

APUNTES DE NEUROCIENCIA EDUCATIVA



LIANA SÁNCHEZ CRUZ
COORDINADORA

Apuntes de neurociencia educativa está pensado para ser soporte pedagógico en el proceso académico de los futuros docentes, con temáticas imprescindibles para la enseñanza en los diferentes niveles educativos, con el fin de proporcionar conocimiento y herramientas para optimizar el proceso de enseñanza a partir de la comprensión del funcionamiento del cerebro y de cómo lograr un cambio en el sistema escolar mediante la intervención de procesos cognitivos, afectivos, conductuales, sociales y/o metacognitivos.

La obra presenta ocho capítulos que permiten comprender la importancia e incidencia de la neurociencia en la educación, propone herramientas para la aplicación de estos conocimientos en los procesos de enseñanza-aprendizaje y formula talleres para el refuerzo de lo aprendido. Quienes escriben precisan a detalle las posibilidades de mejora de la práctica educativa a partir de la neurociencia, así como, brindan elementos para responder a las necesidades pedagógicas presentes en las aulas.

Apuntes de neurociencia educativa

Coordinadora
Liana Sánchez Cruz

APUNTES DE NEUROCIENCIA EDUCATIVA

ISBN: 978-9942-624-16-1

©© Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Libro evaluado por pares doble ciegos

Primera edición digital: septiembre, 2023

Colección Nela Martínez Espinosa

**Universidad Nacional de Educación
del Ecuador (UNAE)**

Rebeca Castellanos Gómez, PhD.

Rectora

Luis Enrique Hernández Amaro, PhD.

Vicerrector de Formación

Graciela de la Caridad Urías Arbolaez, PhD.

**Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Posgrado**

Consejo Editorial

Madelin Rodríguez, PhD.

**Representante del Consejo
Superior Universitario**

Graciela Urías Arbolaez, PhD.

**Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Posgrados**

Luis Enrique Hernández Amaro, PhD.

Vicerrector de Formación

Diego Cajas Quishpe, PhD.

Coordinador de Investigación (D)

Maribel Sarmiento, PhD.

Coordinación de Vinculación con la sociedad

Janeth Mora Oleas, Dra.

Coordinadora de Gestión

Académica de Grado (D)

Mahly Martínez Jiménez, PhD.

Coordinadora de Gestión

Académica de Posgrado

Sofía Calle Pesántez, Mtr.

**Directora de Publicaciones
y Fomento Editorial**

Melvis González Acosta, PhD.

Geycell Guevara Fernández, PhD.

Miguel Orozco Malo, PhD.

Gisela Consolación Quintero Arjona, PhD.

Representantes docentes

Erick Cedillo Pacheco

Representante estudiantil

Liana Sánchez Cruz

Coordinadora

**Dirección de Publicaciones
y Fomento Editorial**

Sofía Calle Pesántez, Mtr.

Directora

Tatiana León Alberca, Mtr.

Especialista de publicaciones

Anaela Alvarado Espinoza, Mtr.

Diseñadora y diagramadora

Antonio Bermeo Cabrera, Lcdo.

Ilustrador

Leonardo López Verdugo, Lcdo.

Corrector de estilo

editorial@unae.edu.ec

www.unae.edu.ec

Teléfono: (593) (7) 370 1200

Parroquia Javier Loyola (Chuquipata)

Azogues, Ecuador

Índice

Introducción	7
Capítulo 1. Introducción al estudio de la neurociencia en la educación	11
<i>Abdénago Yate Arévalo, Mónica Bustamante Salamanca</i>	
Capítulo 2. Neurodesarrollo: explorando los fundamentos del desarrollo cognitivo y el aprendizaje	31
<i>Liana Sánchez Cruz, Charly Valarezo Encalada</i>	
Capítulo 3. Bases fisiológicas del aprendizaje	53
<i>Rosa del Consuelo Llanos Verdesoto, David Villagómez Pacheco</i>	
Capítulo 4. Desarrollo de la conciencia e inteligencia artificial	85
<i>Miguel Orozco Malo, Carolina Seade Mejía</i>	
Capítulo 5. Aproximación al estudio de la cognición y los procesos mentales	105
<i>Vanessa Montiel Castillo</i>	
Capítulo 6. Metacognición y aprendizaje	119
<i>Jaime Ullauri Ullauri, Carol Ullauri Ullauri</i>	
Capítulo 7. Neuromitos en la educación	135
<i>Sandra Medina-Márquez, Glenda Encalada-Jiménez, Jordi Solbes</i>	
Capítulo 8. Beneficios de la neuroeducación en la práctica docente: hacia un aprendizaje consciente y eficaz	157
<i>Hishochy Delgado Mendoza, Manuel Esteban Rojas Bustos</i>	

Introducción

La neurociencia educativa es una nueva disciplina científica que tiene un puente necesario y emergente entre neurociencia, psicología y pedagogía. Sus fundamentos permiten que los saberes pedagógicos se sustenten y validen en avances neurocientíficos y puedan ser utilizados para mejorar los procesos de enseñar y aprender.

La neurociencia estudia el sistema nervioso y cómo se manifiesta en la cognición y la conducta. A partir de los avances tecnológicos en los estudios imagenológicos, cada vez se tiene una mejor comprensión del funcionamiento de las estructuras cerebrales que hacen posible el aprendizaje. Por otro lado, las ciencias de la educación centran su interés en los fenómenos inmanentes, en sus diferentes manifestaciones y en sus múltiples contextos, y tiene como misión aportar al desarrollo de la sociedad.

El órgano fundamental del aprendizaje es el cerebro y este tiene la capacidad de aprender a lo largo de toda la vida, debido a los procesos de neurogénesis, sinaptogénesis y plasticidad. Sin embargo, tiene propensión a sufrir los efectos nocivos que enfermedades y el ambiente originan en él, por ello es importante cuidarlo mediante factores protectores como la actividad física, adecuada

nutrición, hábitos saludables de descanso, desarrollo de habilidades socioemocionales, entre otros.

La utilidad de la neurociencia en la educación nace desde el enfoque de comprender integralmente la influencia de los factores fisiológicos, cognitivos, sociales y emocionales sobre el aprendizaje. Esta necesidad de comprender los procesos que se activan en el proceso formativo ayuda a diseñar estrategias para prevenir dificultades relacionadas; y, en caso de que las hubiera, intervenir con nuevas metodologías para disminuir su efecto sobre el desempeño del estudiante. En efecto, las escuelas modernas deben incorporar en su quehacer cotidiano prácticas fundamentadas desde la neurociencia, pues, para atender la neurodiversidad, es necesario sopesar el funcionamiento de un cerebro que aprende y ser capaz de generar acciones didácticas que respondan a las múltiples diferencias que exhibe el alumnado, desarrollando al máximo sus potencialidades.

