TECANA AMERICAN UNIVERSITY

Post-doctoral Program in Cognitive Neuroscience Applied to Education

INFORME N° 1

CN901: Las oportunidades que entrega la Neurociencia cognitiva al facilitador de aprendizajes de hoy

Autor: Dra. Jolié Mc Guire Aros

"Por la presente juro y doy fe que soy el único autor del presente informe y que su contenido es fruto de mi trabajo, experiencia e investigación académica"

Noviembre de 2019

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE FIGURAS...…… 3

RESUMEN……... 4

INTRODUCCIÓN…….....6

CAPÍTULO 1 9

1.1 Neurociencias Cognitivas y Psicologías cognitivas 9
1.2 Concepto de Lenguaje y la Teoría de la mente 14
1.3 Neurociencia cognitiva en educación..... 15
1.4 Estudio neuroeducación desde neurociencia cognitiva..... 17

CAPITULO II 18

2.1 Métodos electrofisiológicos en el estudio del desarrollo cognitivo infantil 19
2.2. El electroencefalograma (EEG) 19
2.3 Estudios de seguimiento ocular del desarrollo normativo y atípico (Eye Tracking) 20
2.4. Métodos de resonancia magnética funcional en neurociencia cognitiva del desarrollo (RMf)..... 24
2.4.1 Principios básicos de la resonancia magnética funcional (fMRI)..... 25
2.5. Tecnología Electrodermal 26
2.6 Tomografía por emisión de positrones (PET)..... 30

CAPITULO III 33

3.1. Relación entre Neurociencia cognitiva y la Educación..... 33
3.2 Experiencia y Aprendizaje 34
3.3 Oportunidad de disposición hacia las experiencias en el aula 35
3.4. El aprendizaje es incremental y basado en la experiencia 38
3.4.1 El aprendizaje es multisensorial..... 39
3.4.2 El aprendizaje es social 41
3.5 Aplicaciones educativas..... 42

CONCLUSIONES 45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 47

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		pp.
Fotografía 1	Niño con dispositivo Eye Trecking	22
Fotografía 2	Mapa de calor (heat map) de estudio de App	23
Fotografía 3	Pulsera de sensor Electrodermal	29
Fotografía 4	Configuración de sistema “Flexcomp”	29
Gráfica 5	Registro de grabaciones realizadas con modelo electrodermal	31
Fotografía 6	Imágenes de resonancia IRM y PET	32
Figura 7	Esquema de bloques funcionales y ejemplo educativo	44

TECANA AMERICAN UNIVERSITY

INFORME N° 1: Las oportunidades que entrega la Neurociencia cognitiva al facilitador de aprendizajes de hoy

RESUMEN

Las Neurociencias cognitivas son un estudio que entrega información del funcionamiento del cerebro, en conjunto con la psicología cognitiva la que permite aceptar un avance en la conceptualización de mente-cerebro, para conocer cómo las personas incorporan procesos cognitivos y muestran la actividad cerebral para el campo de estudio. El enfoque de este informe es presentar los beneficios que esta disciplina entrega a los científicos para aportar datos a profesores y autoridades de centros educativos, con el fin de proporcionar apoyo con información acerca del comportamiento cerebral de los estudiantes, y el funcionamiento mientras aprenden, dan significado y ejecutan algunas tareas. Las que son valorizadas, analizadas y registradas por medios tecnológicos que son diseñados de manera interdisciplinaria para llegar a extraer datos lo mas robustos posibles dentro de lo que sucede en el cerebro y en la mente del participante mientras esté realizando una tarea, sin que sea invasivo, para no interrumpir la cotidaneidad en el desarrollo del estudio. Algo que provee información instantánea y con mayor exactitud que sirve al profesor como insumo para tomar de desiciones al momento de planificar sus actividades didácticas y llegar a ciertos objetivos de aprendizaje. Este informe muestra cómo las neurociencias cognitivas son una oportunidad para los profesores para seguir aprendiendo de su quehacer y facilitar la adquisición de las habilidades en los estudiantes de hoy.

Descriptores

Neurociencia cognitiva, profesores, psicología cognitiva, aprendizaje, mente-cerebro

ABSTRACT

Cognitive Neurosciences is a study that provides information on the functioning of the brain, together with cognitive psychology, which allows us to accept an advance in the mind-brain conceptualization, to learn how people incorporate cognitive processes and affect brain activity in this field. study. The focus of this report is to present the benefits that this discipline provides to scientists to provide data to teachers and authorities of educational centers, in order to provide support with information about the student's brain behavior, and the functioning while they learn, give meaning and execute some tasks. Those that are valued, analyzed and recorded by technological means that are recorded in an

interdisciplinary way to extract data as robust as possible within what happens in the brain and in the mind of the participant while they are performing a task, without being invasive, so as not to interrupt the everyday lives in the development of the study. Something that provides instant and more accurate information that serves the teacher as an input to make decisions when planning their teaching activities and reach certain learning objectives. This report shows how cognitive neurosciences are an opportunity for teachers to continue learning from their work and facilitate the acquisition of skills in today's students.

Keywords

Cognitive neuroscience, teachers, cognitive psychology, learning, mind-brain

INTRODUCCIÓN

La oportunidad de ser profesor es estar en la base de la formación de la sociedad. Una que está afectada por numerosos cambios debido al acceso de la información y la tecnología que potencian la comunicación y el conocimiento a todos. Estas son las variables que dan mas oportunidades al profesor para tener conocimiento del funcionamiento del cerebro desde las Neurociencias, y desde la comprensión del mente-cerebro con la psicología cognitiva y su derivada Neurociencias cognitivas, para obtener respuestas acerca de las causas de los comportamientos de los estudiantes y su proceso de aprendizaje dentro de los contextos donde se relacionan. En este informe, se puede comprobar el mundo y pensamiento de autores como científicos y psicólogos que han avanzado en comprender cómo aprende el cerebro, algo que en los centros educativos no siempre es algo que incide en las desiciones curriculares o administrativas, lo que puede llegar a ser un obstáculo para fomentar los espacios para potenciar las habilidades de los estudiantes. Los profesores si bien están preparados desde la Ciencia de la educación y la pedagogía, no tiene una formación formal donde les indique cuáles son los descubrimientos del funcionamiento y comportamiento del cerebro, ya que es aún tomado como una disciplina que es solamente clínica. Actualmente se conoce el interés de los centros en adquirir metodologías didácticas que sean acorde a las exigencias de atención de los estudiantes, pero aún queda como base opcional por las autoridades y no como una base mínima para comenzar a plantear los planes y programas con sus objetivos de aprendizaje.

La Neurociencia cognitiva es un proceso de estudio que tiene avances tanto en los modelos de investigación como en las tecnologías que están disponibles para estudiarla, donde los investigadores entregan respuestas a los observadores de cuáles son las maneras de aprender y responder a esa información por las personas en distintos contextos. Esto es algo que está en su inicio aún, porque avanza mas hacia análisis más complejos en ambientes más diversos con la adaptación de las mismas

tecnologías, por lo que el profesor está bajo en desafío de mantenerse actualizado en conocimiento del funcionamiento del cerebro.

En el campo educativo, entrega mucha información que coloca al educador como agente de cambios que necesita el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de las salas de clases de hoy. Aquellas que están lejos de estar contextualizadas a las necesidades del ciudadano del siglo XXI, con procesos enfocados en que los estudiantes memoricen los contenidos que habitualmente están siendo distantes hacia la realidad y necesidades de sus vidas. Esos mismos que serán evaluados por la habilidad que tuvieron de memorizarlos, para luego llegar a olvidarlos a largo plazo. Sistemas de aprendizaje que tampoco tienen una contextualización en cómo el estudiante aprende y cómo logra que el significado que le entrega pueda darle la capacidad de memorizar a largo plazo.

En los hallazgos de las neurociencias cognitivas, los procesos de aprendizaje son basados en memorizar procedimientos para realizar acciones, las cuales son estudiadas con tecnologías no invasivas, que son creadas por equipos interdisciplinarios. Es un estudio novedoso que entrega cada día mas información de la mente-cerebro y de los posibles datos que se pueden proveer desde el cuerpo. Por ello que la estructura de los capítulos en este informe inicia con la conceptualización de las disciplinas adyacentes a las Neurociencias cognitivas, luego se presentarán los avances tecnológicos que se utilizan para dicha investigación y cuáles son los aportes que realizan en los datos adquiridos por enfoques de aprendizaje en ambiente escolar. Luego, se definen los alcances que tiene las neurociencias cognitivas en la aplicación en la educación y específicamente en las salas de clases. Donde los desafíos son cambios para los profesores ya que se afirma científicamente, cómo su rol apoya o obstaculiza a que se desarrolle el cerebro del niño, o que logre adquirir las habilidades en un adolescente o adulto.

Los profesores tenemos la oportunidad de conocer realmente las conductas desde una mirada biológica y psicológica, que nos abre la visión de las infinitas respuestas que puede tener un ser humano frente a su aprendizaje.

OBJETIVOS

GENERAL

Proporcionar evidencias de Neurociencias cognitivas en aprendizaje como oportunidad de mejoramiento del ejercicio pedagógico del profesor

ESPECÍFICOS

1. Delimitar la conceptualización de Neurociencias cognitivas y especialidades acorde a investigación para aplicación en Educación
2. Especificar medios Tecnológicos disponibles para la investigación aplicada a Neurociencias cognitivas
3. Analizar los alcances de investigación de Neurociencias cognitivas con respecto a la aplicación en Educación

CAPÍTULO 1
NEUROCIENCIA COGNITIVA Y DISCIPLINAS DERIVADAS

Mediante este capítulo se podrá confrontar los conceptos de Neurociencias acorde a los campos de estudio y derivaciones de psicología. Se puede distinguir las conceptualizaciones y las separaciones que realizan los investigadores a medida que las tecnologías permiten delimitar comportamiento de mente-cerebro.

