desarrollo

Se caracteriza por dificultades pronunciadas en la adquisición del código alfabético, que tienen como resultado errores en la precisión y déficits en la velocidad de lectura. Esta alteración no se correlaciona con el nivel de inteligencia general del niño y no desaparece con el tiempo, de tal forma que se estima que el 20% de la población adulta lo padece.

[18] Dislexia fonológica: trastorno de la lectura en el que se pueden leer las palabras utilizando la forma global de las palabras
[19] Dislexia superficial: trastorno de la lectura en el que se pueden leer las palabras utilizando el método fonético
[20] Dislexia profunda: trastorno de la lectura que afecta a las dos vías de lectura

Se han identificado, como predictores de este problema, la falta de conciencia fonológica (diferencias entre GATO y PATO) y las tareas de denominación rápida de imágenes o de memoria a corto plazo verbal.

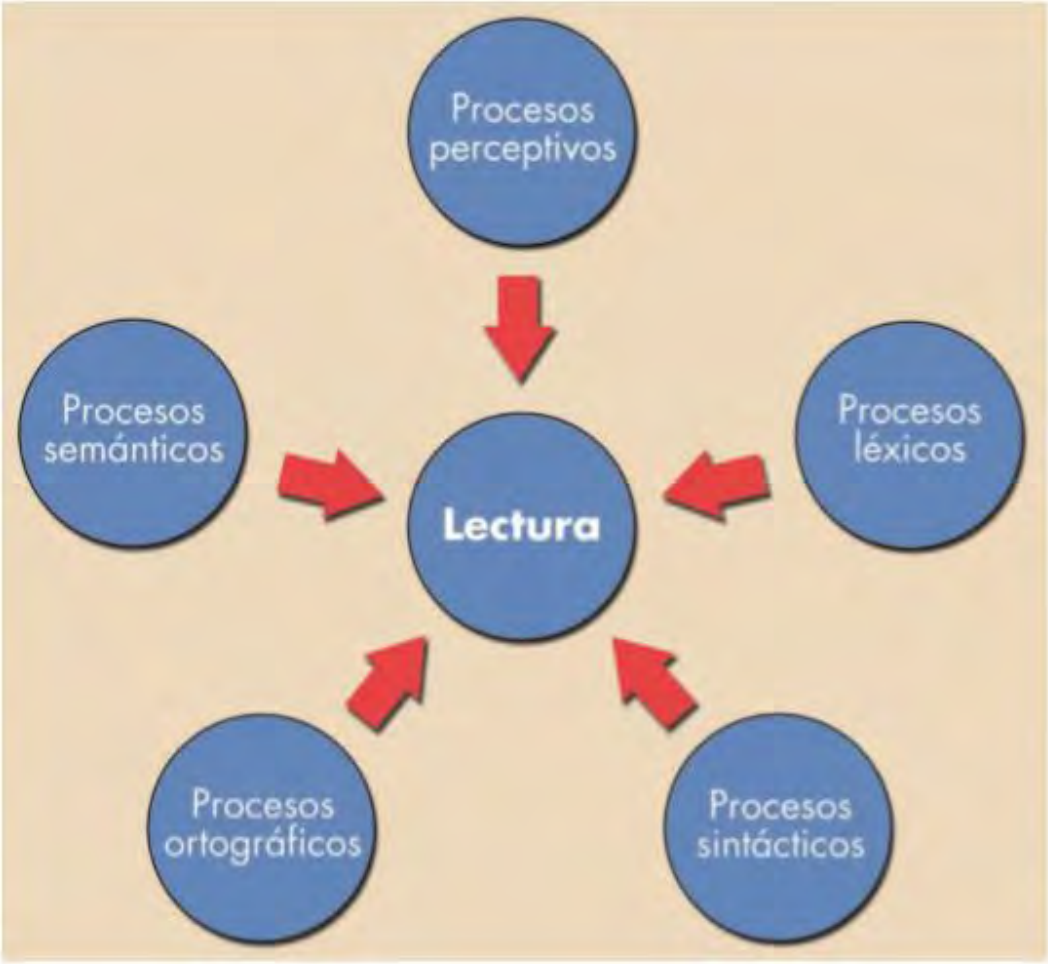


Figura 17. Procesos que se necesitan para la lectura.

6.2.1. ¿Cuál es el origen de la dislexia del desarrollo?

Tiene un origen biológico que causa diversas alteraciones morfológicas y funcionales en el cerebro de las personas disléxicas. Muchas investigaciones han puesto de manifiesto que la dislexia del desarrollo tiene un **origen genético**, y que los factores genéticos explican entre el 30-70% de la variabilidad en la capacidad de lectura observada en la población normal (alta heredabilidad).

