



Cognición y Aprendizaje en Niños Sordos: Una Revisión Narrativa

Felipe Torres Morales

Departamento de Fonoaudiología.
Universidad de Chile. Santiago, Chile

**Armando Parraguez y Marcelo
Salamanca**

Instituto de la Sordera (INDESOR).
Santiago, Chile.

Correspondencia: Felipe Torres Morales.
Fonoaudiólogo y Magister en Desarrollo
Cognitivo. Profesor Asistente. Departamento de
Fonoaudiología. Universidad de Chile. Av.
Independencia 1027, Independencia, Santiago,
Chile. Correo electrónico:
felipefonoaudiologo@gmail.com

Resumen

La sordera es una alteración de la audición que impacta significativamente en el desarrollo de la comunicación oral. Por esta razón, los niños sordos generalmente adquieren lengua de señas como primera lengua. Existen múltiples investigaciones que describen el impacto de la sordera en el desarrollo de las habilidades cognitivas. En general, se ha visto que los niños sordos presentan mejores desempeños en habilidades de memoria visual a corto plazo, atención visual y memoria de trabajo visuoespacial, en comparación con niños oyentes o niños hipoacúsicos con lenguaje oral. Por otra parte, se ha evidenciado que los niños sordos aprenden mediante mecanismos cognitivos distintos a los oyentes. Específicamente los estudios muestran que el aprendizaje de la lectura y la escritura está asociado con el nivel de lengua de señas y con el desempeño en memoria de trabajo visuoespacial. Con respecto a las matemáticas, los niños sordos presentan un desempeño similar a los oyentes en el reconocimiento visual de los números y en la capacidad para estimar magnitudes, sin embargo, evidencian un bajo desempeño en el sistema encargado de la representación verbal de las operaciones aritméticas. Por último, se han estudiado los mecanismos de plasticidad cerebral en sordos. Las investigaciones muestran que, tanto para la comprensión como para la expresión de la lengua de señas, se activan algunas regiones cerebrales idénticas que para lenguaje oral y otras distintas. Estas últimas corresponden a regiones homólogas en el hemisferio derecho o regiones del hemisferio izquierdo encargadas del procesamiento visual.

Palabras claves: Sordera, lengua de señas, habilidades cognitivas, aprendizaje, plasticidad cerebral.

Keywords: Deafness, sign language, cognitive abilities, learning, brain plasticity.

Cognition and Learning in Deaf Children: A Narrative Review

Abstract

Deafness is a hearing impairment that significantly impacts the development of oral communication, thus deaf children generally acquire sign language as their first language. Much of the current literature pays particular attention to the impact of deafness on the development of cognitive abilities. In general, it has been demonstrated that deaf children perform better in visual short-term memory, visual attention, and visuospatial working memory compared to hearing children or hearing-impaired children with oral language. On the other hand, it has been shown that deaf children learn through other cognitive mechanisms than hearing ones. Specifically, studies show that learning to read and write is related to the level of proficiency in sign language and the performance in visuospatial working memory. Regarding Mathematics, deaf children perform similarly to hearing children in visual number recognition and in the ability to estimate magnitude, however, they show poor performance in the system that manage the verbal representation of arithmetical operations. Lastly, brain plasticity mechanisms have been studied in the deaf. Previous research has revealed patterns of brain activation in the production and comprehension of sign language that are both similar and different to the ones observed in oral language. Regions that show different patterns of activation correspond to homologous regions in the right hemisphere or left hemisphere responsible for visual processing.

Introducción

La sordera se define como la pérdida auditiva que impacta significativamente en el desarrollo de la comunicación oral (Monsalve y Núñez, 2006). Según cifras internacionales, esta se presenta con una prevalencia del 5% en la población general (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

Para el diagnóstico de sordera, el método más utilizado es la audiometría. Este examen permite determinar si una persona presenta pérdida auditiva (hipoacusia) y cuál es el grado de esta. Existen 4 grados de hipoacusia: Leve (26/40 dB), Moderada (41/60 dB), Severa (61/80 dB) y Profunda (81 o más dB) (Mackenzie y Smith, 2009). En general, se utiliza el concepto de sordera para hipoacusias severas o profundas (Emmorey et al., 2002; Hall et al., 2018; Mayberry, 2002).

Además del grado de severidad, es importante conocer la localización de la lesión que produce la pérdida auditiva, la cual distingue entre hipoacusias conductivas, donde la parte afectada es el oído externo o medio, y las neurosensoriales, en las que el daño se localiza en el oído interno o en la vía auditiva nerviosa (Corral y Rubiales, 2016). En términos generales, la sordera se asocia a hipoacusias neurosensoriales (Hall et al., 2018).

Otro aspecto importante para considerar es el grado de desarrollo del lenguaje que presenta el niño en el momento en el que aparece la pérdida auditiva. De esta manera

se distinguen las hipoacusias prelocutivas, que se presentan antes de la aparición del lenguaje oral, entre 0 y 2 años, las perilocutivas que se desarrollan entre los 2 y 4 años, y las poslocutivas que se presentan después de que la adquisición del lenguaje oral está consolidada (Arruti et al., 2002; Fontané-Ventura, 2006). La mayoría de las investigaciones asocia la sordera a pérdidas auditivas congénitas, es decir, de carácter prelocutivas (Emmorey et al., 2002; Hall et al., 2018; Mayberry, 2002).

Por otra parte, desde un enfoque socio antropológico, las personas sordas se identifican y/o pertenecen a comunidades que desarrollan su sistema comunicativo basado en las lenguas de señas (Leigh, 2010). Baker y Padden (1978) definen a las personas sordas como aquel grupo humano que presenta pérdida auditiva y que comparten una lengua, experiencias de vida y valores comunes y una forma de interactuar. Padden y Humphries (2005) plantean que la cultura sorda representa un conjunto de creencias sociales, comportamientos, arte, tradiciones, historia y valores compartidos por una comunidad influenciada por la sordera y que utiliza la lengua de señas como su principal medio de comunicación.