1.1 Neurociencias Cognitivas y Psicologías cognitivas

Las Neurociencias entregan y fomentan la profundización de investigaciones acerca de procesos para aprender desde distintos contextos con el uso de nueva tecnología que permite cada día tener resultados de funcionamiento del cerebro de manera mas accequible y exacta.

Existen distintos subcampos en la Neurociencias, y una de ellas son las Neurociencias cognitivas que tiene una historia diferente desde su conceptualización, y tipos de investigación que abarca el conocimiento del funcionamiento del cerebro. Para ello, en este informe se hizo un análisis de documentos científicos desde los años 1970 a 2019, donde se pueden encontrar conceptos del área de Neurociencia y Psicología por separado, con una serie de otras disciplinas las cuales se van enfocando a distintos puntos de investigación de la neurociencia cognitiva o psicología cognitiva. En ellas se evidencian hallazgos que permiten conocer oportunidades para los docentes y facilitadores acerca de cómo se aprende, en qué contextos, cuáles son los resultados a nivel cerebral, neuronal, químico, y cómo incide la educación en todo esto. Algo que evidencia la necesidad de conocer investigación de disciplinas como Psicología, Neurociencias y la Psiquiatría para el campo de la Educación, delimitando su estudio hacia las Neurociencias cognitivas.

Es una disciplina que proviene del contexto e historicidad de la psicología cognitiva, la cual siempre ha acompañado a la educación en la clasificación de conductas, comportamientos y diagnósticos que sirven de herramienta a los centros

educativos para planificar los programas de estudio desde el conocimiento del perfil de quienes estudian. Ahora el mismo estudio y diagnóstico que se realiza desde la Psicología cognitiva se hace desde hallazgos empíricos desde las Neurociencias, entregando datos más exactos que son verificados desde tecnología de punta. Con ello se observa más claramente la complejidad que existe al separar el comportamiento de la concepción que hace la persona del mundo, y cuáles son las actividades cerebrales que permiten hacerlo.

Las Neurociencias son un área multidisciplinaria, que se compone por distintos enfoques que estudian la estructura y función del cerebro, como: neuroanatomía, neurofisiología, neurofarmacología y neurociencia de sistemas y la Neurociencia Cognitiva permite la fusión de Neuroanatomía, Neurofisiología, Biología del Desarrollo, Biología Celular y Molecular y Psicología Cognitiva (Maureira, 2010).

Eso indica que para el estudio del aprender, hay que mantener una mirada abierta hacia distintas disciplinas, en distintos niveles de complejidad y de acuerdo a contextos diversos. Por lo que, el facilitador necesita conocer del funcionamiento del cerebro como un fenómeno múltiple, que puede ser descrito a nivel molecular, celular, organizacional del cerebro, psicológico y/o social, dejando posibilidades para el estudio de todas ellas o partes dependiendo de la disciplina que se enseña (Maureira, 2010). Forma parte de un área de investigación interdisciplinaria que estudia las relaciones de la estructura-función cerebral y el procesamiento cognitivo, intentando vincular el estudio del cerebro y el estudio de la mente, como conceptos por separados (Pereira, 2007).

Así las investigaciones de la actividad neuronal se produce desde las personas en sus acciones y procesos, donde los investigadores pretenden responder preguntas acerca del comportamiento neuronal mediante sus conductas. Algo que aporta directamente a comprender qué sucede en el cerebro cuando un comportamiento es destacado del resto de los estudiantes, y que vale la pena investigar de donde proviene, o cómo el ambiente, su experiencia y lenguaje hacen que resulte en esa conducta (Rodriguez, 2014).

Los nuevos estudios posibilitan ver la acción del cerebro, qué sucede mientras estamos pensamos y manifestando algún sentimiento, como parte del desarrollo de la persona en la relación entre su biología y su experiencia, dando como resultado que tenga diversos comportamientos lo que activará diferentes áreas cerebrales (Moskowitz, 2010).

Por su lado, la Psicología cognitiva estudia la representación del conocimiento que tienen las personas, algo que involucra entender como ellas perciben, aprenden, recuerdan, piensan y sienten acerca de la información que les llega. Como son sus capacidades mentales como memoria, percepción, imágenes mentales, lenguaje y pensamiento las que demuestran tener estructuras subyacentes complejas (Sternberg & Sternberg, 2011).

Sin embargo, al unirse la tecnología al campo de estudio de la Psicología, hace que neurocientíficos cognitivos mejoren su comprensión al delinear procesos componentes y especifiquen la forma en que trabajan juntos, recurriendo a estudios separados del cerebro, como inteligencia artificial, aunque dificulta el estudio mente y cerebro porque son entidades que de todas maneras se interrelacionan (Kosslyn & Koenig, 1992). Es dificil imaginar cómo en el proceso de aprender se puede separar de manera clara y taxativa el proceso que sucede en la mente, y lo que pasa en el funcionamiento del cerebro. Por eso que las manifestaciones de ambos tienen que ser estudiados acorde a las complejas variables externas e internas. Con este escenario, los profesores dejarían de lado dar significados solo mediante teorías psicológicas desde el constructivismo, por enumerar una, ya que estamos en una etapa de explosión de información que incide en la manera en que pensamos.

Kihlstrom (2010), describe que: “La psicología sin neurociencia sigue siendo aún una ciencia de la vida mental, pero la neurociencia sin psicología no es más que la ciencia de las neuronas” (p. 762). Así el cerebro se vuelve el centro de estudio de la psicología, logrando lentamente la superación del dualismo mente-cerebro (citado en Maureira, 2010).

Los neurocientíficos cognitivos creen que mente y cerebro han de explicarse juntos. La neurociencia cognitiva con su interés por la mente, es el campo de la

neurociencia de mayor interés para los educadores, ya que la idea de la mente se considera como un concepto teórico aunque esencial para examinar la relación entre cerebro y conducta, incluido el aprendizaje. Por eso el estudio es parte vital del puente entre la educación y la neurociencia, dado que une los conocimientos del cerebro con observaciones de las conductas que rodean el aprendizaje. Si no se presta atención suficiente a los modelos psicológicos cognitivos adecuados, la neurociencia no tendrá qué ofrecer a la educación (Howard-Jones, 2011).

Todo esto gracias a la tecnología que permite la investigación con ciertos modelos, donde predominan la Neurociencia Cognoscitiva, junto con la relación del desarrollo conceptual, midiendo registros de actividad cerebral, neuronal y fisiológica en el sistema nervioso.

Enfoques de estudio destacados por los científicos acerca de Neurociencia cognitiva, se inclinan por dos paradigmas de investigación: las estructuralista y funcionalista (Sierra & Munévar, 2007). Ambas como miradas que explican cómo se puede diferenciar la estructura cerebral, acorde a los resultados que se obtienen con pruebas en personas sin lesión y con lesión cerebral.Donde da luces acerca de qué funciones realiza cada zona del cerebro, y cuáles son las que al ser dañadas dejan de funcionar, o son sustituidas por otras áreas del cerebro.

El Paradigma de mirada Estructuralista es la comprensión de la estructura del cerebro humano a través de una descripción y rotulación anatómica; es decir, una cartografía cerebral, donde se señala qué zona se activa acorde a la función que la persona está ejecutando. Por otro lado, el Paradigma Funcionalista es la localización que los investigadores hicieron de cada función en la estructura cerebral, comprobando si algunas de las funciones del cerebro podían participar de otras funciones diferentes. Con esto se puede evidenciar que una persona que sufre una lesión de un área, produce generación de una invariante como comportamiento adaptativo que recurre a diferentes áreas o estructuras (variables) y que sustituyen la estructura lesionada (Sierra & Munévar, 2007).

Otro autor, Gazzaniga (1989) propone una visión participativa del cerebro como organización estructural y funcional que se ubica en unidades discretas o módulos, las

cuales pueden operar en paralelo interaccionando entre sí para producir las actividades mentales. Es decir, existen distintos puntos de vista en coherencia con los procesos de funcionamiento del cerebro enfocándose a lo que sucede en la actividad, mientras ejecutan tareas o comportamientos de la persona, entendiendo qué sucede en la mente y los procesos cognitivos.

Ante esto la Psicología cognitiva coloca fundamentos para comprender la manera en que pensamos, percibimos el mundo, que colocan al Lenguaje como uno de los medios socializadores más grandes entre las personas y que las neurociencias descubrieron como una de las caracteristicas del cerebro que es único e irrepetible. Gracias a ello, esa socialización permite el desarrollo y funcionamiento normal de las redes neuronales (Moskowitz, 2010). Algo que hacemos de manera natural como algo infinitamente flexible y que permite conocer los significados, los procesos y teorías que las personas tienen del mundo. Algo que incide en el conocimiento de la Teoría de la mente la que permite la comprensión de todo, el engaño, cómo se crea la vida, y quizás también como se destruye (Moskowitz, 2010).

1.2 Concepto de Lenguaje y la Teoría de la mente

El lenguaje y la Teoría de la mente permitieron a los humanos desarrollar tecnologías de comunicación, que actualmente son percibidas como una sobreexplotación de la información, a pesar que al mismo tiempo es más fácil y eficientes el comunicarse, algo que hace que cambie el estudio de cómo percibimos el mundo (Moskowitz, 2010).

Algo que al mismo tiempo puede provocar estrés por tener que hacer frente a tanta información abrumadora, con constante estimulación, o sobreestimulación social. Donde una herramienta que da significado al mundo puede confundir al mismo tiempo al ser humano, por el tiempo que necesita para procesar la información y los estímulos, que van disminuyendo la memoria y aumentando la carga cognitiva. Un fenómeno que sucede con mucho más regularidad en nativos digitales, quienes constantemente son alimentados con información relativamente confusa o distractiva al foco de atención.

