

# Dedos lectores, los exteroceptores de los discapacitados visuales (II)

Contreras Colmenares, Adrián Filiberto / Labrador Pérez, Rafael Orlando

Universidad de Los Andes - Táchira - Venezuela

adriancontreras@ula.ve / rafaell@ula.ve

Finalizado: San Cristóbal, 2015-02-15 / Revisado: 2015-03-05 / Aceptado: 2015-07-15

## Resumen

*El presente artículo corresponde a un ensayo de carácter reflexivo, desde la revisión documental, centrada en la neurofisiología, que permite explicar el funcionamiento cerebral y táctil en los invidentes, para la construcción del acto lector. Se presenta como intención encontrar una explicación teórica, con bases neurofisiológicas y cognitivas, acerca de cómo elaboran los invidentes este acto constructivo de descubrir el significado de los códigos Braille, forma en que se les presenta la escritura, para ser decodificada, interpretada y llegar a la construcción del significado. En ese proceso intervienen los receptores de la piel o somato-sensitivos funcionan de tal modo, que afectan la permeabilidad iónica de la célula receptora. Este cambio de permeabilidad genera una corriente despolarizante en la terminación nerviosa, creando el potencial generador que, a su vez, produce los potenciales de acción. Es necesario entender que a partir de la recepción sensitiva, de letras o palabras, convertidas en sensación serán transmitidas al sistema nervioso central, en forma de energía eléctrica. Toda información táctil se transmite desde S-II al área de asociación sensorial multimodal, o parieto-temporo-occipital, donde parece razonable pensar que se relacionan diferentes archivos de memoria para crear significados. La palpación de los códigos Braille se hace mediante movimientos finos o delicados; existe una gran porción de representación cortical en la corteza cerebral para la recepción de los puntos en relieve, mediante el tacto fino. Visto este enfoque se pretende que los educadores puedan, a partir de esta información, valorar el proceso que desarrollan los invidentes en el acto lector y, así entonces, medien y apoyen de manera significativa la construcción del acto lector.*

**Palabras clave:** Tacto, receptores, permeabilidad, sistema nervioso, braille, letras, palabras.

\*\*\*

## Abstract

### FINGERS READERS, EXTEROCEPTORS FROM THE VISUALLY IMPAIRED (II)

*This article corresponds to an essay reflective character, from the documentary review focused on neurophysiology, which helps to explain brain and tactile function in the blind people for the construction of the act of reading. It is presented as intention to find a theoretical explanation, with neurophysiological and cognitive bases, about how the blind people make this constructive act of discovering the meaning of the Braille codes, how they are presented with the writing, to be decoded, interpreted and reach the construction of meaning. In this process, receptors involved skin or somato-sensory operate such that affect ion permeability of the recipient cell. This change in permeability produces a depolarizing current in the nerve terminal, creating the potential generator, in turn, produces action potentials. From the sensitive receiving, letters or words, turned into feeling shall be transmitted to the central nervous system, in the form of electricity. All tactile information is transmitted from S-II to the area of multimodal sensory association, or parieto-temporo-occipital, which seems reasonable that different memory files relate to create meaning. Palpation of the Braille codes is done by fine or delicate movements; there is a large portion of cortical representation in the cerebral cortex to the receiving of the points raised by the fine touch. Seen this approach is intended that educators can, from this information, evaluate the process developed by blind people and act on the reader and then mediate and significantly support the construction of the act of reading.*

**Key words:** Touch, receptors, permeability, nervous system, braille, letters, words.

\*\*\*

## Résumé

### DOIGTS LECTEURS, EXTÉROCEPTEURS DES PERSONNES AVEC DÉFICIENCE VISUELLE (II)

*Cet article possède les caractéristiques d'un essai qui vise mener à la réflexion. Cette étude est conçue à partir de la révision exhaustive sur la neurophysiologie; science qui contribue à expliquer comment est le fonctionnement cérébral et tactile de l'aveugle au moment de lire. L'intention de cette recherche, c'est de présenter une explication sur l'acte de lire et la construction du sens chez les aveugles en s'appuyant dans le cadre théorique de la neurophysiologie et les sciences cognitives. Dans ce processus de lecture, les récepteurs de la peau ou récepteurs somesthésiques jouent en rôle essentiel, car ils affectent la perméabilité ionique de la cellule receveuse. Ce changement de perméabilité génère un courant de dépolarisation dans la terminaison nerveuse et cela fait possible la production du potentiel générateur et des potentiels d'action. Il faut tenir en compte que les lettres ou mots perçus par les récepteurs sont transmis au système nerveux central, sous la forme d'électricité. Toutes les informations tactiles sont transmises de S-II à la zone d'association sensorielle multimodale ou temporo-pariéto-occipitale. Pour conclure, il faut remarquer qu'à travers ce travail, nous voudrions sensibiliser les enseignants sur le processus d'apprentissage des aveugles dans la construction de l'acte de lire.*

**Mots-clés:** Toucher, récepteurs somesthésiques, perméabilité, système nerveux, braille, lettre, mot.

## 1. Presentación

Indagar sobre el proceso lector ha sido una de las inquietudes permanentes de los investigadores educativos. Las perspectivas iniciales tuvieron como punto de partida, aquellos problemas que, sobre la lectura, se presentaban en el ámbito escolar. La disquisición, el estudio sobre este aspecto estaba, en principio, en la mirada de los psicólogos y de los profesionales de las ciencias médicas. Las dificultades lectoras eran consideradas por ellos como alteraciones mentales o causas neurológicas. Los pedagogos poco se encargaban de hurgar en los procesos cognitivos implicados en su construcción.

El estudio de la lectura, desde la visión psicológica, puede ubicarse en el marco histórico hacia 1879, cuando W. Wundt fundó el primer laboratorio en esta disciplina en la ciudad de Leipzig [Cfr. Lorenzo (s.f.)] A partir de este momento, varios estudiosos de la psicología, empezaron a tratar de buscar explicaciones acerca de las dificultades de la lectura. Entre ellos, Edmund Burke Huey, hacia 1908, considerado uno de los primeros en realizar estudios desde la óptica del profesional de la mente, concluye acerca de la complejidad de la lectura. Según Sayers (2001), Huey en uno de los reportes de investigación:

Registró que la mayoría de los lectores reportaba escuchar una voz interior, o partes de esa voz, mientras leían. (...) [hogaño] algunos psicólogos han intentado establecer que la lectura no exige grabación de voz, [pero] se acepta la presencia de esta voz, ya sea a nivel vocal o subvocal, en la compleja traducción de códigos visuales y en la recuperación y almacenamiento de información en nuestra memoria a corto y a largo plazo. (p. 280)

De modo que, en correspondencia con estos planteamientos, de acuerdo con Contreras (1991): “Huey propone como basamento teórico la lectura apoyada en la psicología y con énfasis en la búsqueda de significado y como proceso constructivo” (p. 37). Así entonces, puede derivarse que ya desde hace tiempo se anunciaba, desde esa dimensión psicológica, que la lectura tiene su complejidad, en cuanto proceso psicológico de búsqueda y construcción de significado.

