

Funcionamiento de Neuronas Espejo en personas invidentes

Funcionamiento de Neuronas Espejo en personas invidentes:

Perspectiva desde una revisión literaria

Avellaneda Avilán Paula Natalia

Monografía

Asesor:

Jorge Eduardo Moreno Paris

Fundación Universitaria del Área Andina

Facultad de ciencias sociales y humanas

Programa de psicología

2021

Funcionamiento de Neuronas Espejo en personas invidentes	2
--	---

## **Tabla de contenido**

Lista de abreviaturas	3
Resumen	4
Planteamiento del problema	5
Justificación	6
Objetivos	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Metodología	8
Marco Teórico	9
Neuronas Espejo	9
Estructura neuroanatómica de las Neuronas Espejo.	11
Representaciones motoras en el cerebro del observador.	12
Cognición social / Teoría de la mente	15
Imitación e interpretación en personas ciegas.	16
Discapacidad visual	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Neuro plasticidad en personas que presentan ceguera	16
Percepción visual en personas ciegas	19
Funcionamiento de las neuronas Espejo en personas invidentes.	21
<b>Conclusiones</b>	23
<b>Referencias</b>	25

### **Lista de abreviaturas**

NE Neuronas espejo

RMF Resonancia magnética funcional

VTS Ventrales del temporal superior

AMP Área motora parietal

EEG Electroencefalograma

MEG Magneto encefalografía

CTS Circunvolución temporal superior

CTM Circunvolución temporal media

LPI Lóbulo parietal inferior

CFI Circunvolución frontal inferior

AMS Área motora suplementaria

AI Anterior ínsula

### **Resumen**

Las Neuronas Espejo (NE) son un sistema neuronal que se encarga de crear representaciones visuales de acciones observadas en el cerebro del observador; en el presente escrito se expone, desde un enfoque neuroanatómico y una revisión teórica, el concepto, el funcionamiento, las aproximaciones y la activación de las Neuronas Espejo. Para esto se realiza una comparación entre personas videntes y no videntes con el fin de determinar si hay diferencias en la configuración anatómica y funcional del sistema de NE. Se realizó una búsqueda documental sobre el funcionamiento y la neuroanatomía de este sistema por medio de artículos e investigaciones que abordaron el tema. También se aborda el concepto de neuroplasticidad crossmodal para explicar cómo funciona la corteza occipital en las personas con ceguera, la cual sirve para percibir estímulos táctiles y auditivos complementando la organización de sistema NE. Como conclusiones se destacan las áreas fronto-parietales y las áreas de asociación sensorial durante la activación de NE; por otro lado no se encontraron diferencias significativas respecto a la activación de NE en personas ciegas.

**Palabras claves:** Neuronas espejo, cerebro vidente, discapacidad visual, neuroplasticidad.

### Planteamiento del problema

Se realiza esta investigación para dar respuesta al interrogante: ¿Cuál es el funcionamiento de las neuronas espejo en personas invidentes? por lo tanto, se plantea como principal objetivo: comprender el funcionamiento de las neuronas espejo en personas invidentes; lo anterior para contribuir en conocimiento tanto a investigaciones futuras con dicha población como en ámbitos académicos y sociales facilitando información relevante a la imitación, la capacidad para entender acciones y el grado de empatía con la que cuentan personas ciegas. Adicionalmente se busca información complementaria desde el ámbito de la neuroanatomía para condensar la información y realizar un análisis y una aproximación de dicho funcionamiento relacionando lo práctico con lo neurobiológico.

La información recolectada en este documento será de gran utilidad para aquellos quienes planteen ejercicios prácticos o actividades de inclusión para integrar a las personas ciegas y a aquellas que no lo son, en temáticas como la empatía, la integración, la comprensión y el acompañamiento a personas discapacitadas. Así como contribuir con nuevas perspectivas teóricas en ámbitos académicos.

Se ha encontrado gracias a Quesada (2015), que con respecto a la población colombiana con poca o nula capacidad visual, las principales dificultades e inconvenientes dentro de la vida cotidiana son:

---

#### Algunas dificultades para las personas ciegas en Colombia

Desplazamiento por lugares públicos	Suelen tener problemas para moverse sobre todo en entornos poco conocidos. Requieren de la compañía de un tercero.  Se les dificulta si ha existido alguna remodelación o reacomodación en las áreas donde habitan.
Dificultades sociales	Identificar quien está cerca o quien se aproxima es una de las mayores dificultades para las personas ciegas

Realizar compras	Ser totalmente independiente para una persona con baja visión es demasiado complicado, adquirir bienes o servicios requiere de un reconocimiento detallado el cual muy difícilmente se brinda.
Encontrar obstáculos en medio de las ceras	Normalmente se toma a los andenes como sitio para aparcar bicicletas, motos, coches de bebe etc. Esto dificulta la movilidad de las personas ciegas quienes quieren transitar por dicho lugar
Señalización peatonal y vehicular no adaptada	En Colombia no se encuentran señalizaciones peatonales aptas; como lo pueden ser semáforos, adicionalmente se puede encontrar transporte público que no cuenta con señalización de paradas por altavoz; o incluso quienes realizan paradas para descanso en mitad de carretera.
Poca adaptación tecnológica	La adaptación de diversas páginas web se ha visto algo ralentizada, por lo que existen sitios web, dispositivos electrónicos o aplicativos que aun no prestan este servicio

Como aspecto a destacar se encuentra el hecho de que, al tratarse de una revisión documental, se engloba el tema desde distintos puntos de vista, generando una visión más amplia y aportando conocimientos útiles a la población que rodea, trabaja y convive con un miembro ciego de nacimiento. De igual manera se recalca la mínima existencia de trabajos orientados a entender el mecanismo de activación de las neuronas espejo en personas que están privadas de la vista.

### **Justificación**

En Colombia, no existe un estudio sobre el mecanismo de las neuronas espejo en personas que presentan ceguera en donde incluya efectivamente la explicación de los

mecanismos de activación de dicho proceso, es por ello por lo que este trabajo tiene la finalidad de explorar y comprender a la persona invidente desde un enfoque neurocientífico.

También se evidencia la falta de conocimiento de las personas que tienen una relación directa ya sea de forma personal y/o profesional con la población estudiada respecto a la función y activación de las neuronas espejo; esto para facilitar el entendimiento de algunas acciones y labores a nivel social, interacción interpersonal y lectura del entorno. Es por esto por lo que se han creado ayudas tales como el Programa de apoyo dirigido a la familia y cuidadores primarios para el desarrollo de la autonomía de niños/as y adolescentes ciegos (Manzur 2015), en el cual se pretende guiar y orientar a cuidadores de niños y adolescentes ciegos a visionar el futuro de sus hijos relacionándolo con la situación real y a la condición en la que llegarían a quedar sus hijos cuando sus padres o cuidadores falten.