Otro estudio que la Teoría de la mente estudia, son las intenciones y creencias que tienen las personas, desde sus enfoques son influenciados por varios factores: el temperamento o sensibilidad, la disponibilidad, la sensibilidad de los cuidadores, el estrés, los traumas de la vida temprana y las capacidades cognitivas para darle sentido a todo (Moskowitz, 2010).

Si los docentes supieran cuáles son los mecanismos de procesamiento del pensamiento de los estudiantes, podrían aplicar métodos de enseñanza más adecuados para el objetivo de aprendizaje. Sin embargo, no llega a ser sencillo, porque no es posible tener acceso directo a ella, sino que a través del lenguaje con preguntas que ayuden al profesor a ser un investigador para formular hipótesis acerca de lo que sucede en las mentes de sus estudiantes para comprender como se almacena la información en ellos.

El conocimiento se manifiesta como representaciones mentales, las que se evidencian en los cuestionamientos que hacen los estudiantes sobre la elección de una asignatura, la percepción que tiene de un profesor sobre su método de enseñanza, o los significados que puede tener alguna asignatura para él.

Según la ciencia cognitiva, las personas experimentan procesos mentales que actúan sobre las representaciones para generar pensamientos y acciones, y en estos procesos la Neurociencia estudia el objeto (de estudio que es el cerebro) a través de experimentaciones controladas, al igual que lo hace la Psicología cognitiva. Donde se utilizan tecnologías como resonancia magnética y tomografía por emisión de potrones, para observar la actividad de distintas zonas del cerebro cuando a las personas se les solicita realizar diversas tareas mentales. Estas tecnologías permiten el registro de los estimulos en neuronas individuales, y se ha podido determinar gracias a ello, qué zonas del cerebro participan en la formación de imágenes mentales e interpretación de palabras.

Al igual que la Psicología cognitiva, la Neurociencia es una disciplina teórica y experimental a la vez, ya que gran parte de la teoría se construye a partir de modelos computacionales del comportamiento de grupos neuronales (Thagard, 2005).

CAPITULO II
MEDIOS TECNOLÓGICOS QUE HACEN POSIBLE LA INVESTIGACIÓN DE COMPORTAMIENTO MENTE-CEREBRO

Evidentemente, conocer qué está pensando una persona cuando actúa con una cierta conducta, o qué funcionamiento en su cerebro tuvo que pasar para que tomara cierta desición, son preguntas que mueven y motivan a cualquier curioso desea explorar en estudios del cerebro. El campo de la neurociencia cognitiva puede entregar datos acerca de cuáles son las actividades cerebrales que ocurren en base a distintos comportamientos de las personas dependiendo de sus motivaciones, emociones, contexto, y de muchas variables internas y externas más. También depende del modelo de investigación que se aplica para el estudio, acompañado de los diversos medios tecnológicos que acompañan la mirada del investigador. Las respuestas a tantas preguntas son mas claras a través de tecnologías más certeras en la entrega y claridad de información, que a la vez son menos invasivos, dejando fluir naturalmente a la persona durante su actuar, es decir, que la persona no esté en atención del dispositivo que lleva, el que se encuentra registrando datos corpóreos y cerebrales tales como actividades cerebrales, el flujo sanguíneo, metabolismo, sudoración, etc.

En los procedimientos para estudios de neurociencias, las personas tienen que conocer previamente los pasos, etapas, antes de someterse a ellos, para no generar alguna reacción adversa que sea una respuesta que no se espera como parte del estudio. Tambien tiene que adquirir el conocimiento acerca del significado de los registros que se alcanzan con el estudio, con la posibilidad de dejar en manos del participante la disposición de aportar al estudio con su naturaluralidad en las acciones al ejecutar una tarea, o ante respuestas que emita ante algún evento o estímulo. El participante está en conocimiento de lo que sucede, por lo que surge el cuestionamiento: ¿Cómo saber si la persona tiene una activación cerebral natural , a pesar del hecho que está en un entorno con un estímulo que no se asemeja a la

realidad que vive? ¿Cómo puede registrarse datos e información robusta simplemente con datos que se recogen en ambientes creados para ello?

A continuación, se podrán conocer algunas de las tecnologías que aportan en conocimiento y registro de datos del funcionamiento del cerebro y el significado de la mente, los cuáles ya han sido aplicados a investigaciones experimentales que prometen entregar mas significados al aprendizaje dentro del aula, de las que podemos encontrar algunas a continuación:

2.1 Métodos electrofisiológicos en el estudio del desarrollo cognitivo infantil

Las técnicas de neuroimagen permiten ver el cerebro vivo durante el trabajo, lo que proporciona herramientas para investigar las bases neuronales del comportamiento en el desarrollo. Varios de ellos, permiten predecir algunas dificultades que los niños o bebés podrían tener en el normal desarrollo cerebral, y donde los profesores son quienes en parte de su desarrollo tendrán que potenciar sus habilidades día a día aunque sea una tarea difícil. Los registros de los datos, además, permiten comprobar el avance o los efectos que tienen metodologías que solucionan daños cerebrales, o cualquier anomalía en las distintas áreas del funcionamiento del cerebro.

2.2. El electroencefalograma (EEG)

Los métodos de neuroimagen se basan en registros no invasivos e indoloros de la actividad eléctrica cerebral, que se mide por electrodos colocados en el cuero cabelludo. El electroencefalograma (EEG) graba una señal y lleva la información de la activación cerebral en medidas de escalas de tiempo de milisegundos, las que son derivadas con potenciales relacionados con eventos (ERP) y oscilaciones relacionadas con eventos (ERO), las que permiten relacionar información sobre los procesos cognitivos en los que participa el cerebro. Esta técnica sirve para medir la activación funcional del cerebro en poblaciones en desarrollo, como niños y bebés ya que son

menos sensible al movimiento, y son lo suficientemente despiertos y atentos, haciendo más fácil registrar la señal y que sea relativamente robusta (Thomas & De Haan, 2002).

Los electrodos son encargados de captar los cambios de voltaje que ocurren cuando una gran cantidad de neuronas cerebrales se activan muy cerca y en alta sincronía. Lo que provoca cambios de potencial eléctrico medidos en el cuero cabelludo, los cuales reflejan la despolarización postsináptica de las dendritas celulares, y no los potenciales de acción generados por las neuronas (Csibra & Grossman, 2008).

2.3 Estudios de seguimiento ocular del desarrollo normativo y atípico (Eye Tracking)

El "Eye Tracking" se ha utilizado para dilucidar una amplia variedad de procesos cognitivos, desde la atención visual-espacial, la percepción de objetos, la memoria hasta el lenguaje. También puede ser útil para examinar los procesos socioemocionales, como la motivación, las respuestas a diferentes tipos de recompensas y los aspectos del procesamiento de la información social. Esto ha sido información muy beneficiosa para Neuromarketing, la que estudia posibles inclinaciones de los consumidores hacia las presentaciones de productos o servicios que las personas perciben desde la disciplina de la publicidad.

Existe una gran cantidad de investigaciones sólidas sobre el seguimiento ocular en adultos y primates no humanos, y hasta ahora ha sido ampliamente subutilizada en la investigación con niños y adolescentes.

Una de las mediciones que se realiza con Eye Tracking se llama "Saccades", que es el movimiento rápido de un ojo, es decir, movimientos oculares balísticos destinados a enfocar objetos a la visión foveal, que coincide con la manifestación de un cambio de atención visual-espacial hacia un objeto.

Fotografía 1. Monitores remotos de sobremesa y de ojo montados en la cabeza. (De Trueswell et al., 1999; citado en Karatekin, 2008)

Las principales mediciones que son extraídas de las "sacadas" con Eye trecking son: la duración con que ocurren, su velocidad máxima, la amplitud, la ganancia (amplitud del movimiento/ amplitud del estímulo) y el tiempo de respuesta para iniciar el movimiento rápido de los ojos.

Con este tipo de tecnología lo que se busca es poder medir como el cerebro rastrea pequeños objetos que se mueven de manera relativamente lenta y suave, donde naturalmente utilizamos movimientos oculares de búsqueda suave (Fukushima, 2003 citado en Karatekin, 2008).

Los movimientos suaves se evalúan entregando una instrucción previa a los participantes, indicándoles que sigan visualmente el movimiento de un estímulo pequeño, con una velocidad relativamente lenta y predecible a lo largo de una trayectoria horizontal (Karatekin, 2008).

Los resultados que se producen mediante el estudio de los datos extraídos con Eye trecking, permite conocer posibles aplicaciones al ámbito educativo, por los movimientos oculares que hacen los estudiantes hacia un objeto, donde se pueden determinar cuáles son sus puntos de su atención. Estímulos visuales, representación gráfica, con ciertos colores, tamaños de texto, móviles o estáticos, que son captados por la tecnología a través de los cambios de movimientos que tiene el estudiante y que puede incidir en la memorización a largo plazo de ciertos estímulos, o en el mecanismo en que se realiza la lectura.

A continuación se puede verificar un estudio realizado con estudiantes participantes que interactuaron con una App (aplicación, software) para el estudio de una asignatura de Educación de la salud. Los datos fueron extraídos gracias a dos tecnologías: electroencefalograma (EEG) y Eye Tracking:

En este estudio, Cuesta et.al (2017) proporciona información de manera experimental de cómo se produce el procesamiento de los contenidos (imágenes y textos) que se emplean habitualmente en apps (aplicaciones, softwares). Los participantes fueron estudiantes de 19-21 años que usaban las imágenes de la app para educación de la salud, llamada "Viquiz", empleando también procedimiento lúdico o de "gamification", en el contexto de modelo de la educación entretenida (edutainment).

Fotografía 2. Se pueden observar los mapas de calor (heat map) en la pantalla de la App, que son las fijaciones oculares que hacen los estudiantes en el estímulo visual, y que se muestran concentrados en aquellos puntos de mayor interés para ellos.