En esa misma intencionalidad de determinar la complejización del acto lector, Edward Lee Thorndike hacia 1917, desarrolla la teoría del aprendizaje por ensayo/error. Y así entonces, según Rodríguez (s.f.) “Para Thorndike el aprendizaje no es

más que una conexión (conexionismo) de estímulos-respuestas; una asociación entre las sensaciones que los organismos reciben y los impulsos a la acción que éstas desencadenan (aprendizaje instrumental)” (p. 1). Desde esta perspectiva, ha habido mayor interés en investigar sobre el proceso de construcción de significado de los signos, traducido en lectura, en los aprendices que son videntes. Como se ha establecido, para ellos, es complejo el proceso lector. Mucha mayor complejidad se presenta en los aprendices invidentes.

Por ello, en razón de ser un proceso complejo surge la intención de encontrar una explicación teórica, con bases neurofisiológicas y cognitivas, acerca de cómo elaboran los invidentes este acto constructivo de descubrir el significado de los signos gráficos, mediante los cuales se les presenta la escritura, para ser decodificada, interpretada y llegar a la construcción del significado.

Un primer artículo (Contreras y Labrador, 2014) se centró en dar a conocer que el proceso lector es una de las habilidades cognitivas que permiten al ser humano desentrañar el mensaje que proporcionan los autores, a través de signos gráficos, en un texto determinado. Se hizo mención a que los videntes lo hacen a través del ojo, encargado de convertir vibraciones electromagnéticas de la luz en impulsos nerviosos específicos que son transmitidos al cerebro a través del nervio óptico, mientras que los invidentes, de conformidad con lo expuesto en la literatura científica, médica, tienen como pulsión informativa sus dedos, para construir el significado que aparece en los códigos Braille.

Igualmente, se presentó la información acerca de los niveles de comprensión lectora y las distintas fases que se cumplen en ese acto lector; además, se incluyó, en figura, el procesamiento neural acerca del resultado que se obtiene como habla y como escritura, desde la palabra hablada y la palabra escrita. En este artículo, como segunda parte, se profundiza aún más en las bases neurofisiológicas, y focalizando en la explicación que la literatura científica, particularmente médica, acerca de los receptores sensoriales y su recorrido, mediante una serie neuronal, con sus relevos sinápticos, hasta llegar a las regiones cerebrales específicas, encargadas de convertir ese proceso sensorial en información, que para el caso en estudio es la lectura.

La investigación ha sido fundamentalmente de carácter documental y, en el proceso de disquisición, se incluye el dominio conceptual, que sobre la temática, tienen los autores de esta reflexión investigativa, combinado en lo pedagógico y en el campo médico. Así entonces, se produce una elicitación que permitirá a los educadores integrar algunos aspectos para apoyar ese proceso lector, en las aulas de clase, a los seres humanos que no fueron favorecidos con el sentido de la vista.

De lo expresado, puede afirmarse que esta intención se asume a partir del interés por la construcción del significado de la lectura, desde lo cognicional y lo neurofisiológico y se toma como fundamento dos planteamientos respecto de esta temática que se estudia. El primero, en razón de lo que afirma Gardner (en Lorenzo, s.f.), “En la década del 70, se produce la conocida revolución cognitiva; durante este período se hicieron evidentes muchas falencias del conductismo como teoría explicativa de fenómenos psicológicos, especialmente en el campo del lenguaje” (p. 4). El segundo, que existe esa receptación sensorial en el caso de los invidentes, mediante los cuales la información no se recibe a través del sentido de la vista, sino en la piel del pulpejo de los dedos, en forma de estímulo táctil; desde aquí es transducida, como impulso nervioso, al área somato sensitiva y, posteriormente, una vez que es interpretada en el área somato sensitiva interpretativa, se transfiere a las áreas de lenguaje, para una codificación e interpretación, que ya no será visual sino táctil, y así alcanzar ulteriormente la asociación semántica.

En este tenor, es válido hacer presente el planteamiento de Ugarte (s.f.) quien manifiesta: ...“los ciegos cuentan con una verdadera escritura alfabética que ha hecho posible que dejen de ser considerados analfabetos” (p. 1). Éste es el enfoque por el cual transitan, durante esta reflexión investigativa, los autores de este artículo, a los fines de contribuir con la comprensión y procesamiento, complejo de por sí, de toda la actividad lectora, a través de los exteroceptores, con énfasis en la utilización de los dedos, que realizan los desposeídos del sentido de la vista. Singularmente, a través de la lectura, realizada mediante el sistema Braille, se les ha posibilitado, a los invidentes, la incorporación al proceso alfabetizador y al

descubrimiento maravilloso de la significación de los textos. Como señala Ugarte (s.f.) “Hay que recalcar que cuando los ciegos leen en Braille, no se detienen para contar los puntos, sino que deslizan rápidamente los dedos renglón por renglón” (p. 1). Claro está, esta habilidad ocurre cuando ya los lectores invidentes han alcanzado su proficiencia en el acto lector.

## **2. El acto lector de los invidentes desde los dedos**

Los receptores sensoriales se han visualizado y estudiado como células especializadas en la receptación de estímulos, cuyo funcionamiento representa la vía de entrada de la información obtenida del exterior en el sistema nervioso del organismo. Uno de los receptores del ser humano es el tacto y todas las impresiones táctiles que se obtengan permitirán el suministro de información al cerebro. Así lo expresa Revesz (en Bárraga, 1986)...“las impresiones táctiles se pueden obtener sólo cuando el tocar involucra movimiento” (p. 1).

Ello, entonces, es posible cuando dicha receptación es convertida en un impulso nervioso, que incluye toda la carga informativa y las subsecuentes notas específicas del estímulo. Al respecto, la Universidad de Cantabria (2011) refiere:

Los receptores sensoriales convierten la energía del estímulo en una señal nerviosa, en la que está codificada la información y las características del estímulo. A continuación se transmite desde el receptor, mediante una serie de neuronas y relevos sinápticos, hasta las regiones cerebrales específicas, denominándose proceso sensorial. La infraestructura del sistema nervioso encargada de sustentar este proceso se llama sistema sensorial y consiste en el conjunto de neuronas y sinapsis excitatorias e inhibitorias que van desde la periferia (superficie corporal u órgano receptor) hasta los niveles más altos del sistema nervioso central. (p. 1)

Aquí se revela el impulso generador de la transmisión que se produce desde un receptor exteroceptor a las regiones cerebrales, cuya función es la de procesar tal estímulo y convertirlo en información. Esto es, transforma el impulso en una información significativa para el ser humano.