Todo lo anteriormente descrito evidencia las distintas perspectivas que abarca el concepto de sordera, y como su conceptualización dependerá, en gran medida, del enfoque utilizado. Para el presente artículo se utilizará indistintamente el término sordera para referirse a las niñas y los niños que presentan una pérdida auditiva de severa a profunda, neurosensorial y prelocutiva, y que son usuarios de la lengua de señas como su primera lengua.

Desempeño cognitivo en niños sordos

Las habilidades cognitivas corresponden a procesos o actos mentales que determinan la conducta y nos permiten recibir, procesar y elaborar la información recibida (Ballesteros, 2014). Se ha estudiado ampliamente como impacta la sordera en el desarrollo cognitivo de los niños y las niñas (Baldonado y Deaño, 2008). Es por esto por lo que algunos estudios han comparado a niños sordos y oyentes, concluyendo que el primer grupo presenta un rendimiento cognitivo bajo respecto al grupo de oyentes (Furth y Youniss, 1971, 1979). Otros sin embargo consideran que los desempeños son cualitativamente distintos, y no necesariamente deficientes en los sordos (Marschark y Wauters, 2008; Torres, 1987). Más allá de esta discusión, es sabido que el desempeño cognitivo de los niños sordos depende, en gran medida, del nivel de desarrollo lingüístico que estos alcancen. Múltiples investigaciones han mostrado que la ausencia de un sistema de comunicación formal impacta negativamente en el desarrollo de la cognición (Fontal y Mejía, 2015; González y Rullas, 2004; Wood, 1983). Por su parte, existe amplia evidencia de que aquellos niños que desarrollan tempranamente un sistema comunicativo gestual, basado en la utilización de lengua de señas, logran un desempeño cognitivo similar al de los oyentes, pero con algunas diferencias cualitativas (Augusto et al., 2002; Mayberry, 2002). Lo anterior, ya que la lengua de señas es un sistema lingüístico altamente estructurado que tiene toda la complejidad gramatical del lenguaje oral, pero que se presenta en una modalidad visuo-gestual (Corina y Blau, 2016; Moreno et al., 2018).

Bellugi et al. (1975) investigaron la influencia de la lengua de señas en el desarrollo de la

memoria y concluyeron que los niños sordos presentan una capacidad de memoria similar a los oyentes, excepto que codifican la información en términos de los parámetros formacionales de los signos, tales como la configuración de la mano, el lugar y el movimiento. Por su parte, Morere (2012) encontró que los sujetos sordos que usan lengua de señas muestran mejor desempeño en la memoria visuoespacial que los sujetos oyentes, dado que compensan la ausencia de feedback auditivo.

En otro ámbito, varios estudios han mostrado que la sordera produce cambios compensatorios en el procesamiento atencional visual. En particular, las personas sordas exhiben respuestas más rápidas que sus pares oyentes cuando deben atender a un objeto que aparece en el campo visual periférico. Sin embargo, estas diferencias no se han observado cuando el objeto aparece en el campo visual central (Chen et al., 2006; Nava et al., 2008). Algunas investigaciones encuentran que las personas sordas se distraen más que sus pares oyentes con la información irrelevante que se produce en la periferia visual, pero se distraen menos que los oyentes, cuando la información aparece en el campo visual central (Dye et al.; 2007, 2008). Un estudio de Dye et al. (2009) evidencia que en niños sordos los recursos de atención visual hacia el campo visual periférico se incrementan lentamente para dar como resultado en la preadolescencia una mejor atención visual selectiva, en comparación a los niños oyentes. Este desempeño cognitivo se explica por la presencia de la pérdida auditiva, independiente del manejo de lengua de señas que presentan.

Con respecto a las funciones ejecutivas, existen dos grandes posturas sobre su

desarrollo en niños sordos. Algunos autores consideran que la pérdida auditiva tiene un impacto directo en el desarrollo de las funciones ejecutivas y otros plantean que esta relación está mediada por el nivel de lenguaje alcanzado (Botting et al., 2016; Kral et al., 2016). En general, los estudios de los últimos años en esta temática avalan la segunda postura. Por ejemplo, una investigación de Hall et al. (2018) compara el desempeño de las funciones ejecutivas entre niños oyentes, niños sordos con lengua de señas desde el nacimiento y niños con implante coclear, que no tenían acceso completo al lenguaje antes del implante. Los resultados muestran que el acceso temprano a cualquier forma de lenguaje (señas u oral), tiene un impacto significativo en el adecuado desarrollo de las funciones ejecutivas. Este estudio concluye que, es la presencia de un sistema lingüístico temprano lo que favorece el desarrollo de las funciones ejecutivas y no el acceso temprano al sonido.

La función ejecutiva que más se ha estudiado en niños sordos es la memoria de trabajo. Hamilton (2011) encontró un peor desempeño en niños sordos, al compararlos con sus pares oyentes. Sin embargo, Boutla et al. (2004) evidencian que las personas sordas que adquieren lengua de señas tienen capacidad de memoria de trabajo similar a las personas oyentes, y que las diferencias que se han encontrado en algunos estudios tienen que ver con el tipo de tarea, más que con una dificultad en la habilidad cognitiva. En concreto, los autores plantean que las tareas de retención de dígitos (que suelen utilizarse para evaluar la memoria de trabajo), favorecen el manejo por parte memoria auditiva, por sobre la visuoespacial, al ser una tarea que requiere temporalidad. Es sabido que los niños sordos que usan lengua de señas presentan

mejor desarrollo de la memoria de trabajo visuoespacial por sobre la verbal, incluso se ha encontrado que el desempeño es mejor en este grupo al compararlos con sordos que no usan lengua de señas (Hall y Bavelier, 2010; Wilson et al., 1997). En esta misma línea, una investigación de Marschark et al. (2016) que compara el desempeño en memoria de trabajo entre niños sordos que manejan lengua de señas y niños oyentes, encuentra que el segundo grupo evidencia mejor desempeño en memoria de trabajo verbal, sin embargo, no existen diferencias entre ambos grupos en la memoria de trabajo visuoespacial. Un estudio experimental de Capirci et al. (1998) encuentra que la enseñanza de lengua de señas en un grupo de niños incrementa significativamente su desempeño en memoria de trabajo visuoespacial, es decir el aprendizaje de la lengua de señas es un factor que favorece el desarrollo de esta habilidad. Wilson y Emmorey (2003) propusieron que las personas sordas que manejan lengua de señas presentan un bucle fonológico en la memoria de trabajo, similar al que presentan las oyentes, pero basado en signos. Este bucle fonológico tiene a su vez un almacén fonológico y un articulador manual. El primero retiene la información utilizando códigos fonológicos basados en signos, tales como forma de la mano, orientación, ubicación y movimiento, y el segundo, es un mecanismo de repetición que actualiza la información en el almacén fonológico.