Fuente. Cuesta & et.al, 2017

Dentro de los hallazgos de este estudio, se pudo detectar una diferencia en las respuestas según genero: por ejemplo, la conducta visual de las mujeres mostró un patrón más rápido de movimientos que los hombres, es decir, una conducta más "sacádica" visualmente. Es decir, las mujeres "viajan" a lo largo de las imágenes más rápidamente realizando más parpadeos y más breves que los hombres.

Esos datos también lo pudieron correlacionar con variables como el recuerdo y la atención, donde las mujeres mostraron respuestas con patrón de conducta visual que no derivaba en mayor aprendizaje del estímulo.

Por otro lado, las imágenes más complejas requirieron más tiempo de fijación visual pero son menos recordadas, a diferencia de las más emotivas que fueron más. Una explicación pudo deberse al efecto "edutainment" o juego lúdico. Lo que a los profesores nos dice que contextos mas lúdicos provocan un estado de "bajo compromiso", propio del procesamiento periférico o procesamiento débil. Aunque el hecho de que se involucren más y le dediquen más tiempo de visualización no hace que lo recuerden más.

Entonces, la recomendación para conseguir mayor aprendizaje, es que los contenidos involucren a los estudiantes en actividades con mayor aspectos lúdicos, lo que evitará que los contenidos sean más complejos y olvidados, y que a pesar de captar la atención de los estudiantes posteriormente serán menos recordados (Cuesta & et.al, 2017).

2.4. Métodos de resonancia magnética funcional en neurociencia cognitiva del desarrollo (RMf)

La resonancia magnética funcional (RMf) es una técnica de neuroimagen no invasiva que permite inferir la actividad de distintos grupos neuronales cuando la persona realiza distintas tareas cognitivas o conductuales durante el experimento.

En diseños experimentales, se puede explorar el cerebro en reposo o bien depender de alguna tarea delimitada y de algún análisis previo de la misma (Venturelli & Branca, 2016).

Dentro de las neurociencias, la RMf posee dos grandes campos de aplicación: la investigación básica de los procesos cognitivos y la práctica clínica. Cuando es aplicada a la investigación básica de las funciones cognitivas, que son aquellas que permiten la planificación, la ejecución de tareas y la atención para llegar a metas, este tipo de tecnología y técnica permite adentrarse en la relación entre cerebro y conducta, posibilitando explorar desde la percepción sensorial hasta los procesos

mentales más complejos, como resolución de problemas matemáticos o juicios morales (Greene & Haidt, 2002, y Hanakawa, Honda, Okada, Fukuyama, & Shibasaki, 2003, citados en Venturelli & Branca, 2016).

Por otro lado, la Resonancia magnética funcional (fMRI) es el método principal para examinar las preguntas de neurociencia cognitiva. Como campo de desarrollo aborda las relaciones específicas de comportamiento cerebral a lo largo de la vida humana, lo que demuestra que los métodos de resonancia magnética funcional son una herramienta útil para abordar preguntas de desarrollo cerebral.

2.4.1 Principios básicos de la resonancia magnética funcional (fMRI)

La resonancia magnética funcional (fMRI) es una técnica de imagen tomográfica basada en los principios de la resonancia magnética nuclear (RMN), que es un método espectroscópico utilizado para estudiar las propiedades estructurales y dinámicas de átomos y moléculas (Jezzard y Clare, 2001 citado en Thomas & Tseng, 2008). Debido a que es efectivamente no invasiva, permite el estudio *in vivo* de la anatomía, la función y el metabolismo del cerebro humano vivo, aprovechando la observación de las moléculas y los átomos que componen el cuerpo las que son sensibles a las propiedades magnéticas de su entorno (Thomas & Tseng, 2008).

Dentro de las investigaciones aplicadas al ámbito educativo, se pudieron extraer datos mediante la participación de estudiantes durante una clase magistral. Donde se pudieron preveer algunos momentos en que los estudiantes mostraron atención frente a la tarea en la escucha, como también los momentos en que su cerebro mostraba la respuesta de la Mente errante, o “mind wandering”, que es una manifestación de la pérdida de concentración y atención hacia un objeto o discurso. Algo habitual dentro de las salas de clases, cuando los estudiantes necesitan mayor tiempo de atención para recepcionar información de manera pasiva, o a través de un solo interlocutor.

Ese estudio midió las oscilaciones neuronales con EEG en participantes a los que se les ordenó que se concentraran en su respiración y que presionaran un botón

cada vez que notaban que su atención había declinado. Para ello, se administraron 15 sondas de pensamiento en dos conferencias donde se presentaron discursos (ocho sondas durante la primera y siete sondas durante la segunda), a lo que respondieron 23 participantes.

En promedio, los participantes informaron que su atención fue decayendo presentando la Mente errante (Mind wondering) durante el 32% de las sondas en la primera clase y el 38% de las sondas en la segunda clase, lo que resultó como promedio un 35% en ambas clases. Al finalizar la prueba, el recuerdo inmediato y la prueba de retención dos semanas más tarde, fueron de 100% y 87%, respectivamente. Con este hallazgo se pudo percatar la relación de cerebro-comportamiento y riesgos/beneficios, cuando se aplica en actividades educativas que son muy parecidos a los que se hacen para detectar datos en la enfermedad de Alzheimer. Porque existe la necesidad de caracterizar tempranamente, la integridad y el tratamiento del cerebro para mitigar resultados negativos posteriores.

Entre las ventajas de conocer las imágenes desde fMRI está que previene la degeneración cerebral ya que es posible detectarla antes y permite también conocer diferencias individuales de habilidades académicas, que por ejemplo, pueden mostrar evidencia de dislexia. Algo que puede proporcionar validez a entrenamiento sobre hipótesis y dilucidar mecanismos cerebrales para la mejora del comportamiento.

Se puede demostrar a través de estos estudios, que diferentes intervenciones educativas cambian la activación en las estructuras neurales y, por lo tanto, proporcionan una explicación unificadora de por qué algunas intervenciones son beneficiosas y otras no lo son. Tambien posibilita seleccionar intervenciones apropiadas para estudiantes de manera individual, sin colocar etiquetas, para una intervención temprana con apoyos especiales que se agregan para proteger a los niños de vulnerabilidad, previniendo o minimizando la discapacidad que podrían enfrentar en su futuro. El profesor puede estar al tanto de los descubrimientos con los datos desde neuroimágen de resonancia magnética y visualizar las posibles explicaciones a diferentes respuestas de aprendizaje en los diferentes instrumentos de evaluación que se hacen durante la escolarización.

2.5. Tecnología Electrodermal

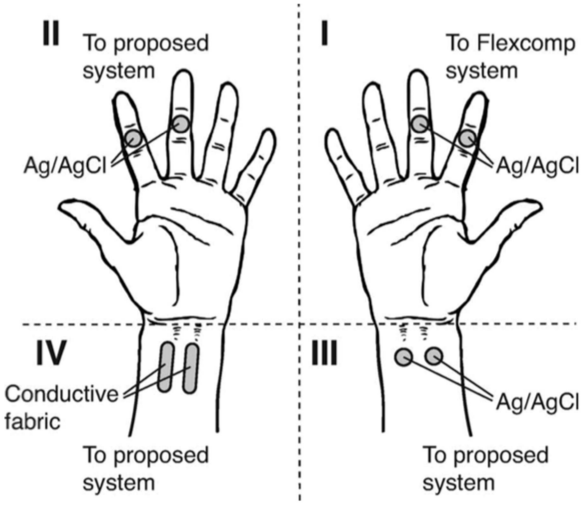
La tecnología de extracción de datos electrodermal tiene especial beneficio para estudios con menor costo que en casos como Resonancia magnética o electroencéfalograma. Se trata de captar la regulación de los estados fisiológicos en excitación, que se logra mediante el equilibrio de actividad dentro de las subdivisiones simpáticas y parasimpáticas del sistema nervioso autónomo (SNA). El aumento de la actividad simpática, eleva la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la sudoración, y redirige la sangre desde el reservorio intestinal hacia los músculos esqueléticos, los pulmones, el corazón y el cerebro en preparación para la acción motora. Por lo tanto, mediante el sudor como electrolito débil y buen conductor, produce vías paralelas de baja resistencia, lo que aumenta la conductancia de una corriente aplicada. Así, los cambios en la conductancia de la piel en la superficie, da actividad electrodérmica (AED), que se reflejan en actividad dentro del eje simpático del SNA y proporcionan una medida sensible y conveniente para evaluar alteraciones en excitación simpática asociadas con la emoción, la cognición y atención. En estos casos, el estrés se muestra interrumpiendo el equilibrio autónomo lo que implica un estado de alta activación simpática.

Como mecanismo de recogida de estos datos en la actividad electrodérmica (AED) está el Electrodermal EDA portátil, que dentro de su aplicación para fines educativos, algunos investigadores de la Universidad MIT desarrollaron un sistema que permitiera al participante mantenerse en naturalidad frente a sus conductas diarias, teniendo la menor preocupación posible al mantener un dispositivo activo que al mismo tiempo está recogiendo datos. Este dispositivo se desarrolló por estos investigadores y luego lo utilizaron para medir la actividad electrodermal de un estudiante de la misma universidad, con la cual pudieron verificar los momentos exactos relacionado con los eventos en que se producían ciertas actividades electrodermales.

El modelo del sensor está constituido por corriente continua (cc) que se aplica al estrato córneo, debajo de los electrodos de medición para mediciones exosomáticas

de EDA. Este método de acelerometría tiene bajo costo, es flexible y preciso para el análisis dentro del movimiento.