A pesar de su variedad, los receptores de la piel o somato-sensitivos funcionan de una forma similar, en la que los estímulos aplicados deforman las terminaciones nerviosas, lo que afecta la permeabilidad iónica de la célula receptora. Este

cambio de permeabilidad genera una corriente despolarizante en la terminación nerviosa, creando el *potencial generador* que, a su vez, produce los *potenciales de acción*. El proceso en el que la energía de un estímulo se convierte en una señal eléctrica en la neurona sensitiva, se denomina *transducción sensitiva* (Adrian y Zotterman, 1926; Kaas, 1990, 2003).

El receptor sensorial, como lo concibe Enríquez Romo (s.f.), es: “Un órgano sensitivo que recibe un estímulo adecuado. Y, consecuentemente, el Estímulo adecuado es una forma de energía adecuada para que se transforme en impulso” (p. 1). Asimismo, desde una perspectiva neurofisiológica con base en la biofísica, un estímulo adecuado es aquel tipo de energía para el cual, el receptor tiene la máxima sensibilidad, de modo que puede generar actividad en el receptor, aun teniendo poca magnitud (Adrian y Zotterman, 1926; Kaas, 1990, 2003).

Con base en este presupuesto, hay que decir, entonces, que los seres humanos tienen relación, contacto con el mundo que los rodea y con los medios externos, a través de esas células especializadas denominadas receptores sensoriales. Ese contacto y descubrimiento del contexto y sus textualidades también le son propios a los invidentes o discapacitados visuales. Una de esas interpretaciones del mundo es la lectura, la cual realiza a través del código Braille. Es decir, se parte de un fase de decodificación, que consiste en un proceso que la teoría ha denominado sensorio-cognitivo.

### **El procesamiento de la información externa**

Es pertinente, en esta instancia, señalar como expresa Lorenzo (s.f.) que: “Los primeros modelos cognitivos de la lectura estuvieron muy influidos por la propuesta de Atkinson y Shiffrin, quienes presentaron un modelo general que representaba de modo conceptual el sistema de procesamiento de información” (p. 5). Innegablemente, tanto para videntes, como para quienes están carentes de la visión, aunque sea disminuida, el procesamiento informativo, pasa por desarrollar actos comunicativos. En este enfoque Bruner, en 1983, (en Contreras, 1991) afirmará:

...en la adquisición (*sic*) del lenguaje, desde el punto de vista pragmático, la idea central está en el acto comunicativo;

pues cuando hay comunicación con otra persona, siempre existe alguna finalidad en la mente de los interlocutores; existe alguna función que cubrir; de ahí que el acto comunicativo tenga siempre una función fundamentalmente social, es decir, interpersonal. (p. 36)

Este postulado tiene trascendencia puesto que como refieren Atkinson y Shiffrin (citados por Leahey y Harris, en Lorenzo, s.f.) en todo procesamiento de información se va a tener una entrada informativa sensorial. Esa información se almacena, por muy poco tiempo, en la memoria sensorial o sensitiva. Luego se produce la atencionalidad y reconocimiento de ciertos patrones informativos que conducen a la obtención de los primeros momentos de lectura. Una vez que ha sido almacenada en la memoria operativa, también llamada memoria de trabajo, su duración es a corto plazo, y ha de realizarse un permanente proceso de repaso sobre el material seleccionado para ser leído.

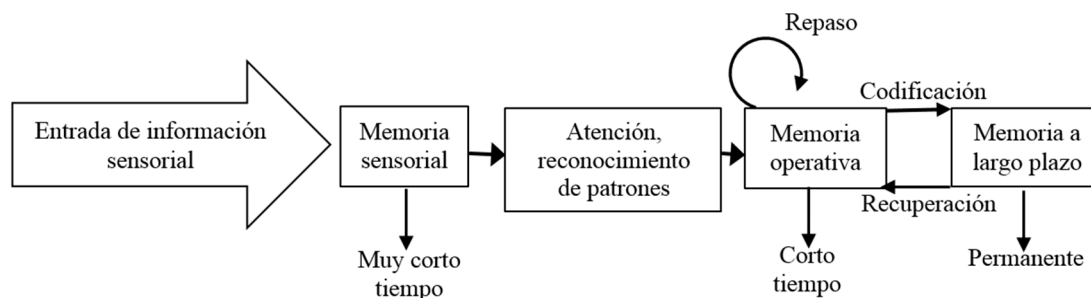
Como refiere Lorenzo (s.f.):

Este almacén mnémico se divide en tres componentes principales: a) central ejecutivo, b) bucle fonológico y c) agenda visoespacial. Estos forman un conjunto integrado y a los fines descriptivos se puede caracterizar al central ejecutivo como el encargado de regular el flujo de información entre la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo, además de controlar la atención. (p. 6)

Como se percibe es un procesamiento cognitivo importante, cuya teleología, luego de haber realizado todo el procesamiento de la información, bajo procesos de codificación y recuperación, es incorporar, como reservorio permanente, la información procesada en la memoria a largo plazo. En la figura 1, la representación esquemática de lo planteado *supra*.

Como se visualiza en esta figura, el tratamiento informativo por parte del ser humano se centra en la utilización de la memoria, en sus diferentes tipos: sensorial, operativa, y memoria a largo plazo. Y como se lee en el capítulo La Memoria Humana (s.f.): “La memoria es la fuente de nuestra vida; nos ofrece un modo de ser y estar; y nos configura en lo que somos y sentimos” (p. 135). De modo que, desde este planteamiento, se puede reafirmar la valiosa aportación de la función memorística que le es atribuida al hipocampo, una estructura cerebral, que forma parte del sistema límbico, ubicado en el lóbulo temporal medial, de acuerdo con las teorías cognitivas. Además, al hipocampo

**Figura 1. Esquema conceptual del sistema de procesamiento de información de Atkinson y Shiffrin (1968)**



Fuente: Leahey y Harris [1998] en Lorenzo (s.f., p. 5)

le está atribuida la representación de los mapas cognitivos. Y, entonces, dado que en esta estructura cerebral se aloja la función memorística, desde esa base, como se lee en el mismo capítulo de La Memoria Humana (s.f.):

La función principal de la memoria es proporcionar a los seres humanos los conocimientos necesarios para comprender el mundo en el que viven. La memoria conserva y reelabora los recuerdos en función del presente y actualiza nuestras ideas, planes y habilidades en un mundo cambiante. (p. 136)