En el caso de la dislexia, se han identificado diversos loci[21], pero los que están más relacionados con el desarrollo de la misma son los loci DYX1, DYX2, DYX3, DYX4 y DYX5 en los que se han encontrado varios genes candidatos que contribuyen a la aparición de la dislexia del desarrollo, bien sea porque afectan a procesos de lectura como los loci DYX1, DXY3, DXY4 o porque provocan alteraciones en los patrones migratorios de las neuronas en la corteza cerebral como el DYX2 y el DXY5.

6.3. Alteraciones cerebrales relacionadas con la dislexia

La principal evidencia de que existen alteraciones cerebrales que pueden estar explicando la dislexia del desarrollo proviene de dos tipos de datos. Estudios de cerebro post mortem o más recientemente, el estudio con técnicas de imagen cerebral, que demuestran la existencia de alteraciones en la morfología cerebral de las personas con dislexia.

6.3.1. Datos anatómicos

Una de las alteraciones cerebrales en la dislexia del desarrollo que se ha identificado más frecuentemente es la **pérdida de la asimetría del Planum Temporale** en los pacientes en las personas con dislexia esta zona tiende a ser simétrica.

Además, se encontraron **ectopias o alteraciones en la formación de las capas de la corteza cerebral**, provocadas por células que durante la migración neuronal no van a la capa cortical que les corresponde y se quedan en otra capa, provocando malformaciones en el patrón típico de la corteza cerebral.

Por eso, se piensa que la dislexia del desarrollo puede deberse a un defecto que se produce durante el desarrollo del sistema nervioso, en el que los mecanismos de ajuste de población neuronal como la apoptosis, es decir, la muerte celular programada, no se produce de forma correcta y, esto tiene como consecuencia alteraciones en la morfología cerebral.

Con las técnicas de imagen cerebral también se ha visto alteraciones en el cerebro de las personas con dislexia. En concreto la RM estructural revela **alteraciones en el volumen y en**

[21] Lugares en que se encuentran situados varios genes.
Más información en: Loci (Biología) © https://glosarios.servidor-alicante.com

la forma del cerebro de las personas con dislexia, por ejemplo, disminución de volumen de la materia gris, descenso en la girificación de la sustancia blanca, incremento del tamaño del cuerpo calloso.

En trabajos utilizando ITD, se ha comprobado que la materia gris está disminuida en las personas con dislexia en el giro temporal medial y que la materia blanca esta disminuida en el fascículo arqueado izquierdo. Estas diferencias se encuentran, además, tanto en personas que hablan lenguajes opacos como en personas que hablan lenguajes trasparentes, por lo que se puede considerar que estas alteraciones están en la base de los problemas con la lectura en las personas con dislexia.

6.3.2. Datos funcionales

En cuanto a las alteraciones funcionales, parece existir una disfunción de los circuitos neuronales responsables del procesamiento fonológico que afectaría a la discriminación de los fonemas durante el aprendizaje de la lectura, y que tendría a su vez como consecuencia una mala construcción de lexicón ortográfico que resulta imprescindible para el acceso rápido al reconocimiento y deletreo de palabra.

Las regiones que están afectadas en personas con dislexia del desarrollo son:

- **La región dorsal posterior izquierda**, en la que se incluyen el giro temporal superior, el giro supramarginal y el giro angular, que estaría hipoactivada y seria la responsable de la dificultad en la decodificación fonológica.
- **La región ventral occipitotemporal izquierda**, cuya baja activación sería responsable del déficit en la velocidad del reconocimiento de las palabras.
- **El giro inferior frontal**, en el que se produciría una sobreactivación que tendría que ver con el esfuerzo articulatorio.

Un aspecto esperanzador en la investigación de la dislexia del desarrollo es que se ha demostrado que la mejora en el desempeño de las tareas de lectura, mediante un programa de entrenamiento, provoca un cambio en la función y en la misma anatomía cerebral, puesto que las personas con dislexia que han seguido dichos programas de entrenamiento, muestran

patrones normalizados de activación que perduran hasta un año después del mismo, por lo que el desarrollo de programas de intervención para ayudar a las personas con dislexia podría contribuir a mejorar su competencia lectora.

Fuentes:

- Resumen Natalia R.S.
- Collado Guirao, P., & Guillamón Fernández, A. (2017). *Psicología fisiológica* (1ª ed.). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

KIBBUTZ.es

Autoevaluaciones

AUTOEVALUACIÓN.

Ejercicio JQuiz Autoevaluación Capítulo 6.