Por otra parte, existen múltiples investigaciones que estudian el desarrollo de la Teoría de la Mente en niños sordos (Laya de Gracia et al., 2020; Peterson y Siegal, 2000). Por ejemplo, Morgan y Kegl (2006) estudiaron el desempeño en tareas de falsa creencia en un grupo de personas sordas de 7 a 39 años. Todos habían adquirido lengua

de señas a distintas edades. Los resultados muestran que las personas que adquirieron lengua de señas dentro de los primeros 10 años, logran responder las tareas de falsa creencia. Por su parte, los que aprendieron después de esa edad, presentan importantes dificultades. A partir de estos hallazgos, los autores destacan la importancia del sistema lingüístico para el desarrollo de la teoría de la mente. Otro estudio de O'Reilly et al. (2014) evidencia que los niños sordos, usuarios nativos o tardíos de lengua de señas, presentan un bajo desempeño en teoría de la mente (específicamente en tareas de segundo orden y de sarcasmo), al comparar con niños oyentes. Sin embargo, entre la preadolescencia y la adultez, los sordos nativos de lengua de señas se equiparan al grupo de oyentes en estas tareas. Esto no ocurre en el grupo de sordos que adquirieron de manera tardía la lengua de señas, los cuales siguen presentando un bajo rendimiento. Este estudio concluye que la experiencia comunicativa es fundamental para el desarrollo de la teoría de la mente.

Cognición y aprendizaje escolar en niños sordos

Es sabido que el éxito en el aprendizaje escolar está íntimamente relacionado con el desarrollo de las habilidades cognitivas (González et al., 1995; Shanmugan y Satterhwaite, 2016). Dado que los niños sordos presentan desempeños cognitivos cualitativamente distintos a los niños oyentes, es relevante describir cómo aprende este grupo.

Especial interés ha causado el aprendizaje de la lecto-escritura y de habilidades matemáticas en niños sordos. Mayberry (2002) estudió la capacidad de lectura en un grupo de niños sordos de entre 7 y 15 años, los resultados muestran que un alto

porcentaje no aprende a leer dentro del nivel escolar esperado (aproximadamente un 58%). Varios autores han señalado que el éxito en la adquisición de lectura y escritura en este grupo depende, en gran medida, del acceso temprano a un sistema lingüístico (Marschark et al., 2009; Perfetti y Sandak, 2000). En concordancia con lo anterior, Goldin-Meadows y Mayberry (2001) encontraron que los niños sordos que aprenden lengua de señas tempranamente tienen mejor desempeño en el aprendizaje de la lectura y escritura, que aquellos que la aprende de manera tardía. En esta misma línea, una investigación de Andrew et al. (2014) evidencia que los niños que tienen mayor dominio de la lengua de señas tienen mejor comprensión lectora, tanto a nivel de palabras individuales como de oraciones.

Lichtenstein (1998) y Morere (2012) estudiaron niños sordos que utilizan lengua de señas, ambos estudios encontraron que la lectura en todas sus formas (comprensión, reconocimiento de palabras y fluidez lectora), así como la escritura, están relacionadas con la memoria de trabajo además del lenguaje.

Por otra parte, diversos autores han planteado que las habilidades metafonológicas no son relevantes para el aprendizaje de la lectura en niños sordos (Allen et al., 2009; Mayberry et al., 2011). Los niños sordos, en general, realizan el proceso de lectura y escritura principalmente mediante la ruta léxica, lo que demanda en ellos mayor memoria léxica en comparación a oyentes (Herrera et al., 2007). Sin embargo, cuando los niños sordos adquieren lengua de señas de manera temprana, empiezan a establecer mapas visuales especiales en la construcción de la información, empleando estrategias metalingüísticas que les hace conscientes

del manejo de la lengua de señas, ayudándoles a reducir el número de formantes para el reconocimiento léxico de una palabra (Rincón et al., 2015).

Con respecto a las habilidades matemáticas, varios estudios reportan un rendimiento descendido en niños sordos al compararlos con oyentes (Bull et al., 2005; Kritzer, 2009; Pagliaro, 2010). Este desempeño descendido tiene características de retraso, más que un trastorno en estas habilidades (Kritzer, 2007; Nunes, 2004; Pagliaro, 2010; Traxler, 2000). Algunos autores han planteado que las dificultades evidenciadas en el grupo de sordos se deben a dos factores, por una parte, las limitaciones comunicativas dada la ausencia de lenguaje oral o la adquisición tardía de lengua de señas, y por otra por las barreras relacionadas con una falta de exposición temprana al mundo de los números, tanto en contextos cotidianos como en la escuela (Andin et al., 2014, 2018; Bull et al., 2005; Kelly et al. 2003; Nunes et al., 2009; Rodríguez-Santos et al., 2018).