Por tanto, no importa el medio sensorial en que se incorpore la información al cerebro, lo trascendente es su procesamiento cognitivo. Desde este aserto, se da el apoyo teórico para afirmar que, una vez procesada y almacenada, la fase de codificación, decodificación y recuperación de la información tendrá igualdad de condiciones para los videntes, como para los invidentes. Ahora bien, si hay certeza en que existirá una diferenciación en la entrada de la información sensorial, puesto que en los seres humanos con discapacidad visual, como expresa Rodríguez (2005): ...“será la que resulte más ardua y diferente para los lectores con discapacidad visual” (pp.60-61), puesto que, para realizar ese acto decodificador el discapacitado visual, en su condición de aprendiz de lector, o ya con dominio de la lectura, cuando se enfrenta al texto que está en código Braille, efectúa, como lo plantea el mismo Rodríguez (2005), una exploración unidigital, unidigital asistida o exploración multidigital. Esa exploración le permite, desde el signo gráfico, receptor la información que luego, como estímulo nervioso, será transmitida al área somato sensitiva.

Con base en lo expuesto, la utilización unidigital o multidigital va a depender de lo avanzado que,

como lector, el individuo tenga en sus habilidades para receptor la información. Además, como refieren Simón, Ochaíta y Huertas (s.f.)

Cuando un niño ciego va a iniciar su inducción en la lectoescritura (sic) braille ha de tener -como el vidente- un determinado nivel de desarrollo cognitivo y lingüístico que incluya unas habilidades metalingüísticas concretas. Además, es necesario que haya adquirido la sensación táctil y las destrezas motoras manuales. (p. 95)

De modo que bien sea, de forma unidigital o multidigital, mediante esa exploración el discapacitado visual toca los puntos que se encuentran en relieve, con la punta o yema de los dedos, lo que genera una sensación que es detectada por los receptores del tacto, que proporcionan información del medio exterior. Como afirma Moyano (2011):

El texto braille se explora deslizando suavemente los dedos de izquierda a derecha (la direccionalidad igual a la de la lectura convencional) con una o con las dos manos, especialmente con los dedos índices. (p. 36)

En lo expuesto, se denota lo siguiente: (a) el mecanismo de recorrido que realizan los dedos sobre el texto; hay un deslizamiento suave sobre el texto; (b) la dirección en que se ejecuta ese deslizamiento o recorrido lector. Será de derecha a izquierda. Se aclara, la escritura se hace punteando sobre la hoja dispuesta para ello, mediante un punzón; allí se plasma los signos y la orientación es de derecha a izquierda. Terminada la escritura se voltea la hoja y empezará el proceso de lectura. Este dato se otorga a título informativo, pues no es el punto focal de esta indagatoria; (c) la lectura puede hacerse con una con las dos manos; (d) se utilizará frecuente y especialmente, los dedos índices.

## Organización de los sistemas sensoriales

A continuación se presenta la organización de los sistemas sensoriales, desde el proceso receptor de las sensaciones táctiles en la piel, hasta su decodificación en el córtex cerebral.

En la Figura 2 se señala al terminal receptor ubicado en la yema del dedo, que registra el estímulo y luego de realizar un proceso de transducción de energía mecánica a energía eléctrica, convierte esa sensación en impulso nervioso que se conduce por la fibra aferente primaria (axón de la neurona sensorial primaria), a través de la médula espinal y el núcleo ventral postero lateral del tálamo, hasta el área somato sensitiva del córtex cerebral.

Así las cosas, hay que señalar que en este proceso receptivo sensorial, el receptor se denomina corpúsculo de Meissner, y consiste en una estructura encapsulada que es una terminación nerviosa especializada y tiene dos particularidades:

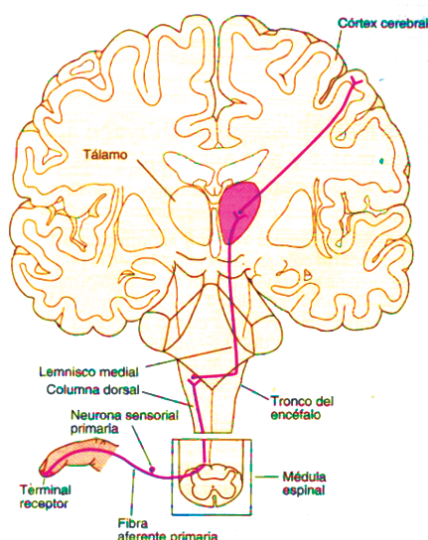
a) Es altamente sensible, por lo que puede detectar estímulos muy pequeños y esto contribuye con la capacidad discriminativa del tacto (tacto epicrítico). Lo anterior, unido a la gran cantidad de unidades sensitivas que posee el pulpejo de los dedos, resulta primordial para percibir las distintas letras del código Braille, a partir de la palpación o tocamiento que hace el invidente con sus dedos.

b) Es de adaptación rápida, por lo que deja de registrar estímulos sostenidos. Esto lo vuelve inactivo cuando los estímulos son prolongados, pero lo hace muy sensible a estímulos nuevos, lo que resulta útil a la capacidad de discriminación de características a partir del tacto.

A partir de la recepción sensitiva de puntos de referencia de alto relieve en el Braille, estos estímulos mecánicos se convierten en impulso, que será transmitido al sistema nervioso central, en forma de energía eléctrica. Es necesario precisar que la modalidad sensorial que sea detectada por las fibras aferentes determina la vía que las neuronas ganglionares de la raíz dorsal llevarán o seguirán en el sistema nervioso central. Entonces, es importante conocer que las neuronas sensoriales procedentes de la superficie del cuerpo traen información acerca de las sensaciones táctiles y hacen sinapsis en el cuerno dorsal de la médula espinal, donde continúan su tracto ascendente en el sistema nervioso central. En cuanto al tracto ascendente en el sistema nervioso central, como lo refiere Mario (2008):

...los impulsos que provienen del Corpúsculo de Meissner, receptor del tacto, van a través del Haz Espino Talámico Anterior; su trayecto ocurre a través del cordón anterior y se cruza en la comisura blanca asciende lateralmente y su terminación subcortical es en el Núcleo Ventral

Figura 2. Organización general de los sistemas sensoriales.



