



FACULTAD DE FILOLOGÍA

**GRADO EN LENGUA Y LITERATURA
ALEMANA**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

CURSO 2014/2015

**TÍTULO: Introducción a los estudios sobre bilingüismo y
cerebro**

AUTOR: Jesús Portillo Miranda

Fecha:	VºBº del Tutor:
Firma:	Firma:

Índice

1. Introducción	3
2. Estudios de cerebro y lenguaje.....	5
2.1 Introducción histórica.....	5
2.2 Técnicas y métodos.....	6
2.3 Fundamentos biológicos.....	8
2.4 Componentes del cerebro implicados en el lenguaje.....	9
2.5 Afasias.....	11
2.6 Relación entre cerebro y lenguaje.....	13
3. El cerebro bilingüe	15
3.1 Introducción.....	15
3.2 ¿Una o más áreas cerebrales?.....	16
3.3 Resultados mediante pruebas con técnicas de neuroimagen.....	19
3.4 Modelo de control inhibitorio.....	20
3.5 Modelo neurolingüístico integrado	22
3.6 Lateralización.....	22
3.7 Posibles implicaciones didácticas.....	24
Conclusiones	26
Bibliografía	28

1. Introducción

No se sabe cuánto tiempo pasaría entre la primera mutación del gen humano FOXP2, el cual nos da la capacidad del lenguaje, (Longa 2006: 177-207) y las primeras escrituras de la edad del bronce. Lo que sí es cierto es que aquella mutación cambiaría completamente la historia de la especie humana, sin la cual no habría llegado a lo que es hoy. Los diferentes grupos culturales han generado lenguas distintas, símbolos de su identidad. De forma inevitable, estos grupos han entrado en contacto, conectando también sus lenguas y surgiendo el bilingüismo como una necesidad instrumental de comunicación con otros seres humanos. El bilingüismo surge de la necesidad de entendimiento y de la unión de culturas, lo cual vemos hoy reflejado en las huellas del pasado, en hallazgos arqueológicos como la piedra Rosetta ¹(López 2000: 5-29), por ejemplo, y también en la sociedad actual que refleja la mezcla que se ha producido a lo largo de los siglos generando numerosas situaciones de bilingüismo a lo largo del mundo.

El siglo XIX y XX produjo innumerables estudios en torno al bilingüismo, algunos desde una perspectiva social, que tienen en cuenta los cambios sociales y políticos, migraciones, economía... y otros con puntos de partida individuales como la perspectiva cognitiva, que analiza la relación entre el lenguaje y la capacidad cognitiva, el enfoque sociocultural, psicolingüístico o neurolingüístico, que es el que va fundamentar este trabajo. (Alarcón 1998: 164-190)

Son muchos los autores que han intentado definir este fenómeno. Para Bloomfield (1933 y citado por Alarcón 1998) el bilingüismo implica “un dominio de dos lenguas igual que un nativo”, una definición que tiene en cuenta el nivel de la L2. Weinreich (1953 y citado por Alarcón 1998) afirmaba que el bilingüismo era la práctica de utilizar dos lenguas de forma alternativa. Macnamara (1967 y citado por Alarcón 1998) propone una definición de este fenómeno que acepta un mínimo nivel de competencia en una segunda lengua ya sea hablar, leer, entender o escribir.

¹ Fragmento de roca encontrado por las tropas napoleónicas con el mismo texto en latín, griego y egipcio antiguo que sirvió para descifrar y comprender la escritura jeroglífica.

En este trabajo se lleva a cabo un estudio descriptivo de los avances más relevantes en el campo de la neurolingüística centrandó la atención en los descubrimientos en torno al funcionamiento y la organización cerebral de las personas bilingües.

Para ello se ha dividido este estudio en dos bloques. El primero centrado en los estudios generales sobre cerebros monolingües, una breve historia de la neurolingüística y los fundamentos biológicos del lenguaje, principalmente la neurona y partes del sistema nervioso central.

La segunda parte recoge las hipótesis y los estudios más importantes de los últimos años respecto al cerebro bilingüe, compilando teorías de diversos autores y en muchas ocasiones otras que podrían desmentir a la anterior, una tendencia muy frecuente de este tipo de estudios, ya que el estudio del cerebro es algo muy complejo.

Entre la bibliografía de partida podemos destacar las aportaciones de Gómez-Ruiz (2008, 2010), Caplan (1992) y Paradis (2004), los cuales han hecho recopilaciones de estos estudios fáciles de entender para el lector ajeno a los términos neuroanatómicos, lo que se ha procurado también en el presente trabajo.

2. Estudios de cerebro y lenguaje

2.1 Introducción histórica

Hallar una relación entre cerebro y lenguaje y el estudio de las funciones particulares de este órgano no es una tarea exclusiva de los últimos siglos propiciada por las avanzadas técnicas científicas de las que disponemos. Ya en la época del Egipto faraónico encontramos papiros en los que se describen traumatismos por heridas de guerra en diversas partes del cuerpo, entre ellas el cerebro, y su tratamiento, además de una descripción de las partes dañadas. También contamos con textos del afamado médico griego Hipócrates (400 a.C.), textos latinos del siglo primero después de Cristo o los avances de Galeno (130-220 d.C.), que descubrió que la voz estaba regulada por el cerebro. También le debemos a este médico la teoría ventricular, un modelo de localización cerebral organizado en ventrículos, en el cual la memoria comparte espacio con el habla, de modo que los trastornos del lenguaje fueron relacionados posteriormente con problemas de memoria. (Whitaker 1998: 17-54)

La época renacentista puede ser considerada una segunda fase en el desarrollo de las ciencias. El abandono de la escolástica medieval supuso la posibilidad de dar grandes pasos en estos desarrollos (Whitaker 1998). Contamos con *Observationes medicae de capite humano* (1548), escrito por Schenck y von Grafenberb, recoge diversas observaciones neuropsicológicas.

El siguiente paso agigantado en la neurociencia llega en el siglo XIX. La frenología (actualmente considerada pseudociencia) buscaba demostrar que algunos elementos de la personalidad más sobresalientes que otros tendrían efecto en el área del cerebro encargada de esa parte y al mismo tiempo un efecto en el tamaño del cráneo. Sin embargo sirvió para sentar unas bases muy sólidas en la búsqueda de las funciones de cada parte del cerebro. En la obra de Whitaker se habla del científico alemán Franz Joseph Gall (1758-1828) el fundador y abanderado de esta corriente, situó la capacidad el lenguaje en los lóbulos frontales y constató que había un núcleo encargado de memorizar palabras y otro de su articulación.