Para explicar el desarrollo de las habilidades matemáticas en niños oyentes, Dehaene et al. (2003) proponen un modelo denominado modelo de triple código para la cognición numérica (MTC). Este se basa en la interacción de tres sistemas, uno para el reconocimiento visual de los números, otro para la capacidad de estimar magnitudes y un sistema encargado de la representación verbal de las operaciones aritméticas. La capacidad de estimar magnitudes incluye a su vez el sentido numérico aproximado (SNA) y la asociación numérica espacial de códigos de respuesta. Esta última permite a las personas ubicar las cantidades pequeñas a la izquierda del espacio y las más grandes a la derecha y codificarlas en la recta numérica (Dehaene, 1997; Gallistel

y Gelman, 1992). En el caso de los sordos, se ha visto que aplica el mismo modelo antes mencionado. Específicamente, se ha evidenciado que el reconocimiento visual de los números se activa automáticamente al ver dígitos, igual que en los oyentes, incluso si estos no se requieren para realizar alguna operación matemática (Andin et al., 2018). Con respecto a la capacidad de estimar magnitudes, Rodríguez-Santos et al. (2018) encontraron un desempeño similar entre sordos y oyentes en el funcionamiento del SNA. Otro estudio de Simon et al. (2002) encuentra que los sordos tienen un desempeño similar a los oyentes en la resta, operación que depende de la capacidad de estimar magnitudes. Otras habilidades relacionadas con la capacidad de estimar magnitudes, en las cuáles los sordos han mostrado un desempeño similar a los oyentes, son la capacidad de subitización, procesamiento de magnitudes y comparaciones de números (Bull et al., 2005, 2006). Dado lo anterior, Simon et al. (2002) concluye que la capacidad de estimar magnitudes es una habilidad independiente del sistema verbal.

Con relación al sistema encargado de las representaciones verbales de las operaciones matemáticas, Andin et al. (2018) han encontrado dificultades en los sordos, al compararlos con los oyentes, por ejemplo, en problemas aritméticos presentados de manera escrita, en fracciones y multiplicaciones. Sobre esta última operación, diversos autores han concluido que es la más influenciada por el sistema verbal, ya que requiere de la recuperación de hechos aritméticos de la memoria de largo plazo (Andin et al., 2019; Simon et al., 2002).

Con respecto a los predictores de las habilidades matemáticas en sordos, Morere

(2012) ha planteado que los desempeños en flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo correlacionan significativamente que la fluidez matemática.

Neuroplasticidad y sordera

La privación de la entrada de información sensorial puede inducir la reorganización de las cortezas sensoriales, esto ocurre como un mecanismo de compensación mediante el cual las cortezas privadas son reclutadas para procesar información de otras modalidades sensoriales (Qiao et al., 2019; Simon et al., 2019). Este mecanismo se conoce como plasticidad transmodal (Merabet y Pascual-Leone, 2009). En el caso de las personas sordas, se sabe que las cortezas de regiones sensoriales auditivas y visuales se reorganizan y son reclutadas para el procesamiento del lenguaje y otras funciones cognitivas (Campbell et al., 2007; Emmorey et al., 2002). Por lo tanto, la reorganización estructural y funcional de la corteza cerebral fundamentaría el rendimiento cognitivo que ha sido reportado en sordos. Particular interés ha causado la reorganización cerebral para el procesamiento del lenguaje, dada la modalidad viso-gestual que implica la lengua de señas.

El desarrollo del lenguaje en sordos nativos de la lengua de señas sigue el mismo patrón de determinantes que el desarrollo del lenguaje oral. Al nacer, los niños oyentes progresivamente van adquiriendo la capacidad para comprender el lenguaje hablado. Luego, cerca de año edad, comienzan a producir las primeras palabras (Serra et al., 2013). De manera similar, los niños sordos muestran una capacidad para reconocer palabras y comprender estructuras oracionales y discursivas previa a la aparición de las primeras señas (Cheek, et al., 1998; Petitto et al., 2000).

La sordera genera una privación del sonido a las estructuras cerebrales genéticamente determinadas para procesar el lenguaje oral, lo que induce su reorganización para extraer de los gestos la información lingüística. Sobre esto, las investigaciones evidencian que mientras más temprano los niños sordos se exponen a la lengua de señas, mejores habilidades lingüísticas desarrollarán (Qiao et al., 2019; Simon et al., 2019).

- Procesamiento cerebral del lenguaje en sordos

Los estudios en general convergen en la idea de que el procesamiento del lenguaje mediante la modalidad viso-gestual, materializada en la lengua de señas, se procesa gracias a una red central del lenguaje. Esta red comprende componentes independientes de la modalidad o amodales, los cuales se activan de igual manera en personas sordas y oyentes, y otros componentes modales que se activan solo en personas sordas (Friederici, 2011; Hervé et al., 2013; Mathur y Rathmann, 2014; Mazoyer et al., 2014). Es decir, el procesamiento cerebral tanto de la expresión como de la comprensión de la lengua de señas, se sustenta en las mismas estructuras cerebrales que procesan el lenguaje oral, además de otras áreas específicas para esa modalidad (Hickok et al., 2002; Hickok y Bellugi, 2001; Pickell et al., 2005; Rogalsky et al., 2013).

Al igual que los oyentes, la red central del lenguaje en los niños sordos se compone de estructuras cerebrales organizadas en dos rutas, dorsal y ventral, que se extiende por las cortezas de los lóbulos temporal, frontal y parietal de ambos hemisferios, con una marcada lateralización a hemisferio izquierdo (Hickok y Poeppel, 2004, 2007).

La ruta dorsal en sujetos sordos está compuesta por regiones amodales tales

como la corteza del lóbulo parietal inferior izquierdo (área supramarginal y unión temporoparietal), el giro frontal inferior izquierdo y sus conexiones de sustancia blanca (Corina, 2000; Trettenbrein et al., 2021). Esta ruta procesa principalmente la información relacionada con los niveles fonológico y articulatorio, entendido para la lengua de señas como la configuración manual, el movimiento, orientación y ubicación espacial de los signos (Corina, 2000). Lo anterior se ha visto también en estudios de sujetos sordos con lesiones cerebrales, donde alteraciones en lóbulo parietal inferior izquierdo y en el giro frontal inferior izquierdo producen dificultades en la producción motora de los signos manuales, parafasias fonológicas y alteraciones en la agilidad para la configuración manual de los signos (Corina y Blau, 2016). Además, Trettenbrein et al. (2021) han planteado que la ruta dorsal juega un papel crucial en la estructuración sintáctica de los sordos, al igual que los oyentes, pero con una representación más bilateral.

