



NEUROCIENCIA COGNITIVA LA CLAVE PARA ENTENDER EL LENGUAJE

Autores: Lic. Luxardo Bravo Dupuy¹

¹Licenciado en Educación especialidad Biología. Profesor Instructor. Facultad de Tecnología de la Salud. Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. La Habana. Cuba. Correo electrónico: luxardobravod@gmail.com ORCID: 0000-0002-5062-8539

RESUMEN

Introducción: El lenguaje es uno de los rasgos más significativos que caracterizan a la especie humana. El análisis y comprensión de sus bases neurofisiológicas se ubica hoy entre uno de los aspectos más tratados por la comunidad científica internacional. *Objetivo:* Con esta investigación se pretende dilucidar la compleja madeja que rodea todo lo referente a la adquisición y formación del lenguaje articulado como uno de los procesos de la actividad nerviosa superior. *Desarrollo:* Para lograr explicar cómo funciona todo lo referente a este proceso, se sistematiza un conjunto de tesis clásicas llegando al replanteamiento de estas junto a teorías más actuales que redescubren esta función desde otras miradas. Además, se hace referencia a los aportes de las neurociencias. Se profundiza en las técnicas de estudio más actuales que se usan para la experimentación en este campo y su implicación en el esclarecimiento de diversos procesos asociados a esta función nerviosa superior. *Conclusiones:* Los presupuestos teóricos aportados por las neurociencias permiten entender las bases fisiológicas del aprendizaje de la lengua. Ciencias como la lingüística, la pedagogía y la psicología aportan datos que nos permiten explicar la comprensión y adquisición del lenguaje, como forma de expresión de ideas, sentimientos y deseos.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje, áreas funcionales, lenguaje, neurociencia, técnicas imagenológicas, paradigmas lingüísticos

INTRODUCCIÓN

El cerebro humano se compone de estructuras interconectadas que garantizan innumerables conexiones, permitiendo toda una serie de actividades, desde las más instintivas hasta las más racionales, siendo una de ellas el lenguaje.

El lenguaje es usado por los seres humanos para comunicarse, expresar ideas, sentimientos, emociones y toda una compleja amalgama de aspectos cognitivo-afectivos que caracterizan a nuestra especie. Su actividad está



basada en la especialización de zonas para el procesamiento, corrección y generación de información que posteriormente serán socializadas a través de lo que conocemos como lenguaje articulado.

La evolución del lenguaje ha sido un proceso dilatado y prolongado ⁽¹⁾ siendo una función nerviosa superior tan inherente a los seres humanos que recorre los mismos caminos tardíos de la propia especie humana. Es por esta razón que muchas veces no se vislumbra con claridad su complejidad y su relación con otros procesos de índole cognitivo, que es en sí lo que le da el carácter de una función profunda y compleja que trasciende los ámbitos de la comunicación, siendo el lenguaje un proceso fundamental en la construcción y desarrollo cultural. ⁽²⁾

La pedagogía y la neurología poseen una estrecha relación, pues esta última brinda las herramientas necesarias para explicar el funcionamiento de las conexiones neuronales durante los procesos cognitivos especialmente los de la adquisición y formación del lenguaje.

Los fundamentos pedagógicos establecen que el cerebro se adapta a los diferentes tipos de aprendizajes, sin embargo, la neurociencia apunta a que es el aprendizaje el que debe ser adaptado a las condiciones fisiológicas del cerebro de la persona que aprende.

A finales de los años 70 Michael Gazzaniga y George A. Miller denominaron "Neurociencia cognitiva" a un programa de investigación, que tenía como propósito el estudio de los fundamentos biológicos de la cognición humana. Este ambicioso proyecto se nutría de ciencias como: la neurociencia de sistemas, la neurociencia computacional y la psicología cognitiva. ⁽³⁾

Las neurociencias constituyen un grupo de disciplinas científicas que estudian el sistema nervioso, enfocadas en la actividad del cerebro y su relación e impacto en el comportamiento humano. ⁽⁴⁾ Constituyen una de las ramas de la investigación científica más jóvenes ⁽⁵⁾ Las neurociencias poseen varias ciencias y disciplinas asociadas como: la neurobiología, neurofisiología, neuropsicología, neuroanatomía, neurogenética, neurociencia computacional, entre otras. ⁽⁶⁾

De manera especial la neurociencia cognitiva esclarece los procesos que acompañan al funcionamiento cerebral desde sus propios orígenes hasta la más estrecha relación psiquis-cerebro. La aparición de nuevas técnicas para el estudio de las funciones cognitivas supone todo un resurgimiento conceptual que apunta a un mejor entendimiento entre las conexiones entre psiquis y cerebro luego de un periodo donde esta relación fue considerada no significativa.