Paul Broca (1824-1880) llevó a cabo uno de los avances que más interesan en este estudio. Este médico francés supuso que al observar el cerebro de un cadáver y ponerlo en relación con la conducta de su dueño, podría entenderse que parte estaba relacionada con que conducta. La historia cuenta que tuvo un paciente llamado Leborgne, también era conocido como “Tan”, ya que era la única palabra que era capaz de pronunciar. Tras la muerte del paciente y su posterior autopsia observó una lesión en la zona del cerebro que hoy es conocida como área de Broca, centro de producción, procesamiento y comprensión del lenguaje. (Ardila 2005: 133)

Karl Wernicke (citado por Ardila 2005: 138) también hizo una contribución importante al localizar el área implicada en la comprensión del lenguaje y en la decodificación auditiva. El área de Broca y el área de Wernicke siguen siendo hoy día las dos partes más importantes en la relación entre cerebro y lenguaje.

2.2 Técnicas y métodos

La época de Paul Broca y Karl Wernicke supuso un avance significativo en los estudios neurológicos. Sin embargo, los resultados finales podían contener sesgos debido a los métodos de observación del cerebro, téngase en cuenta que en muchos casos era necesaria la muerte del paciente para poder observar el cerebro, por ello las técnicas de neuroimagen supusieron un paso de gigante en estas investigaciones como viene recogido en el manual de Carlson (2004: 68).

Algunos experimentos que han contribuido a la localización del área cerebral que hace posible el lenguaje en los humanos son los realizados con personas que sufren el síndrome del cerebro dividido como nos revela muy claramente el trabajo de Maestú (1998). Normalmente la parte derecha del cerebro controla la parte izquierda del cuerpo y viceversa, también existe una comunicación entre hemisferios para intercambiar la información obtenida por cada lado. Esto no ocurre así en los pacientes con cerebro dividido.

En un experimento en el que se les hacía tocar objetos sin poder verlos se demostró que eran incapaces de nombrar los objetos que tocaban con la mano izquierda ya que la información táctil llegaba al hemisferio derecho pero no al izquierdo, sólo podían nombrar los objetos tocados con la mano derecha.

En el siglo XX surgió una importante técnica *in vivo* para observar qué hemisferio cerebral dominaba determinadas funciones como el lenguaje. El llamado Test de Wada consistía en inyectar un anestésico a través de la carótida que inactivaba las áreas cerebrales irrigadas por esta arteria. Esto provocaba una disminución del movimiento y no una parálisis, un estado conocido como hemiparesia (Mestú 1998). Mientras el cerebro se encontraba en esta fase, se llevaban a cabo pruebas sobre repetición de palabras, memorización, comprensión o denominación, afirmando que la mayor parte de las partes implicadas en el lenguaje se localizaban en el hemisferio cerebral izquierdo.

El carácter eléctrico de la neurona (que se mostrará más adelante) hace posible experimentar el efecto de la electricidad en las funciones cerebrales. Se ha demostrado por ejemplo que al aplicar impulsos eléctricos en áreas relacionadas con el lenguaje se producen perturbaciones en el habla. Lo mismo ocurriría si aplicásemos estos impulsos a zonas de control motor. (Abril 2005)

Contamos por otro lado con técnicas radiológicas muy avanzadas como derivamos de la rigurosa obra de Carlson (2004):

- Tomografía axial computerizada (TAC): proporciona una imagen en blanco y negro, bidimensional, de la parte del cerebro sobre la que se apliquen los rayos X.
- Imagen de resonancia magnética (IRM): esta técnica detecta la actividad magnética de los átomos de hidrógenos. Esta información se registra y se convierte en imágenes.
- Tomografía por emisión de positrones (TEP): al inyectar un líquido con un isótopo radiactivo en el cerebro, el escáner detecta los rayos gamma producidos por el cerebro al reaccionar con este líquido. Lo llamativo de esta técnica es la posibilidad de obtener una imagen del cerebro en tiempo real.

- Resonancia magnética funcional (RMf): a diferencia de la TEP, esta técnica no utiliza ningún componente radiactivo y proporciona imágenes con mayor resolución. Consiste en localizar mediante un escáner los cambios en los niveles de oxígeno en las distintas partes del cerebro.

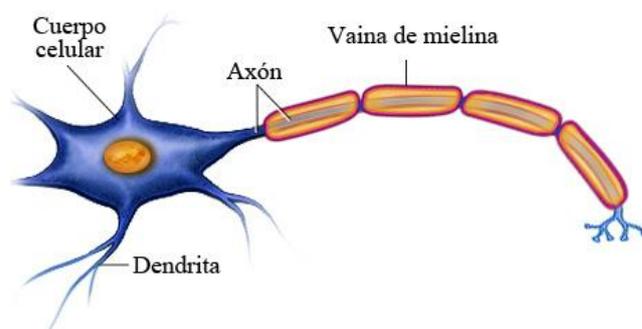
Se pueden citar otros métodos como los potenciales evocados, el uso de electrodos en el cuero cabelludo de los pacientes y observar cual registra mayor actividad eléctrica tras un estímulo.

2.3 Fundamentos biológicos

Para poder abordar este estudio de forma adecuada, es necesaria una pequeña introducción a las bases biológicas de la conducta y del lenguaje, destacando la importancia de la neurona y sus características y las partes del cerebro.

2.3.1 La neurona

El científico español Santiago Ramón y Cajal fue galardonado en 1906 con el Premio Nobel de Medicina por la llamada doctrina de la neurona, uno de los mayores avances en la historia de la neurociencia. Según esta doctrina, las neuronas son las unidades básicas del sistema nervioso, células que no forman tejidos pero que están conectadas entre sí, formadas por un núcleo (soma) y unas prolongaciones que reciben o emiten estímulos a otras neuronas (axón y dendritas). (Abril 2005)



Los axones y las dendritas son respectivamente emisores y receptores de información. El proceso de transmisión de datos

entre neuronas es conocido como sinapsis, que puede ser a través de impulsos eléctricos (sinapsis eléctrica) o por la liberación de sustancias químicas como la dopamina o la serotonina, los llamados neurotransmisores. (Abril 2005)

2.3.2 El cerebro

Es el núcleo del sistema nervioso central, el órgano más enigmático del cuerpo humano. Tiene una primera división en dos hemisferios, izquierdo y derecho, la siguiente forma de fragmentar el cerebro sería la corteza cerebral (la parte superior) y las áreas subcorticales. Como se ve en la imagen, la corteza se encuentra segmentada en otras partes llamadas lóbulos: el frontal, parietal, occipital y temporal, siendo este último el más importante en este estudio al estar más relacionado con las áreas del lenguaje. (Carlson 2004: 80)

Por debajo de la corteza encontramos fibras nerviosas llamadas materia blanca encargadas de conectar ambos hemisferios (el conocido como cuerpo calloso) y facilitar el envío de información de un lado a otro y al resto del cuerpo a través de la médula espinal.