Del mismo modo, se evidencia que la baja corresponsabilidad familiar: la escasa participación en las diferentes actividades, el acompañamiento en casa, los comportamientos sobreprotectores y el hecho de delegar el rol de cuidador en el (78.49%) a las madres, genera sobrecargas tanto físicas como emocionales en una sola persona. Es así que al conocer más a fondo cómo es el funcionamiento cerebral de una persona ciega, contribuye a generar más empatía y entender esta discapacidad desde una perspectiva más dinámica ayudando a que esta sea un poco más funcional. (Morales, et. al. 2018).

Según el DANE (2018), en el último censo en el año 2018 reveló que: de 1'948.332 personas con discapacidad visual equivalente al 62.17% de la población con discapacidad en Colombia, de un total de 3'134.036 personas con discapacidad, en general equivalente al 7.1% de la población colombiana.

Es por esto por lo que es pertinente ampliar la comprensión que se tiene frente a las personas que presentan ceguera ya que es una gran herramienta para el desarrollo de las neurociencias y el ámbito de las habilidades sociales. Además de ser de gran importancia para

la inclusión de esta población, aumentando para ellos las probabilidades de que se realice una mayor intervención investigativa en estos campos y facilitando acciones de prevención y promoción con ambientes más enriquecidos según sus necesidades.

Se espera que personas tanto del ámbito científico como del cotidiano (personas no estudiadas en neurociencia o psicología) comprendan el mecanismo de las neuronas espejo, su impacto a nivel cerebral y la flexibilidad de activación que se tiene cuando existe una limitación como es la incapacidad de observar acciones. Del mismo modo se busca que este trabajo cuente con una relevancia teórica y se sienten las bases para realizar trabajos empíricos y prácticos que ayuden a comprobar cien por ciento la activación de este mecanismo en una o varias personas ciegas desde su nacimiento.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Comprender funcionamiento de las neuronas espejo en personas invidentes realizando una revisión documental.

### **Objetivos específicos**

Recopilar información actualizada sobre el mecanismo de las Neuronas Espejo, orientada a acciones cotidianas.

Identificar las bases neuroanatómicas del sistema NE en las personas ciegas.

Reflexionar si existe un cambio significativo relacionado con el sistema de Neuronas espejo y las personas con ceguera.

## **Metodología**

Se realizó una búsqueda de artículos de revisión y artículos originales en bases de datos tales como; Google Scholar, Dialnet, ProQuest, ScienceDirect, Scielo, se buscaron artículos tanto en español como en inglés. Como criterio de exclusión, se planteó que



aquellos artículos referentes a el funcionamiento cerebral de las personas ciegas fueron desde el 2012 hasta la actualidad. Se usaron las siguientes palabras clave: neuronas espejo, sistema espejo, invidentes, ciegos, imitación, teoría de la mente; estas palabras fueron escritas en los buscadores, tanto en inglés como en español, reorganizándolas y agregando comandos de búsqueda digital: signo (+) y/o (-), encerrar las palabras clave entre comillas y/o delimitar los años de publicación.

En primera instancia, se realizó una lectura superficial de la titulación, el abstract y las palabras clave de cada artículo que arrojaba el buscador, si este abordaba la población, la explicación neuroanatómica de NE, el mecanismo de interpretación, empatía o imitación se procedía a realizar la lectura total del artículo tomando como guía los subtítulos, tablas o imágenes del mismo.

Para esto, se realizó una revisión bibliográfica de aproximadamente 180 artículos científicos de los cuales 66, se tabularon y organizaron dando una coherencia teórica en una base de datos para posteriormente crear párrafos conectores y redactar el cuerpo del escrito centrándose en los objetivos y la pregunta planteada inicialmente..

Está revisión documental es de carácter descriptivo, ya que su interés es recopilar información registrada en artículos de investigación, analizarla y compararla para obtener información actualizada del tema escogido; según Sabino (1986) “La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta de la información obtenida”.

### **Marco Teórico**

#### **Neuronas Espejo**

En la actualidad y a lo largo de la existencia el ser humano, para garantizar su supervivencia, se encuentra en la necesidad de expresar ideas y pensamientos a sus

semejantes. De este modo, desde observar una simple acción, hasta oír el verbo de la misma, el receptor es capaz de reconocer y entender el mensaje que se le está dando y el contexto del mismo, y de este modo, actuar conforme a lo entendido y responder de manera acertada para esto el cerebro cuenta un sistema de neuronas para este fin, el cual se conoce como neuronas espejo.

Tomando en cuenta a Rizzolatti (1996), las NE son un mecanismo neuronal básico que transforma las representaciones sensoriales de las acciones de los demás en representaciones motoras de las mismas acciones en el cerebro del observador; estas se activan sin la necesidad de ejecutar la acción. Las NE son neuronas en su mayoría encontradas en el área premotora de la corteza cerebral que se disparan cuando un individuo realiza acciones dirigidas a objetos, como agarrar, soltar, manipular, sostener, pero también cuando el individuo observa a alguien más realizando estos mismos movimientos (Iacoboni et al. 2005).

Las NE fueron descubiertas por Rizzolatti en 1996 al momento de realizar un experimento con una muestra de monos (Macacos), en donde se estudió la acción de neuronas motoras; para ello habían implantado en el cerebro de los monos, finísimos electrodos capaces de registrar la actividad de una única neurona. Cuando el mono cogía un objeto situado a su alcance, varias de las neuronas motoras emitían un impulso eléctrico. Al cabo de un tiempo se realizó el mismo experimento, pero con el mono en presencia del experimentador, los resultados fueron sorprendentes, las neuronas motoras de este emitieron un impulso exactamente igual cuando el experimentador realizó la acción de agarrar un objeto (Rizzolatti, 1996).