Fuente Fotografía 3: Swenson, Picard, & Poh,



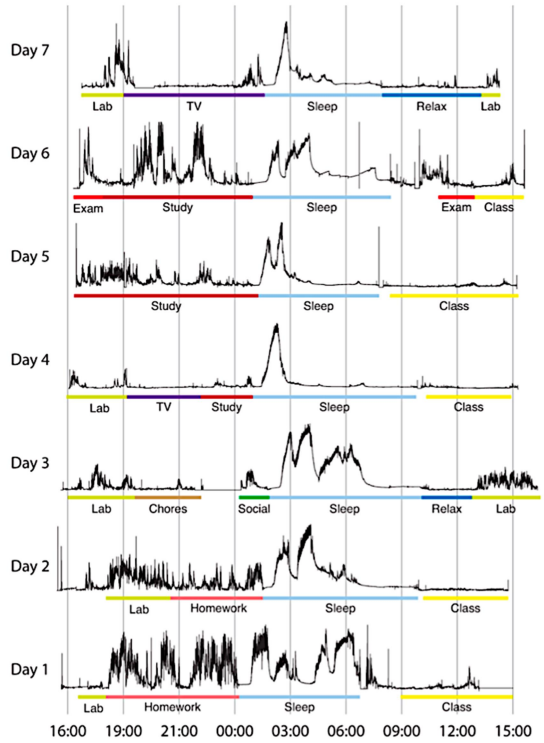
Fuente Fotografía 4: Swenson, Picard, & Poh, 2010.

El Sensor EDA portátil (a) tiene un embalaje como una pulsera atractiva y discreta. (b) contiene Electrodos desechables de Ag/AgCl unidos a la parte inferior de la pulsera. (c) El sensor de EDA portátil se pudo usar cómodamente en la muñeca durante largos períodos de tiempo y durante las actividades diarias (Fotografía 3).

En la configuración experimental (Fotografía 4), se registraron mediciones de (I) los dedos derechos con el sistema "Flexcomp", (II) los dedos izquierdos con el módulo sensor propuesto, (III) antebrazo distal derecho con el módulo sensor usando electrodos Ag / AgCl, y (IV) antebrazo distal izquierdo. Gráfica 1: Fuente Swenson, Picard, & Poh, 2010.

En los resultados dispuestos en la discusión del estudio, se pudo constatar que el Electrodermal ofrece información del índice de actividad del sistema nervioso simpático, que es muy importante en un amplio espectro de trastornos psicológicos y neurológicos. Al ser constituido como un sensor de pulsera proporciona una solución práctica y cómoda para la evaluación generalizada. También a largo plazo, tanto dentro como fuera de un laboratorio o entorno clínico, crean oportunidades para

investigaciones que con otros modos habrían sido difíciles de implementar (Swenson, Picard, & Poh, 2010).



Fuente Gráfica 5: Swenson, Picard, & Poh, 2010

En los resultados del experimento luego que el participante hiciera sus actividades diarias con el modelo sensor "Flexcomp" (Gráfica 5), se registraron es grabaciones realizadas con Electro Dermal *in situ* a largo plazo. Las medidas continuas de conductancia de la piel se registraron durante siete días, 24 horas al día, en un entorno natural.

2.6 Otras tecnologías de neuroimágen para estudio de Neurociencias cognitivas

Entre las tecnologías que han sido utilziados para detección clínica y que actualmente permiten tener datos in situ de comportamiento del cerebro, podemos encontrar:

- **Tomografía por emisión de positrones (PET)**

  La PET puede usarse para producir una imagen tridimensional o un mapa de procesos funcionales en el cerebro y detecta pares de rayos gamma emitidos

indirectamente por un radioisótopo emisor de positrones, que se introduce en el cuerpo en una molécula metabólicamente activa. Las versiones modernas de los escáneres PET se combinan con la capacidad de escaneo CT y MRI para registrar la actividad metabólica con imágenes anatómicas del cerebro de alta resolución, creando superposiciones metabólicas / anatómicas tridimensionales (National Research Council (U.S.), 2008).

- **Espectroscopía de resonancia magnética MRS** que proporciona una ventana no invasiva a la química del cerebro.
- **Tambien está Magnetoelectroencefalografía MEG que** es una tecnología para el mapeo cerebral funcional, localizando y caracterizando la actividad eléctrica del SNC midiendo los campos magnéticos que emanan del cerebro. A diferencia de una señal eléctrica, los campos magnéticos no se distorsionan al viajar a través del cráneo, y la fuente de los campos magnéticos se puede triangular en unos pocos milímetros.

Mientras que la resonancia magnética y la tomografía computarizada proporcionan excelentes imágenes anatómicas, MEG mide correlatos de la función neurológica. Las ventajas de MEG sobre fMRI y PET incluyen la medición de la actividad cerebral con mayor resolución temporal y espacial y dentro de sus desventajas incluyen mayor costo que fMRI.

- **Ecografía doppler transcraneal funcional (fTDS) ,** muestra una resolución espacial determinada por el volumen del cerebro suministrado con sangre por el vaso en estudio. Los cambios en la velocidad de la sangre, ocurren casi instantáneamente en un experimento relacionado con eventos (National Research Council (U.S.), 2008).
- **Espectroscopía funcional de infrarrojo cercano fNIRS** es una tecnología emergente de neuroimagen con varias características que la convierten en un buen candidato para su uso en aplicaciones militares y de inteligencia. fNIRS utiliza luz en el infrarrojo cercano (700-900 nm), fuera del espectro visible, para medir los cambios en el tejido cerebral que están asociados con la actividad neuronal; en otras palabras, proporciona información espacial

precisa sobre la actividad cerebral en curso. (National Research Council, 2008)

- **Estimulación magnética transcraneal EMT** es una herramienta de investigación establecida en las neurociencias cognitivas, explotado por su potencial en el estudio de la percepción, la atención, el aprendizaje, la plasticidad, el lenguaje y la conciencia. (National Research Council, 2008)

CAPITULO III
NEUROCIENCIA COGNITIVA Y EDUCACIÓN

Es en este capítulo donde se puede encontrar cómo la neurociencia cognitiva puede entregar una base científica a lo que el profesor puede reflexionar al momento de planificar las actividades académicas para llegar a objetivos de aprendizaje. Mediante algunos estudios aplicados a educación, se pueden extraer datos que sirven de insumos para aportar a aquellos estudiantes que tienen dificultad o una manera diferente de aprender.

3.1. Relación entre Neurociencia cognitiva y la Educación

El trabajo en conjunto de las Neurociencias cognitivas con la Educación, trata de incrementar el conocimiento de las relaciones cerebro-conducta en contextos de problemas del funcionamiento cognitivo junto al aprendizaje escolar (Gaddes, 1980 citado en Manga & Ramos, 2011).

Desde la neuropsicología escolar como especialidad se aplica en centros educativos, como fuente de conocimiento científico para ayudar a psicólogos y profesores a conseguir una comprensión más profunda y significativa de la cognición, la motivación y el aprendizaje de los estudiantes (Manga & Ramos, 2011).

Por otro lado, el conocimiento de la neurociencia cognitiva facilita el estudio de educación y su aplicación en las aulas en aspectos relacionados con el aprendizaje: por ejemplo, establece que el cerebro se transforma con el uso, ya que gracias a las técnicas de magnetografía cerebral se puede visualizar el funcionamiento del cerebro mientras se lee, o se escribe. Otras, son el hallazgo de que experiencias educativas moldean el cerebro si es que se realizan en ambientes enriquecidos que son claves para el desarrollo del niño, desde su misma base neuropsicológica, tanto en la familia como en el centro educativo. Por eso que la Plasticidad neuronal, es parte de la neurobiología con gran beneficio al nacimiento de nuevas neuronas mediante las

experiencias. De hecho, los estudios de fMRI que se han realizado con músicos adultos, han observado que existen patrones de conectividad funcional relacionados con el aumento de la improvisación como entrenamiento, una actividad que sugiere que al tener resultado de improvisación y creatividad como ambiente de aprendizaje, es necesario el esfuerzo, el que hace que se fortalece mediante el entrenamiento incluso en la edad adulta (Liu & et.al, 2017).

3.2 Experiencia y Aprendizaje

La Experiencia es necesaria para que el aprendizaje ocurra, algo que la educación puede entregar con un ambiente donde nuestros cerebros se puedan formar y remodelar (neuroplasticidad) dependiendo del entorno y del significado que cada persona le da a lo largo de la vida.

Desde la psicología, por ejemplo, se ha comprobado que bebés y niños que raras veces se comunican, y que están expuestos a pocos juguetes, pueden tener menos oportunidades de explorar y experimentar con su entorno, lo que puede ocasionar que no desarrolle completamente las conexiones y vías neuronales que facilitan el aprendizaje posterior. Estos niños se encontrarían en una desventaja intelectual significativa a pesar de su genética. Ya que las condiciones cognitivas previas están genéticamente dadas sólo como una potencialidad, pero que se desarrollan con la interacción con el entorno, es decir, que el aprendizaje y la educación se configura desde la experiencia (Koizumi, 2004 citado en De la Barrera & Donolo, 2009)

La neuroimagen ofrece formas de investigar efectos directos de la experiencia en los niños, ya que la predicción dice que las experiencias específicas aumentan las representaciones neuronales en áreas relevantes para las habilidades involucradas. Por ejemplo, el área de experiencia específica que es beneficioso en la infancia es la experiencia musical. Los estudios de fMRI han demostrado que los pianistas expertos (adultos) tienen representaciones corticales mas grandes en la corteza auditiva, específicas de los tonos de piano (Elbert et al., 1996 citado en Goswami, 2004).

Estudios ERP también han demostrado una reorganización funcional dependiente con el uso de lectores de Braille. Son más sensibles a la información táctil que los controles, y se extiende a todos los dedos, no solo al dedo índice, lo que indica que las representaciones neuronales de los músculos que participan en la lectura en Braille también se incrementan (Roder, Roßler, Hennighausen y Nacker, 1996 citado en Goswami, 2004)

Para ello, los profesores tienen que comprender que la palabra experiencia evoca la noción de participación. La que puede mejorar los beneficios cognitivos los que pueden acumularse, como: observar (asistir) y estar involucrado en el centro de una actividad (experiencia), agregando al pensamiento como parte esencial para la experiencia de las actividades didácticas. Especialmente en la escuela, ya que se puede manifestar como la reflexión y contemplación de parte de los estudiantes de la realización de sus tareas, siendo aspectos significativos de la enseñanza y su aprendizaje (Goswami, 2004).