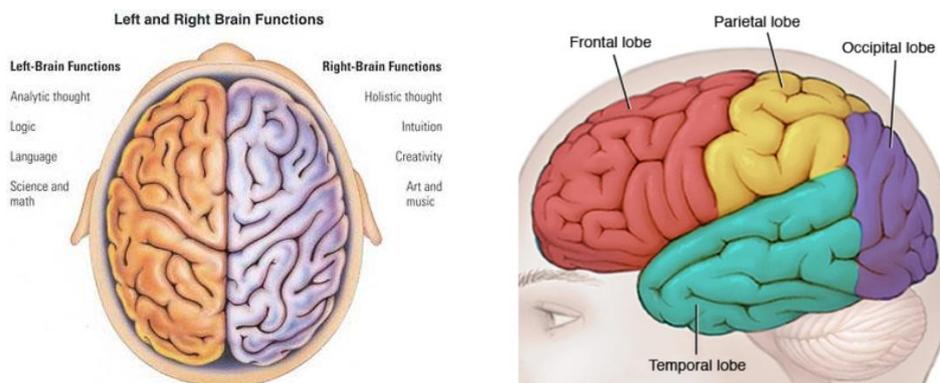


Ilustración 2: representación de los hemisferios y lóbulos cerebrales. Imágenes de Neuropsychology, <http://jaugusty.weebly.com/>

2.4 Componentes del cerebro implicados en el lenguaje

El área de Broca y el área de Wernicke no son las únicas dos partes del cerebro implicadas en los mecanismos del lenguaje. El hecho de que la producción oral o escrita de la lengua requiera de movimiento o que la recepción de las señales llegue por vía visual, auditiva o táctil hace que haya diversas partes implicadas que han podido estudiarse gracias a las nuevas técnicas de neuroimagen comentadas previamente a partir de los datos recogidos por Carlson (2004). Sin embargo David Caplan (1992) recordó que esta distribución de componentes lingüísticos no es igual en todos los cerebros humanos y postuló que podría atender a razones genéticas, orgánicas o ambientales.

Para abordar mejor estos componentes lingüísticos es conveniente dividirlos según qué competencia desarrollen:

Producción oral

Las áreas de Broca y de Wernicke son las partes fundamentales en el proceso de codificación del habla, sin embargo, las técnicas de imagen revelan la importancia de la corteza motora. Es importante mencionar también los pares craneales, unos nervios que parten directamente del cerebro y se

distribuyen por la cabeza, el cuello, tórax o abdomen, encargados por ejemplo de controlar los músculos faciales, el movimiento ocular...

En el caso de la producción oral estarían implicados el nervio hipogloso para mover la lengua, el facial en los movimientos del rostro, el glossofaríngeo controla el velo del paladar y la faringe y el trigémino, relacionado con el movimiento de la mandíbula. Carlson (2004: 97)

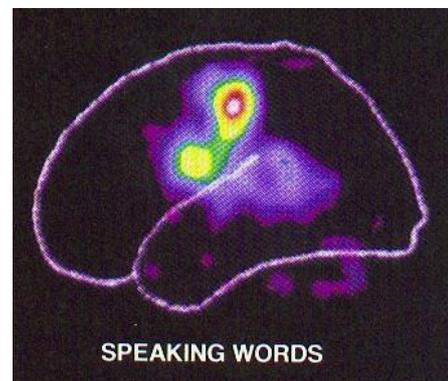


Ilustración 3: imagen de PET

Fischbach, G. D. (1992). *Mind and brain*. *Scientific American*, 267(3), 24-33.

Comprensión oral

La señal acústica recorre el sistema auditivo hasta la cóclea, donde es transformada en una señal eléctrica para su procesamiento cerebral. El área auditiva primaria es la encargada de procesar esta información, está situada en el lóbulo temporal, en la circunvolución de Heschl.

Esta parte no solo lleva a cabo la recepción de las señales externas sino el discernimiento entre un sonido u otro o entre ruido y lenguaje. Podría hablarse de la existencia de un procesador especializado en la detección de sonidos lingüísticos. (Carlson 2004: 98)

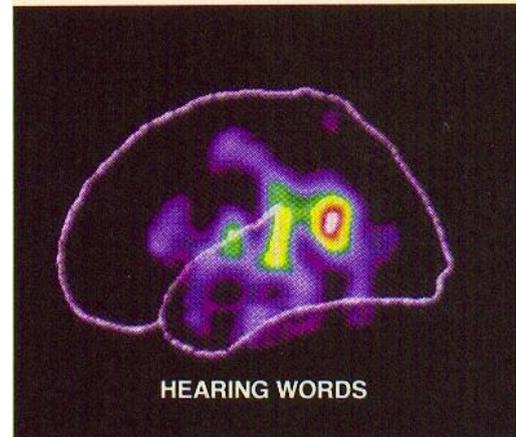


Ilustración 4: imagen obtenida mediante PET

Fischbach, G. D. (1992). *Mind and brain*. Scientific American, 267(3), 24-33.

Producción y comprensión escrita

Es un sistema similar al citado en la producción oral. En este caso las neuronas más implicadas son aquellas relacionadas con la corteza motora, concretamente aquellas encargadas de la mano. Por la complejidad no solo de las tareas lingüísticas sino de aquellas que se realizan en general con la mano y con la cara, estas partes son las que tienen una mayor representación neuronal en el cerebro. (Carlson 2004: 100)

Mientras que en el caso de la producción el cerebro debe hacer una conversión de fonemas a grafemas para poder escribir un mensaje, en este caso es al contrario. Las señales recibidas a través del quiasma óptico se transforman en señales eléctricas que viajan al otro lado del cerebro, a la corteza occipital, lugar en el que son procesadas. (Carlson 2004: 104)

2.5 Afasia

Con este nombre se conocen aquellos trastornos del lenguaje producidos por una lesión cerebral. Estos daños pueden producirse por golpes, tumores, o roturas de vasos sanguíneos. El área del cerebro afectada provocará diferentes efectos en el lenguaje, pudiendo verse trastornada la capacidad de comprensión, de producción oral, la lectura o la repetición. (Ardila 2005: 35)

Desde el enfoque modularista, los pacientes afásicos han representado una gran contribución a la localización de las partes del cerebro implicadas en cada aspecto del lenguaje, como ya se explicó con anterioridad. A continuación se detallan algunos de los tipos de afasia más importantes.

Afasia de Broca

La conocida área de Broca se vería afectada en estos casos, determinando principalmente la incapacidad de producción de lenguaje. Los pacientes con este tipo de afasia cometerían errores como titubeos, habla telegráfica, confusión de fonemas cercanos (como /p/ y /b/), problemas de lectura. Puede haber alteración de la escritura y la capacidad de denominación se ve también muy afectada. (Ardila 2005: 93)

En el estudio de Broca sobre el paciente conocido como “Tan”² se observó que la lesión en esta área se había extendido a áreas motoras cercanas, de forma que se desencadenó la parálisis del brazo derecho y de la pierna izquierda en dos fases temporalmente diferenciadas.