Los resultados obtenidos permitieron deducir que la activación de un conjunto de NE encadenadas es la base de la organización motora de acciones intencionales y la comprensión de las mismas cuando se observan. Un problema fundamental se refiere a

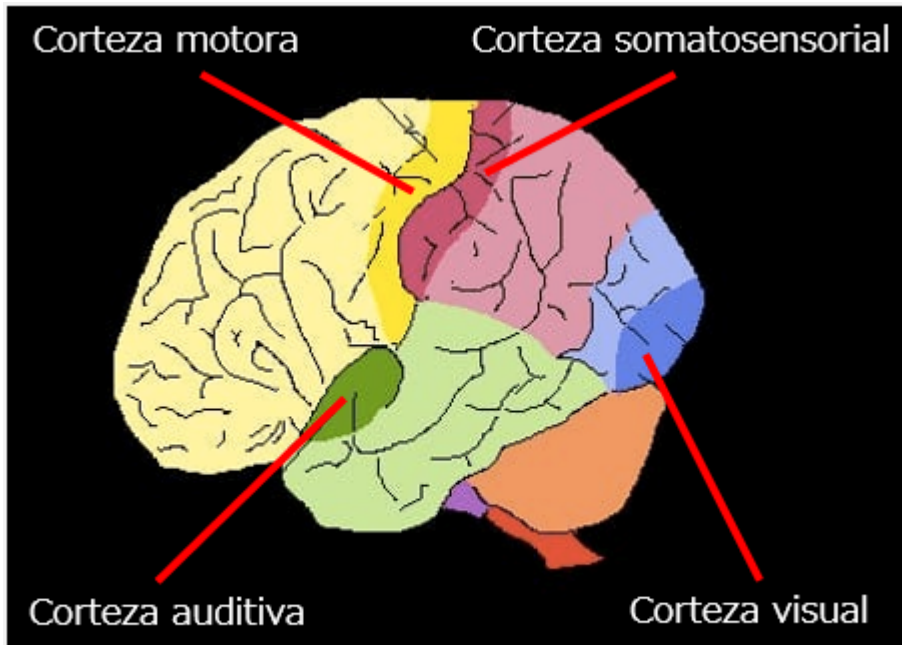
entender cómo la cadena motora correcta se selecciona en el cerebro del observador. En general, lo que el observador ve, las redes neuronales que se activan son las motoras (Georgiou et al., 2007).

### **Estructura neuroanatómica de las Neuronas Espejo.**

Las NE son una clase de células descubiertas originalmente en área ventral premotora f5 del mono (Ferreri et al, 2017), en el área frontal-inferior derecha. Se sugiere fuertemente que esta área de neuronas espejo participa activamente en la comprensión de la intención observada (Iacoboni 2005) y la corteza parieto-frontal, dirigiendo y realizando *feedback* acerca los movimientos voluntarios que se estén realizando, de esta manera es posible corregir y modificar algunos movimientos según los estímulos a los que se está presente (Rizzolatti, et al. 2016).

Se realizó un estudio de resonancia magnética funcional (RMF) el cual mostró que la acción observada activa tanto los surco dorsales y ventrales del temporal superior (STS), que contiene áreas visuales de alto orden que están típicamente involucrados en el procesamiento de movimiento. Mientras que en el surco ventral proyecta al área motora parietal (AMP) (zona interparietal anterior) está relacionado a la activación de las neuronas espejo (2016).

El área f5 (zona motora del lóbulo frontal y en una parte del lóbulo parietal) se conecta anatómicamente con las áreas f1 y f2 (corteza premotora dorsal) que también están dotados de propiedades espejo o propiedades relacionadas con otras funciones, como las emociones (Cisek, et al. 2006). Lo que ayuda a comprender mejor el funcionamiento inconsciente, empático, dinámico en la transferencia y contratransferencia de acciones dirigidas a fines concretos (Wilkinson, 2010). En la siguiente imagen se puede observar las principales áreas cerebrales implicadas en la activación de Neuronas Espejo.



Al momento de observar una acción existe una fuerte activación de las áreas premotora, situada en el lóbulo frontal, la cual produce movimientos coordinados y el lóbulo parietal encargado del procesamiento sensorial e información simbólica; es así que las áreas de la corteza cerebral en las que se procesan la información vinculada con orientación espacial, visión y audición, facilita la integración de las distintas modalidades sensoriales que se requieren para las acciones complejas aprendidas (Gallese, et al, 2004).

### **Representaciones motoras en el cerebro del observador.**

Con lo anterior mencionado, la representación mental del acto observado y del comportamiento motor de los demás, además de ser descrito pictóricamente por la activación de las áreas visuales del cerebro, se refleja en la activación de las representaciones motoras correspondientes en el cerebro del observador. Como lo plantea Ferreri et al (2017), dado que un individuo domina y controla su propio comportamiento, como consecuencia, él/ella conoce el significado de las representaciones motoras subyacentes a la acción anterior.

Las acciones de otros junto con la lectura del contexto le permiten al observador reconocer y entender inmediatamente lo que otros están haciendo, se consideran varios

elementos como el ambiente en el que se realizan y observan las acciones, el cual contribuye de manera crucial a nuestra posibilidad de decodificar lo que otros están haciendo y porqué lo están haciendo, las actividades realizadas anteriormente o las conversaciones sostenidas antes y durante una acción (Lenzi et al., 2008).

Como anteriormente dicho, se constituye que las NE, son absolutamente esenciales para el desarrollo de la percepción de la acción y la lectura del contexto, de forma paralela se encontró en un estudio con personas sin historial de enfermedades neurológicas o psiquiátricas ni lesiones cerebrales o craneales, realizado por Modroño (2014) donde se establece que, el sistema de mentalización, implicado en la comprensión de los estados mentales tales como intenciones, creencias o deseos; junto con el sistema NE, cooperan para que las intenciones entre un individuo y el otro se realicen de manera satisfactoria. Así pues, al observar las acciones de agarre integradas en contextos que favorecen la aparición de dicha acción (puede ser el caso de estar en una frutería y agarrar una manzana, en vez de estar en una tienda de mascotas y agarrar una manzana), produce una mayor actividad en áreas de NE en la corteza frontal inferior que al observar las acciones de agarre en ausencia de contextos, como se explicó anteriormente) (Gallese et al.2004).

El sistema de observación del sistema humano no proporciona simplemente un mecanismo de reconocimiento de acción, sino que también construye un sistema neuronal para codificar las intenciones de los demás. Este funcionamiento se da por los mecanismos de la red o de los circuitos parieto-frontal (Iacoboni, 2005).

Se realizaron otras investigaciones con chimpancés en donde Caggiano et al. (2012), indican que también hay NE en la corteza motora, más específicamente en área facial, lo que abre otro debate de la interacción que existe entre sistema visual y sistema motor por la mera percepción visual sin la participación del sistema motor. Esto sólo proporciona una descripción de los aspectos visuales de los movimientos del individuo, pero no daría

información precisa sobre el componente intrínseco de la acción observada que son cruciales para entender la acción, cuál es su objetivo y cómo se reproduce. Esto sugiere que, si los mecanismos de la vía motora son incompletos, la ubicación de la acción depende de la posibilidad de que el individuo interactúe.