Por otra parte, en sujetos sordos, la ruta dorsal está compuesta por estructuras cerebrales modales o dependientes de la modalidad, específicamente el giro frontal inferior y el área supramarginal, ambas en el hemisferio derecho. Esto se relaciona con los componentes visuoespaciales de la estructuración fonológica y sintáctica en lengua de señas (Moreno et al., 2018; Trettenbrein et al., 2021). Con respecto a la estructuración sintáctica, la activación bilateral se explica dado que los enunciados en la lengua de señas se componen de elementos secuenciales temporales, al igual que las lenguas orales, pero a su vez depende de elementos presentados en la dimensión espacial (Lillo-Martin y Gajewski, 2014; Mathur y Rathmann, 2014; Roberts, 2017).

Respecto de la ruta ventral del lenguaje en sordos, está compuesta por regiones amodales tales como el surco temporal superior (región posterior), giros temporal superior y medio (regiones posteriores) y área angular, conectadas principalmente a través del fascículo occipitofrontal inferior con regiones del lóbulo temporal anterior y giro frontal inferior. Dado que estas regiones están genéticamente ligadas a la corteza auditiva primaria y a las regiones de asociación auditiva circundantes, sufren una reorganización neuroplástica transmodal inducida por la sordera. Por lo tanto, son reclutadas para enriquecer el procesamiento lingüístico de los gestos manuales en la lengua de señas (Trettenbrein et al., 2021).

Además de las regiones amodales, la ruta ventral en sordos está compuesta por regiones modales o no canónicas del lenguaje, tales como regiones de asociación parieto-occipitales y occipito-temporales en ambos hemisferios (Cheng et al., 2019; Corina et al., 2003, Moreno et. al, 2018; Trettenbrein et al., 2021). En general, la ruta ventral del lenguaje procesa información relacionada con el significado de las señas, por lo tanto, tiene un rol fundamental para la comprensión de esta (Hickok y Poeppel, 2004, 2007; Matchin et al., 2019).

En síntesis, la lengua de señas recluta regiones dependientes de modalidad en ambos hemisferios, lo que implica que su desarrollo no sólo depende de reorganización plástica de las cortezas auditivas y ventrales del lenguaje, sino también del procesamiento de componentes visuales del estímulo, tales como el procesamiento de los movimientos faciales y gestos asociados al lenguaje. Estos últimos no tienen un componente lingüístico directamente homologable en la modalidad auditivo-vocal, pero para la lengua de señas

son parte constituyente de su estructura y funcionalidad (Corina y Blau, 2016; Qiao et al., 2019).

Conclusión

Existe amplia evidencia de que la sordera impacta en el desarrollo cognitivo de los niños y niñas. Este impacto generalmente no se traduce en peores desempeños, cuando se adquiere tempranamente un sistema lingüístico, pudiendo este ser en modalidad auditivo-verbal (lenguaje oral), o visuo-gestual, como es el caso de la lengua de señas. Los niños sordos que adquieren lengua de señas evidencian un desarrollo cognitivo cualitativamente diferente respecto de los oyentes, incluso respecto de los sordos que adquieren lenguaje oral. Estas diferencias se manifiestan principalmente en mejores desempeños en habilidades de memoria visuoespacial a corto plazo, atención visual y memoria de trabajo visuoespacial.

Respecto al aprendizaje de la lectura y escritura en niños sordos, se ha visto que el factor que mejor predice el éxito en estas habilidades es el manejo en lengua de señas. De esta manera los niños sordos que aprenden lengua de señas tempranamente tienen mejor desempeño en tareas lectura (velocidad, precisión y comprensión) y escritura (velocidad y precisión). Se ha visto también que la memoria de trabajo es un factor determinante para la adquisición de estas habilidades por parte de los niños sordos. Es importante destacar, que distintas investigaciones encuentran que el desempeño en conciencia fonológica no influye el aprendizaje de lectura y escritura en este grupo de niños. Por su parte, la evidencia destaca que los niños sordos aprenden las habilidades matemáticas mediante un mecanismo similar a los

oyentes, específicamente gracias a la interacción de tres sistemas, reconocimiento visual de los números, capacidad de estimar magnitudes y un sistema encargado de la representación verbal de las operaciones aritméticas. En este último pueden presentar dificultades, dada la demanda verbal que implica.

Por último, se ha visto que los niños sordos usuarios de lengua de señas evidencian mecanismos de plasticidad cerebral, principalmente para el lenguaje. Esta plasticidad implica que para la comprensión y expresión de la lengua de señas se activan regiones cerebrales similares a los oyentes, denominadas regiones amodales, pero también se activan regiones distintas, denominadas regiones modales o no-canónicas del lenguaje. Estas últimas corresponden principalmente a regiones del hemisferio derecho o del mismo hemisferio izquierdo encargadas del procesamiento visual y visuoespacial.

Referencias

- Allen, T. E., Clark, M. D., Del Giudice, A., Koo, D., Lieberman, A., Mayberry, R., y Miller, P. (2009). Phonology and reading: A response to Wang, Trezek, Luckner, and Paul. *American Annals of the Deaf*, 154(4), 338–345. <https://doi.org/10.1353/aad.0.0109>
- Andin, J., Fransson, P., Dahlström, Ö., Rönnerberg, J. & Rudner, M. (2019). The neural basis of arithmetic and phonology in deaf signing individuals. *Language, Cognition and Neuroscience*, 34(7), 813–825. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1616103>
- Andin, J., Fransson, P., Ronnberg, J., y Rudner, M. (2018). fMRI evidence of magnitude manipulation during numerical order processing in congenitally deaf signers. *Neural Plasticity*, e2576047. <https://doi.org/10.1155/2018/2576047>
- Andin, J., Ronnberg, J., y Rudner, M. (2014). Deaf signers use phonology to do arithmetic. *Learning and Individual Differences*, 32, 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.03.015>
- Andrew, K., Hoshoooley, J., y Joannis, M. (2014). Sign language ability in young deaf signers predicts comprehension of written sentences in English. *PLoS ONE*, 9(2), e89994. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089994>
- Arruti, I., Pélach, R., y Zubizaray, J. (2002). Hipoacusias en la edad infantil. Diagnóstico y tratamiento. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 25(Supl. 2), 73-84. <https://doi.org/10.23938/ASSN.0832>
- Augusto, J., Adrián, J., Alegría, J., y Martínez de Antoñana, R. (2002). Dificultades lectoras en niños con sordera. *Psicothema*, 14(4), 746-753.
- Baker, C., y Padden, C. (1978). Focusing on the nonmanual components of American Sign Language. En P. Siple (Ed.), *Understanding Language through Sign Language Research* (pp. 27-57). Academic Press.
- Baldonado, M., y Deaño, M. (2008). Procesamiento cognitivo en estudiantes con y sin deficiencia auditiva. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 28(1), 46-57. [https://doi.org/10.1016/S0214-4603\(08\)70045-7](https://doi.org/10.1016/S0214-4603(08)70045-7)
- Ballesteros, S. (2014). *Habilidades cognitivas básicas: Formación y deterioro*. UNED Ediciones.
- Bellugi, U., Klima, E., y Siple, P. (1975). Remembering in signs. *Cognition*, 3, 93-125.