Afasia de Wernicke

Al contrario que en la afasia de Broca, donde la comprensión del lenguaje no suele verse afectada, aquí es la capacidad principalmente dañada. El paciente no pierde la capacidad de producir lenguaje, sin embargo, emite expresiones sin sentido aun de forma fluida. Al verse afectada la comprensión, los que sufren la afasia de Wernicke no

² El paciente del doctor Broca solo era capaz de decir “Tan”

solo no entienden el lenguaje sino que no son conscientes de que su forma de comunicarse carece de sentido. Abundan también las repeticiones, los neologismos y las alteraciones internas de las palabras. La capacidad lectora también sufre daños, de forma que es muy complicado para los expertos poder comunicarse con pacientes de esta afasia. (Ardila 2005: 105)

Existe el caso conocido como afasia global en el que el paciente sufre la afasia de Broca y de Wernicke al mismo tiempo, provocando que además de los síntomas anteriormente descritos, el paciente no tenga ese habla fluida. (Ardila 2005)

Afasia de conducción

Esta afasia se debe a la lesión del fascículo arqueado, una región cortical que enlaza el área de Broca con el área de Wernicke. Los síntomas principales son dificultades en la repetición del lenguaje. El paciente suele presentar muchas pausas al hablar, dudas en la autocorrección y frases cortas (no más de cinco palabras). (Ardila 2005: 98)

Afasia anómica

Debido a una lesión que puede ser en diferentes áreas cerebrales el paciente tiene dificultades para la denominación. Según Ardila (2005: 98) es el tipo de afasia menos grave y más frecuente.

2.6 Relación entre cerebro y lenguaje

A lo largo de la historia han surgido diferentes modelos para explicar la relación entre cerebro y lenguaje. Estos empezaron con una perspectiva localizada (localismo), donde cada área tenía una función lingüística. Más tarde aparecieron los enfoques asociacionistas, que establecieron conexiones entre funciones del lenguaje y áreas cerebrales. Actualmente se está trabajando más con las teorías holistas, las cuales defienden la existencia de redes neuronales a lo largo del cerebro que trabajan de manera conjunta en la realización de las tareas (Deacon, 1989: 1-47).

El enfoque modularista es considerado como el punto de vista más clásico para explicar la relación entre el cerebro y el lenguaje. Surgió en el siglo XIX, teniendo repercusión incluso en el siglo siguiente. Karl Wernicke (citado por Caplan 1992) propuso que la conexión de distintos componentes cerebrales darían como resultado muchas funciones prácticas. Este enfoque sitúa cada capacidad lingüística en un núcleo localizado (como se ha explicado y situado anteriormente). Aun así, los avances en radiología del siglo XX han permitido separar las diferentes capacidades lingüísticas en partes específicas del cerebro, descubriéndose mecanismos encargados de tareas precisas como la denominación.

El enfoque holista coincide con la desvinculación de esos núcleos cerebrales con capacidades lingüísticas concretas. Según Freud, las palabras se almacenaban en el cerebro formando asociaciones y redes

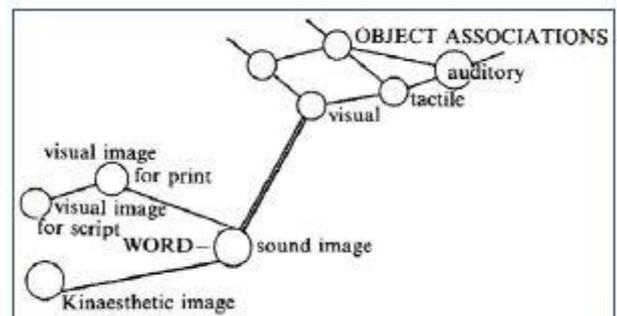


Ilustración 4: modelo holista de Freud

neuronales. El autor afirmaba que el lenguaje se encontraba en una zona cuyos límites coincidían con las zonas encargadas de la visión, el tacto, el olfato y el movimiento, por lo tanto esas zonas también eran estimuladas al emitir o recibir un mensaje.

Otro modelo citado por Caplan (1992: 134) es el que podría ser llamado enfoque jerárquico. Desde esta perspectiva la conducta y la actividad neural son concebidas como la superposición de funciones complejas sobre otras capacidades básicas (actividades automáticas, involuntarias y primitivas como la respiración, los actos reflejos...). En lo que a la lingüística respecta, este enfoque proponía que para la producción del lenguaje era necesario estimular las imágenes auditivas de las palabras. Este modelo también difiere del modularismo, al no darle independencia a las diferentes zonas del cerebro y sus respectivas funciones.

A lo largo del siglo XX cobró gran importancia el estudio de las afasias. Esto ha posibilitado la creación por un lado de un gran número de modelos para explicar la relación entre cerebro y lenguaje y por otro ha permitido ser más precisos en la localización de áreas y funciones específicas. La principal complicación de este método es la correcta interpretación de los datos proporcionados por los estudios con este tipo de pacientes y su comparación con un cerebro sano.

Sin embargo, para Ángel López (2011: 5-29) este método es una *trampa metodológica*. En los últimos años están adquiriendo más importancia los enfoques holistas y la existencia de redes neuronales que harían funcionar al cerebro como un todo en uno. Este autor se mantiene en el centro de estos dos enfoques, modular y distribuido, afirma que ambos procesos pueden darse en el cerebro humano. El empleo por parte del encéfalo de un tipo u otro dependerá de la complejidad de la tarea (las más sencillas implicarían un proceso distribuido).

3. El cerebro bilingüe

3.1. Introducción

Desde el siglo XIX existe un gran interés por discernir la organización cerebral de las personas bilingües. Este fenómeno surgió a partir de pacientes afásicos que dominaban dos lenguas antes de la lesión, los cuales mostraron diferentes patrones de recuperación del lenguaje. En *Étude sur l'aphasie chez les polyglottes* (1895), el neurólogo francés Pitres observó que los pacientes políglotas no recuperaban el dominio de los dos idiomas de la misma forma.

Con el paso de los años estos casos de mucha importancia y atrajeron mucho interés, llegándose a conocer tres clases de recuperación:

- Recuperación paralela: las dos lenguas se recuperaban a la vez y prácticamente al mismo nivel.
- Recuperación sucesiva: primero se recupera una lengua y después la otra.
- Recuperación selectiva: se recupera una lengua y la otra permanece alterada.

Posteriormente a Pitres se estudiaron otros patrones de recuperación no paralela (Gómez-Ruiz, 2008):

- Recuperación diferencial: las dos lenguas no se recuperan del mismo modo.
- Recuperación por antagonismo: una lengua bloquea a la otra provocando espacios temporales de disponibilidad. Éstos pueden durar entre un día y tres semanas.
- Recuperación mixta: ambas lenguas se recuperan pero de forma mezclada, haciendo que el paciente cometa fallos lingüísticos.