Su surgimiento como ciencia tiene su base en la aparición de varios logros, uno de ellos fue el surgimiento de técnicas de neuroimágenes menos invasivas y por otro lado la sistematización teórica de la psicología cognitiva a lo largo de casi 5 décadas de trabajo ininterrumpido.

La neurociencia cognitiva estudia entre otros aspectos las funciones cerebrales superiores, como, las funciones cognitivas las cuales requieren de procesos cerebrales más complejos a nivel estructural y funcional para su



ejecución. Dentro de estas funciones cerebrales podríamos citar: el lenguaje, el aprendizaje, la memoria, la percepción, la atención, la emoción y la conciencia, todas fuertemente relacionadas con la plasticidad y el estrés cerebral.

En relación a la formación y adquisición del lenguaje, la plasticidad es una de las que mayor vínculo posee con el habla, al permitir que el cerebro pueda cambiar y adaptarse a cualquier tipo de aprendizaje, como respuesta a determinados cambios en el entorno de desarrollo del individuo.

Por otro lado, son muy variados los mecanismos de plasticidad, pero sin dudas el mecanismo de plasticidad sináptica es el que más relacionado estaría con la actividad del lenguaje, al permitir que las neuronas puedan establecer nuevas conexiones, ante la necesidad de la creación de nuevos circuitos neuronales debido a la complejidad de la actividad a realizar por el cerebro.

Las últimas investigaciones en esta temática apuntan a que la plasticidad sináptica posee dos fases: una que se realiza de forma inicial en las primeras etapas del desarrollo y una segunda que tiene lugar durante la vida adulta o etapas del desarrollo más tardías, se realiza de manera más limitada, permitiendo la adaptación de las conexiones sinápticas ya existentes al estilo de aprendizaje al que sea sometido el individuo.

Por medio de mecanismos, como *use it or lose it*, se van excluyendo aquellas sinapsis que están en desuso o se usan con poca frecuencia, dando paso a la potenciación de aquellas con más frecuencia de uso. Esto supone que las distintas funciones cerebrales cuentan con variados niveles de máxima plasticidad, presuntamente influenciados por la actividad y un componente génico. ^(7, 8, 9)

Otra de las funciones cerebrales superiores con estrecha relación al lenguaje es la percepción. Mediante esta función el sistema nervioso recibe información la cual es base para la adquisición y formación del lenguaje, mediante estímulos de tipo visual, auditivo y táctil. Toda esta información se reúne en un todo único de acuerdo a la intervención de determinados circuitos neuronales suministrando amplia información cognitiva. ⁽¹⁰⁾

Por otra parte, el aprendizaje y la memoria son funciones cerebrales superiores capaces de modificar patrones conductuales en los individuos, siendo la conducta el mero resultado de la interacción de estímulos de tipo ambientales con información genética subyacente. A través del aprendizaje se adquiere toda la información referente a la formación del lenguaje, sonidos, imágenes, palabras, patrones léxicos-gramaticales que son almacenados en la memoria y posteriormente procesados al usarse para dar respuesta a diversas tareas cognitivas relacionadas con la función del lenguaje articulado.

Puede considerarse que el lenguaje es en sí, una función nerviosa superior que integra un amplio número de funciones cerebrales y elementos. Gracias a la neurociencia cognitiva, sus técnicas de estudio y su marco conceptual han sido posible la determinación de premisas esenciales en el proceso del habla.