- Botting, N., Jones, A., Marshall, C., Denmark, T., Atkinson, J., y Morgan, G. (2016). Nonverbal executive function is mediated by language: A study of deaf and hearing children. *Child Development*, 88(5), 1689–1700. <https://doi.org/10.1111/cdev.12659>
- Boutla, M., Supalla, T., Newport, E. L., y Bavelier, D. (2004). Short-term memory span: Insights from sign language. *Nature Neuroscience*, 7(9), 997-1002. <https://doi.org/10.1038/nn1298>
- Bull, R., Marschark, M., y Blatto-Vallee, G. (2005). SNARC hunting: Examining number representation in deaf students. *Learning and Individual Difference*, 15(3), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.01.004>
- Bull, R., Blatto-Vallee, G., y Fabich, M. (2006). Subitizing, magnitude representation, and magnitude retrieval in deaf and hearing adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(3), 289–302. <https://doi.org/10.1093/deafed/enj038>
- Campbell, R., MacSweeney, M., y Waters, D. (2007). Sign language and the brain: A review. *Journal Deaf Studies and Deaf Education*, 13, 3-20. <https://doi.org/10.1093/deafed/enm035>
- Capirci, O., Cattani, A., Rossini, P., y Volterra, V. (1998). Teaching sign language to hearing children as a possible factor in cognitive enhancement. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 3, 135–142. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014343>
- Cheek, A., Cormier, K., Rathmann, C., Repp, A., y Meier, R. (1998). Motoric constraints link manual babbling and early signs. *Journal Infant Behavior and Development*, 21, 340-340.
- Chen, Q., Zhang, M., y Zhou, X. (2006). Effects of spatial distribution of attention during inhibition of return (IOR) on flanker interference in hearing and congenitally deaf people. *Brain Research*, 1109, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.06.043>
- Cheng, Q., Roth, A., Halgren, E., y Mayberry, R. I. (2019). Effects of early language deprivation on brain connectivity: Language pathways in deaf native and late first-language learners of American sign language. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 320. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00320>
- Corina, D. (2000). Some observations regarding paraphasia in American Sign Language. En K. Emmorey y H. Lane (Eds.), *The signs of language revisited: An anthology to honor Ursula Bellugi and Edward Klima* (pp. 493-507). Lawrence Erlbaum Associates.
- Corina, D., y Blau, S. (2016). Neurobiology of sign languages. En G. Hickok y S. Small (Eds.), *Neurobiology of Language* (pp. 431-443). Elsevier.
- Corina D., San Jose-Robertson, L., Guillemin, A., High, J., y Braun, A. R. (2003). Language lateralization in a bimanual language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(5), 718-730. <https://doi.org/10.1162/jocn.2003.15.5.718>
- Corral, M., y Rubiales, J. (2016). Funcionamiento ejecutivo en adolescentes con discapacidad auditiva: Flexibilidad cognitiva y Organización y Planificación. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 8(3), 33-41.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.

- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., y Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3–6), 487–506. <https://doi.org/10.1080/02643290244000239>
- Dye, M. W., Baril, D. E., & Bavelier, D. (2007). Which aspects of visual attention are changed by deafness? The case of the Attentional Network Test. *Neuropsychologia*, 45(8), 1801–1811. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.12.019>
- Dye, M. W., Hauser, P., y Bavelier, D. (2008). Visual attention in deaf children and adults: Implications for learning environments. En M. Marschark y P. Hauser (Eds.), *Deaf cognition: Foundations and outcomes* (pp. 250–263). Oxford University.
- Dye, M. W., Hauser, P. y Bavelier, D. (2009). Is visual selective attention in deaf individuals enhanced or deficient?. The case of the useful field of view. *PLoS ONE*, 4(5), e5640. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005640>
- Emmorey, K., Damasio, H., McCullough, S., Grabowski, T., Ponto, L. L. B., Hichwa, R. D., y Bellugi, U. (2002). Neural systems underlying spatial language in American Sign Language. *NeuroImage*, 17(2), 812–824.
- Fontal, A., y Mejía, C. (2015). Construcción del conocimiento de las personas sordas: Una aproximación a sus características socio-familiares. *Informes Psicológicos*, 15(2), 47-66. <https://doi.org/10.18566/infpsicv15n2a03>
- Fontané-Ventura, J. (2006). Déficit auditivo. Retraso en el habla de origen audígeno. *Revista de Neurología*, 41(1), 25-37. <https://doi.org/10.33588/rn.41S01.2005388>
- Friederici, A. (2011). The brain basis of language processing: From structure to function. *Physiological Reviews*, 91(4), 1357–1392. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011>
- Furth, H., y Youniss, J. (1971). Formal operations and language: A comparison of deaf and hearing adolescents. *International Journal of Psychology*, 6, 49-64. <https://doi.org/10.1080/00207597108247297>
- Furth, H., y Youniss, J. (1979): Thinking in deaf adolescents: Language and formal operations. *Journal of Communication Disorders*, 2, 195-202.
- Gallistel, C. R., y Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44, 43-74. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90050-r](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90050-r)
- Goldin-Meadows, S., y Mayberry, R (2001). How do profoundly deaf children learn to read? *Learning Disabilities Research and Practice*, 16, 221-8.
- González, J., Mayor, J., y Suengas, A. (1995). *Estrategias metacognitivas*. Síntesis.
- González, F., y Rullas, M. (2004). Sordera y salud mental. En C. Jáudenes (Ed.), *Manual básico de formación especializada sobre discapacidad auditiva* (pp. 85-94). Confederación Española de Familias de Personas Sordas.
- Hall, M., y Bavelier, D. (2010). Working memory, deafness, and sign language. En M. Marschark y P. Spencer (Eds.), *Oxford handbook of deaf studies, language and education* (pp. 458–472). Oxford University Press.
- Hall, M., Eigsti, I., Bortfeld, H., y Lillo-Martin, D. (2018). Executive function in deaf