El presente libro está concebido como un apoyo pedagógico al proceso académico de los futuros docentes, ya que en él se abordan temáticas impescindibles para la enseñanza en los diferentes niveles educativos con el fin de proporcionar conocimiento y herramientas para optimizar el proceso de enseñanza a partir de la comprensión del funcionamiento del cerebro y de cómo lograr un cambio en el sistema escolar mediante la intervención de procesos cognitivos, afectivos, conductuales, sociales y/o metacognitivos.

Ahora bien, en su redacción se ha utilizado un lenguaje asequible y ameno para facilitar la accesibilidad de los estudiantes universitarios. También se proponen talleres basados en metodologías activas para favorecer una mejor consolidación del aprendizaje al final de cada capítulo.

Apuntes de neurociencia educativa surge de la iniciativa del grupo de investigación NeuroEdUNAE desde su línea de formación Docencia y neuroeducación. Asimismo, cabe destacar el impulso del docente

Miguel Orozco quien hizo evidente la necesidad y la utilidad de este texto para la comunidad educativa.

Este libro, por otro lado, busca facultar a los maestros en formación con saberes en torno al desarrollo científico actual de la neurociencia, a fin de comprender y posibilitar la disposición de nuevos conocimientos. Asimismo, responde a la necesidad de visibilizar esta disciplina en los procesos educativos, incluyendo los que desarrolla la propia Universidad Nacional de Educación (UNAE), pues, dentro de su modelo pedagógico, se declara la neurociencia como eje de la fundamentación conceptual, al aportar sobre cómo funciona el cerebro y cómo se aprende a lo largo de toda la vida; reconociendo el papel de la plasticidad cerebral, la influencia del ambiente y la primacía de las emociones en estos procedimientos.

Los autores —docentes y estudiantes investigadores— que participaron en el libro han abordado diferentes temáticas que son imprescindibles para la aplicación de la neurociencia en los contextos escolares desde una visión interdisciplinaria e innovadora; todo ello para contribuir con los procesos educativos y el desarrollo integral del ser humano. Esto se justifica a razón de que el profesor que, en su quehacer cotidiano, involucre prácticas pedagógicas sustentadas en la neurociencia tendrá una mayor efectividad en el cumplimiento de sus objetivos de enseñanza, logrando un aprendizaje significativo tanto para el estudiante como para él.

Por último, esta incursión en elementos básicos de la neurociencia busca favorecer una mayor integración con las prácticas educativas y, de esa forma, dar respuesta a las diferentes necesidades pedagógicas que se presentan en las aulas.

Liana Sánchez Cruz

Coordinadora del grupo de investigación NeuroEdUNAE

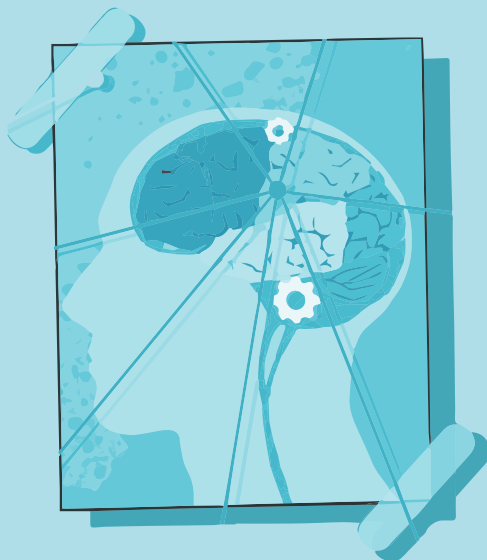
Capítulo 1. Introducción al estudio de la neurociencia en la educación

 **Abdénago Yate Arévalo**

*Escuela Militar de Cadetes General José
María Córdova*

 **Mónica Bustamante Salamanca**

Universidad Nacional de Educación



El presente capítulo tiene la intención de familiarizar al lector con el campo de la neurociencia, por ello se realiza un recorrido histórico sobre el origen de la misma y se desarrolla una distinción entre el pensamiento tradicional y el contemporáneo. Se abordan, además, las relaciones interdisciplinarias, enfatizando en los aportes a la educación, las principales teorías que lo han sustentado y su impacto en los procesos de aprendizaje. Para dar cierre, se plantea, de manera breve, algunos retos y desafíos que supone investigar temáticas de neurociencia educativa.

Origen de la neurociencia

Los orígenes de la neurociencia datan de siglos antes de la era común. Las exploraciones cerebrales y hallazgos entre el período comprendido entre 4 000 a. C y 1 700 a. C abordaron temas como el efecto eufórico de la adormidera, mientras que un papiro egipcio describió a este órgano con detalle (Carter, 2009, p. 8). A ello se suman los aportes de Alecmeon de Crotona quién realizó un detallado estudio sobre los nervios ópticos. Asimismo, Galeno, Vasalio y Descartes colocaron en el centro del debate la relación mente-cuerpo, la localización de las funciones cerebrales y del tejido nervioso.

Ahora bien, es menester dar a conocer la acepción básica de *neurociencia* adoptada en este libro: “estudio neurobiológico del cerebro y del psiquismo humanos” (Blanco Pérez, 2014, p. 12); concepto acuñado en la década de 1960 con especial atención en la neurociencia contemporánea; es decir, la aceptada hoy día, a diferencia de los primeros estudios que involucraron a los procesos cerebrales como parte del funcionamiento del cuerpo, pero que no interrelaciona a este con la psiquis.

A propósito, se evidencian dos grandes tendencias. 1) Existe una neurociencia anterior a la contemporánea denominada *neurociencia tradicional*. 2) A la par, es posible encontrar una correspondencia entre “la actividad del cerebro y su relación e impacto en el comportamiento” (Araya-Pizarro y Espinoza Pastén, 2020, p. 3). Así, la denominada *neurociencia contemporánea* aborda la relación entre los procesos cerebrales y los comportamientos humanos, tanto desde el factor corpóreo como aquellos que se relacionan con la psiquis, algo que permite especular sobre el determinismo del comportamiento y el pensamiento humano a partir del componente neurobiológico.