Recientes estudios, en el que los participantes observaron acciones bucales comunicativas llevadas a cabo por otras personas, monos y perros, mostró que la observación de dichas acciones conducía a la activación de distintos focos corticales según las especies observadas (Yoiro, 2010). En donde la observación del movimiento y las acciones de otro, activaba la parte opercular de la circunvolución frontal inferior izquierda, un sector de la región de Broca, la cual es un área que está involucrada con el lenguaje ubicada en el hemisferio frontal izquierdo, aspecto en que aquellas personas con discapacidad visual no se ve afectada. También se evidenció según Gomez y Jaimes (2012), que lesiones en esta área inhiben la acción voluntaria a imitar. Esto, utilizando técnicas como el electroencefalograma o magneto encefalograma (EEG – MEG), estimulación magnética transcraneal y de imágenes cerebrales.

Por otra parte, la modulación de las respuestas de NE, la perspectiva vista de las acciones observadas es muy interesante ya que en investigaciones recientes estas NE proporcionan información sobre la perspectiva desde la cual el sistema motor actúa en los demás (Caggiano et al.2011).

Otros estudios neurofisiológicos han demostrado que estos circuitos parietales-premotores también son esenciales para soportar importantes funciones cognitivas en relación a la observación de la acción, como la comprensión de acciones e intenciones de otros. (Fogassi, 2005)

En una investigación más se puede observar cuando la madre realiza las expresiones faciales y gestos al bebé, y este las imita casi a la perfección, lo que demuestra que es capaz

de leer el estado emocional del bebé a partir de la conducta manifiesta de este. Para lograr estas transacciones, la madre debe ir más allá de la estricta imitación del reflejo, la madre no sólo produce imágenes empáticas de emociones imitativas correspondientes a las expresiones afectivas del bebé, sino que también realiza una versión transformada, perceptualmente marcada (es decir, exagerada) de la expresión facial realista del bebé (Lenzi et al, 2008).

### **Cognición social / Teoría de la mente**

Con base a lo anterior mencionado, las representaciones sociales se crean a partir del aprendizaje generado por la cultura y reforzado por el entorno, es así que se constituye que uno de los primeros modos disponibles para que el individuo adquiera conocimiento sobre su situación, son las emociones, permitiendo así una reorganización de este conocimiento sobre la base del resultado de las relaciones interpersonales. La actividad coordinada de los sistemas neuronales sensorio-motor y afectivo resulta en la simplificación y automatización de las respuestas conductuales que se supone que los organismos vivos producen para sobrevivir. (García, 2008).

Parte de la información social transmitida por las señales visuales, como el estado emocional de otra persona, pueden adquirirse también a través de modalidades sensoriales no visuales: por ejemplo, la entonación y el volumen de la voz, que son características del habla, denominadas colectivamente como "prosodia", son claves importantes para comprender el estado emocional del hablante (Gallese et al, 2009). Sin embargo, otras señales importantes para las interacciones sociales (como los gestos sociales) solo se pueden percibir visualmente.

Por otra parte, los estudios de neuroimagen identifican regiones fronto-parietales y occipito-temporales denominadas colectivamente red de observación de la acción como críticamente involucrado en el procesamiento de las acciones de otros y el significado subyacente ellos, a través de rutinas de simulación automática (Caspers, et al 2010)

En particular, en la acción de observar acciones se integra la circunvolución temporal superior y media (STG y MTG), el lóbulo parietal inferior (IPL) y la circunvolución frontal inferior (IFG) (Gardner, et al 2015). De otro modo, según Amodio 2006), el sistema de mentalización permite hacer inferencias sobre los estados mentales y afectivos de los demás (Henry, et al 2016), que involucra el precuneus medial (zona media de la corteza parietal superior) y la “unión” del lóbulo parietal y temporal, así como ventromedial y corteza prefrontal dorsomedial

El sistema de NE es responsable de la preparación de nuestras propias acciones y la simulación de las acciones de otros, mientras que el sistema de mentalización permite representar las intenciones de los demás, dibujando la capacidad de comprender los pensamientos de los demás y creencias (Sperduti, Et al, 2014).

A esto se le conoce como la cognición social que, hace referencia a los procesos y la codificación neuronal para que las acciones de los demás y el entorno social (expresiones faciales, el tono, la voz, el mensaje percibido), por medio de la motivación, las emociones y de la conducta concuerde y se logre una interacción entre dos o más individuos. Esta cognición social se da por el sentido sensorial “más importante”, la vista. Estos procesos se dan por el sistema neuronal espejo y la teoría de la mente. La teoría de la mente permite hacer inferencias sobre los estados mentales y afectivos de los demás. (Arioli, et al, 2021)

### **Imitación e interpretación en personas ciegas.**

#### **Neuro plasticidad en personas que presentan ceguera**

En primera instancia y tomando como referencia a Otero (2016), se entenderá a la visión como la capacidad de generar representaciones mentales internas que contienen detalles visuales; por otro lado, el término discapacidad visual se refiere a condiciones caracterizadas por una limitación de la función visual, sea ésta total (ceguera) o muy seria (baja visión). Más específicamente, hablamos de personas con ceguera para referirnos a



aquellas que no ven nada en absoluto o que solamente tienen una ligera percepción de luz (pueden ser capaces de distinguir entre luz y oscuridad, pero no la forma de los objetos).

Cuando una persona alcanza determinados valores de pérdida de agudeza, campo visual, etc. su capacidad para desempeñar las actividades de la vida diaria o para involucrarse en las situaciones vitales (como la educación, el empleo, el ocio, etc.) se ven muy limitadas o restringidas. Por esta razón, necesita aprender ciertas técnicas y habilidades, adaptar algunas tareas o utilizar ayudas especiales para conseguir llevar a cabo de manera normalizada las actividades citadas o para participar socialmente. (Fernandez, 2012)

En este orden de ideas el cerebro de una persona con ceguera genera mecanismos que modifican la conectividad neuronal, a esto se le conoce como neuroplasticidad. La cual es entendida (en los cerebros de individuos ciegos) como la capacidad cerebral mediante la cual estos reorganizan y activan áreas cerebrales occipitales (relacionadas con la visión) para procesar información sensorial recibida a través del tacto (u otros sentidos). Gracias a este mecanismo se desarrollan sistemas compensatorios de organización a nivel neuro funcional y se logra integrar los estímulos táctiles para construir a nivel sensorial una percepción, similar a la que se lleva a cabo mediante la visión o la audición. (Alonso, 2020).