Abreviaturas

5-HT	serotonina
5-HTR	receptor de serotonina
AB	área de Brodmann
ABA	anorexia basada en actividad
Acc	núcleo accumbens
Ach	acetilcolina
ACTH	hormona adrenocorticotropa (del inglés, adrenocorticotropic hormone)
ADN	ácido desoxirribonucleico (del inglés deoxyribonucleic acid)
Afp - α	fetoproteína - α
AMG	amígdala
AMPc	adenosín monofosfato cíclico
AN	anorexia nerviosa
AND	4,16-androstenediona
APF	área perifornical
APM	área preóptica medial
ARC	núcleo arcuato
ARNm	ácido ribonucleico mensajero
ATV	área tegmental ventral
BE	benzoato de estradiol
BOA	bulbo olfativo accesorio
CART	transcripto relacionado con la cocaína y la anfetamina
CC	corteza cingulada
CCA	corteza cingulada anterior
CCAd	corteza cingulada anterior dorsal
EST	estra-1,3,5(10),16-tetraen-3-ol
EVE	estímulo erótico visual explícito
FA	fascículo arqueado
FSCr	flujo sanguíneo cerebral
FU	flutamida
GABA	ácido gamma aminobutírico
GH	hormona del crecimiento (del inglés, growth hormone)
GnRH	gonadotropina (del inglés, gonadotropine releasing hormone)
h>m	hembra con mayores medidas que el macho
HA	histamina
HAC	hiperplasia adrenal congénita
HAM	hormona anti-Mülleriana
HCM	hormona concentradora de melanina
HHA	eje hipotálamo-hipofisario-adrenal
HL	núcleo lateral del hipotálamo
HT	hombre transexual
icv	administración intracerebroventricular
IGF-1	factor de crecimiento insulínico tipo 1 (Del inglés, insulinic growth factor)
IMC	índice de masa corporal
ip	administración intraperitoneal
IPE	intervalo post eyaculacion
ITD	imágenes tensionales de difusión
LH	hormona luteinizante o luteotropina (del inglés, luteinizing hormone)

CCK	colecistoquinina
CPF	corteza prefrontal
CPFdl	corteza prefrontal dorsolateral
CPFdm	corteza prefrontal dorsomedial
CPFvl	corteza prefrontal ventrolateral
CPFvm	corteza prefrontal ventromedial
CRH	hormona liberadora de corticotropina
D1 y 2	receptor de dopamina 1 y 2
DA	dopamina
DE	disruptores endocrinos
DHT	dihidrotestosterona
DMH	núcleo dorsomedial del hipotálamo
EEG	electroencefalograma, electroencefalografía
EP	eyaculación prematura
EON	efecto del orden de nacimiento
L	segmento lumbar de la médula espinal.
LC	locus coeruleus
m>h	macho con mayores medidas que la hembra
MCR	receptor de melanocortinas
MCR-4	receptor de melanocortinas 4
MDV	núcleo medial dorsal de nervio vago
MT	mujer transexual
NA	noradrenalina
NEST	núcleo de la estría terminal
NESTla	núcleo de la estría terminal, región lateral anterior.
NESTmp	núcleo de la estría terminal, región medial posterior
NGc	núcleo gigantocelular
NIHA-1 (3)	núcleos intersticiales del hipotálamo anterior número 1 y número 3
NKB	neurokinina B
nPGC	núcleo paragigantocelular
NPV	núcleo paraventricular del hipotálamo
NPY	neuropéptido Y
NSQ	núcleo supraquiasmático
NTS	núcleo del tracto solitario
NVL	núcleo vestibular lateral
OV	órgano vomeronasal
PB	núcleo parabraquial
POMC	proopiomelanocortina
PRAG	proteína relacionada con agouti
PrB	prosencéfalo basal
PRPE	periodo refractario posteyaculación
PT	propionato de testosterona
PVH	núcleo paraventricular del hipotálamo
RA	receptor de andrógenos
RE	receptor de estrógenos
Reα	receptor de estrógenos alfa
Reβ	receptor de estrógenos beta
RD	rafe dorsal
RM	resonancia magnética
RMf	resonancia magnética funcional
S	segmento sacro de la médula espinal
SGC	sustancia gris central
SGPA	sustancia gris periacueductal
SGPAvl	región ventrolateral de la sustancia gris periacueductal
SIA	síndrome de insensibilidad a los andrógenos
SIAC	síndrome de insensibilidad a los andrógenos completo
SK	síndrome de Klinefelter
SL	septum lateral
SLD	núcleo sublateral dorsal del puente
SNC	sistema nervioso central
SOP	sistema olfativo principal
SRAA	sistema reticular activador ascendente
SRY/Sry	región determinante del sexo del cromosma y (del inglés Sex Determining Region)
SSE	saciedad sensorial específica
ST	síndrome de Turner
SV	sistema olfativo accesorio o vomeronasal
TAC3	taquiquinina 3.
TC	tomografía computerizada
TEL	trastorno específico del lenguaje
TEP	tomografía por emisión de positrones
TH	tirosina hidroxilasa
TLD/TPP	núcleo tegmental laterodorsal/tegmental pedúnculo pontino
TM	núcleo tuberomamilar del hipotálamo
TRH	hormona liberadora de tirotropina
VIC	volumen intracraneal
VLPO	núcleo ventrolateral del área preóptica
VMH	núcleo ventromedial del hipotálamo
YR	receptores del neuropéptido Y
ZSPV	zona subparaventricular del hipotálamo
α – MSH	hormona estimulante de los melanocitos