El lenguaje esta grandemente desarrollado en el hemisferio izquierdo en la mayoría de las personas, sin embargo, se conoce que para el reconocimiento de palabras y sonidos intervienen los lóbulos temporales derecho e izquierdo. También se observa la intervención de otras áreas en este proceso como: zonas cerebrales posteriores y un circuito sensoriomotor en el lóbulo temporal posterior, que se encarga de establecer fuertes relaciones entre el reconocimiento y la producción del habla. Lo expuesto supone que el lenguaje posee una importante función en la decodificación de ideas, por lo que la capacidad del lenguaje no es totalmente innata ni totalmente adquirida.

El significativo desarrollo de la neurociencia cognitiva en las últimas décadas ha implicado un gran avance en la determinación y explicación de los procesos cognitivos en el cerebro humano. La neurociencia utiliza múltiples técnicas para el estudio del cerebro, pero evidentemente, las neuroimágenes han revolucionado la comprensión de nuestro sistema nervioso y de los procesos que se asocian a su funcionamiento. El desarrollo de técnicas imagenológicas a nivel cerebral ha permitido saber más sobre las bases neurológicas del lenguaje y su funcionamiento, así como la identificación de las diferentes áreas y estructuras que intervienen en este complejo proceso. Dentro de los estudios imagenológicos destacan dos tipos de exámenes: los estructurales y los funcionales, siendo la Resonancia Magnética por imágenes funcional (fMRI) una de las más usada en estos tiempos.

OBJETIVO

Analizar el lenguaje como una compleja actividad nerviosa superior, desde su funcionamiento anatomofisiológico y sus implicaciones en las características lingüísticas de formación y producción del habla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La bibliografía utilizada ha sido determinada de acuerdo a criterios de notabilidad y novedad científica. Se consultaron materiales de las últimas 2 décadas. La mayoría de los libros, tesis y artículos han sido localizados mediante la búsqueda *on line*, en portales académicos, revistas de corte científico del área de la medicina y la neurociencia, libros y tesis en opción a los grados de DrC y MsC en el área de las ciencias médicas, teniendo en cuenta el liderazgo de los autores en los diferentes campos que conforman esta investigación. Para la conformación del marco teórico se revisaron una diversidad de materiales repartidos en las diferentes formas de comunicación del saber científico, de las cuales fueron seleccionados para el análisis y referencia bibliográfica un total de 12 materiales, los cuales permitieron la contrastación, comparación y determinación de los aportes de dichas fuentes.

Los idiomas de los materiales consultados y seleccionados se mueven entorno al idioma español y al idioma inglés, fundamentalmente en inglés debido al gran volumen de información que se encuentra en esta lengua. Se realizó el análisis cualitativo de datos, utilizando tablas de correlación y siguiendo la metodología de metaanálisis, que permitió la determinación de correspondencias entre los resultados obtenidos en los diferentes estudios, comparando de modo sistemático para llegar a diversas conclusiones. En la determinación de los estudios referentes al lenguaje se utilizaron los



siguientes criterios de selección: estudios que describen la activación de áreas específicas de Brodmann relacionadas con el lenguaje, estudios que usan fMRI, estudios en sujetos normales y estudios en sujetos diestros además de estudios lingüísticos referentes al desarrollo de habilidades lingüísticas y comunicativas.

RESULTADOS

Se revisaron un total de 198 materiales para el estudio de las tres temáticas que fueron consideradas como pilares básicos de la investigación. Algunas fuentes referidas en una primera instancia a la constatación de los presupuestos teóricos clásicos acerca de la neuroanatomía del lenguaje revelan que, el encéfalo es una estructura del sistema nervioso central, con una amplia red que cuenta con más de 100.000 millones de neuronas, interconectadas en circuitos que garantizan las percepciones de nuestro entorno, en una persona adulta se pueden encontrar cifras similares en pleno funcionamiento, conectadas entre sí, regulando procesos como: memoria, visión, pensamiento, conciencia, aprendizaje y lenguaje.

Por otra parte, las neurociencias apuntan a que el aprendizaje cuando es duradero en el tiempo, tiende a provocar cambios significativos a nivel de la corteza cerebral en dos direcciones fundamentales. Primero reestructura las conexiones neuronales implicadas en la acción cognitiva en cuestión y segundo aumenta drásticamente el número de conexiones y por consiguiente la cantidad de sinapsis entre las neuronas participantes.