Fuente: Kandel, Schwartz y Jessell, 1997

Posterolateral del tálamo; mientras que la terminación cortical es la circunvolución poscentral. (p. 16)

En esta vía pueden diferenciarse neuronas de primero, segundo y tercer orden. En cuanto a la neurona de primer orden o sensorial primaria, tiene su cuerpo en el ganglio anexo a la raíz posterior del nervio raquídeo y su prolongación central asciende desde el asta posterior de la médula por los cordones posteriores hasta los núcleos Grácil y Cuneiforme, ubicados en la parte inferior del bulbo raquídeo. En estos se ubican las neuronas de segundo orden, cuyos axones cruzan la línea media por delante del conducto del epéndimo en un tracto llamado arciforme, y ascienden en posición ventral formando el lemnisco medial, que termina en el tálamo.

En relación con las neuronas de tercer orden, son alcanzadas por los axones del lemnisco medial a nivel del núcleo ventral posterolateral del tálamo, y sus axones se dirigen principalmente hacia a las neuronas de la capa 4 de la corteza somatosensorial primaria, ubicada en la circunvolución postcentral del lóbulo parietal (Mountcastle 1975, Kaas 1990). De lo expuesto se colige que la naturaleza funcional de ese haz espino talámico anterior se centra en la recepción de estímulos y la conducción de los impulsos que estos generan, relacionados con el tacto leve y la presión.

En este sentido, Kandel, Schwartz y Jessell (1997) afirman:

Tres neuronas unen la superficie receptora periférica (la piel) con el córtex cerebral. La primera neurona, llamada neurona sensorial primaria, es un receptor que transduce la energía del estímulo en señales neurales. Sus axones proyectan desde el receptor hasta el tronco del encéfalo. La segunda neurona, cuyo axón se encuentra en un tracto del tronco del encéfalo denominado lemnisco medial transporta información sensorial hasta el tálamo, la principal estación de relevo sensorial del encéfalo. Desde el tálamo la tercera neurona del circuito transmite información sensorial al córtex cerebral. (p. 398)

A partir de estas informaciones, puede decirse que la lectura de los códigos braille empieza a ser receptada por mecanorreceptores de la piel del pulpejo de los dedos índices del invidente, aunque según la habilidad de cada persona, puede utilizar otros dedos. Esas sensaciones, convertidas en impulsos, son transportadas o transmitidas a la médula espinal, a través de las raíces cervicales 6, 7 y 8 (C6, C7 y C8) (figura3).

Es oportuno señalar que estos conocimientos, si bien apuntan a información de carácter médico, han sido valorados como importantes para la pedagogía puesto que, en la transdisciplinariedad que le es propia, los educadores deberían manejar esta temática con el fin de entender y procurar la comprensión de los mecanismos neurofisiológicos que hacen posible el proceso de lectura por parte de los docentes, alumnos y discapacitados visuales. Ello permitirá abrir oportunidades para apoyar a quienes padecen de esa discapacidad, elaborando estrategias didácticas distintas de carácter individual, para la atención de cada ser humano que esté en el aula.

Hoy en los Sistemas Educativos y de acuerdo con las normas, han de ser atendidas sin discriminación alguna las personas que presenten discapacidades visuales u otras. De ahí que si se conoce el proceso lector de los discapacitados visuales desde lo médico, los educadores podrán revisar su didáctica y visualizar las estrategias y recursos convenientes en estos casos especiales, así como la eventual necesidad de apoyo de otras disciplinas, porque en definitiva, la educación es transdisciplinar e interdisciplinar con el propósito de formar seres humanos integrales.

### **Áreas de inervación de la superficie cutánea y su representación cortical**

Cuando el estímulo es transmitido como impulso nervioso hasta llegar, en este caso de estudio, hasta las áreas corticales de la sensorialidad cutánea, comienza el procesamiento informativo que han de realizar los invidentes, a través de sus dedos lectores. Cuando el estímulo, convertido en sensación, alcanza esas áreas sensitivas, se debe producir el mecanismo de transferencia de esta información al área del lenguaje, a los efectos de que se produzca la lectura. Borregón y González (2006) refieren: “La vía táctil, en relación con el procesamiento de la información escrita, tendría las mismas connotaciones funcionales que el uso de las rutas lectoras visuales” (p. 1). Todo este procesamiento parte de las áreas de inervación que se encuentran en la superficie cutánea, denominadas dermatomas (área de piel inervada por un único nervio espinal; **(Figura 3)**, y que le aportan los detalles necesarios

a la corteza somatosensorial para elaborar un mapa del cuerpo.

A partir de la figura, pueden apreciarse las áreas del cuerpo cuyas sensaciones son transmitidas a través de cada nervio espinal, ya sean estas de dolor, térmicas o táctiles. Su organización por modalidad y por dermatoma en la corteza somatosensorial primaria, permite entonces la conformación de un mapa corporal en la corteza somatosensorial de asociación, que se ubica en una región cercana dentro del lóbulo parietal. Desde esa perspectiva, Santi (2012) señala:

El lóbulo parietal se encuentra por detrás de la cisura de Rolando y por encima de la cisura de Silvio; por detrás limita con la imaginaria cisura perpendicular externa. Este lóbulo es el encargado de las percepciones sensoriales externas: sensibilidad, tacto, presión, temperatura. (p. 9)

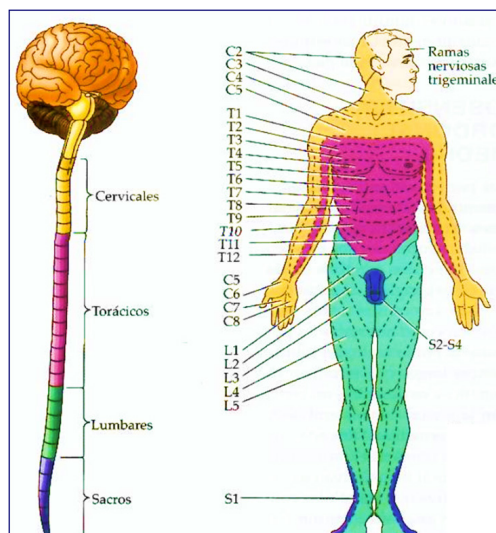
Como señalamos antes, los axones procedentes de tálamo se proyectan fundamentalmente a la capa 4 de la corteza somatosensorial primaria, que comprende cuatro regiones o campos, conocidos como áreas 1, 2 y 3a y 3b de Brodman. Experimentos en primates han demostrado que son las áreas 3b y 1 las que responden sólo a estímulos cutáneos, mientras que las otras incluyen estímulos propioceptivos, relacionados con la posición de las articulaciones (Sur 1980; Kaas 1993). Cada una de estas áreas contiene una representación separada y completa del cuerpo, en la que se incluye el área de la mano (Figura 4). Una característica que se

debe resaltar es que, en estos mapas corporales corticales, el cuerpo se representa de manera desproporcionada, teniendo mayor tamaño el rostro y las manos, por la gran importancia que para el ser humano tienen la *manipulación*, la *expresión facial* y la *palabra*.