- children: Auditory access and language access. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 61, 1970–1988. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-L-17-0281
- Hamilton, H. (2011). Memory skills of deaf learners: Implications and applications. *American Annals of the Deaf*, 156(4), 402–423. <https://doi.org/10.1353/aad.2011.0034>
- Herrera, V., Puente, A., Alvarado, J., y Ardila, A. (2007). Códigos de lectura en sordos: La dactilología y otras estrategias visuales y kinestésicas. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39(2), 269–89.
- Hervé, P. Y., Zago, L., Petit, L., Mazoyer, B., y Tzourio-Mazoyer, N. (2013). Revisiting human hemispheric specialization with neuroimaging. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(2), 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.12.004>
- Hickok, G., y Bellugi, E. (2001). Sign language in the brain. *Scientific American*, 280, 58–65. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0601-58>
- Hickok, G., Love-Geffen, T., y Klima, E. S. (2002). Role of the left hemisphere in sign language comprehension. *Brain and Language*, 82(2), 167–178. [https://doi.org/10.1016/s0093-934x\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/s0093-934x(02)00013-5)
- Hickok, G., y Poeppel, D. (2004). Towards a new functional anatomy of language. *Cognition*, 92(1-2), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.11.001>
- Hickok, G., y Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8, 393–402. <https://doi.org/10.1038/nrn2113>
- Kelly, R. R., Lang, H. G., y Pagliaro, C. M. (2003). Mathematics word-problem solving for deaf students: A survey of practices in grades 6–12. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 8(2), 104–119. <https://doi.org/10.1093/deafed/eng007>
- Kral, A., Kronenberger, W., Pisoni, D., y O'Donoghue, G. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: A connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610–621. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00034-X)
- Kritzer, K. (2007). *Factors associated with mathematical ability in young deaf children: Building foundations, from networks to numbers* [Tesis Doctoral, University of Pittsburgh]. Institutional Repository at the University of Pittsburgh.
- Kritzer, K. (2009). Barely started and already left behind: A descriptive analysis of the mathematics ability demonstrated by young deaf children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(4), 409–421. <https://doi.org/10.1093/deafed/enp015>
- Laya de Gracia, M., De Rosnay, M., Hawes, D., y Templo, M. (2020). Deafness and theory of mind performance: Associations among Filipino children, adolescents, and young adults. *Journal of Cognition and Development*, 21(3), 326–347. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1741364>
- Leigh, I. (2010). *Psychotherapy with deaf from diverse groups*. University Press.
- Lichtenstein, E. (1998). The relationships between reading processes and English skills of deaf college students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 3(2), 80–134. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014348>
- Lillo-Martin, D., y Gajewski, J. (2014). One grammar or two? Sign languages and the

- nature of human language. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 5(4), 387-401. <https://doi.org/10.1002/wcs.1297>
- Mackenzie, I., y Smith, A. (2009). Deafness-the neglected and hidden disability. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 103(7), 565-71. <https://doi.org/10.1179/000349809X12459740922372>
- Marschark, M., Sapere, P., Convertino, C., Mayer, C., Wauters, L., y Sarchet, T. (2009). Are deaf students' reading challenges really about reading? *American Annals of the Deaf*, 15 (4), 357-370. <https://doi.org/10.1353/aad.0.0111>
- Marschark, M., Sarchet, T., y Trani, A. (2016). Effects of hearing status and sign language use on working memory. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21(2), 148-155. <https://doi.org/10.1093/deafed/env070>
- Marschark, M., y Wauters, L. (2008). Language comprehension and learning by deaf students. En M. Marschark y P. Hauser (Eds.), *Deaf Cognition: Foundation and outcomes*. Oxford Scholarship Online. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195368673.003.0012>
- Matchin, W., Basilakos, A., Stark, B.C., Den Ouden, D., Fridriksson, J., y Hickok, G. (Octubre 26-27, 2019). *Paragrammatism and agrammatism: a cortical double dissociation revealed by lesion-symptom mapping* [Conferencia]. Academy of Aphasia 57th Annual Meeting.
- Mathur, G., y Rathmann, C. (2014). The structure of sign languages. En M. A. Goldrick, V. S. Ferreira y M. Miozzo (Eds.), *The Oxford handbook of language production* (pp. 392- 379). Oxford University Press.
- Mayberry, R. (2002). Cognitive development of deaf children: The interface of language and perception in neuropsychology. En S. Segalowitz y I. Rapin (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (pp. 71-107). Elsevier.
- Mayberry, R., del Giudice, A., y Lieberman, A. (2011). Reading achievement in relation to phonological coding and awareness in deaf readers: A meta-analysis. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16 (2), 164-188. <https://doi.org/10.1093/deafed/enq049>
- Mazoyer, B., Zago, L., Jobard, G., Crivello, F., Joliot, M., Perchey, G., Mellet, E., Petit, L., y Tzourio-Mazoyer, N. (2014). Gaussian mixture modeling of hemispheric lateralization for language in a large sample of healthy individuals balanced for handedness. *PLoS ONE*, 9(6), e101165. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101165>
- Merabet, L., y Pascual-Leone, A. (2009). Neural reorganization following sensory loss: the opportunity of change. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(1),44-52. <https://doi.org/10.1038/nrn2758>
- Monsalve, A. y Núñez, F. (2006). La importancia del diagnóstico e intervención temprana para el desarrollo de los niños sordos: Los programas de detección precoz de la hipoacusia. *Psychosocial Intervention*, 15(1), 7-28.
- Moreno, A., Limousin, F., Dehaene, S., y Pallier, C. (2018). Brain correlates of constituent structure in sign language comprehension. *Neuroimage*, 167, 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.040>
- Morere, D. A. (2012). Measures of writing, math, and general academic knowledge. En D. Morere y Allen (Eds.), *Assessing*