De acuerdo con el mismo autor, los procesos de las áreas occipitales relacionadas a la visión tienen otra función para las personas en condición de ceguera dado que puede procesar y codificar la información sensorial por medio el sentido táctil, lo que indica que se puede organizar de tal manera que las áreas encargadas, que no funcionan propiamente en la visión, se encarguen de compensar áreas específicas, recibiendo mayor compresión de la información sensorial como resultado una percepción mayor en el entorno.

Según Ortiz (2010), "la repetición sistemática, ordenada y organizada de los estímulos táctiles en sujetos ciegos permite una mayor plasticidad cerebral"; lo cual provoca que

paulatinamente las áreas occipitales, responsables de la visión humana adquieran, como se menciona, habilidades táctiles, auditivas o de integración para compensar la falta de visión.

Continuando y tomando de referencia a Rojas et, al. (2019), se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en el procesamiento auditivo central del grupo de personas con discapacidad visual comparadas con el grupo sin discapacidad; específicamente en el aumento de habilidades tales como reconocimiento de la frecuencia del sonido y de discriminación de sonidos teniendo en cuenta la variable temporal.

En esta población la carencia de la información visual se desarrolla de sobre manera el sentido auditivo para discriminar y orientar en un espacio dando una importancia en el área parietal primario. Así mismo después de un accidente con respecto a la visión, se reorganiza dando más prioridad a la audición tomando parte de la corteza afectada (Pascual et, al, 2001). En un estudio se demostró que un grupo de personas que tiene ceguera podía “visualizar” varios objetos por medio de la plasticidad cerebral (Burton y col, 2002), pero, por el contrario, esta representación mental se da por una experiencia previas visual antes del accidente que se puede representar solo una proyección del cerebro. (Büchel et al. 1998).

En un estudio realizado por Mateu (2020), se encontró que los niños con ceguera tenían un aumento de la conectividad bilateral de la corteza occipital y las áreas relacionada en el proceso de la información sensorial, como lo son: la circunvolución del cíngulo medio, área motora suplementaria (SMA), anterior ínsula (AI), regiones premotoras ventrales, el área de Broca y las circunvoluciones frontales inferiores

Dentro de la investigación realizada por Striem (2014), se llegó a la conclusión de que “a pesar de su falta de experiencia visual durante el desarrollo, la corteza visual de los ciegos congénitos se activa durante el procesamiento de paisajes sonoros (imágenes representadas por sonidos)”; siendo así, se recalca que aquellos individuos ciegos logran percibir el ambiente y entender estímulos específicos mediante la integran con otros estímulos

sensoriales. Además de lo anterior, Striem encontró información relacionada con la llamada Teoría de la organización, que sugiere que: “en lugar de dividirse según las modalidades sensoriales que la provocan, el área de la corteza puede definirse mejor por las tareas o cálculos que realiza, mientras que el órgano sensorial de entrada es irrelevante”. En síntesis, el canal sensorial por donde se recopila la información de los estímulos externos no es más importante que las áreas cerebrales que las transducen.

### **Percepción visual en personas ciegas**

La percepción visual tiene lugar en distintas áreas del cerebro humano y no solamente en los ojos. Este fenómeno se explica desde la neuroplasticidad crossmodal táctil, es decir, la capacidad cerebral mediante la cual los individuos ciegos reorganizan y activan áreas cerebrales occipitales, relacionadas con la visión, a través del tacto, desde el córtex parietal primario o desde el tálamo hacia el lóbulo occipital. De esta manera, si asumimos que “ver” es la capacidad de crear una representación mental de los objetos, su forma y propiedades, la posibilidad de que las personas ciegas consigan “ver” es muy asequible y fácil de llevar a cabo.

La capacidad de observar se efectúa mediante la vía visual, la cual nace en la retina y llega a los núcleos geniculados laterales del tálamo y de ahí pasa directamente al córtex occipital primario, responsable de la visión, para completar el reconocimiento visual en áreas multimodales temporo-parieto-occipitales; mientras que la vía táctil parte de los receptores táctiles de la mano, llega al núcleo geniculado lateral hacia el área visual primaria; por otro lado, el procesar un sonido se lleva a cabo a través del núcleo geniculado medial (Vaca 2019).

Luego de que el estímulo se redirija según el canal sensitivo, la información es dirigida hacia el córtex parietal primario, responsable de la sensación táctil, para terminar en áreas multimodales cerebrales. Ambas hacen un recorrido similar en el cerebro para llegar al reconocimiento de los objetos donde, según Nadal, et al. (2018), se recibe la información

proveniente de los sentidos y se transmite a diferentes zonas de la corteza cerebral para ser procesada.

Por otro lado según el mismo autor, existen evidencias de experimentos en los que se registra la actividad del tálamo cuando se reciben señales simultáneas de dos sentidos (vista y oído) pero solo se está enfocando la atención en uno de ellos; el tálamo es el encargado de determinar en qué se enfoca la atención; de ahí al córtex parietal primario, responsable de la sensación táctil, para terminar en áreas multimodales cerebrales. De hecho la corteza occipital para las personas con ceguera tiene una función compensatoria, utilizada como un área de integración de información de otro sentido para una mayor comprensión.

La imitación entre los jóvenes ciegos es un proceso que implica múltiples sensibilidades, requiere experimentación del cuerpo y conlleva una transformación recíproca tanto de la persona ciega como de la vidente. Se puede afirmar que, a menudo, la falta de estímulos adecuados en la infancia puede conducir a dificultades de por vida, muchos estudiantes ciegos o con baja visión tienen dificultades para expresarse corporalmente debido a una pésima o nula educación emocional y empática; lo cual indica que la empatía de los cuidadores no se refleja y por ende las acciones y decisiones al tratar (Pozzana,2013; Gurgel et al, 2014).

Continuando con la investigación planteada por los autores antes mencionados se indica que “la imitación entre los jóvenes ciegos puede ser una forma de creación de un mundo común entre ciegos y videntes”. En consecuencia, se plantea la incógnita de cual significativo es para los jóvenes invidentes y con baja visión imitar ciertos movimientos para facilitar su aceptación e inclusión en su entornos sociales; o que tan recomendado es enseñar movimientos específicos por mero moldeamiento, haciéndolos junto con ellos, mano a mano. Estos planteamientos podrían detener la espontaneidad de los mismos y exigen a la persona vidente (quien los enseña) a sentir mucha más sensibilidad para

percibir y sintonizar con los diferentes momentos y situaciones de la vida que atraviesa la persona ciega.