Una vez que la sensación táctil de los puntos dados como letras, mediante el código de Braille, ha sido transducida y transmitida hasta área somato sensorial primaria o somato sensitiva, se va generar una transferencia neural hacia las áreas de procesamiento de nivel superior. Una de las áreas conocida como de orden superior es la corteza somatosensorial S-II, adyacente a la corteza primaria (S-I; Figura 4), que recibe proyecciones desde esta, y envía a estructuras subcorticales como la *amígdala* y el *hipocampo*, involucradas en el proceso de memoria y, por tanto, en el de aprendizaje táctil, que resulta tan significativo en el caso que nos ocupa de la lectura por el método Braille para invidentes. Además, esta área S-II envía proyecciones a las neuronas motoras, lo que se considera un insumo principal para el caso específico de la memoria de trabajo (mediano plazo), que se fundamenta en la interconexión de información sensorial con información motora (Lorenzo [s.f.]; figura 1, *supra*).

Toda información táctil se transmite desde S-II al área de asociación sensorial multimodal, o

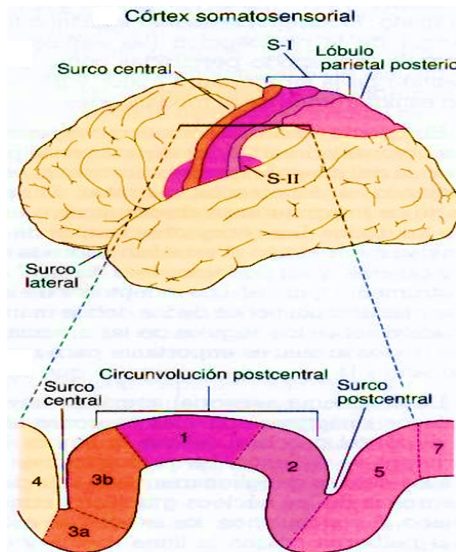
**Figura 3. Dermatomas, o áreas de inervación de la superficie cutánea, de acuerdo con el ganglio de la raíz dorsal y el nervio espinal por donde se conducen sus fibras.**



Fuente: Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, LaMantia, McNamara, Williams, 2007.



**Figura 4. Área somatosensorial primaria, su ubicación en la circunvolución postcentral del lóbulo parietal y la subdivisión en sus regiones.**



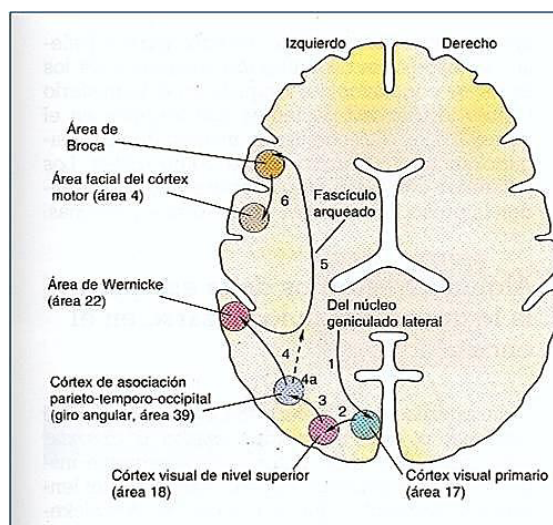
Fuente: Kandel, Schwartz, y Jessell, 1997

parieto-témporo-occipital, donde parece razonable pensar que se relacionan diferentes archivos de memoria para crear significados. Un ejemplo es el modelo de lenguaje actualmente aceptado de Wernicke-Geschwind, en el cual, la información visual de lenguaje (lectura de los videntes) pasa de las áreas de nivel superior visuales a esta de asociación parieto-témporo-occipital (giro angular, área 39 de Brodman). En la **figura 5** se muestran tales conexiones.

Al área parieto-témporo-occipital se le llama de asociación sensorial multimodal, porque a ella llega

la información de los diferentes sentidos: audición, visión, tacto, gusto, olfato. Podría inferirse, de acuerdo con la opinión de los investigadores sobre la temática y de los datos aportados por otros autores (Damasio y Geschwind 1984, Damasio y Damasio 1992) que, considerando que la información táctil llega al mismo sitio, es probable que en el caso de los invidentes que practican Braille, se puedan producir en la misma área de asociación sensorial multimodal, los códigos significativos de cada símbolo Braille con su origen táctil, generando una base de datos de significados a partir de símbolos

**Figura 5. Áreas involucradas en el procesamiento del lenguaje escrito, según el modelo de Wernicke-Geschwind.**



Fuente: Kandel, Schwartz, y Jessell, 1997

espaciales del tacto, en lugar de los símbolos espaciales de la visión, que normalmente procesan los videntes.

Este modelo de Wernicke-Geschwind, propone una vía desde el área de asociación parieto-témporo-occipital, que se une con el fascículo arqueado, en su procesamiento del lenguaje de origen visual, en una forma independiente del área de Wernicke (Damasio y Geschwind 1984). Dado que todo aprendizaje depende de fenómenos de plasticidad sináptica, es probable que esta misma vía sea adaptada y utilizada para procesar la información táctil correspondiente a los códigos de Braille en su camino hasta el área de Broca, encargada de la producción del habla; desde donde la lectura táctil puede expresarse como lectura oral por parte del invidente, como reflejo de la comprensión de los códigos recibidos inicialmente a través del tacto.

Debe señalarse adicionalmente que el fascículo arqueado es un haz de axones que conecta el área de Wernicke con la de Broca, para procesar el lenguaje receptado a través de la vía auditiva, y que esta área de Wernicke inicialmente considerada como de comprensión de todo el lenguaje, ha quedado más delimitada a la comprensión del lenguaje con recepción auditiva (Damasio y Geschwind 1984).

Ahora bien, también se debe indicar que es en la zona prefrontal en donde se realiza la elaboración superior de las funciones cognoscitivas, denominada Asociación Semántica, a partir de la integración de conceptos y diversas actividades o acciones. En esta región aparecen las áreas 9 y 12 de Brodman, y si bien la 12 se encuentra entre la circunvolución frontal interna y el surco calloso marginal en el área orbitofrontal, se incluye en razón de que es una región del lóbulo frontal cerebral que está relacionada con el procesamiento cognitivo vinculado a la toma de decisiones.