Gómez-Ruiz (2008) también diferencia varios tipos de errores a la hora de traducir en las personas con estos trastornos:

- Incapacidad de traducir en ambos sentidos.
- Necesidad compulsiva de traducir todos los estímulos lingüísticos recibidos.
- Incapacidad para entender una lengua pero sí es posible traducirla.
- Traducción paradójica: “habilidad para traducir a una lengua que es inaccesible para su uso espontáneo, acompañado por una incapacidad para traducir a la lengua que en ese momento puede utilizarse” (Gómez-Ruiz 2008: 443-452).

¿Qué lengua se recupera primero? Esta es una pregunta que ha generado mucho debate. Para Ribot (1881), los primeros datos que se pierden de la memoria serían los últimos que el paciente habría conocido, por ello la lengua que quedaría tras una lesión sería la lengua materna. Por su parte Pitres (1895) se sitúa en el lado opuesto afirmando que en las recuperaciones selectivas y sucesivas será más fácil volver a tener un dominio de la lengua con más carga afectiva o familiar, sea cual sea. La explicación para esto se basa en las conexiones más consistentes entre las neuronas de esta lengua.

Aun así existen otras causas para explicar los distintos tipos de patrones: gravedad de la lesión, localización, bilingüismo, historia del paciente... (las cuales son descartadas por Gómez-Ruiz para la explicación total de los patrones de recuperación).

3.2 ¿Una o más áreas cerebrales?

El estudio de la localización de la capacidad lingüística en el cerebro vuelve a ponerse a debate con el estudio de pacientes afásicos bilingües. A continuación se detallan algunas de las más importantes. Paradis (2004: 110) recopiló los diferentes grupos de teorías y las agrupó de la siguiente forma:

- Hipótesis del sistema extendido: en primera lugar es conveniente citar a Pitres (1895) (citado por Paradis, 2004: 127), uno de los primeros investigadores en este campo, el cual postulaba que todas las lenguas compartían la misma área en el cerebro. La explicación que le daba entonces a los patrones de recuperación no paralela se basaba en una lesión en los mecanismos de control de la lengua. Esta hipótesis enuncia también que al no dividirse las lenguas en diferentes partes del cerebro, la segunda lengua aprendida sería una alteración estilística del primer sistema lingüístico, lo cual explicaría los errores accidentales de los bilingües al mezclar una lengua con otra. Sin embargo, estas teorías chocarían directamente con los patrones de recuperación no paralelos.
- Hipótesis del sistema dual: en el lado contrario se sitúa Scoresby-Jackson (1867), (citado por Paradis, 2004: 110) el cual afirmó que las lenguas no comparten zonas cerebrales. La lengua materna se localizaría como cabe de esperar en el área de Broca mientras que las nuevas lenguas formarían nuevos núcleos en la parte anterior frontal de esta área. Esta teoría fue desmentida tras el estudio post mortem de un políglota que hablaba hasta 54 lenguas, el cual demostró un área de Broca y zonas circundantes completamente normales.

Über die parietal bedingte Aphasie und ihren Einfluss auf das Sprechen mehrerer Sprachen (1925), es un ejemplo de estudio más avanzado. En este caso, Pötzl (1925, traducido por Paradis en 1983: 176-189) pone pruebas a favor de que las personas bilingües pueden desarrollar zonas cerebrales específicas para funciones propias de una persona que habla más de una lengua:

mecanismos de selección y cambio de lengua, traducción... Sin embargo Gómez Ruiz (2008: 443-452) critica estas hipótesis ya que dan explicación a algunos patrones de recuperación no paralela pero no arrojan luz ni son compatibles con los casos de recuperación paralela.

En los años 70 y 80 la electroestimulación durante la cirugía cerebral abrió caminos en este campo de estudio. Ojemann y Whitaker (1978) concluyeron en sus estudios que ciertas áreas tenían implicación en el procesamiento de las dos lenguas, otras, por su parte podían inhibir una u otra lengua bajo estimulación. Mediante la estimulación de diferentes partes en el cerebro de una mujer de 30 años, Ojemann (1978: 409-412) observó diferentes partes implicadas en la denominación de objetos en griego o en inglés. Había otras partes del área de Broca y Wernicke que afectaba a ambas lenguas o solo a una de las dos. En un principio podría demostrar que la segunda lengua compartiría áreas con la lengua materna mientras que también existirían zonas exclusivas de cada lengua. La crítica de Gómez-Ruiz (2010: 443-452) ensombrece un poco estos descubrimientos, en primer lugar porque una sola persona no es una muestra significativa por muy sana que esté, por otro lado la autora afirma lo difícil que es estimular más de una vez el área cerebral y que éstas no estaban claramente definidas en este estudio además de que la única capacidad lingüística evaluada fue la denominación.

- Hipótesis del sistema tripartito: la hipótesis de Minkowski (1928) (citado por Paradis, 2004:115) postulaba que todas las lenguas compartirían la misma área pero con diferentes circuitos neuronales, es decir, por un lado se almacenarían los elementos comunes de las dos lenguas mientras que aquellos que difieren entre una y otra ocuparían otros espacios. Este grupo de hipótesis tiene de reprochable que no consigue explicar aquellos patrones de recuperación en los que sólo sufre daños una de las dos lenguas.

- Hipótesis del subconjunto: las lenguas se agruparían según Michel Paradis (2004:116) en áreas comunes por una parte y por otro lado en áreas específicas y separadas. Estas hipótesis postulan que existen dos tipos de conexiones neuronales dentro del mismo sistema, un sistema por lengua. Las lenguas no están en diferentes espacios corticales, pero tienen la posibilidad de funcionar de forma autónoma. Esto podría explicar todos los patrones de recuperación. El sistema lingüístico es un sistema general en el que las diferentes lenguas serían subsistemas, de modo que podría sufrir daños el conjunto completo o uno de los subsistemas.

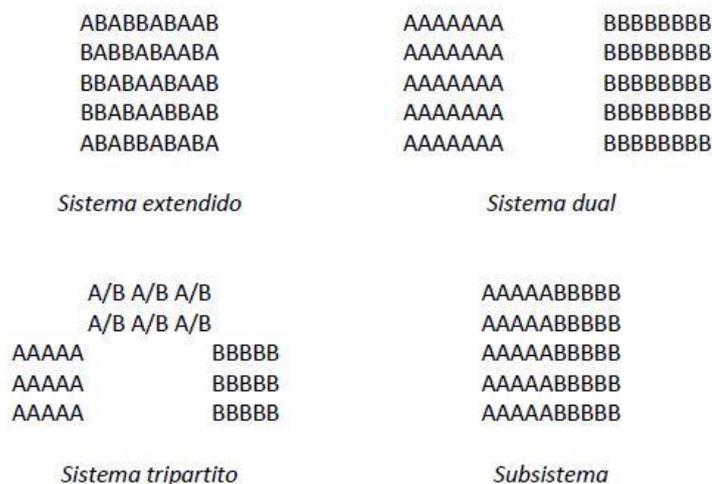


Ilustración 4: esquema con las hipótesis recogidas por Paradis

3.3 Resultados de pruebas mediante técnicas de neuroimagen.

Según los estudios de Fabbro (2001 : 211-222), una de las primeras veces que se utilizaron estas técnicas en el estudio del cerebro bilingüe fue de la mano de Klein (1999). Estos estudios con TEP a finales de los años 90 indicaron eso sí, que en las personas bilingües se activaba más una región subcortical llamada putamen durante la producción de palabras en la lengua que dominaban menos. Esto se corrobora y explica el llamado síndrome del acento extranjero, una enfermedad en el que el paciente empieza a hablar con un acento extranjero después de recibir daños en zonas por debajo de la corteza.