No obstante, tanto si la capacidad visual es corta o se interrumpe por factores subyacentes, se puede rehabilitar de cierta forma por medio de la plasticidad cerebral dando prioridad a áreas sensoriales como es la audición o táctil para compensar la falta de estímulo visual, generando nuevas conexiones cerebrales. Por lo tanto las personas que tienen limitaciones visuales reconocen aún más el mapeo del cuerpo, dado las limitaciones y recursos sensoriales y motoras que cuenta cada individuo con esta condición. (Pinquart et, al. 2012)

### **Funcionamiento de las neuronas Espejo en personas invidentes.**

Centrándonos a continuación, en el mecanismo neuronal del sistema espejo en personas invidentes, se ha establecido que según Brunes, et al, (2019) y Hobson, et al. (1999), la falta o daño en la capacidad visual de los individuos invidentes, puede afectar, a nivel neuronal el desarrollo de la respuesta emocional. Del mismo modo, la inhibición de la visión puede reducir la capacidad de interactuar en el entorno social (Bedny et al, 2012). No obstante y como se ha dicho, las personas con ceguera pueden fortalecer estrategias para crear representaciones mentales de los demás parcialmente. (Ferrari et al, 2017). Sin embargo, la teoría de la mente sugiere que se puede sustituir la información visual y el reconocimiento facial por el tacto y las voces que acompañan el mismo proceso (Bedny et al, 2012; Ricciardi et al., 2009).

Un factor primordial de las Neuronas Espejo en esta población es que algunas de ellas se activan no solo durante la observación de la acción sino también al escuchar el sonido de dicha acción; este sistema en concreto fue denominado Neuronas Espejo Audiovisuales y su función es codificar acciones independientemente de si estas acciones se realizan, se escuchan o se ven (Kohler, et. al. 2002). Es así que, como lo menciona (Keysers, et, al. 2003,

como se citó en Xiao 2020), un grupo de neuronas en la corteza premotora ventral del mono se descarga tanto cuando el animal realiza una acción específica como cuando escucha o ve la misma acción realizada por otro individuo. Un análisis neurométrico reveló que, según la respuesta de estas neuronas, se podían discriminar dos acciones con un 97% de precisión (Keysers, et, al. 2003). Las respuestas de estas neuronas fueron específicas para el tipo de acción, ya sea vista o escuchada.

Se establece que las Neuronas Espejo en concreto las auditivas son de gran utilidad al momento de completar información faltante de algún elemento o situación incompleta. Se determina que cuando el macaco observó una acción en concreto (como al investigador sostener una manzana y dejarla sobre la mesa) y al retirarle parte de los estímulos (esconder la mesa) el macaco pudo asertivamente adivinar de donde el investigador agarraba la manzana y posteriormente donde la volvió a dejar.

En un estudio de Arioli et al. (2020) se encontró que no hay ninguna relación existente en el mapeo o el procesamiento neuronal entre las personas videntes y las personas ciegas, dando casi el mismo resultado con ligera diferencia entre cada persona. Resalta también que en este estudio, las personas con ceguera tienen un aumento sutil en las áreas de la circunvolución fusiforme izquierda y la corteza temporal medial izquierda, además de una activación bilateral del cerebro más fuerte.

La red del sistema espejo mostró una activación significativamente mayor a los sonidos de acciones motoras familiares que a las desconocidas, tanto en personas videntes como ciegas. Por lo tanto, el sistema del espejo en los seres humanos puede desarrollarse en ausencia de la vista; los resultados en personas ciegas demuestran que el sonido de una acción activa el sistema de NE para esquemas de acción que no se han aprendido a través de la modalidad visual y que esta no está mediada por imágenes visuales. Estos hallazgos indican que el sistema de Neuronas espejo se basan en representaciones sensoriales

supramodales de acciones y que estas representaciones abstractas permiten a las personas sin experiencia visual interactuar eficazmente con otros. Este mismo sistema también se contrata cuando las personas reciben pistas suficientes para comprender el significado de la acción que ocurre sin acceso a funciones visuales, como cuando escuchan el sonido de las acciones u oraciones relacionadas con la acción (Baumgartner et al.2007 como se citó en Ricciardi, 2009).

En síntesis y recopilando lo anterior, las neuronas espejo audiovisuales son las que más se activan en un cerebro invidente; al momento de escuchar el entorno e identificar sonidos conocidos y previamente hechos por el mismo, el individuo ciego puede recrear imágenes mentales de las acciones que pasan, así como cuando presta atención a una historia narrada y/o se comunica.

Las Neuronas Espejo (motoras) se ven reflejadas o activadas cuando dichos individuos interactúan de manera directa con objetos (agarrándolos o soltarlos) y realiza movimientos dirigidos a un fin en particular o explica a su receptor el objetivo de sus acciones.

### **Conclusiones**

En la presente revisión, se ha explicado el sistema anatómico de Neuronas Espejo el cual, fue descubierto por el experimento de Rizzolatti, en el que se determinó que observar una acción y la imitación de esta activan la red neuronal de Neuronas Espejo; se especificó el área cerebral premotora F5, donde se haya la mayor cantidad de neuronas espejo sin embargo, se establecen conexiones en la corteza pre motora como en zonas que tienen que ver con procesos tales como la percepción y la empatía, la parte caudal del giro frontal inferior, la ínsula y la corteza frontal medial anterior. Por otra parte en los ciegos se favorece su aparición gracias a la ya denominada neuroplasticidad crossmodal, la cual entendida como la capacidad cerebral mediante los individuos ciegos reorganizan y activan áreas cerebrales

occipitales relacionadas con la visión para procesar la información sensorial recibida a través del tacto. Lo mismo ocurre cuando el individuo ciego capta información a nivel auditivo, el cual mediante el sonido identifica la actividad y reactiva las Neuronas espejo audiovisuales para dar contexto y entender la acción que se está llevando a cabo.

Continuando con lo anterior, se observa que, desde el uso de funciones cognitivas como la observación de la imagen, el sonido de la acción, la imitación e incluso la pronunciación, permiten la activación de las mismas neuronas, dicho sistema está también dedicado a las representaciones motoras. Aunque en definitiva se constituye que las neuronas espejo son absolutamente esenciales para el desarrollo de la percepción de la acción.

Finalmente se determina que para una persona vidente la activación de las Neuronas Espejo se realiza mediante un circuito netamente visual-motor. Mientras que el circuito de las NE en un cerebro vidente se puede determinar tanto por canales auditivo-motor como táctil-motor.