3.3 Oportunidad de disposición hacia las experiencias en el aula

Los profesores recurren a las planificaciones para delimitar las experiencias que se esperan realizar en las aulas, las que se analizan desde los participantes y el objetivo que se tiene de aprendizaje. En ellas, se puede tener diferentes respuestas ante la estructura planificada, donde en la observación en las clases, hay niños que se pueden manifestar algo retraídos y callados durante esas experiencias. Pero que se pueden mostrar en disposición opuesta en otros entornos, como el patio de la escuela, donde pueden estar organizando y guiando a otros niños en el juego, y demostrando cualidades de liderazgo que son socialmente interactivas, que no se mostraban en la sala de clases. Esa disposición manifiesta que el entorno es significativo para que desarrolle sus habilidades, y con ello incrementa la neuroplasticidad en su cerebro. Un error podría ser estructurar o inflexibilizar ese escenario, creyendo que los estudiantes puedan aprender solo en el contexto de la sala de clases, ya que cuando en su comportamiento muestra las habilidades esperadas, en un contexto distinto al

planificado, se tiene que adaptar para la siguiente clase a diferentes escenarios donde demuestre sus aprendizajes.

Una respuesta de la estructura inflexible que puede hacer el profesor en las actividades educativas, puede ocurrir que algunas de las metodologías valoren en exceso captar la atención del alumno al principio de su clase, enfocándose poco en la estructura fundamental que guía el acto. Por lo que se tiene que comprender la forma en que las experiencias son atendidas, filtradas y procesadas, ya que el almacenamiento de memoria está fuertemente influenciada por los valores, la motivación, el estado emocional, el estado de salud y diversas variables relacionadas con el alumno (Goswami, 2004).

3.3 Importancia del contexto de la experiencia en la infancia

En el principio de la vida de los niños sus experiencias en la familia, aseguran el aprendizaje a través de la observación del desempeño de los demás miembros. Este enfoque se le llamó aprendizaje observacional, que sugiere que los niños seleccionan ciertos comportamientos de las experiencias y tienden a repetirlas si es que obtienen recompensas. Este microsistema incluye experiencias en la familia y el entorno inmediato del niño, los que involucran a padres e hijos interactivamente y que proporcionan la base para el desarrollo infantil. Donde efectos de esa experiencia se manifiestan en la conductividad funcional de las vías del camino neural del niño, las que se reflejan cambios morfológicos, dependiendo el grado de la actividad y sincronía en las entradas que convergen en objetivos comunes (Morgan, 2004).

Así en las experiencias, el niño muestra su disposición cognitiva y psicológica, la cual tiene relación directa con consecuencias emocionales, psicológicas y físicas que produce esa experiencia. Es por eso que las emociones que de allí emanan tendrán aportes significativos positivos o negativos en el aprendizaje del estudiante, sea cual sea su edad. Por ejemplo, si un alumno está estresado o temeroso, las conexiones con la corteza frontal se deterioran, impactando negativamente en el aprendizaje, afectando con estrés y miedo los juicios sociales y

las respuestas a la recompensa y el riesgo. Es por eso que una función importante del cerebro emocional es evaluar el valor de la información que los estudiantes reciben en las experiencias educativas. Ya que en el proceso cognitivo y en respuesta a la emoción, la amígdala se activa fuertemente, interrumpiendo la acción y el pensamiento, desencadenando respuestas corporales rápidas críticas para la supervivencia (Goswami, 2004). El miedo o el estrés en el aula podrían reducir la capacidad de los niños de prestar atención a la tarea de aprendizaje, debido a este mecanismo de interrupción automática. Aunque hasta la fecha del artículo, los estudios de neuroimagen acerca de efectos del estrés sobre el desarrollo sobre la función cognitiva, eran escasos o inexistentes (Goswami, 2004).

Por eso la diferencia cultural y experiencias que tiene cada niño en su vida escolar, son ligados a los inicios de su desarrollo cerebral los que son distintos como también lo son sus conceptos, los cuales son enseñados o descubiertos en el contexto de la escolarización con apoyo del profesor. Investigadores indican que niños que han obtenido resultados de éxito en sus aprendizajes, ha sido a pesar de los muchos desafíos en sus vidas, debido a que han encontrado en su camino algunas personas adultas que le han dado una relación estable y de apoyo (generalmente un padre, pariente o profesor) desde el principio de su vida (Hawley & Gunner, 2000).

Aunque se hace dificil para el profesor reflexionar acerca de las infinitas posibilidades para intencionar diferentes experiencia a más de 25 niños, se puede tener la oportunidad de realizar experiencias intencionadas y planificadas para objetivos educativos generales con algo de conocimiento de las vidas de los participantes. Y en eso el conocimiento de neurociencias cognitivas les entrega una base neurobiológica para conocer cómo los estímulos externos y el ambiente propicio en el contexto escolar desde lo psicosocial, puede alterar o beneficiar al aprendizaje de los estudiantes.

Uno de los obstáculos que puede encontrar el profesor dentro de la diversidad de vidas de sus estudiantes, son niños con Trastorno de estrés postraumático (TEPT). Cuando más se sabe cómo experiencias traumáticas afectan los cerebros de los niños, más se conocen las consecuencias para el resto de su vida con respecto a posibles

experiencias que gatillen ese mismo trauma. Algunos llegan a desarrollar este transtorno que causa problemas para dormir, para controlar sus recuerdos del trauma y están constantemente en alerta. Mientras experimentan los síntomas del TEPT, los niños pueden tener dificultades para aprender y mantener relaciones positivas con sus familiares y compañeros. Aunque su capacidad cerebral está en alerta constante el profesor tiene la oportunidad de apoyarles a sobrevivir en entornos traumáticos, con herramientas concretas o prevención de momentos de estrés o recuerdo gatillante del trauma (Hawley & Gunner, 2000).

La investigación sobre el cerebro en desarrollo, indica una oportunidad continua para el cambio en la edad adulta y no hay evidencia que indique una edad donde la intervención no logre marcar la diferencia (DeBellis, Baum et al., 1999; DeBellis, Keshaven, et al., 1999 citado en Hawley & Gunner, 2000). Esto se apoya en estudio que evidencia que a diferencia de los niños no maltratados, los niños con TEPT tenían niveles elevados de las hormonas del estrés adrenalina y cortisol, incluso en un día normal cuando no sucedía nada especialmente estresante, lo que dificulta su aprendizaje. Por lo tanto, los sistemas de estrés de estos niños parecen activarse incluso cuando no es necesario. Datos que al profesor le entrega herramientas de cuáles son los límites donde se puede hacer participar al niño en ciertas actividades didácticas, lo que puede evidenciarse en comportamiento retrañido o en dificultad de aprendizaje, a lo cual hay que hacer cambios en el ambiente para considerar sus contextos y diversidad (Hawley & Gunner, 2000).

3.4. El aprendizaje es incremental y basado en la experiencia

Es fundamental considerar cómo la educación hace que el cerebro desarrolle conexiones de fibra para codificar cada experiencia que tenemos en nuestros sistemas nerviosos, aunque esto puede parecer casi demasiado trivial como para notarlo. El crecimiento de redes interconectadas de células simples distribuidas por todo el cerebro, da como resultado estructuras cognitivas complejas como el "lenguaje" o el "conocimiento causal". Y esa complejidad se puede lograr mediante el aprendizaje

incremental simple , que se ha demostrado mediante el modelado conexionista, que ha mostrado una serie de importantes efectos. El aprendizaje se distribuye a través de grandes redes de neuronas, por lo que factores como la cantidad de neuronas relevantes, sus tasas de disparo, la coherencia de los patrones de disparo y cuán "limpios" son para señalar la información apropiada, variará dependiendo de cómo el aporte ambiental active la red existente. A medida que las conexiones de fibra crecen en respuesta a los estímulos recibidos se van fortaleciendo con el tiempo, algo difícil para la reorganización cuando se experimenta un nuevo entorno de aprendizaje. Lo que significa un mecanismo potencial que explica por qué es más difícil aprender un segundo idioma en edad más madura en la vida (Goswami, 2008).

Esto demuestra la importancia del aporte del ambiente con entornos de aprendizaje creados en las escuelas por los profesores y otros profesionales, que tienen efectos acumulativos importantes. Lo que afirma que las actividades de aprendizaje basados en el cerebro permiten la neuroplasticidad como una redescripción de lo que ocurre en cualquier nueva experiencia de aprendizaje. Por ello, lo más desafiante para la planificación de las actividades, es la necesidad de aprender desde lo más simple e ir complejizando la experiencia, algo que cuestiona la noción de poder engendrar un "cambio conceptual". Ya que cualquier red neuronal se desarrolla con el tiempo y no puede ser "reestructurada" de repente por una experiencia de aprendizaje, sino que tiene que transitar por distintas etapas. Por eso, es importante evitar crear entornos de aprendizaje que apoyen la adquisición de conexiones desadaptativas, por ejemplo, entornos que se sienten inseguros o estresantes (Goswami, 2008).