Por otra parte, hay que referir que en razón de que la palpación de los códigos Braille se hace mediante movimientos finos o delicados de los dedos, es razonable pensar que los invidentes desarrollan una mayor porción de representación cortical de la mano y, en especial, de los pulpejos de los dedos, que la población de videntes, por cuanto se requiere para obtener la receptación de los puntos en relieve, mediante el tacto fino. Finalmente hay que señalar con Kandel, Schwartz y Jessell (1997)

que: “El sistema sensorial somático contiene neuronas receptoras primarias, localizadas en la piel y otros tejidos del cuerpo, que transforman la energía del estímulo en fenómenos neurales” (p.349). Y según Gilman y Winans (2003):

Las bases anatómicas de las sensaciones del tacto conducidas por el sistema del lemnisco incluyen receptores periféricos, fibras aferentes primarias que hacen contacto sináptico con neuronas de segundo orden en los núcleos de la columna posterior, neuronas de segundo orden que hacen sinapsis con neuronas de tercer orden en el tálamo y estas últimas que proyectan a la circunvolución posrolándica (áreas 3, 1 y 2 de Brodman). (p. 65)

Por tanto, como se dejó expreso antes, una vez que se han proyectado en esta área somático sensitiva, se hace la transmisión de la información mediante impulso eléctrico a las áreas del lenguaje, para producir la lectura de los discapacitados visuales, con apoyo en los dedos índices esencialmente, a los que hemos denominado DEDOS LECTORES. Este proceso lector va a ser de especial valor para los discapacitados visuales, pues ellos, como seres humanos, también han de integrarse, con las limitaciones propias, a la sociedad del conocimiento, a través de la lectura. Así pues, se debe tener en cuenta que es en el área de asociación parieto-temporal-occipital el lugar del cerebro donde se integran las funciones sensoriales y el lenguaje, que incluye, tanto a los videntes, como a aquellos que carecen del sentido de la vista. Con ello, como señala Sánchez Lihón (2008b):

El fin de la lectura es ayudar a que el lector descubra su expresividad, necesario en una sociedad que requiere la participación de todos; sus propias ideas, también importantes en un medio de vertiginosa innovación; su yo personal y profundo, para actuar en un mundo que cada día se presenta como un desafío que exige intervenir con integridad, dignidad y alentándolos más altos valores humanos. (p. 4)

Valoraciones que sobresalen de esta reflexión precedente: (a) la finalidad de la lectura: el descubrimiento de la expresividad. Esto es, desarrollar la habilidad para comunicar verbalmente o por escrito la eidética personal, en atención a los receptores del mensaje, para que éste sea efectivo. (b) medio para interactuar con el conglomerado societal donde se desenvuelve y poder valorar las transformaciones que se suceden en el mundo globalizado. (c) la lectura como proceso constructivo de conocimientos.

### 3. Reflexiones provisionales

- La lectura, como objeto de estudio, siempre será un área del lenguaje que atrapa la atención, sobre todo en lo que respecta al funcionamiento cerebral. Hay muchas investigaciones acerca de cómo se produce y cada vez se descubren nuevos procesamientos intelectivos, que ocasionalmente se distancian de la teoría explicativa del proceso. Por ello hay que seguir profundizando y, a juicio de lo revisado en este trabajo, resultaría sumamente interesante encaminar estudios, tanto morfológicos como funcionales, que permitan verificar el área cortical específica donde los invidentes convierten en significados, los símbolos contruidos a partir del tacto. Ello permitiría información biomédica más detallada, a partir de la cual desarrollar aplicaciones didácticas y pedagógicas convenientes para los invidentes
- Es valioso descubrir que todos los seres humanos tienen la habilidad para construir conocimiento, a partir de los signos gráficos de un texto. En ese proceso lector, va desde la construcción o dominio de lo grafemático, hasta encontrar la significatividad del texto, y alcanzar la comprensión que es una operación aún mucho más compleja. El mundo alfabetizador tiene particular énfasis en los videntes, pero, con respecto al desarrollo del proceso lector de los invidentes, la literatura es menos abundante y, cuando la hay, bastante especializada. Este artículo se enfocó en la presentación resumida de la compleja cadena de fenómenos neurofisiológicos que subyacen al procesamiento táctil, y en el planteamiento de una hipótesis sobre la posible forma en que los invidentes pueden convertir en significados, los símbolos que perciben a través del tacto. Su comprensión llevará a los docentes a que puedan atender y entender el trabajo que realizan los alumnos invidentes al leer y, por tanto, interpreten que en las aulas de clase, a pesar de la discapacidad en el sentido de la vista, son seres humanos con similar o mayor potencial que el de los videntes. Ello debería permitirle al docente generar propuestas e incluir materiales significativos para fortalecer esa construcción de significado
- Los educadores, a pesar de tener una formación integral, no están siendo capacitados en ninguno de los niveles, para atender a los alumnos que presentan esta discapacidad visual. La intención de un aporte desde lo neurofisiológico, se orienta a incentivar a los educadores a comprender que, si bien el receptor que recibe la información es distinto, el resultado de ese proceso debería ser la lectura significativa. De modo que el docente tenga la información que le permita prepararse para desarrollar estrategias asertivas, que apoyen la construcción de significado y pueda generar una didáctica diferenciada, no discriminativa, para la atención a los alumnos invidentes
- Los dedos lectores son la base de aprendizaje para los discapacitados visuales. Existe todo un proceso neurofisiológico que propicia la inervación de nervios aferentes para transducir hacia las áreas somato sensitivas toda la información, que luego es transferida a las áreas de asociación que integran diversas modalidades sensoriales con el lenguaje (parieto-témporo-occipital). Allí probablemente se produce una codificación táctil del lenguaje, que sirve de insumo a la corteza frontal antero inferior, para la correspondiente asociación semántica o comprensión de lo leído. Lo anterior sirve de fundamento para explicar cómo se produce el aprendizaje en el acto lector del invidente, y conduce a que se genere una didáctica innovadora para apoyar los procesos de construcción lectora. Se impulsa, entonces, la optimación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, con la comprensión del funcionamiento cerebral y la integración de la neurofisiología potenciar toda la capacidad cerebral, indistintamente, de la vía exteroceptiva que nos proporcione la información
- El acto pedagógico y su correspondiente práctica pedagógica debe ser asumido por el docente con una visión de excelencia, para que pueda, desde ella y con ella, generar estímulos que garanticen el conveniente desarrollo sináptico en los invidentes para alcanzar el proceso lector, desde los materiales que, bajo los códigos Braille, seleccione para ofrecer mejores oportunidades de avanzar en acto lector y en la construcción de significado útil e

interesante. El conocimiento del procesamiento neurofisiológico va a conducir a que el docente pueda dar una atención diferenciada según la necesidad de cada alumno y, en particular, de los invidentes. Lo anterior permitirá al docente acompañar con estrategias pedagógicas significativas a los alumnos con discapacidad visual, para que les permita desempeñarse sin traumas en los variados contextos: educativo, familiar, comunitario y en la sociedad donde se desenvuelve.