De esta manera, la neurociencia tradicional se centra especialmente en la exploración neurobiológica y neurofisiológica del cerebro como se hace notorio en el trabajo de Vesalius (1543) —considerado el padre de la anatomía moderna— y en el que se exponen detallados dibujos de la estructura cerebral. Sin embargo, aún no contempla las interrelaciones del mismo con la psiquis humana. Luego, para el año 1692, como una forma de relacionar los comportamientos con el funcionamiento cerebral, Descartes menciona: “les Efprits coulans le long de ces filets font par eux conduits vers certains endroits de la base du cerueau” [los espíritus que fluyen por estas redes son conducidos por ellas a ciertos lugares de la base del cerebro] (p. 368); luego continúa:

Or fi nous confiderons les caufes qui peuuent anfi diuerfifier le cours des Efprits nous en trouuerons quatre principales; La premiere vient des efprits mefmes, fous laquelle ie comprens tous les

mouuemens que l'Ame, ou les Efprits, par la diuersité de leur cours ou de leurs parties, peuuent donner à la glande: La feconde vient de la varieté qui fe trouue entre les mailles du refeuil: La troifiéme de la diuerfe difpofition du cerueau; Et enfin la quatriéme vient de la diuerfe difpofition de tout le refte du corps [Ahora bien, si consideramos las causas que pueden diversificar así el curso de los Espíritus, encontraremos cuatro principales: la primera proviene de los Espíritus mismos, bajo la cual incluyo todos los movimientos que el Alma, o los Espíritus, por la diversidad de su curso o de sus partes, pueden dar a la glándula; la segunda proviene de la variedad que se encuentra entre las mallas de la malla; la tercera de la diversa disposición del cerebro; y finalmente la cuarta proviene de la diversa disposición de todo el resto del cuerpo]. (p. 373)

De esta suerte, Descartes describe al cerebro como parte de una máquina que permite el movimiento y otras funciones corporales. En otras palabras: como “un sistema hidráulico que regula el comportamiento. Sin embargo, las funciones mentales ‘superiores’ son generadas por una entidad espiritual que interactúa con el cuerpo a través de la glándula pineal” (Carter, 2009, p. 8). No obstante, como es evidente, aún sigue existiendo una separación notoria entre el funcionamiento del cerebro y la psiquis.

Por su parte, la neurociencia contemporánea tiene como objetivo la relación del funcionamiento neurobiológico del cerebro y las facultades psíquicas (Blanco Pérez, 2014, p. 12), para lo cual hace uso del sincretismo característico de la ciencia, en cuanto a sus procesos interdisciplinarios, de tal manera que se permite el abordaje de “aspectos neurobiológicos de la conducta y se apoyan en la psicología cognitiva, la lingüística, la antropología y [actualmente] la inteligencia artificial” (Gago Galvagno y Elgier, 2018, p. 476).

Todo ello ha sido posible gracias a la convergencia de varios factores, entre los que se encuentran:

- La curiosidad humana, característica de la ciencia, hacia el desciframiento de su propia naturaleza.

- La convergencia de las diferentes disciplinas científicas con enfoque multidisciplinario. A saber: la neurología, fisiología, biología, farmacología y psicología, por mencionar unas pocas.
- El desarrollo tecnocientífico con enfoque biotecnológico que ha permitido establecer las relaciones cerebro, cuerpo, mente y comportamiento.

En este punto surge la pregunta: ¿cuál es el sentido práctico de la neurociencia? La respuesta puede darse en términos generales o específicos. El para qué sirve, en su sentido amplio, está determinado por la comprensión del funcionamiento del sistema nervioso —con especial atención en el cerebro—, en la producción y regulación del pensamiento, comportamientos, emociones, conciencia, entre otros, y las funciones corporales. Dicho de otro modo, sirve para integrar los procesos neurológicos y psicológicos, teniendo en cuenta los aspectos bioquímicos, biofísicos y el comportamiento humano.

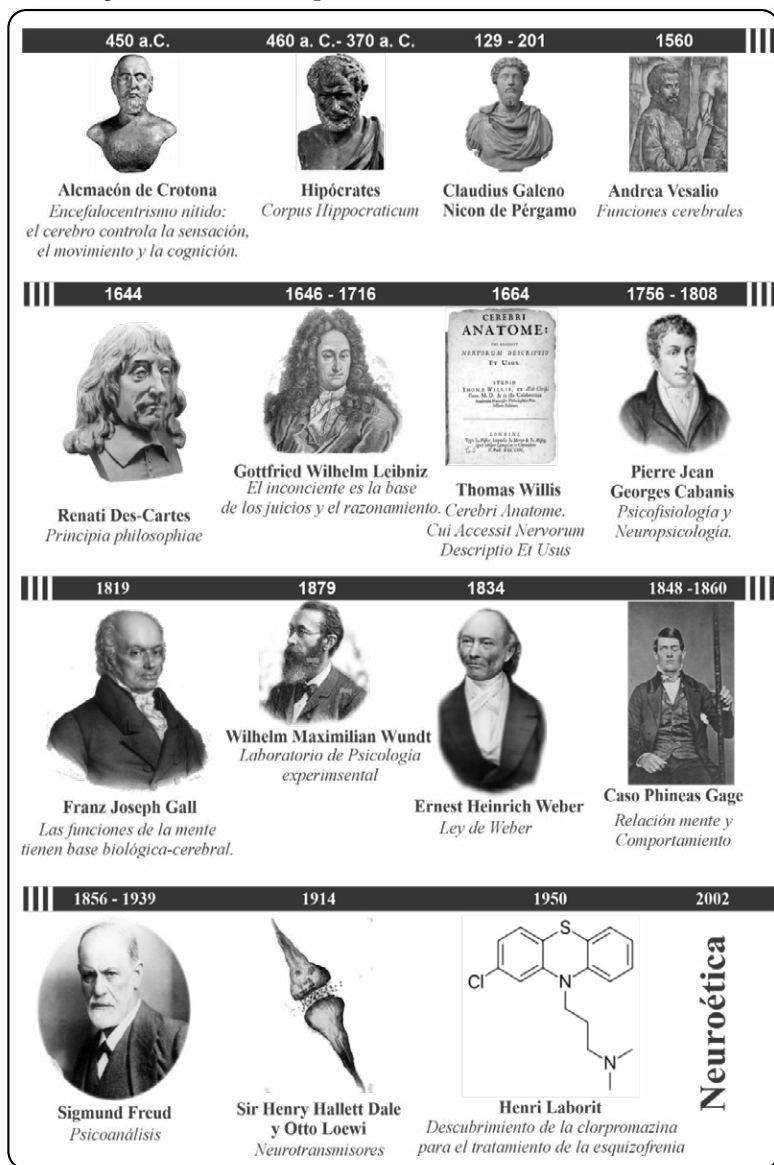
En cuanto al sentido práctico en órdenes específicos, es menester reconocer las diferentes áreas científicas en la que la neurociencia se inserta con el fin de evidenciar el objetivo de cada una de ellas. Por ejemplo, la neurología se encarga de examinar los trastornos del sistema nervioso; la neuropsicología, las condiciones cerebrales sobre la psiquis; la neuropsiquiatría, la relación entre los trastornos mentales y las enfermedades del sistema nervioso; la neurociencia cognitiva, los procesos cognitivos mediante el funcionamiento neuronal; la neurofisiología, estudio del funcionamiento fisiológico de las neuronas; la neuroanatomía, las estructuras y la organización del sistema nervioso; la neurolingüística investiga el funcionamiento de la comunicación lingüística a partir de los mecanismos biológicos y neuronales y la neurofarmacología investiga las consecuencias de los fármacos en el sistema nervioso. Las mencionadas corresponden a las más representativas y permiten evidenciar la multiplicidad de utilidades de la neurociencia.