De manera general, nuestro cerebro se estructura en dos hemisferios (derecho e izquierdo), estos se encuentran interconectados por una estructura media-inferior denominada cuerpo calloso, que establece conexiones funcionales para permitir el funcionamiento cruzado de ambas porciones cerebrales, bajo el principio de la lateralidad cerebral.

La estructuración del lenguaje con una visión más generalizada en la media de los individuos es evidente al determinar que: la dominancia para el lenguaje está distribuida aproximadamente en el 95% de los diestros en el hemisferio izquierdo donde se encuentran áreas para el procesamiento y la adquisición del lenguaje, quedando solo un 5% en el hemisferio derecho. En cambio, los zurdos un 70% lo tienen representado en el hemisferio izquierdo, un 15% en el hemisferio derecho y un 15% en forma bilateral según, Donoso A. en 2008.

Por otra parte, se establece que la capacidad del cerebro representa alrededor del 2 % de la masa corporal y es capaz de utilizar cerca del 20 % de la energía del organismo. Este consumo energético es determinado grandemente por una de sus características más esenciales, que radica en su alta interconexión, lo que garantiza paralelamente el reconocimiento de formas, intuición de patrones, abstracción de conceptos, síntesis de ideas entre otras funciones. Además, la alta distribución cerebral hace que la información no se almacene de forma local, sino que se distribuya ampliamente en él, algo que ha sido propuesto por R. Chapey en 2008, en sus estudios de Afasiología



que demuestra la propuesta del funcionamiento y la decisiva intervención del cerebro en la formación y producción del habla.

Casi de manera unánime se ha apuntado a que la organización de este proceso se determina por las siguientes variables: el sexo que puede influir en la representación cerebral del lenguaje. Las mujeres lo tienden a tener en forma bilateral, en cambio, en los hombres está más lateralizado a la izquierda. La escolaridad es otra variable que determina la lateralización del lenguaje en las personas, los sujetos diestros con mayor escolaridad tienen el lenguaje más lateralizado a la izquierda, por el contrario, los sujetos con baja escolaridad tienden a tener una representación bilateral del lenguaje. Al momento de nacer el lenguaje estaría representado en forma bilateral. Lo primero que se lateraliza a la izquierda es la porción anterior, la que está relacionada con la expresión, y en etapas más tardías lo hace la región posterior, relacionada con la comprensión. Por lo que la edad es otro aspecto que influye en la organización del lenguaje en el cerebro humano. Esto es el resultado de un intento por precisar como los componentes principales del lenguaje están altamente influenciados por factores de variada índole, revelado en los estudios afásicos y neurolingüísticos que aportan elementos significativos para su comprensión trazando una idea multifactorial para el desarrollo del lenguaje articulado, por A. David en 1993, R. Chapey en 2008, R. González en 2011 y A. Ardila en 2014.

Los avances tecnológicos han complementado de manera asombrosa los estudios en neurociencias, permitiendo el estudio interno de las estructuras cerebrales mediante técnicas no invasivas de investigación. Nuevas terminologías han surgido para nombrar todo el conjunto de procesos cognitivos asociados al lenguaje. Por ejemplo "rutas de procesamiento lingüístico" que presume su aparición aparejado a la tercera revolución industrial. Este término toma como base la era electrónica – digital donde se cree que la actividad nerviosa se realiza mediante el envío de señales eléctricas a través de circuitos eléctricos predefinidos.

En el año 2007 Hickok y Poeppel proponen una tesis donde se correlacionarían las actividades funcionales y las áreas cerebrales participantes, considerando una visión más amplia, generalizadora y de conjunto del habla. Esta nueva teoría mantiene las áreas anteriormente existentes en los modelos, Broca- Wernicke y Broca-Wernicke-Geschwind, pero además incluye otras áreas, reasignándoles funciones relacionadas con el lenguaje, unido al principio de la lateralidad.

De esta manera se concluye que, la designación de las áreas de Broca y Wernicke como áreas únicas del lenguaje, constituyen un modelo restringido para explicar el procesamiento de este fenómeno en nuestro cerebro. Es bien conocido que el cerebro utiliza diversas áreas para la comprensión y producción del lenguaje a este nivel, mediante la utilización de modelos de rutas duales y múltiples funciones neurológicas.