Un estudio posterior con chinos también por Klein (1999: 2841-2846) que aprendieron inglés en la adolescencia, los cuales debían llevar a cabo tareas de formulación de verbos, mostró que el empleo de ambas lenguas estimulaba las mismas áreas cerebrales. Estos primeros estudios de cerebros bilingües con este tipo de técnica evidenciaron que no existen diferencias macroscópicas en las zonas del cerebro que se veían activadas al procesar cualquiera de las dos lenguas en personas bilingüe además de que eran las mismas zonas de los monolingües.

En otro estudio de 1997, Kim, Relkin, Lee y Hirsch trajeron grandes hallazgos en el estudio de la organización cerebral de los bilingües. Tomaron a seis bilingües tempranos y seis tardíos, de los cuales compararon qué áreas eran activadas durante la generación de oraciones. Esta vez se empleó la resonancia magnética funcional, la cual ofreció unas imágenes en las que se apreciaban diferencias entre ambos grupos. Tenían en común la activación del área de Broca, sin embargo los bilingües tardíos activaban dos centros diferentes separados por unos ocho milímetros, lo cual no ocurría en los bilingües tempranos, que no mostraban separación anatómica en la activación de una u otra lengua.

Otros estudios han llevado en primer lugar a la conclusión de que las dos variables que afectan a la representación de la lengua en el cerebro son la edad de adquisición y el nivel de competencia lingüística. Un estudio de 2002 de Hasegawa, Carpenter y Just evidenció una mayor activación cerebral al usar la segunda lengua debido a la demanda cognitiva requerida, la cual es superior a la empleada en la primera lengua. Abutalebi et al. (2001) también recogió diferencias entre bilingües precoces y tardíos. Por un lado, los bilingües tempranos activaban un mecanismo neuronal único para las dos lenguas. Por otra parte, los bilingües tardíos se dividían en aquellos que tenían un alto nivel en la L2 activaban las mismas áreas para esa lengua que para la L1 mientras que los que tenían menos nivel mostraban otros mecanismos de activación diferentes para la L2. Esto coincide con los estudios que demostraron que las tareas complejas repetidas una y otra vez a lo largo del tiempo se vuelven automáticas debido a que el cerebro forma conexiones neuronales que hacen que se transmita la información a mayor velocidad y requiriendo menos demandas energéticas. Por ello, cuanto más se practique la segunda

lengua, más automática se volverá para el usuario y menos esfuerzos cognitivos necesitará para el procesamiento.

3.4 Modelo de control inhibitorio

En 1895 ya Pitres (citado por Paradis, 2004: 183) dio una explicación a los fenómenos de recuperación no paralela del lenguaje en pacientes bilingües afásicos en la que partía de la base de que estas personas no poseían una organización cerebral diferente de los bilingües. Con el término *debilitación* postuló que la base física de una lengua no se destruía en la afasia, se debilitaba, es decir, la lesión hacía que ese idioma fuese inaccesible. Esto provocaba la inhibición de una lengua y los diferentes grados de inhibición se correspondían con los distintos patrones de recuperación. La recuperación de una lengua u otra podía deberse entonces a una lesión bien en los mecanismos de control de las lenguas o en el acceso a uno u otro sistema lingüístico.

Siguiendo este punto de partida, en 1986, Green (1986: 210-223) hace un gran aporte a este campo de estudio y crea el “modelo de control inhibitorio”, con el que pretendió explicar cómo se distribuyen los recursos para usar una lengua u otra en el cerebro bilingüe. Este modelo está basado en tres conceptos, control, activación y recurso.

1. En primer lugar el control implica la separación de los códigos lingüísticos a través de los mecanismos de control ya citados.
2. La activación por su parte permite acceder a una palabra, la cual debe superar un umbral de activación para estar disponible. Los sistemas lingüísticos tienen tres estados de activación:
 - Seleccionado: disponible para el output. Palabras y estructuras básicas.
 - Activo: los sistemas lingüísticos requieren esfuerzos para poder generar la palabra o el mensaje.
 - Durmiente: la palabra, expresión o la estructura reside en la memoria a largo plazo, siendo muy difícil que llegue al output verbal.

3 Los recursos energéticos son necesarios para controlar la activación o inhibición de componentes lingüísticos.

El modelo de Green (1986: 210-223) comprendía tres centros de control con el objetivo de generar el mensaje, el cual partía de representaciones conceptuales en la memoria a largo plazo. El primer centro era el de control ejecutivo, encargado de mantener los objetivos comunicativos. El segundo control regía los esquemas lingüísticos para las tareas (denominación, traducción...) y el tercero era necesario para la selección de la palabra adecuada. Green también habló de que las palabras llevaban etiquetas para que los sistemas de control supieran a qué sistema pertenecían.

Para seleccionar un idioma lo realmente necesario era desactivar el idioma no deseado para poder activar correctamente el otro. En este modelo Green mostró dos formas diferentes de suprimir uno u otro sistema. En primer lugar de forma interna, evitando la recuperación de los sonidos de las palabras de la lengua que no se quiere hablar, por otro lado se puede suprimir de forma externa, desactivando el output verbal de la lengua no deseada a la hora del ensamblaje fonológico. Por ello, según este modelo, la pérdida de una lengua por una afasia puede ser consecuencia más bien de problemas en la capacidad de desactivación de la lengua que se habla y no de la falta de activación en la lengua no deseada.

3.5 Modelo neurolingüístico integrado

El ya citado Michel Paradis (2004: 187) llevó a cabo un estudio que ha contribuido en buena parte a interpretar la organización de las lenguas en el cerebro bilingüe. Está basado en el modelo de subconjuntos que ya se vio anteriormente. Según este modelo el lenguaje es una capacidad cognitiva específica que difiere de otras funciones cerebrales. En el caso de los bilingües este dominio se dividiría en subsistemas lingüísticos, tantos como lenguas, los cuales están compuestos por módulos.

Estos módulos serían las representaciones de los registros y los niveles lingüísticos (fonología, morfología, léxico, sintaxis...) que a su vez se dividen en subsistemas para cada lengua hablada. A su vez están aislados unos de otros, pero pueden compartir el output de salida. Esta teoría modular se apoya en casos de pacientes que tras una lesión han sufrido daños solamente en una función lingüística concreta.