Por su parte, esta también se ha insertado, paulatinamente, en el campo de la educación. De esta forma, ha dado origen al concepto *neuroeducación* que, en principio, se podría definir como la relación entre el aprendizaje, enseñanza y neurociencia; es, de hecho, como lo afirma Battro (2011): “una ciencia en formación que surge de la intersección entre las ciencias de la educación y la neurociencia” (p. 25). Además, estudia el desarrollo de las neuronas durante los procesos pedagógicos (Figueroa y Farnum, 2020, p. 20). Perspectivas que demuestran los beneficios de la integración de la neuroeducación en los procesos de enseñanza-aprendizaje, como se verá en el transcurso del presente capítulo.

La neurociencia ha sido considerada como una ciencia externa a la educación que basa sus investigaciones en estudios del cerebro en ambientes controlados y con modernas técnicas que facilitan la observación de su funcionamiento. Sin embargo, desde el enfoque educativo complejo e interdisciplinario, es necesario visualizarla como una ciencia transformadora que busca mejorar, de manera constante, la práctica pedagógica. En concomitancia, nuevas investigaciones apuntan hacia el estudio del cerebro como una oportunidad de mejorar las situaciones de enseñanza-aprendizaje, posicionándola como una ciencia que aporta al desarrollo significativo.

La neurociencia educativa nace del interés de encontrar un marco teórico que fundamente la práctica pedagógica desde la evidencia científica. Como sostienen Bueno y Forés (2018), es una disciplina que posibilita la integración de conocimientos neurocientíficos en torno al funcionamiento y aprendizaje del cerebro en el ámbito educativo aportando nuevos datos para optimizar las estrategias en el aula. Con estos antecedentes, la neurociencia educativa toma relevancia al desarrollar sus estudios desde los aportes de la psicología y pedagogía para hacer del aula de clase una especie de laboratorio en donde convergen los contenidos que impactan en el aprendizaje.

Figura 1. Línea de tiempo de hitos históricos de la neurociencia



Fuente: elaboración propia

Usos y beneficios de la neurociencia en la educación

Uno de los mayores impactos de la neurociencia en la educación radica en sus aportes para desentrañar el origen del aprendizaje a partir del funcionamiento del cerebro, lo cual se refleja en los comportamientos del docente frente al proceso didáctico expresado en la praxis de la enseñanza-aprendizaje; a la vez que se reconoce que la interacción del mismo y la educación es de doble vía. Es decir, no sólo este órgano permite el aprendizaje, sino también “el aprendizaje cambia la estructura física del cerebro” (Salas Silva, 2003, p. 156).

A continuación, se exponen otros elementos que complementan las ideas anteriormente expuestas:

- Reconocimiento consciente de la plasticidad del sistema nervioso, y su capacidad resiliente a partir de su estructura, más allá de la división hemisférica. Permite la comprensión de la organización de los contenidos en el cerebro.
- Fundamentación científica neuronal de la motivación, atención, emociones, memoria y demás fenómenos cognitivos. De tal suerte que se estimule la consolidación de conceptos y sus interrelaciones.
- Caracterización de diferentes modos de aprender, redundando en las diferentes formas de enseñar. Permitiendo prevenir, disminuir o eliminar problemas de aprendizaje, a partir de pautas eficaces de enseñanza.
- Mejoramiento de los distintos ambientes de aprendizaje.

Entonces, con base en el estudio de la relación con el cerebro, “la comprensión del fenómeno del aprendizaje resulta fundamental a la hora de establecer estrategias y metas en la dinámica del enseñar, de forma tal que un profesor pueda generar un ambiente propicio para desencadenar el proceso del aprender” (Cid, 2010, p. 268). No obstante, para que ello se lleve a cabo de manera eficiente, efectiva y eficaz, no es necesario que se logre una relación sinérgica, sino sincrética entre neurociencia,

psicología y pedagogía, de tal suerte que fomente ambientes de aprendizaje positivos en los que se reconozca y colabore en pro de las diferentes formas de aprender y enseñar. Asimismo, se contemplen todas las dimensiones humanas: cognitiva, emocional/afectiva, social y corporal; incluso aquellas que surgen de su interrelación.

Neurociencia cognitiva y neuroeducación

En la interacción entre neurociencias y pedagogía se destacan dos líneas de trabajo: la neurociencia cognitiva y neuroeducación. La primera observa el sistema nervioso central y su relación con la cognición humana. Autores como Araya y Espinoza (2020) plantean que esta línea surge de la interacción entre la psicología cognitiva —que estudia las funciones mentales superiores— y las neurociencias —que se enfocan en el sistema nervioso central—.

Por su parte, la neuroeducación procura indagar el proceso de enseñanza-aprendizaje con base en el funcionamiento del cerebro y sus fundamentos neurobiológicos. Con el fin de mejorar los procesos didácticos.

A partir de estudios teóricos y empíricos de los procesos cerebrales —entre los que se encuentran el pensamiento, memoria, atención y procesos de percepción compleja—, tanto la neurociencia cognitiva como la neuroeducación aportan en el diseño de estrategias para mejorar los procesos. Mediante la investigación se busca obtener información válida y científica para aplicar en el aula. Adicionalmente, según Blanco *et al.* (2017), estos enfoques también aportan a la resolución y comprensión de procesos neurofuncionales de los estudiantes.

A continuación, se describen algunos avances relevantes tomando como referencia el análisis de Bullón (2016):

1. Teoría del cerebro triuno. Fue planteada primero por Roger Sperry en 1973 y luego por Paul MacLean en 1990. Esta sostiene que el cerebro está dividido en tres, cada uno con funciones diferentes.