El autor considera entonces, que el modelo Broca-Wernicke-Geschwind ya no es funcional para explicar el conjunto de fenómenos asociados al procesamiento del lenguaje a nivel cerebral. Novedosos avances en Imagenología e incluso en otros campos de la ciencia como la lingüística, han



arrojado nuevos indicios que demandan una expansión de la teoría que hasta el momento regía en referencia a este tema. Esto ha propiciado la inclusión de nuevas estructuras a las que se le reasignan nuevas funciones en el proceso comprensión y producción del lenguaje.

De esta manera se concluye que no existen áreas precisas para los procesos semánticos y sintácticos o para los sonidos y las palabras, más bien se puede hablar de una correlación entre un conjunto variado de áreas y un grupo amplio de conexiones y circuitos neuronales. Por otra parte, la alta plasticidad que caracteriza el cerebro en las primeras etapas del desarrollo hace suponer que dichas relaciones son movibles y considerablemente variables, aunque la tendencia sea al decrecimiento de esta propiedad con la consiguiente especialización de las áreas cerebrales.

De forma general casi todos los individuos aprenden fácilmente su primera lengua o su lengua materna, un proceso que no ocurre de la misma manera para el aprendizaje de una segunda lengua o llamado idioma extranjero. Todo este proceso es moldeable y variable debido a la intervención de factores de índole cognitivos-afectivos que son determinantes para el éxito de un aprendizaje de este tipo.

En un primer orden Mitchell & Myles, en 2004 declaran que los factores de índole cognitivos son variados, los cuales pueden ir desde; la inteligencia y la aptitud hasta el uso de estrategias de aprendizaje que permitan la mejor aprensión del contenido lingüístico a estudiar.

Algunos estudios como los de Gardner & MacIntyre, en 1992, suponen que el dominio por parte de los alumnos de un grupo de habilidades puntuales se armoniza con la destreza para aprender una segunda lengua, como es el caso de la habilidad para la decodificación fonética, sensibilidad gramatical, entre otras.

Otros de los factores cognitivos determinantes en el aprendizaje de la L2 lo constituyen sin dudas el uso de estrategias de aprendizaje del tipo metacognitivas generando un mayor impacto sobre los resultados al aprender una segunda lengua según apuntan las investigaciones de Brown en 2000 y Santana en 2005.

De manera paralela se presentan un conjunto de factores de tipo afectivos que pueden influenciar el aprendizaje de una segunda lengua, como es el caso de: la empatía, la autoestima, la extroversión, la inhibición, la imitación entre otros.

De manera general según los estudios presentados por Gardner & MacIntyre en 1992, la motivación debe ser vista como el deseo de lograr un objetivo, el esfuerzo realizado para alcanzar dicho objetivo, y la satisfacción obtenida por vencerlo. De esta forma queda evidente la fuerte relación existente entre actitud y motivación en el aprendizaje de la L2.

Teniendo en cuenta que el aprendizaje de la L2 se da como resultado de la necesidad de comunicación con los otros, esto hace suponer que el entorno



sociocultural influye grandemente en su desarrollo. Por eso podemos decir que un tipo de instrucción en un espacio formal, independientemente del número de horas recibidas y la edad de los alumnos influye de manera significativa al mezclarse factores como la edad, el contexto de instrucción y el contexto sociocultural apoyando la idea de que el lenguaje no es más que un mero producto cultural.

DISCUSIÓN

Los seres humanos poseen una excelente capacidad para la comprensión y adquisición del lenguaje dependiendo del contexto acústico, lingüístico y social en el que se desarrollan. ⁽¹¹⁾ La evaluación y el mapeo de esta función en el cerebro son fundamentales para su comprensión en toda su complejidad. Debido al avance de los métodos de estudio de las neurociencias se han desarrollado otras técnicas más eficientes y menos invasivas que incluso pudieran brindar mayor cantidad de información referente a la producción del habla.

La fMRI se presenta como una herramienta no invasiva que visualiza la actividad metabólica del cerebro a través de su consumo de oxígeno mediante secuencias denominadas BOLD (Blood Oxygen Level Dependent), por sus siglas en inglés. Esta prueba imagenológica permite observar la actividad del cerebro, ya sea durante tareas o en estado de reposo cuando existe actividad cerebral. Para generar la activación de las diferentes áreas durante la fMRI se somete a las personas a distintas tareas denominadas paradigmas que no son más que tareas lingüísticas específicas previamente desarrolladas a través de la adquisición de habilidades o competencias comunicativas.