- literacy in deaf individuals* (pp. 127-137). Springer.
- Morgan, G., y Kegl, J. (2006). Nicaraguan sign language and theory of mind: The issue of critical periods and abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 811–819. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01621.x>
- Nava, E., Bottari, D., Zampini, M., y Pavani, F. (2008). Visual temporal order judgment in profoundly deaf individuals. *Experimental Brain Research*, 190, 179–188. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1459-9>
- Nunes, T. (2004). *Teaching mathematics to deaf children*. Whurr.
- Nunes, T., Bryant, P., Burman, D., Bell, D., Evans, D., y Hallett, D. (2009). Deaf children's informal knowledge of multiplicative reasoning. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(2), 260–277. <https://doi.org/10.1093/deafed/enn040>
- O'Reilly, K., Peterson, C., y Wellman, H. (2014). Sarcasm and advanced theory of mind understanding in children and adults with prelingual deafness. *Developmental Psychology*, 50(7), 1862–1877. <https://doi.org/10.1037/a0036654>
- Organización Mundial de la Salud (2020). *Sordera y defectos de audición*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Padden, C., y Humphries, T. (2005). *Inside Deaf Culture*. Harvard University Press.
- Pagliaro, C. M. (2010). Mathematics instruction and learning of deaf and hard-of-hearing students: What do we know? Where do we go? En M. Marschark y P. Spencer (Eds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education* (Vol. 2, pp. 156-171). Oxford University Press.
- <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195390032.013.0011>
- Perfetti, C., y Sandak, R. (2000). Reading optimally builds on spoken language: Implications for deaf readers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5 (1), 32–50. <https://doi.org/10.1093/deafed/5.1.32>
- Peterson, C., y Siegal, M. (2000). Insights into Theory of Mind from deafness and autism. *Mind & Language*, 15(1), 123–145. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00126>
- Petitto, L., Zatorre, R., Gauna, K., Nikelski, C., Dostie, D., y Evans, A. (2000). Speech-like cerebral activity in profoundly deaf people processing signed languages: implications for the neural basis of human language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(25), 13961-13966. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.25.13961>
- Pickell, H., Klima, E., Love, T., Kritchevsky, M., Bellugi, U., y Hickok, G. (2005). Sign language aphasia following right hemisphere damage in a left-hander: A case of reversed cerebral dominance in a deaf signer? *Neurocase*, 11, 194-203. <https://doi.org/10.1080/13554790590944717>
- Qiao, Y., Li, X., Shen, H., Zhang, X., Sun, Y., Hao, W., Guo, B., Ni, D., Gao, Z., Guo, H., y Shang, Y. (2019). Downward cross-modal plasticity in single-sided deafness. *Neuroimage*, 197, 608-617. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.031>
- Rincón, M., Aguirre, A., Carmona, S., Contreras, P., Figueredo, L., Guevara, C., Sosa, S., y Urán, A. (2015). ¿Cómo la comprensión de lectura en estudiantes sordos se ve facilitada por el uso de tecnologías de la comunicación e información? *Revista de la Facultad de*

- Medicina*, 63(Suppl. 3), 83-91. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n3sup.50570>
- Roberts, I. (Ed.). (2017). *The Oxford handbook of universal grammar*. Oxford University Press.
- Rodríguez-Santos, J., García-Ortiz, J., Calleja, M., Damas, J., y Iza, M. (2018). Nonsymbolic comparison in deaf students: No evidence for a deficit in numerosity processing. *American Annals of The Deaf*, 163(3), 374–393. <https://doi.org/10.1353/aad.2018.0024>
- Rogalsky, C., Raphel, K., Tomkovicz, V., O'Grady, L., Damasio, H., Bellugi, U., y Hickok, G. (2013). Neural basis of action understanding: Evidence from sign language aphasia. *Aphasiology*, 27(9), 1147-1158. <https://doi.org/10.1080/02687038.2013.812779>
- Serra, M., Serrat, E., y Sole, R. (2013). *La adquisición del lenguaje*. Editorial Ariel.
- Shanmugan, S., y Satterthwaite, T. (2016). Neural markers of the development of executive function: Relevance for education. *Current opinion in Behavioral Sciences*, 10, 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.04.007>
- Simon, M., Fromont, L. A., Le Normand, M.T., y Leybaert, J. (2019). Spelling, reading abilities and speech perception in deaf children with a cochlear implant. *Scientific Studies of Reading*, 23(6), 494–508. <https://doi.org/10.1080/10888438.2019.1613407>
- Simon, O., Mangin, J. F., Cohen, L., Le Bihan, D., y Dehaene, S. (2002). Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron*, 33(3), 475–487. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)00575-5](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00575-5)
- Torres, E. (1987). Memoria y representación en los sordos. En A. Marchesi (Ed.), *El desarrollo cognitivo y lingüístico de los niños sordos* (pp. 63-89). Alianza.
- Traxler, C. B. (2000). The Stanford Achievement Test: National norming and performance standards for deaf and hard-of-hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5(4), 337–348. <https://doi.org/10.1093/deafed/5.4.337>
- Trettenbrein, P., Papitto, G., Friederici, A., y Zaccarella, E. (2021). Functional neuroanatomy of language without speech: An ALE meta-analysis of sign language. *Human Brain Mapping*, 42(3), 699–712. <https://doi.org/10.1002/hbm.25254>
- Wilson, M., Bettger, J., Niculae, I., y Klima, E. (1997). Modality of language shapes working memory: Evidence from digit span and spatial span in ASL signers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 2(3), 150–160. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014321>
- Wilson, M., y Emmorey, K. (2003). The effect of irrelevant visual input on working memory for sign language. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 8(2), 97–103. <https://doi.org/10.1093/deafed/eng010>
- Wood, D. (1983). The development of language and cognition in the hearing-impaired. *Infancia y Aprendizaje*, 6(3), 201-221. <https://doi.org/10.1080/02103702.1983.10822015>