A saber: el cerebro reptiliano —encargado de la conducta automática o programada—, sistema límbico —centrado en la emocionalidad— y neocorteza —incluye los dos hemisferios y es la que regula los procesos intelectuales—. Esta teoría permite comprender que el individuo es la integración de distintas capacidades. Se sugiere, desde esta mirada, que el docente plantee estrategias que permitan, al estudiante, el desarrollo de sus capacidades a partir del uso de los tres componentes o cerebros. Sobre todo, mediante la experimentación.

2. Teoría del cerebro total propuesta por Ned Herrmann en 1995. Identifica cuatro áreas o cuadrantes que surgen de la unión entre la neocorteza y el sistema límbico. Tiene las siguientes funciones:
 - a. Cuadrante A: lóbulo superior izquierdo, enfocado en el pensamiento lógico, analítico y crítico.
 - b. Cuadrante B: lóbulo inferior izquierdo, orientado al pensamiento secuencial.
 - c. Cuadrante C: lóbulo inferior derecho, encargado del pensamiento emocional, sensorial e interpersonal.
 - d. Cuadrante D: lóbulo superior, destacado por su estilo de pensamiento conceptual, holístico e integrador.

El aporte de esta teoría está en el reconocimiento de los estilos de aprendizaje de los estudiantes y cómo pueden ser asimilados en el proceso formativo para hacer del mismo un protagonista. Se plantea la importancia de reconocer las habilidades, capacidades y características de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A la par, busca reconocer el papel de la motivación y el interés del discente en el aula.

3. Teoría del cerebro derecho e izquierdo. Propuesta por Linda Lee Williams en 1986. Se caracteriza por la identificación de las funciones diferenciadas de los hemisferios cerebrales. Aunque cada uno tiene funciones diversas trabajan de forma holística. La autora señala que, por lo general, cada individuo tiene un

hemisferio más desarrollado que otro. El aporte al proceso educativo está enmarcado en la necesidad de trabajar los dos al mismo tiempo, siendo igual de importantes tanto el aprendizaje lógico o algorítmico como el sensorial o subjetivo, ya que son partes integrales del ser humano.

4. La teoría de las inteligencias múltiples. Howard Gardner, en 1993, propuso que existen ocho tipos de inteligencias, cada una conectada con un área específica del cerebro. Sin embargo, vale mencionar que, en la actualidad, se han ampliado a catorce, según los intereses y enfoques de los investigadores. Este incremento se ha dado como variaciones o nuevas inteligencias. Por ejemplo, la inteligencia emocional, inteligencia empresarial e inteligencia espiritual son consideradas nuevas. Por otro lado, las ocho inteligencias de Gardner son:

- a. Lingüística.
- b. Lógico matemática.
- c. Musical.
- d. Cinestésico-corporal.
- e. Espacial.
- f. Interpersonal.
- g. Intrapersonal.
- h. Naturalista o ecológica.

Cabe advertir que, en este capítulo, no se explican estas inteligencias, porque excede el objetivo del libro. No obstante, es importante resaltar que los aportes de esta teoría incluyen, por un lado, considerar la importancia de los distintos tipos de inteligencia en la educación al combinarlos; y, por otro, propone la necesidad de generar sistemas que reconozcan las diferencias y potencialidades individuales.

5. Aunque el concepto de *inteligencia emocional* ha sido ampliamente debatido, desde 1985, pocas veces se reconoce que está vinculado con la neuroeducación. Aunque adquiere

relevancia con la propuesta de Daniel Goleman en 1995. Vale aclarar que existen dos teorías de inteligencia emocional: la conocida versión antes indicada y la de Mayer y Salovey (1990). La importancia de esta mirada, en el contexto educativo, está en la relación específica entre el aprendizaje y la emocionalidad.

En general, las teorías mencionadas son las más conocidas en el contexto educativo. Algunas han sido reevaluadas o redefinidas a medida de los avances que se han ido desarrollando en el ámbito de la neuroeducación. Se destaca, de esta forma, la importancia del conocimiento de los procesos cerebrales y su impacto en el aprendizaje. Asimismo, se abren nuevos espacios para la comprensión de los procesos educativos desde la investigación y se reconocen como elementos propios del proceso: la atención, memoria, percepción, emocionalidad, motivación, entre otros.

En concomitancia, se estima que las emociones están implícitamente ligadas al aprendizaje. Es decir, todo proceso cognitivo desarrollado en el aula de clase o fuera de ella se asocia al estado emocional del estudiante al momento de aprender, dado que parte desde una visión fisiológica: “la amígdala cerebral... está implicada en las respuestas emocionales: los sentimientos, la expresión de la emoción, los recuerdos de las emociones y el reconocimiento de los signos de la emoción de los demás” (Aguilar, 2011, p. 86). Por tal razón es de gran importancia considerarlas al momento de ejecutar actividades educativas.

Según Bisquerra y Pérez (2012), la educación emocional debe estar presente en la vida formativa de los aprendices y a lo largo del desarrollo de su ciclo vital, de tal suerte que se convierta en un proceso continuo y permanente. Es en ese contexto la implementación de estrategias, que posibiliten la mejora en el clima escolar asociado al aprendizaje, es uno de los retos que tienen los maestros en la actualidad, pues todo lo que se aprende está ligado a las estructuras mentales basadas en las experiencias que pueda ejecutar el estudiante en sus interrelaciones sociales. Así, resulta trascendental el planteamiento de procedimientos

que favorezcan la estimulación y mejora de estos procesos desde la atención a la diversidad educativa presente en el aula de clases.

Neurodidáctica e inclusión educativa

La neurodidáctica es la disciplina que se encarga de dar respuesta a la necesidad de la inclusión educativa. Su conceptualización se debe a Friedrich y Preiss (2003), puesto que estos autores acuñaron el concepto alrededor de un área de la pedagogía que reconoce los aportes de las ciencias cognitivas y la neuroeducación para la comprensión y transformación del proceso pedagógico.

De esta forma, el objetivo de la neurodidáctica es diseñar estrategias didácticas y metodológicas para promover el aprendizaje. Conforme a Paniagua (2013), esta busca responder a la diversidad en el aula — en el marco de la escuela inclusiva—, así como crear o estimular las conexiones neuronales, aportando a los procesos de aprendizaje a través de procedimientos de enseñanza contextualizados. Estos supuestos teóricos brindan una comprensión del funcionamiento cerebral, sus potencialidades y necesidades para el proceso formativo desde dos áreas fundamentales: la cognición y emocionalidad.