3.4.1. El aprendizaje es multisensorial

Las diferentes estructuras neuronales están especializadas para codificar diferentes tipos de información, siendo la sensorial el ejemplo más notorio. Las experiencias ambientales son multisensoriales y, las conexiones de fibra entre modalidades son ubicuas. El aprendizaje está codificado acumulativamente por

grandes redes de neuronas, con ensamblajes celulares que se han conectado debido a experiencias previas las que continuarán activándose incluso cuando parte de la información sensorial esté ausente dentro de una experiencia particular. El cerebro tiene la capacidad de responder a dependencias abstractas de constelaciones sensoriales particulares cuando el estímulo lo permite, por ejemplo, cuando una persona completa una palabra interrumpida al mismo momento que otra tose. Esto se explica porque a pesar de que el cerebro recibe la información sensorial sobre la tos, en lugar de los fonemas en la palabra perdida, el aprendizaje previo de las regularidades estadísticas entre las palabras en el discurso conectado le permite al cerebro "completar" la información faltante. Aunque este ejemplo proviene de una modalidad (audición), el cerebro hace lo mismo a través de los demás sentidos (Goswami, 2008).

El profesor tiene que adjudicar este principio, ya que implica que si a los niños se les enseña nueva información utilizando una variedad de sus sentidos, el aprendizaje será más fuerte, representándose a través de una mayor red de neuronas que conectan un mayor número de estructuras neuronales diferentes. Otro buen ejemplo, de James (2007 citado en Goswami, 2008), con la utilización de fMRI para rastrear las redes neuronales que se desarrollaron cuando los niños en edad preescolar aprendieron a reconocer las letras. El autor tomó imágenes de los cerebros de los niños mientras miraban las letras y otros estímulos visuales familiares (como los corazones de dibujos animados), lo que demostró una activación significativa de las estructuras neuronales visuales. En esas actividades iniciales de lectura, se les enseñó a reconocer y escribir las letras.

También se les enseñó a los niños a formar y escribir las letras, utilizando así otra modalidad (cinestésica) junto con las modalidades visuales y auditivas (reconocer y nombrar las letras). Luego del entrenamiento de escritura, los cerebros de los niños fueron fotografiados nuevamente mientras miraban las letras y otros estímulos visuales familiares. Donde se encontró una activación significativa en las áreas motoras de las letras, a pesar de que los niños estaban mirando las letras y no estaban haciendo ningún movimiento de escritura. Esto permite estructurar clases

planificando el inicio con desafíos visuales para aprender, y luego inrementando la complejidad a través de los demás sentidos. Como resultado, se desarrollaron conexiones de fibra tanto dentro del sistema visual como en el sistema motor, debido a sus experiencias de aprendizaje multisensorial, y las partes motoras de la red se activaron a pesar de que la experiencia ambiental fuera solamente visual (Goswami, 2008).

3.4.2 El aprendizaje es social

El cerebro es social. La gran cantidad de estudios sobre cognición infantil y animal lo muestran cada vez más claramente, como un cerebro complejo de los mamíferos que evolucionaron para florecer en entornos sociales complejos.

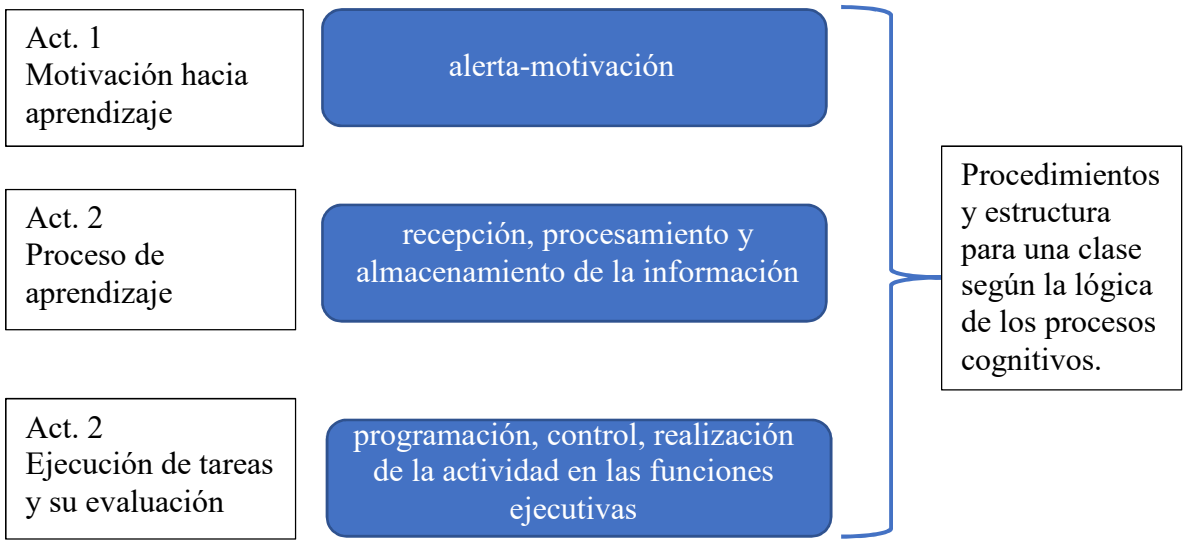
Tambien el sistema de neuronas espejo, son estructuras neuronales especializadas que sirven para codificar información sobre agentes y acciones dirigidas a objetivos . Este sistema responde a un agente biológico que realiza una determinada acción, por ejemplo, una persona que levanta una taza. Por eso que es importante que al inicio del desarrollo en la infancia se intencionen las actividades educativas hacia acciones dirigidas a objetivos. Por ejemplo, se ha demostrado que los bebés de 14 meses imitarán acciones que nunca hayan presenciado, pero que observaron una acción específica dirigida por un agente biológico. Y no sucede así cuando los bebés miran la mano de un robot modelando una acción completa, a quien no lo imitan. Por lo que se ha podido establecer que los bebés que imitan selectivamente solo los actos intencionales de otros, adquirirán muchas habilidades culturales significativas (Meltzoff, 1995 citado en Goswami, 2008).

Los cerebros humanos están adaptados para transferir el conocimiento cultural relevante ya que aprenden rápidamente los contenidos de la enseñanza a través de un sistema de aprendizaje social específico de la especie, a lo que se llamó "pedagogía". Donde los pedagogos son ese agente biológico que permite ser el modelo para transferencia de cultura, de conocimiento y de emociones en el entorno del niño y el

significado que le da a su mundo. Una transferencia de conocimiento cultural a través de la colaboración en la zona de desarrollo próximo (Goswami, 2008).

3.5. Aplicaciones educativas

Para explicar cómo las funciones de los sistemas que participan en los procesos cognitivos, Luria (1973,1980, citado en Manga & Ramos, 2011) propone tres bloques funcionales del cerebro, donde existen algunas aplicaciones educativas que pueden ser mas observables mediante las tecnologías. Algo que el educador puede incorporar a su bagaje de saberes, y evidenciar esos hallazgos en actividades pedagógicas dentro de su ejercicio diario. Estos bloques son: El bloque de alerta-motivación, atención; el bloque de recepción, procesamiento y almacenamiento de la información y el bloque de programación, control y realización de la actividad y en las funciones ejecutivas.. Al conocer las tres, se puede notar una estructura similar a las que se sugieren para actividades educativas y que pueden ser mejoradas mediante este conocimiento (Martín, 2017):



Los bloques y su orden pueden ser una muestra de la aplicación pedagógica en una clase según la recomendación de los procesos cognitivos (Figura 7: Fuente, Elaboración propia, 2019)

Las aplicaciones educativas de los tres bloques según Luria, son los siguientes:

Bloque funcional 1: alerta-motivación, atención

Es el bloque encargado del tono cortical o estado óptimo de activación de la corteza cerebral (Manga & Ramos, 2011) , la que inicia el trabajo de atención y concentración en las próximas tareas, en las cuales los estudiantes pueden manifestar expectativas tanto positivas o negativas ante la planificación del profesor. Esto concuerda con la relación que tenga con los demás compañeros o con el profesor, ya que son parte del entorno que los invita a desarrollarse como personas.

Para este bloque se tiene que:

- Disponer de tiempos flexibles para las actividades en el aula para mantener la atención y el trabajo en los proyectos o actividades iniciados.
- Diferenciar entre falta de atención y rasgos de inquietud que puedan tener los estudiantes debido al aburrimiento en el aula; para distinguir en niños con déficits de atención e hiperactividad y evitar confusiones. Ya que veces, se les diagnostica erróneamente de déficit de atención e hiperactividad (Lawler, 2000; Webb, 2001 citado en Martín , 2017)

Bloque funcional 2: Entrada de la información por los sentidos, elaboración y almacenamiento en el cerebro

Es el bloque del input, que está al servicio de la recepción, elaboración y almacenamiento de la información, ocupa regiones posteriores de la corteza cerebral, concretamente los lóbulos parietal, temporal y occipital, en los que respectivamente se hallan las zonas táctil-cinestésica, auditiva y visual (Manga & Ramos, 2011). Es en este bloque donde el profesor tiene que disponer de recursos materiales y metodologías que involucren la participación activa del estudiante, enfocándose en la evaluación de su proceso de aprendizaje y entregar la retroalimentación tanto con la

tarea ejecutada como en la demostración que el profesor puede hacer como agente biológico a quien el niño puede imitar. En este bloque tiene que:

- Proponer actividades y proyectos en los que se utilicen habilidades y herramientas visuales, auditivas, manipulativas, de memoria y creativas, siguiendo los pasos del proceso creativo. (Martín, 2017)

Bloque funcional 3: Programación, control de la actividad y funciones ejecutivas

Es un bloque que abarca los sectores corticales situados por delante de la cisura de rolando (o central) (Manga & Ramos, 2011). En los lóbulos frontales están la inhibición a estímulos irrelevantes, la conducta al fin propuesto, la direccionalidad y selectividad de procesos, la estabilidad de la actividad voluntaria, la capacidad para concentrarse en las instrucciones, en el control y regulación interna del lenguaje y las funciones ejecutivas (Chevalier, 2010). Es el bloque donde el estudiante tiene que observar su avance, tiene que darle el significado del por qué lo realiza y de qué manera le aporta al avance de su aprendizaje en la vida. Es el momento donde concretiza el resultado, y donde puede adquirir la metacognición y conservar sus motivaciones para próximos desafíos, donde ya tendría las habilidades necesarias para enfrentarse.