Las Habilidades o Competencias Comunicativas no son más que el conjunto de procesos lingüísticos que se desarrollan durante la vida, con el fin de participar con eficiencia y destreza, en todas las esferas de la comunicación y la sociedad humana. Hablar, escuchar, leer y escribir son las habilidades del lenguaje. A partir de ellas, nos desenvolvemos en la sociedad, y a través de su desarrollo, nos volvemos comunicativamente competentes. ⁽¹²⁾

Para la observación de estos procesos a nivel cerebral se diseñan y ejecutan diversos paradigmas del lenguaje de manera experimental, los cuales están encaminados a la estimulación de una o varias áreas a nivel cerebral, las cuales mediante la medición de los niveles BOLD pueden observarse mediante la técnica de fMRI.

El paradigma utilizado durante la fMRI permite que la persona se sumerja en un proceso mental, lo que deviene en la activación de las redes neurológicas que controlan procesos tan variados como: la generación de palabras, es decir verbos a partir de sustantivos, la comprensión de la sintaxis o el dominio de la prosodia, según el paradigma escogido.

Un paradigma se compone de condiciones activas y de control, donde podríamos diferenciar dos tipos fundamentales: los que están bloqueados y los relacionados a eventos. Los bloqueados los constituyen una secuencia de



bloques, siendo cada bloque una condición activa o de control. Los que se relacionan a eventos, se forman por eventos individuales donde se representa una condición específica, en orden aleatorio y en una rápida sucesión.

Para evaluar la intervención de las diferentes áreas cerebrales en la adquisición y producción del lenguaje, es posible la utilización de paradigmas que devienen en tareas, las que evalúan el procesamiento fonológico y el procesamiento semántico de manera independiente. Con la implementación de estos modelos se podría obtener imágenes por fMRI de la intervención y participación de diferentes áreas del lenguaje en la producción de los componentes, fonológicos y léxico-semánticos lo que deviene en una fuerte constatación de teorías ya existentes.

En investigaciones en individuos con patologías asociadas al lenguaje, se, constató que al ejecutar el paradigma de decisión léxica se observa principalmente el procesamiento del lenguaje fonológico y todas las estructuras cerebrales asociadas a la producción de este componente del lenguaje. Al generarse un estímulo sonoro mediante la presentación de un grupo de sustantivos que pueden ser correctos o incorrectos (pertenecientes o no a una determinada serie).

El individuo indica cuando el sustantivo aparece en la serie proporcionada, discriminando aquellos que no pertenecen al listado. Este paradigma incentiva la actividad cerebral en la circunvolución frontal inferior, el área del lenguaje parietotemporal posterior, predominantemente en el hemisferio izquierdo. Otra de las tareas es la de procesamiento del lenguaje semántico, donde se genera un estímulo de tipo auditivo que se compone por sustantivos semánticamente relacionados o no.

El individuo indica en el momento oportuno aquellas parejas de sustantivos que se relacionan respecto a su significado. Por consiguiente, se produce un aumento de la actividad cerebral en el área del lenguaje parietotemporal posterior y el hemisferio izquierdo; no se aprecia activación en las áreas frontales del lenguaje.

CONCLUSIONES

A lo largo de este estudio se han podido analizar aspectos referentes a las neurociencias y su intervención en la explicación de los procesos relacionados con la adquisición y formación del lenguaje. Es evidente que el aprendizaje en todas sus aristas provoca cambios en la estructuración y relación de las estructuras cerebrales, es tan así que las propiedades de plasticidad y especialización a nivel del cerebro pueden quedar en este sentido a expensas de los procesos de adquisición y procesamiento del habla.