Por otro lado, Fernández (2017) resalta al componente cognitivo y plasticidad cerebral; es decir, a la capacidad del cerebro de cambiar o modificar las redes neuronales, reconociendo la flexibilidad y el dinamismo del mismo, ya que se adapta de forma constante. Huelga menciona que el reconocimiento de esta cualidad llega, a finales de 1990, a consolidar el concepto *neurodiversidad*, dado que parte de que cada ser humano tiene distintos talentos, aptitudes, capacidades y aprende de diversas maneras que deben ser consideradas en los procesos didácticos.

Al hablar sobre *neuroplasticidad* se reconoce la importancia y dinamismo de la actividad cerebral, por lo que se deja de lado aquellos conceptos que implican una concepción de rigidez. Según afirma Manes (2014), la plasticidad sináptica es el proceso de comunicación neuronal

que altera y almacena, en la memoria, los nuevos conocimientos, haciendo que algunas de las neuronas, gracias a esa flexibilidad, se fortifiquen, y otras, en cambio, puedan debilitarse y extinguirse por completo. Cada momento que se añade nueva información, a través de conexiones sinápticas, se posibilita el aprendizaje y, al mismo tiempo, cuando una neurona se debilita, el cerebro está en capacidad de compensar de manera parcial, facultando nuevas conexiones.

De acuerdo con Bueno y Forés (2018), posterior al nacimiento de una persona, sus conexiones neuronales se siguen creando. En otras palabras, este órgano, incluso después de la formación, continúa en desarrollo. Es a partir de los tres o cuatro años que se estabiliza el proceso. Sin embargo, algunas de estas se añadirán luego, de forma que el cerebro está recibiendo nuevas conexiones neuronales con frecuencia, lo que posibilita los procesos sinápticos que generan dicha plasticidad. En definitiva, nunca deja de aprender, por lo que la plasticidad neuronal es decisiva para todo proceso formativo.

En cuanto al componente afectivo del habla, es menester reconocer la importancia de la motivación y el manejo emocional en el desarrollo didáctico, dado que las emociones son fundamentales en dicho proceso; en especial, en función de aprendizajes significativos. De esta forma, se erige la pedagogía emocional a la vez que se reconoce la importancia de propiciar, en el aula, un espacio agradable, de confianza y gestión de sentimientos que contemple las motivaciones e intereses de los estudiantes para estructurar un clima adecuado para el aprendizaje.

Asimismo, la neurodidáctica permite comprender la diversidad de funciones del cerebro y las habilidades potenciales de una persona. Esto puede ser, según Parra-Bolaños y Peña-Álvarez (2017), utilizado como estrategia para enfrentar la diversidad. Incluso, en la medida en que se comprende el proceso cerebral, es posible también adaptar los procesos de enseñanza-aprendizaje conforme a los requerimientos de los alumnos y sus características particulares, de tal forma que se posibiliten espacios en el marco de la inclusión.

Para consolidar esta disciplina —todavía emergente— es fundamental continuar con el desarrollo de avances científicos y la superación de desafíos inherentes a la misma. En ese sentido, los aportes de Paniagua (2013) son claves para este análisis, pues plantea que, para considerar el proceso formativo, se debe ampliar la mirada no sólo al estudiante sino a la interacción entre éste y el docente. De igual manera, deberán considerarse también otros contextos de ejecución y procesos de educación no institucionalizados.

Conclusiones

Los orígenes de la neurociencia datan de antes de la era común. Al definir este concepto, en la literatura, se hacen dos distinciones: la perspectiva tradicional y la contemporánea. Esta última reconoce la necesidad de la relación de la misma con otras áreas del conocimiento científico. Por otro lado, los aportes prácticos de la misma radican en la comprensión que ofrece del cerebro humano y la integración de los aspectos neuropsicológicos de su funcionamiento. Desde esta perspectiva, múltiples son las relaciones interdisciplinarias como, en las últimas décadas, se ha podido observar, sobre todo, en su nexos con la educación.

En este tenor, la neurociencia educativa aporta un marco teórico para fundamentar la práctica pedagógica en el aula desde la evidencia científica. Contribuye, además, con nuevos datos constatados y estrategias para optimizar el proceso formativo en el aula. Incluso, la neurodidáctica permite ofrecer una respuesta oportuna a la diversidad presente en las aulas de clases, para ello el concepto *neuroplasticidad* y el papel de los procesos afectivos resultan claves.

Finalmente, se identifican dos desafíos investigativos en el campo de la neuroeducación. Por una parte, no debe centrarse en cómo el alumno aprende, sino en cómo el profesor enseña. Por otra, deberán

sopesarse diversos contextos de desarrollo; espacios donde también ocurre el aprendizaje.

Ejercicio taller

Con la finalidad de consolidar los principales conceptos abordados, se propone que elabore un mapa mental —físico o digital— donde los relacione. Con esa finalidad, siga las instrucciones:

1. Mediante la técnica de la lectura comprensiva, extraiga los principales conceptos abordados. Después, identifíquelos y enumérelos.
2. Una vez identificados los conceptos, establezca sus nexos y relaciones desde lo general a lo particular. Para ello deberá escribir el concepto principal en el medio del mapa mental. A partir del mismo, relacione los conceptos. Use conectores lógicos para establecer correspondencias.
3. Posteriormente, destaque los conceptos, enmarcándolos en el mapa.
4. Por último, revise y corrija —en caso de ser necesario— el trabajo realizado.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, J. (2011). *La estructura del sistema nervioso*. Asociación Oaxaqueña de Psicología. <https://n9.cl/5g4b>
- Araya-Pizarro, S. y Espinoza Pastén, L. (2020). Aportes desde las neurociencias para la comprensión de los procesos de aprendizaje en los contextos educativos. *Propósitos y Representaciones*, 8(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.312>
- Battro, A. (2011). Neuroeducación: El cerebro en la escuela. En S. Lipina y M. Sigman (Eds.) *La Pizarra de Babel: Puentes entre neurociencia, psicología y educación* (pp. 25-70). Libros del Zorzal.
- Bisquerra, R. y Pérez, N. (2012). Educación emocional: estrategias para su puesta en práctica. *Avances en supervisión educativa*, (16), 1-11. <https://n9.cl/38jqs>
- Blanco, J.; Miguel, V.; García-Castellón, C. y Martín, P. (2017). *Neurociencia y Neuropsicología Educativa*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <https://n9.cl/bpt1l>
- Blanco Pérez, C. (2014). *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinaria*. Biblioteca Nueva.
- Parra-Bolaños, N. y Peña-Álvarez, C. (2017). Atención y memoria en estudiantes con bajo rendimiento académico. Un estudio exploratorio. *ReiDoCrea*, 6, 74-83. <http://hdl.handle.net/10481/45029>
- Bueno, D. y Forés, A. (2018). 5 principios de la neuroeducación que la familia debería saber y poner en práctica. *Revista Ibero-americana de Educação*, 78(1), 13-25. <https://doi.org/10.35362/rie7813255>
- Bullón, I. (2017). La neurociencia en el ámbito educativo. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, 3(1), 118-135. <https://www.redalyc.org/journal/5746/574660901005/html/>
- Carter, R. (2009). *El cerebro. Guía ilustrada de su estructura, funciones y trastornos*. Dorling Kindersley Ltd.
- Descartes, R. (1692). *Traitté d l'Homme*. Libraire Iuré. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b86015188/f7.item#>
- Fernández, A. (2017). Neurodidáctica e inclusión educativa. *Revista Profesional de Docencia y Recursos Didácticos*, 91, 262-266. <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/080051>