3.6 Lateralización

¿Hay una mayor implicación en el hemisferio derecho de las personas bilingües en el procesamiento de la segunda lengua? A lo largo de los años ha habido diferentes posibilidades al respecto, algunas de ellas, enumeradas por Paradis, (2004: 97) postularían que los dos hemisferios procesan la información de la misma manera pero con mayor implicación del izquierdo. Otras afirmarían que el procesamiento de la información en el hemisferio derecho es indispensable para que el izquierdo pueda interpretar la información, aunque éstos participen de forma activa a partes iguales, el hemisferio derecho sería algo complementario.

Vaid y Hall (1991: 81-112) recogieron las teorías más importantes respecto a la cuestión de si hay diferencias en el uso del hemisferio derecho durante el procesamiento del lenguaje por parte de personas bilingües y monolingües. Otro asunto a resolver era la posibilidad de que existiese una diferencia en la lateralización de las dos lenguas en personas bilingües.

En primer lugar la hipótesis del bilingüe balanceado, la cual afirma que un alto nivel en una lengua adquirida produce una reestructuración cognitiva que puede desembocar en una mayor colaboración del hemisferio derecho en las funciones lingüísticas.

En la hipótesis de la segunda lengua, habría una mayor implicación del hemisferio derecho en la adquisición de la L2 respecto a la L1. Según esta, los bilingües tempranos no tendrían un mayor dominio del hemisferio izquierdo en el lenguaje como sí lo tendrían los bilingües tardíos con un elevado nivel de la L2.

Según Opler (1982: 192), el hemisferio derecho tendrá mayor implicación en la segunda lengua conforme esta adquiere una mayor competencia ya que, como se ha dicho anteriormente, este hemisferio corresponde a un elevado nivel lingüístico, mientras que el derecho se adapta más a los procesos y necesidades del aprendizaje (lo cual ratificaría los patrones de recuperación no paralelos).

Gómez-Ruiz (2008: 443-452) propone tres posibilidades para las causas de la menor lateralización del lenguaje en personas bilingües. La primera sería la hipótesis de la modalidad, según la cual al aprender una lengua a través de la lectura se emplea más el hemisferio izquierdo, de carácter más analítico, mientras que al aprender de forma oral se vería más implicado el derecho.

Una segunda hipótesis formulada por Gómez-Ruiz (2008: 443-452) tiene en cuenta que algunas lenguas demandarán por sus características una mayor implicación de un hemisferio u otro. Por último la tercera hipótesis, la cual afirma que si una persona estudia dos lenguas con vastas diferencias formales y estructurales, su cerebro tenderá a organizar los sistemas lingüísticos de cada lengua de forma separada.

En cualquier caso, se podría decir que el hemisferio derecho podría servir como un complemento lingüístico en aquellos aspectos que requieren mayor esfuerzo además de estar más implicado en tareas de tipo pragmático y menos analítico. Las personas con lesiones en el hemisferio derecho han demostrado tener problemas a la hora de entender la comunicación no literal (dobles sentidos, humor, ironías...). Pero esto no significa que la capacidad lingüística se encuentre en el hemisferio derecho, como ya demostró el Test de Wada.

3.7 Posibles implicaciones didácticas

A lo largo de la historia, diferentes teorías del conocimiento han intentado dar explicación a la forma en que nuestro cerebro adquiere el conocimiento. El ya rechazado cognitivismo consideraba el conocimiento como el producto de un procesamiento de datos y las relaciones e interacciones entre ellos. (Sánchez 2009: 74)

El conductismo por su parte solo aceptaba la observación externa y la aplicación de estímulos diferentes hasta lograr la respuesta deseada. Los constructivistas consideraron que el conocimiento es consecuencia directa de la experiencia, que cada uno construye su propio conocimiento, teoría que contradice con el innatismo de Noam Chomsky, según lo cual existirían ciertas capacidades lingüísticas con las que se nacen. (Sánchez 2009:80)

El estudio del cerebro es algo complejo al tiempo que enriquecedor para todas estas teorías. Las dificultades a la hora de estudiar el órgano más complejo conocido hace que los estudios se traten en numerosas ocasiones como hipótesis y no como hechos constatados. Además, en otros muchos casos, los resultados de un estudio aparentemente válido son desmentidos una y otra vez por un estudio posterior.

Sin embargo, un estudio de la Universidad de Northwestern (Houston) ha dado con una característica de los cerebros bilingües que podría tener diferentes consecuencias prácticas. Los resultados de esta investigación que puso a prueba a 17 bilingües español/inglés y 18 que solo hablaban inglés mostraron que los bilingües tienen una capacidad mayor para concentrarse en una tarea, es decir, pueden aislarse de las interferencias de su alrededor y del ruido con más facilidad. Una de las investigadoras, Viorica Marian (citada por Such 2015), lo explica así: “Es como un semáforo. Los bilingües siempre están dando luz verde a un idioma y la roja al otro. Cuando tienes que hacer eso todo el tiempo, te vuelves muy bueno reprimiendo las palabras que no necesitas”.

Esto se debe a que mientras los monolingües utilizan principalmente el área del cerebro propia del lenguaje, los bilingües emplean también áreas implicadas en la toma de decisiones para dar paso a una u otra lengua, lo cual reforzaría esa área cerebral.

Esto podría determinar la mayor adecuación de un método u otro en el aprendizaje de lenguas extranjeras. Cabría preguntarse si esta capacidad de las personas bilingües harían adecuado el uso de sistema de aprendizaje de tipo contrastivo con otras lenguas conocidas o cuánto debería emplearse la lengua materna en la enseñanza de idiomas con

personas monolingües, viendo si es plausible darles una mayor inmersión lingüística y aislamiento de la lengua ya conocida.

Se ha avanzado mucho en el estudio del cerebro en los últimos años, sin embargo aún falta muchísimo por explorar y por entender de este órgano tan complejo. Lo que sí se sabe es que la enseñanza basada en el cerebro es un punto de partida muy adecuado no sólo (y no por ello menos importante) por ser el núcleo del conocimiento del alumno sino por el contexto actual de auge en la neurociencia, que está permitiendo una mejora en la enseñanza, en la medicina y en la calidad de vida en general entre otros muchos ámbitos.

Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada en torno al tema estudiado nos permite presentar en este trabajo una visión general sobre los descubrimientos más importantes en torno a la relación entre lenguaje y cerebro y las implicaciones para el cerebro bilingüe.

Entre las técnicas actuales para el estudio del cerebro destacan los métodos de neuroimagen, que han permitido obtener imágenes “in vivo” del cerebro humano y dar explicación a muchos fenómenos diarios del ser humano.

A través de esas técnicas de neuroimagen somos capaces en la actualidad de constatar las bases biológicas del lenguaje, es decir, desde la neurona hasta el sistema nervioso central y sus diferentes partes, además de cuáles están implicadas en cada competencia lingüística y cuál es su funcionamiento. Gracias a ellos podemos determinar las diferentes afasias gracias a diversos estudios que nos han ayudado a distinguir más claramente qué partes del cerebro están implicadas en cada función.