### Referencias

- Alonso, T. O. (2020). Neuroplasticidad crosmodal táctil: ¿podría un ciego "ver" mediante el tacto?. In *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina* (No. 137, pp. 22-26). Real Academia Nacional de Medicina.
- Amodio, E. (2006). *Cultura, comunicación y lenguajes*.
- Arioli, M., Ricciardi, E., Cattaneo, Z. (2020). Social cognition in the blind brain: A coordinate-based meta-analysis. *Revista Hum Brain Mapp.* 42. 1243–1256.
- Arioli, M., Ricciardi, E., & Cattaneo, Z. (2021). Social cognition in the blind brain: A coordinate-based meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 42(5), 1243-1256.
- Andersen, R., y Buneo, C. (2006). The posterior parietal cortex: Sensorimotor interface for the planning and online control of visually guided movements. *Neuropsychology*. (44), 2594-2606 .
- Barash, A., Dekel, N., Fieldust, S., Segal, I., Schechtman, E., & Granot, I. (2003). Local injury to the endometrium doubles the incidence of successful pregnancies in patients undergoing in vitro fertilization. *Fertility and sterility*, 79(6), 1317-1322.
- Bedny, M., Pascual-Leone, A., Dravida, S. y Saxe, R. (2012). Un período sensible para el lenguaje en la corteza visual: distintos patrones de plasticidad en adultos ciegos congénitos versus adultos tardíos. *Cerebro y lenguaje* , 122 (3), 162-170.
- Beebe, B., & Lachmann, F. M. (1994). Representation and internalization in infancy: Three principles of salience. *Psychoanalytic psychology*, 11(2), 127.
- Bonini, L., Serventi, F. U., Simone, L., Rozzi, S., Ferrari, P. F., & Fogassi, L. (2011). Grasping neurons of monkey parietal and premotor cortices encode action goals at distinct levels of abstraction during complex action sequences. *Journal of Neuroscience*, 31(15), 5876-5886.
- Brunes, A., B. Hansen, M., & Heir, T. (2019). *Loneliness among adults with visual impairment: prevalence, associated factors, and*

*relationship to life satisfaction. Health and Quality of Life Outcomes, 17(1).*

doi:10.1186/s12955-019-1096-y

Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., & Schipper, E. L. (2002). From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy, 2(2-3)*, 145–159. doi:10.3763/cpol.2002.0217

Büchel, C., Morris, J., Dolan, R. J., & Friston, K. J. (1998). *Brain Systems Mediating Aversive Conditioning: an Event-Related fMRI Study. Neuron, 20(5)*, 947–957. doi:10.1016/s0896-6273(00)80476-6

Caggiano, V., Fogassi, L., Rizzolatti, G., Casile, A., Giese, M. A., & Thier, P. (2012). Mirror neurons encode the subjective value of an observed action. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(29)*, 11848-11853.

Caspers, S., Zilles, K., Laird, A. R., & Eickhoff, S. B. (2010). *ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. NeuroImage, 50(3)*, 1148–1167. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.112

Cisek, P. (2006). Procesos neuronales integrados para definir acciones potenciales y decidir entre ellas: un modelo computacional. *Revista de neurociencia, 26 (38)*, 9761

Christoff, K., & Gabrieli, J. D. (2000). *The frontopolar cortex and human cognition: Evidence for a rostrocaudal hierarchical organization within the human prefrontal cortex. Psychobiology, 28(2)*, 168-186.

Cohen, Y. E., & Andersen, R. A. (2002). A common reference frame for movement plans in the posterior parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience, 3(7)*, 553-562.

Escudero, J. C. S. (2011). Discapacidad visual y ceguera en el adulto: revisión del tema.

Fernández, J. L. (2012). Guía de estilo sobre discapacidad para profesionales de los medios de comunicación.

- Ferrari, P. F., Gerbella, M., Coudé, G., & Rozzi, S. (2017). Two different mirror neuron networks: the sensorimotor (hand) and limbic (face) pathways. *Neuroscience*, 358, 300-315.
- Fogassi, L., Ferrari, P. F., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F., & Rizzolatti, G. (2005). Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science*, 308(5722), 662-667.
- Franklin-Gillette, S., & Shamay-Tsoory, S. G.(2016). An Interbrain Approach for Understanding Empathy: The Contribution of Empathy to Interpersonal Emotion Regulation. *The Neural Basis of Mentalizing*, 567.
- GALLESE, V., KEYSERS, C., & RIZZOLATTI, G. (2004). *A unifying view of the basis of social cognition. Trends in Cognitive Sciences*, 8(9), 396–403.  
doi:10.1016/j.tics.2004.07.002
- Garbarini, F., Rabuffetti, M., Piedimonte, A., Pia, L., Ferrarin, M., Frassinetti, F.(2012). ‘Moving’ a paralysed hand: Bimanual coupling effect in patients with anosognosia for hemiplegia. *Brain*, 135(Pt 5), 1486–1497.
- Garbarini, F., Rabuffetti, M., Piedimonte, A., Pia, L., Ferrarin, M., Frassinetti, F.(2012). ‘Moving’ a paralysed hand: Bimanual coupling effect in patients with anosognosia for hemiplegia. *Brain*, 135(Pt 5), 1486–1497.
- Garcia,E.(2008).NEUROPSICOLOGIA Y EDUCACION. De las neuronas espejo a la teoría de la mente. *Rev.PSICOLOGIA Y EDUCACION*. Vol. 1, 3.69-90
- García, J. I., & Cañadas, D. P. (2009). La formación de ciegos y discapacitados visuales: visión histórica de un proceso de inclusión. In *El largo camino hacia una educación inclusiva: la educación especial y social del siglo XIX a nuestros días: XV Coloquio*

de Historia de la Educación, Pamplona-Iruñea, 29, 30 de junio y 1 de julio de 2009 (pp. 453-462). Universidad Pública de Navarra.

Gardner, RC y Yaffe, K. (2015). Epidemiología del traumatismo craneoencefálico leve y enfermedad neurodegenerativa. *Neurociencia molecular y celular*, 66, 75-80.

Georgiou, I., Becchio, C., Glover, S., y Castiello, U. (2007). Different action patterns for cooperative and competitive behaviour. *Cognition*, 102(3), 415–433.

González, L. (2014). Circuitos morales en el cerebro normal. *Rev. Neurol*, 58 (5), 225-233.

Gurgel, Richard Klaus; Ward, Preston Daniel; Schwartz, Sarah; Norton, Maria C.; Foster, Norman L.; Tschanz, JoAnn T. (2014). Relationship of Hearing Loss and Dementia. *Otology & Neurotology*, 35(5), 775–781. doi:10.1097/MAO.0000000000000313

Gómez de la Cortina Najera, R., & Jaimes García, J. (2013). Neuronas Espejo: Neurofisiología de las formas complejas de Cognición e interacciones sociales (Revisión de la Literatura).

Henry, JD, Von Hippel, W., Molenberghs, P., Lee, T. y Sachdev, PS (2016). Evaluación clínica de la función social cognitiva en trastornos neurológicos. *Nature Reviews Neurology*, 12 (1), 28.