- Figueroa, C. y Farnum, F. (2020). La neuroeducación como aporte a las dificultades del aprendizaje en la población infantil. Una mirada desde la psicopedagogía en Colombia. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 17-26. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1675/1679>
- Friedrich, G. y Preiss, G. (2003). Neurodidáctica. *Mente y Cerebro*, 4(3), 39-45. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/208136>
- Gago Galvagno, L. y Elgier, A. (2018). Trazando puentes entre las neurociencias y la educación. Aportes, límites y caminos futuros en el campo educativo. *Psicogente*, 21(40), 476-494. <https://doi.org/10.17081/psico.21.40.3087>
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences: the theory in practice*. New Horizons.
- Goleman, D. (1995). *Inteligencia emocional*. Kairós.
- Herrmann, N. (1995). *The Creative Brain*. The Ned Herrmann Group.
- Lee Williams, L. (1986). *Aprender con todo el cerebro*. Martínez Roca.
- Manes, F. (2014). *Usar el cerebro: Conocer nuestra mente para vivir mejor*. Planeta.
- Paniagua, M. (2013). Neurodidáctica: una nueva forma de hacer educación. *Fides et Ratio*, 6(6), 72-77. http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v6n6/v6n6_a09.pdf
- Salas Silva, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios pedagógicos*, (29), 155-171. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052003000100011>
- Vesalius A. (1543). *De humani corporis fabrica libri septem*. (S.e). <https://doi.org/10.3931/e-rara-20094>

Capítulo 2. Neurodesarrollo: explorando los fundamentos del desarrollo cognitivo y el aprendizaje

 Liana Sánchez Cruz *

 Charly Valarezo Encalada*

**Universidad Nacional de Educación*



Nada es permanente, salvo el cambio.

Heráclito

A lo largo de este capítulo se reflejan los principales fundamentos y particularidades del desarrollo ontogenético del ser humano, con el propósito de entregar una base teórica al lector para comprender, de mejor manera, la relación entre el neurodesarrollo y el aprendizaje. Para ello, se parte del análisis conceptual, los factores que influyen en él y las diferentes fases por las que transita la maduración del sistema nervioso como base para la adquisición de nuevas habilidades en el procesamiento cognitivo. Finalmente, se presentan las tres principales corrientes de las teorías del desarrollo, en las que se entretajan explicaciones de cómo es el aprendizaje a medida que la persona transcurre desde la infancia hacia la adultez, y como sus capacidades cognitivas se van moldeando a través de experiencias e interacciones con el entorno.

¿Qué es el neurodesarrollo?

Se entiende por *neurodesarrollo* al curso gradual y sucesivo de maduración del sistema nervioso y, por ende, del cerebro. Asimismo, condiciona el ritmo evolutivo ontogenético y las particularidades del desarrollo de un individuo. Este inicia desde el momento de la

concepción y continúa a lo largo de la vida. Aunque, se ha convenido que los treinta años son el periodo en el que se obtiene el pico máximo del proceso (Mas, 2013).

En la medida en que el ser humano crece, ocurren una serie de transformaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales que conllevan a un aumento de dimensiones físicas y la capacidad de funcionamiento de las estructuras cerebrales, y que facilitan la automatización y optimización de los procedimientos mentales que permiten el aprendizaje. Sin embargo, este proceso no es homogéneo. De hecho, es diferente en cada etapa cronológica y en cada persona (Pérez y Capilla, 2011).

De acuerdo a lo comentado, los agentes facilitadores del proceso educativo —familia, personal docente y de apoyo— deben conocer las particularidades del neurodesarrollo humano; mismas que deben constituirse en la base teórica-práctica para la creación y aplicación de experiencias de aprendizaje enriquecedoras para el niño y personalizadas a los ritmos individuales de cada sujeto. Esto evitará la tendencia creciente de exigencias académicas anticipadas —como la adquisición de la lectura, escritura y cálculo— en las prácticas pedagógicas de los primeros años de vida en diversas instituciones educativas del Ecuador.

El neurodesarrollo es una de las disciplinas de estudio dentro de la neurociencia que busca describir, explicar, predecir e intervenir las fases evolutivas del ser humano. Así, conocer las particularidades de la maduración del sistema nervioso faculta anticiparse a las necesidades del desarrollo cognitivo de la persona para intervenir oportunamente en las “funciones mentales tales como atención, memoria, aprendizaje, percepción, lenguaje y capacidad para solucionar problemas” (Roselli *et al.*, 2010, p. 15).

Según Pérez y Capilla (2011), este se rige por principios generales como el de discontinuidad, interacción genética-ambiente y jerarquía. En ellos se declara al desarrollo como una serie continua que va a estar caracterizado por la alternancia de periodos de estabilidad y otros de

rápidas transiciones; todos ellos mediados por la interacción genética, el ambiente y su carácter heterocrónico, de acuerdo a un patrón espacial de origen genético y evolutivo.

El principio de discontinuidad parte de declarar al desarrollo como un suceso continuo que se caracteriza por la alternancia de ciclos de estabilidad y otros de rápidas transiciones. Con base en este principio, han surgido los famosos estadios de desarrollo como los de Jean Piaget, Lev Vygotsky y Erik Erickson. Sobre él se afianza, también, el concepto de zona de desarrollo próximo de la teoría sociocultural.

El principio de interacción genética y ambiente reconoce el valor de estos dos factores para el proceso de maduración. Genéticamente, el ser humano tiene las condiciones biológicas necesarias para realizar la actividad nerviosa y por tanto adaptarse en el medio. Sin embargo, es la experiencia y el ambiente los que juegan un papel esencial en la dirección y el condicionamiento del desarrollo.