A partir de esos estudios sobre afasia, los científicos han sido capaces de formular diferentes teorías sobre la relación entre cerebro y lenguaje, desde un extremo, la teoría modularista, hasta el contrario, con las nuevas teorías de redes las neuronales.

El cerebro bilingüe es uno de los campos con de gran interés para la neurociencia. Partiendo de los patrones de recuperación del lenguaje en personas que han sufrido una afasia tras una lesión cerebral y tras ver las diferentes teorías que surgen al preguntarse acerca de la representación de las dos lenguas en el cerebro, podemos afirmar que la teoría de los subsistemas es la que justifica un mayor caso de patrones de recuperación. Las técnicas de neuroimagen constituyen un gran apoyo para justificar estos patrones de recuperación, fundamentando tres modelos que intentan reforzar estas teorías: el modelo de control inhibitorio, el neurolingüístico integrado y por último, la lateralización.

Podemos entender a partir de todo esto que la mente bilingüe debe tener unas características diferentes a la monolingüe. Así nos lo enseña un estudio de la

Universidad de Northwestern (Houston) que muestra una característica de las personas bilingües muy a tener en cuenta a la hora de la enseñanza de nuevas lenguas.

Como conclusión final podemos derivar que la neurociencia puede verse muy beneficiada por los expertos en lingüística y viceversa. Sirva como ejemplo la aplicación de las neurociencias al ámbito de la educación, materializada en la disciplina de la neurodidáctica. También es importante tener en cuenta el valor del bilingüismo no solo en el campo científico actual sino en el social, otorgando, como se ha visto tanto ventajas cognitivas como cualquier tipo de beneficio a corto y largo plazo.

Bibliografía:

- Abril, A (2005). *Fundamentos biológicos de la conducta*. Sanz y Torres.
- Abutalebi, J., Cappa, S.F. & Perani, D. (2001). "The bilingual brain as revealed by functional neuroimaging". *Bilingualism: Language and Cognition*, 4, 179-190.
- Alarcón, L.J. (1998). "El fenómeno del bilingüismo y sus implicaciones en el desarrollo cognitivo del individuo". *Colección Pedagógica Universitaria*. 29. 164-190.
- Ardila, A (2005). *Las Afasias*. Universidad de Guadalajara.
- Bermúdez Jiménez, J , Fandiño Parra, Y (2012), "El fenómeno bilingüe: perspectivas y tendencias en bilingüismo", *Revista de la Universidad de la Salle*, 59.
- Caplan, D. (1992). *Introducción a la neurolingüística y al estudio de los trastornos del lenguaje*. Madrid: Visor.
- Carlson, N (2004), *Fisiología de la conducta*. Madrid. Pearson Education.
- Deacon, T. W. (1989), "Holism and Associationism in Neuropsychology: An Anatomical synthesis". En Perecman, E. (ed.): *Integrating theory and practice in clinical neuropsychology* (pp. 1- 47). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fabbro, F. (2001b). "The Bilingual Brain. Bilingual Aphasia". *Brain and Language*, 79, 201-220.
- Freud, S. (1891). *La afasia*. Buenos Aires: Nueva Visión. Traducción castellana de Ramón Alcaide, 1973.
- Gómez-Ruiz, M.I. (2008). "Aplicabilidad del test de la afasia para bilingües de Michel Paradis a la población catalano/castellano parlante. Universitat de Barcelona. 443-452.
- Gómez-Ruiz, M.I. (2010). "Bilingüismo y cerebro: mito y realidad". *Neurología*, 25(7).
- Green, D.W. (1986). "Control, activation and resource". *Brain and Language*, 27, 210-223.

- Hasegawa, M., Carpenter, P.A., Just, M.A. (2002). "An fMRI Study of Bilingual Sentence Comprehension and Workload". *Neuroimage*, 15, 647-660.
- Longa, M (2006). "Sobre el significado del descubrimiento del FOXP2". *Estudios de Lingüística* N° 20, 2006. 177-207.
- López, A. (2011). "Sobre la adecuación neurológica de los esquemas sintáctico-semánticos". *Lorenzo Hervás. Documentos de trabajo de lingüística teórica y general*, 20, 5-29.
- López, R (2000). "La Piedra Rosetta, creación, descubrimiento y desciframiento". *Revista de Arqueología*. Año 21, N° 227, 16-25.
- Maestú, F., Martín, P., Franch, O. & Gil-Nagel, A. (1998). La evaluación neuropsicológica en la cirugía de la epilepsia. *Primer Congreso Virtual Iberoamericano de Neurología*.
- Obler, K.L. & Gjerlow, K. (2000). *El lenguaje y el cerebro*. Madrid: Cambridge University Press.
- Obler, L.K., Zatorre, R.J., Galloway, L. & Vaid, J. (1982). "Cerebral lateralization in bilinguals". *Brain and Language*, 15, 40-54.
- Paradis, M. (2004). *A neurolinguistic theory of bilingualism*. Amsterdam: J. Benjamins Pub.
- Perez, J (2013). "Propuesta de una metodología neuroholística basada en los hallazgos de la neurolingüística". *Marcoele, Revista de didáctica ELE*.
- Pitres, J.A. (1895). Étude sur l'aphasie chez les polyglottes. *Revue de Médecine*, 15, 873-899. Traducido en M. Paradis (Ed.) (1983). *Readings on aphasia in bilinguals and polyglots* (pp. 26-49). Montreal: Marcel-Didier.
- Ribot, T. (1881). *Les maladies de la mémoire*. Paris: G. Ballière. Traducido en R. Rubio (1927). *Las enfermedades de la memoria*. Madrid: Daniel Jorro.

Roesnzweig, R.M. , Breedlove, S.M. ,Watson, N.V.(2005) *Psicobiología, una introducción a la Neurociencia Conductual, Cognitiva y Clínica*. Sunderland. Sinauer Associates, Inc.

Sánchez, A (2009). *La enseñanza de idiomas en los últimos cien años : métodos y enfoques*. Alcobendas, Madrid.

Such, M. (2015). Viaje al cerebro bilingüe: así te cambia hablar dos idiomas. *Xataka, apasionados por la tecnología*. <http://www.xataka.com/otros/viaje-al-cerebro-de-un-bilingue-asi-te-cambia-hablar-dos-idiomias> (Consulta 08/06/2015)

Vaid, J. & Hall. D.G. (1991). “Neuropsychological perspectives on bilingualism: Right, left and center. In A.G. Reynolds” (Ed.), *Bilingualism, Multiculturalism and Second Language Learning. The McGill Conference in Honour of Wallace E. Lambert* (pp. 81-112). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Whitaker, H.A. (1998). *Neurolinguistics from the Middle Ages to the Pre-Modern era: Historical vignettes*. In B. Stemmer & H. Whitaker (Eds.), *Handbook of Neurolinguistics* (pp. 27-54). New York: Academic Press.