El modelo clásico de procesamiento del lenguaje, establece la existencia de tres áreas esenciales para este proceso: área motora (área de Broca), un centro léxico-semántico (área de Wernicke) y un tracto de fibras de sustancia blanca (fascículo arqueado), los cuales fueron identificados a partir de estudios que correlacionan cambios cerebrales neuropatológicos con



diferentes tipos de trastornos del habla y el lenguaje. Los resultados más recientes de la investigación en este campo, advierten de lo restringido que podría ser este modelo en cuanto a la explicación de procesos tan complejos como los relacionados con esta función nerviosa superior, por lo que se ha propuesto un modelo más abarcador e integrador donde se retoman las áreas ya existentes y se reconsidera la participación de otras áreas ya conocidas en el cerebro, a las que se le reasignan funciones relacionadas al lenguaje.

Las neurociencias han aportado el sustento teórico esencial para la explicación fisiológica del funcionamiento de las áreas relacionadas con el lenguaje, mediante el uso de técnicas prometedoras como la fMRI que brinda una amplia información acerca del funcionamiento y posicionamiento de estos sectores cerebrales. Por otra parte, la lingüística brinda herramientas indispensables, capaces de medir y evaluar los diferentes componentes lingüísticos sobre la marcha en investigaciones neurolingüísticas que arrojan datos significativos al modelar el funcionamiento de los sectores cerebrales involucrados en la adquisición y procesamiento del lenguaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arce, M. (2016). Lenguaje y comunicación. En A. M. Mora (Ed.), Memoria humana. Lenguaje, representaciones mentales, memoria, emoción, cultura, conocimiento y educación (pp. 5-18). Costa Rica: Programa de Investigación en Fundamentos de Educación a Distancia-EUNED.
2. Piedra, L. A. (2016). Representaciones mentales y función deíctica. En A. M. Mora (Ed.), Memoria Humana. Lenguaje, representaciones mentales, memoria, emoción, cultura, conocimiento y educación (pp. 19-32). San José, Costa Rica: Programa de Investigación en Fundamentos de Educación a Distancia-EUNED.
3. Bruer, J. T. Mapping Cognitive Neuroscience: Two-dimensional perspectives on twenty years of cognitive neuroscience research [Internet]. Cambridge, Massachusetts: M. S. Gazzaniga; 2020 [citado 21 julio 2020]. Disponible en: <https://www.jsmf.org>
4. Gago, L., & Elgier, Á. (2018). Trazando puentes entre las neurociencias y la educación. Aportes, límites y caminos futuros en el campo educativo. *Psicogente*, 21(40), 476-494. doi: <https://doi.org/10.17081/psico.21.40.3087>
5. Borck, C. (2016). How we may think. Imaging and writing technologies across the history of the neurosciences. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 57, 112-120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2016.02.006>
6. Leopoldo, K., & Joselevitch, C. (2018). Computational neuroscience in the study of cognitive processes. *Psicología USP*, 29(1) 40-49. doi: <https://doi.org/10.1590/0103656420160172>
7. Neville, H., & Sur, M. (2009). Plasticity. Introduction. En *The cognitive neurosciences II* (pp. 89-90). M. S. Gazzaniga. Ed. Cambridge, Massachusetts: The Mit Press.



8. Neurociencias. La ciencia del cerebro [Internet]. Liverpool: British Neuroscience Association; (2008) [citado 13 julio 2020]. Disponible en: www.bna.org.uk
9. Kandel ER. The Brain and Behaviour. En: Kandel R, Jessell TM, Schwartz JH, eds. by. Principles of Neural Science . New York: McGraw-Hill; 2000. pp. 6–18.
10. Belmar J. Estructura, desarrollo y funciones del sistema nervioso [Internet]. Las drogas. (2020) [citado 15 septiembre 2020]. Disponible en: www7.uc.cl/sw_educ/neurociencias/html/frame01.html
10. Second-language learning and changes in the brain. Journal of Neurolinguistics [Internet]. 2008 [citado 25 agosto 2020]; 21:509–521. Disponible en: www.neurologia.com
11. De Paola L, Mader M, Germiniani F. et Al. Bizarre behavior during intracarotid sodium amytal testing (WADA test): are they predictable? Arq Neuropsiquiatr [Internet]. 2004 [citado 25 septiembre 2020]; 62:444–448. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15273841/>
12. Universidad Nacional de Colombia. (1990). Habilidades comunicativas y del lenguaje: guía para su estimulación. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. ISBN 9586280535.

Los autores certifican la autenticidad de la autoría declarada, así como la originalidad del texto. No existe conflictos de intereses entre los autores.