Heinier, L. 1969. Silver impregnation of degenerating axons and their terminals on EponAraldite sections. 5: 86-108. *Brain Res.*, 12: 246-9.

Hobson, K. A. (1999). *Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. Oecologia*, 120(3), 314–326. doi:10.1007/s004420050865

Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (2005). Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS biology*, 3(3), e79.

Para ciegos (INCI). <https://www.inci.gov.co/blog/los-ciegos-en-el-censo-2018>

- Ipland, J., Parra, D.(s.f). la formación de ciegos y discapacitados visuales: visión histórica de un proceso de inclusión.
- Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M. A., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2002). Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*, 297(5582), 846-848.
- Lenzi, D., Trentini, C., Pantano, P., Macaluso, E., Iacoboni, M., Lenzi, G. L., y Ammaniti, M. (2008). Neural Basis of Maternal Communication and Emotional Expression Processing during Infant Preverbal Stage. *Cerebral Cortex*, 19(5), 1124–1133.
- Manzur Vite, M. (2015). Programa de apoyo dirigido a la familia y cuidadores primarios para el desarrollo de la autonomía de niños/as y adolescentes ciegos y retos múltiples del centro de apoyo para personas con discapacidad visual" Cuatro de Enero" de la ciudad de Guayaquil (Master's thesis).
- Mateu Estivill, R. (2020). Alteraciones en la conectividad funcional cerebral asociadas a las dificultades lectoras y numéricas en la infancia
- Mitchell, P. H., Powell, L., Blumenthal, J., Norten, J., Ironson, G., Pitula, C. R., ... Berkman, L. F. (2003). *A Short Social Support Measure for Patients Recovering From Myocardial Infarction*. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 23(6), 398–403. doi:10.1097/00008483-200311000-00001
- Modroño Pascual, C. (2014). Teoría de la mente y neuronas espejo en entornos complejos: estudio mediante resonancia magnética funcional. Universidad de La Laguna, Servicio de Publicaciones.
- Morales-Borja, H. P., Ramírez-Quenguan, O., & Rendón-Campo, L. F. (2018). La participación del cuidador en el proceso de Rehabilitación visual y/o auditiva durante

el periodo 2016 en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca-Colombia. *Prospectiva*, (26), 171-193.

Nadal, M., & Amarillo Gomez, Y. (2018). El tálamo en el centro de la atención.

Ohbayashi, M., Ohki, K., & Miyashita, Y. (2003). Conversion of working memory to motor sequence in the monkey premotor cortex. *Science*, 301(5630), 233-236.

Ortiz-Terán, L., Diez, I., Ortiz, T., Perez, D. L., Aragón, J. I., Costumero, V., ... Sepulcre, J. (2017). *Brain circuit–gene expression relationships and neuroplasticity of multisensory cortices in blind children. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201619121. doi:10.1073/pnas.1619121114

Otero, M. R. (2016). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 93-119.

Pascual-Leone, A., & Hamilton, R. (2001). *Chapter 27 The metamodal organization of the brain. Vision: From Neurons to Cognition*, 427–445. doi:10.1016/s0079-6123(01)34028-1

Pinquart, M. & Pfeiffer, J. P.

(2012). Body image in adolescents with and without visual impairment. *British Journal of Visual Impairment*, 30(3), 122-131.

Pinquart, Martin; Feußner, Christina; Ahnert, Lieselotte (2013). *Meta-analytic evidence for stability in attachments from infancy to early adulthood. Attachment & Human Development*, 15(2), 189–218. doi:10.1080/14616734.2013.746257

Pozzana, L. (2013). *A formação do cartógrafo é o mundo: corporificação e afetabilidade. Fractal : Revista de Psicologia*, 25(2), 323–338. doi:10.1590/s1984-02922013000200007

Quezada Castillo, J. M. (2015). Diseño e implementación de un dispositivo electrónico de ayuda de desplazamiento para personas ciegas.

- Rangel, T. F., Diniz-Filho, J. A. F., & Bini, L. M. (2010). SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, 33(1), 46–50. doi:10.1111/j.1600-0587.2009.06299.x
- Rizzolatti, G, y Sinigaglia, C. (2010). The functional role of the parieto-frontal mirror.  
Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*, 3(2), 131-141.
- Rizzolatti, G., y Sinigaglia, C. (2016). The mirror mechanism: a basic principle of brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(12), 757–765.
- Ricciardi, E., Bonino, D., Sani, L., Vecchi, T., Guazzelli, M., Haxby, J. V., ... & Pietrini, P. (2009). Do we really need vision? How blind people “see” the actions of others. *Journal of Neuroscience*, 29(31), 9719-9724.
- Rodrigues, M. R. C., & Moraes, M. O. (2016). Consideraciones sobre la imitación de jóvenes y niños ciegos. *Estudos Interdisciplinares em Psicologia*, 7(1), 20-37.
- Sperduti, M., Guionnet, S., Fossati, P., & Nadel, J. (2014). *Mirror Neuron System and Mentalizing System connect during online social interaction. Cognitive Processing*, 15(3), 307–316. doi:10.1007/s10339-014-0600-x the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593–609.
- Striem-Amit, E., & Amedi, A. (2014). Visual cortex extrastriate body-selective area activation in congenitally blind people “seeing” by using sounds. *Current Biology*, 24(6), 687-692.
- Szameitat, A. J., Schubert, T., Müller, K., & von Cramon, D. Y. (2002). Localization of Executive Functions in Dual-Task Performance with fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1184–1199. Tomado de: <https://www.nature.com/articles/nrn2805>

- Vaca Baño, J. E. (2019). Estimulación visual en una paciente con baja visión por alteración severa de la transmisión de nervio óptico en ambos ojos (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias de la Salud-Carrera de Estimulación Temprana).
- Vestfrid, M.(2013).Las Neuronas Espejo: “Su trascendencia en el proceso de aprendizaje por imitación”. Tomado De <http://www.educacionneurociencias.cl/wp/wp-content/uploads/2013/10/LAS-NEURONAS-ESPEJO.pdf>
- Wilkinson M. (2006).Coming into Mind. New York and London: Norton.
- (2010). Changing Minds in Therapy. New York and London
- Xiao, F., Lee, Y. J., Grauman, K., Malik, J., & Feichtenhofer, C. (2020). Audiovisual slowfast networks for video recognition. arXiv preprint arXiv:2001.08740.
- Yorio, A. (2010). El sistema de neuronas espejo: evidencias fisiológicas e hipótesis funcionales. Revista Argentina de Neurociencias. 24 (1) 33-37