En este bloque el profesor tiene que:

- Realizar programas de desarrollo para las habilidades superiores, de Funciones Ejecutivas. Por ejemplo, un niño que tiene que resolver un problema, utiliza su atención, la visión, la audición, procesos de comprensión mediante las representaciones mentales, la planificación para saber los pasos que tiene que dar en el problema, la memoria, el pensamiento flexible y otras funciones ejecutivas. (Martín, 2017)

CONCLUSIONES

Es deseo de todo(a) profesor(a) el conocer cómo llegar a que sus estudiantes cumplan los objetivos de aprendizajes especificados en las bases curriculares nacionales, de manera exitosa. Sobre todo con la complejidad y adversidades internas y externas que se enfrentan cada día para llevar a cabo esa tarea. Debido al desconocimiento de los avances del desarrollo cerebral de los(as) niños y adolescentes a quienes enseñan, les dificulta saber qué programas o actividades les facilitaría llegar a esos aprendizajes, midiendo el impacto de los avances de su desarrollo durante las actividades en el centro educativo.

Es así como el primer objetivo en este informe que se relaciona con "Delimitar la conceptualización de Neurociencias cognitivas y especialidades acorde a investigación para aplicación en Educación", es acogida con la definición y separación de las disciplinas de Neurociencias y Psicología cognitiva, donde la última especifica las teorías de mente y lenguaje como parte del funcionamiento del cerebro. Y las Neurociencias como una disciplina que entrega los datos científicos al dualismo de mente-cerebro gracias a las evidencias que las Neurociencias cognitivas respuesta de un trabajo interdisciplinario con Psicólogos, Neurólogos e investigadores, que proporcionan explicaciones acerca de fenómenos de comportamiento de los(as) niños y adolescentes en la formación escolar, en conjunto con la teoría analizada desde la línea de Psicología cognitiva que da luces de lo que pasa en procesos mentales en etapa de crecimiento y educación.

Se pueden evidenciar como existen investigaciones disponibles con la aplicación de alta tecnología no invasiva, cada vez mas accequible de neurociencias cognitivas que posibilitan tener datos más depurados del funcionamiento del cerebro durante la realización de ciertas actividades que se relacionan con aprender. Y los cuáles abordan el objetivo dos "Especificar medios Tecnológicos disponibles para la investigación aplicada a Neurociencias cognitivas", donde se da a conocer cómo se utilizan las tecnologías para extraer datos de actividad cerebral, dermal, molecular, entre otros, mostrando los procesos cognitivos (representaciones mentales) y

comportamientos que ayudan a explicar cuáles son los ambientes, actividades, y motivaciones propicias para que el aprendizaje ocurra o no. Ya que el proceso de enseñanza del (la) profesor, con el entorno psicosocial y el centro afectan al desarrollo del cerebro desde la infancia, por lo que tienen un factor crucial para el aprendizaje. Lo que lleva a que la base neurobiológica de aprendizaje sea de interés a los(as) profesores que quieran incorporar conocimiento de comportamiento mente-cerebro a la implementación de planificaciones y prácticas didácticas acorde a la diversidad de los(as) estudiantes.

Así también se establece al abordar el objetivo tres "Analizar los alcances de investigación de Neurociencias cognitivas con respecto a la aplicación en Educación", que las Neurociencias cognitivas tiene infinitas posibilidades para conocer la relación de las motivaciones de las personas, su significado y la manera en que ejecutan algunas tareas, llegando o no a las metas establecidas. Este proceso es escencial y originario de la educación, donde el profesor puede potenciar los aprendizajes tanto para asegurar la vida, como también preveni enfermedades o daños cerebrales. Algo olvidado en la etapa de escolarización con la sobrevaloración de los contenidos técnicos y operacionales en las bases curriculares y políticas educativas, en desmedro del desarrollo del pensamiento, el cuidado del cuerpo y mente, como la colaboración entre los individuos para llegar a metas que entreguen bienestar y desarrollo a la sociedad.

Finalmente este informe posee una exploración documental de los avances recientes de la investigación de neurocientificos abordando como objetivo general "Proporcionar evidencias de Neurociencias cognitivas en aprendizaje como oportunidad de mejoramiento del ejercicio pedagógico del profesor", quienes son los profesionales que pueden abrazar cada día los resultados de comportamiento mente-cerebro a través de tecnologías que muestra cómo la Educación y las Neurociencias son un puente para el desarrollo cerebral de las personas, que se benefician con ser acogidos en sistemas de escolarización porque dan mayor oportunidad siendo estudiantes, futuros ciudadanos autónomos, tengan una vida sana y con las herramientas que requieran para su desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ansari, D., Coch, D., & De Smedt, B. (2001). Connecting Education and Cognitive Neuroscience: Where will the journey take us? *Educational Philosophy and Theory, 43*(1), 37-42.

Ansari, D. (2012). Culture and education: new frontiers in brain plasticity. *Forum: Science & Society, 16*(2), 93-95.

Battro, A. (2011). Neuroeducación: el cerebro en la escuela. *La pizarra de Babel. Puentes entre neurociencia, psicología y educación*, 25-70.

De la Barrera, M., & Donolo, D. (2009). Neurociencias y su importancia en contextos de aprendizaje. *Revista Digital Universitaria*, 1-18.

Cuesta, U., & et.al. (2017). El procesamiento cognitivo en una app educativa con electroencefalograma y «Eye Tracking». *Grupo Comunicar*, 1-16.

Csibra, E., & Grossman, T. (2008). Electrophysiological Methods in Studying Infant Cognitive Development. En M. Collins, & C. Nelson, *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (págs. 247-262). Cambridge: MIT Press.

Chevalier, N. (2010). Les fonctions exe´cutives chez l'enfant : concepts et de´veloppement. *Canadian Psychology, 51*(3), 149-163.

Gazzaniga, M. (1989). Organization of the Human Brain. *American Association for the Advancement of Science, 245*(4921).

Goswami, U. (2004). Neuroscience and education. *British Journal of Educational Psychology, 74*, 1-14.

Goswami, U. (2008). Principles of Learning, Implications for Teaching: A Cognitive Neuroscience Perspective. *Journal of Philosophy of Education, 42*(3-4), 381-399.

Green, R., & Gazzaniga, M. (2001). Linking neuroimaging and cognitive neuropsychiatry. *Cognitive Neuropsychiatry, 6*(3), 229-234.

Howard-Jones, P. (2011). *Investigación neuroeducativa: neurociencia, educación y cerebro : de los contextos a la práctica.* Madrid: La Muralla.

Karatekin, C. (2008). Eye Tracking Studies of Normative and Atypical Development. En M. Collins, & C. Nelson, *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience* (págs. 263-299). Cambridge: The MIT Press.

Kosslyn, S., & Koenig, O. (1992). *Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience.* New York: Simon and Schuster.

Liu, C., & et.al. (2017). Neuroscience and learning through play: a review of the evidence. *The LEGO Foundation*, 1-18.

Martín, M. (2015). Neuroscience and education: We already reached the tipping point. *Psicología Educativa, 21*, 67–70.

Manga, D., & Ramos, F. (2011). El legado de Luria y la neuropsicología escolar. *Psychology, Society, & Education, 3*(1), 1-13.

Martín, P. (2017). Proyectos de Neuropsicología en las aulas: experiencias e investigaciones. *Reidocrea Monográfico*(5), 31-39.

Maureira, F. (2010). La neurociencia cognitiva ¿una ciencia base para La psicoLogía? *Psiquiatría universitaria, 6*(4), 449-453.

Morgan, H. (2004). Experience. En H. Morgan, *Real Learning : A Bridge to Cognitive Neuroscience* (pág. 149). Lanham, US: Scarecrow Education.

Moskowitz, M. (2010). *Reading Minds : A Guide to the Cognitive Neuroscience Revolution.* Londres: Routledge.

National Research Council. (2008). *Emerging Cognitive Neuroscience and Related Technologies.* Washington D.C: National academies Press.

Pereira, A. (2007). What The Cognitive Neurosciences Mean To Me. *The Academia-Industry Symposium Mens Sana Monographs*, 158-168.

Pereira, M., Pérez, M., & Pérez, P. (2017). Actividad cerebral y métodos de enseñanza: estudio comparativo entre métodos. *Revista de estudios e investigación en psicología y educación*, 108-112.

Purdy, N., & Morrison, H. (2009). Cognitive neuroscience and education: unravelling the confusion. *Oxford Review of Education, 35*(1), 99–109.

Sierra, O., & Munévar, G. (2007). Nuevas ventanas hacia el cerebro humano y su impacto Neurociencia Cognoscitiva. *Revista Latinoamericana de Psicología, 39*(1), 143-157.

Sternberg, K., & Sternberg, R. (2011). *Cognitive Psychology.* Belmont: Wadsworth/Cengage Learning.

Swenson, N., Picard, R., & Poh, M.-Z. (2010). A Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-Term Assessment of Electrodermal Activity. *Ieee Transactions On Biomedical Engineering, 57*(5), 1243-1252.

Thagard, P. (2005). *La mente. Introducción a las ciencias cognitivas.* Buenos aires: Katz.

Thomas, K., & Tseng, A. (2008). Functional MRI Methods in Developmental Cognitive Neuroscience. En M. Collins, & C. Nelson, *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience* (págs. 311-323). Cambridge: The MIT press.

Thomas, K., & De Haan, M. (2002). Applications of ERP and fMRI techniques to developmental science. *Developmental Science*, 335-343

Venturelli, N., & Branca, I. (2016). ncia y neurociencias cognitivas:El caso de la resonancia magnética funcional. *Tópicos, Revista de Filosofía* , 177-207.