---



## Referencias

---

- Adrian ED, Zotterman Y (1926). *The impulses produced by sensory nerve endings II. The response of a single end organ.* J. Physiol. 61: 151-171
- Bárraga, Natalie (1986). *Desarrollo senso-perceptivo.* [Artículo en Línea] Traducción de Susana Crespo. Recuperado el 14 de agosto de 2014. Disponible: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/desarrollo\\_senso\\_perceptivo.htm](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/desarrollo_senso_perceptivo.htm)
- Contreras, A. (1991). Programa de actualización para docentes de primer grado sobre teorías y metodologías para la enseñanza de la lecto-escritura. San Cristóbal, Venezuela: Formas LEM.
- Enríquez, V. (s.f.) Receptores, sensaciones y vías de transmisión. [Artículo en Línea] Recuperado el 24 de febrero de 2013. Disponible: <http://www.slideshare.net/elgrupo13/receptores-sensaciones>
- Gilman, Sid y Winans, Sarah. (2003). *Principios de neuroanatomía y neurofisiología, clínicas de Manter y Gatz*(5a. ed.). Trad. México: Continental
- Kaas, J.H. (1990). *Somatosensory system.*In *The Human Nervous System.* G. Paxinos. San Diego: Academic Press.(pp. 813-844)
- Kaas, J.H. (1993). *The functional organization of somatosensory cortex in primates.* Ann. Anat. 175: (pp. 509-518).
- Kaas, J.H. y Collins C.E. (2003). *The organization of somatosensory cortex in anthropoid primates.* Adv. Neurol. 2003: 93: (pp. 57-67)
- Kandel, E.; Schwartz, J. y Jessell, T. (1997). *Neurociencia y Cognición.* Madrid: Prentice Hall.
- La Memoria Humana (s.f.). [Capítulo en Línea] Recuperado el 16 de diciembre de 2014. Disponible: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448180607.pdf>
- Lorenzo, J. (s.f.). *Perspectiva histórica de las investigaciones psicológicas en lectura.* [Documento en Línea] Recuperado el 16 de diciembre de 2014. Disponible: <http://ansenuza.ffyh.unc.edu.ar/comunidades/bitstream/handle/ffyh/744/03%20Modelo%20de%20comprension%20de%20textos.pdf?sequence=1>
- Mario, E. (2008). *Sistema nervioso central.* [Presentación en Línea] Disponible: <http://es.slideshare.net/EduardoMario/sistema-nervioso-central-presentation> [Consulta: 2014, agosto 18]
- Mountcastle V.B. (1975). *The view from within: Pathways to the study of perception.* Johns Hopkins Med. J. 136: 109-131.
- Moyano, A. [Coordinadora] (2011). *Aportes para la alfabetización en educación especial de alumnos ciegos y disminuidos visuales, de sordos e hipoacúsicos.* Ministerio de Educación, Argentina. [Libro en Línea] Recuperado el 27 de diciembre de 2013. Disponible: <http://repositorio.educacion.gov.ar/dspace/bitstream/handle/123456789/109622/Aportes%20para%20la%20alfabetizaci%C3%B3n%20en%20Educaci%C3%B3n%20Especial%20de%20alumnos%20ciegos%20y%20disminuidos%20visuales.%20de%20sordos%20e%20hipoac%C3%BAicos.pdf?sequence=1>
- Purves D, Augustine G.J., Fitzpatrick D, Hall W.C., LaMantia A.S., McNamara J.O., Williams S.M. (2007). *Neurociencia.* Madrid: Médica Panamericana
- Rodríguez Fuentes, A. (2005). *¿Cómo leen los niños con ceguera y baja visión?* Archidona (Málaga), España: Aljibe.
- Rodríguez, A. (s.f.). *Biopsicosalud.* [Artículo en Línea] Recuperado el 13 de diciembre de 2014. Disponible: <http://biopsicosalud4.webnode.com.ve/psicologia/enfoque-conductista/edward-thorndike/>
- Sánchez Lihón, Danilo (2008). Orientaciones, niveles y hábitos de lectura. *Lectura y Vida.* Año 4, n° 4, (pp. 4-10). [Documento en Línea] Recuperado el 22 de diciembre de 2013. Disponible: [http://www.lecturayvida.fahce.unlp.edu.ar/numeros/a4n4/04\\_04\\_Lihon.pdf](http://www.lecturayvida.fahce.unlp.edu.ar/numeros/a4n4/04_04_Lihon.pdf)
- Santi, Carito (2012). *Zonas del Cerebro.* <http://es.slideshare.net/caritosanti/zonas-del-cerebro>
- Sayers, M. (2001). La voz como una función de la visión: la voz del narrador. En *Carlos Fuentes desde la Crítica.* Georgina García-Gutiérrez (Comp.). México: UNAM y Taurus.
- Simón, C.; Ochaíta, E. y Huertas, J.A. (1995). *El sistema braille: bases para su enseñanza-aprendizaje.* En CL&E. (pp. 91-102). [Artículo en Línea] Recuperado el 16 de diciembre de 2014. Disponible: [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2941799.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2941799.pdf)
- Sur, M. (1980). Receptive fields of neurons in areas 3b and 1 of somatosensory cortex in monkeys. *Brain Res.* 198: 465-471
- Ugarte, B. (s.f.). *Los ciegos y la lectura.* [Artículo en Línea] Recuperado el 13 de diciembre de 2014. Disponible: [http://www.infociegos.com/espanol/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=56](http://www.infociegos.com/espanol/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=56)
- Universidad de Cantabria (2011). *Funciones sensoriales.* Sistema somatosensorial. [Documento en Línea] Disponible: [http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/fisiologia-humana-2011-g367/material-de-clase/bloque-tematico-6.-fisiologia-del-sistema-nervioso/tema-2.-funciones-sensoriales-sistema/tema-2.-funciones-sensoriales-sistema\[Consulta: 2014, agosto 18\]](http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/fisiologia-humana-2011-g367/material-de-clase/bloque-tematico-6.-fisiologia-del-sistema-nervioso/tema-2.-funciones-sensoriales-sistema/tema-2.-funciones-sensoriales-sistema[Consulta: 2014, agosto 18])
- Universidad de Valencia (2006). *Topografía cerebral.* [Documento en Línea] Disponible: [http://www.uv.es/veyrat/topografia\\_cerebral.htm](http://www.uv.es/veyrat/topografia_cerebral.htm) [Consulta: 2014, agosto 18]
- Ward, J. (2010). *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience* [Guía del estudiante de neurociencia cognitiva] (2a. ed.). Hove, East Sussex; Nueva York: Psychology Press.