Por su lado, el principio de jerarquía establece que la constitución de los circuitos neuronales de las diferentes regiones del cerebro es heterocrónico. Esto se traduce en que las creaciones de sinapsis van a tener lugar en diferentes momentos, para distintas regiones y que ocurre acorde a un patrón espacial de origen genético y evolutivo; por lo tanto, las regiones filogenéticamente más antiguas maduran antes que las más recientes. En este punto, se toman como referencia las áreas sensoriomotoras y las asociativas, de forma respectiva. Vale mencionar que, según estos principios, se han construido los principales hitos comportamentales que dan cuenta del desarrollo cerebral del ser humano (Pérez y Capilla, 2011).

A continuación, se presentan diferentes causas que condicionan las particularidades del neurodesarrollo.

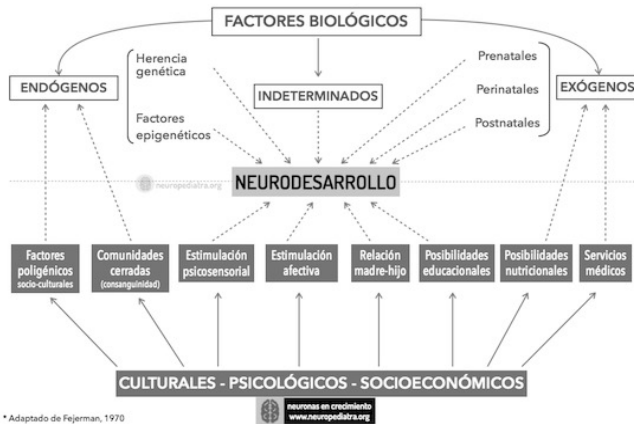
Factores que influyen en el neurodesarrollo

El siguiente caso —tomado de una experiencia real— ejemplifica la manera en que los diversos factores intervienen en el curso del desarrollo.

Los padres de MQ —de sexo masculino y cuatro años de edad— lo llevan a consulta de neuropsicología para control de desarrollo. Se registra, como antecedentes prenatales, amenaza de aborto, peso bajo, hipertensión arterial tratada con dieta, hiperémesis gravídica. Además, la madre sufrió quemaduras por accidente doméstico estando a término. La edad gestacional al momento del parto fue de 38,1 semanas. El peso del niño al nacer fue bajo —1 325 g— y presentó crisis de cianosis peribucal por lo que fue ingresado en el servicio de Neonatología. A los cuatro días de nacido, se indica a los padres que el infante sufrió una crisis epiléptica. Sus primeras palabras fueron antes del año. A los quince meses tuvo una convulsión generalizada y perdió el lenguaje. Se comunicaba a través de gestos y volvió a comenzar el aprendizaje de la lengua. El desarrollo motor fue acorde a lo esperado para la edad. En la evaluación realizada se obtiene un desarrollo visoespacial bajo para su edad cronológica. Según la escala Wechsler, MQ cuenta con un coeficiente intelectual (CI) normal bajo, persistiendo el retraso madurativo del lenguaje.

A partir del mismo, se obtiene que en cada infante el neurodesarrollo es particular, pues está determinado por la expresión de factores genéticos y modulado por causas biológicas externas y medioambientales de donde se desenvuelve. De igual forma, es difícil predecir si habrá repercusiones negativas —a largo plazo— por la influencia de los mismos en el desarrollo del cerebro, debido a la combinación de la plasticidad cerebral y la vulnerabilidad en los primeros años de vida (Ruiz, 2016).

Figura 2. Factores que influyen en el neurodesarrollo



* Adaptado de Fejerman, 1970

Fuente: Mas (2013)

A menudo existen particularidades en los cuales los estudiantes no aprenden al ritmo esperado y no se encuentra una justificación en el contexto inmediato. En este caso, la respuesta está en algunas alteraciones de tipo biológicas que marcan el crecimiento del cerebro y, por ende, lo afectan.

En otro orden de cosas, los factores de riesgo prenatales, perinatales y posnatales implican una tendencia a posibles alteraciones en el curso de la formación. Los prenatales están asociados, sobre todo, a la madre en aspectos como edad, enfermedades previas, estado de salud general, nutrición, infecciones concomitantes, consumo de sustancias nocivas y demás. Los perinatales recogen sucesos que pueden darse durante el parto como el tiempo de gestación en el que ocurre, duración, tipo de parto, presencia de hipoxia, hiperbilirrubinemia, hipoglicemia, uso excesivo de medicación, baja puntuación en la prueba Apgar, pinzamiento oportuno del cordón, entre otros. Los aspectos posnatales o neonatales se refieren a aquellos que pueden ocurrir en las primeras semanas de vida como las infecciones, convulsiones, apnea, hemorragia y otros.

Existen otros aspectos como los genéticos, epigénéticos y exógenos no biológicos. En los exógenos no biológicos que inciden en el neurodesarrollo se encuentran el nacer en comunidades cerradas, pobre estimulación psicosensorial, estimulación afectiva, carácter de la relación madre-hijo, posibilidades educacionales, nutricionales y acceso a los servicios de salud.

Fases del neurodesarrollo

Tal y como se señaló, el neurodesarrollo es un proceso complejo que ocurre a velocidades diferentes de acuerdo al periodo. Hay momentos en que el crecimiento es rápido y se manifiestan mayores cambios y adquisiciones. Por contra, otros son más lentos y se caracterizan por una mayor estabilidad del crecimiento cerebral.

Mas (2018) propone una división didáctica de fases del neurodesarrollo, centradas en la propiedad más relevante que se adquiere. Esta clasificación se divide en: 1) etapa anatómica, 2) etapa de la autonomía motora, 3) etapa del desarrollo y la comprensión del entorno y 4) etapa del desarrollo de la identidad personal.

La etapa anatómica transcurre desde el momento de formación del embrión hasta el nacimiento, misma que puede ser analizada a partir de diferentes ciclos en la gestación. El primer trimestre se caracteriza por los procesos de neurogénesis y proliferación celular. Desde la tercera semana de gestación se puede diferenciar, en el embrión, un cerebro primitivo, constituido por una capa de células que, posteriormente, se pliega para formar la estructura conocida como tubo neural. Este está cubierto por células madre que tienen la capacidad de autorrenovarse y también dan lugar a las células precursoras de las que surgen los neuroblastos y glioblastos. Estos últimos, al madurar, se convierten en neuronas y células gliales. Las células madre neurales continúan siendo responsables de la neurogénesis a lo largo de toda la vida.

El segundo trimestre se caracteriza por la migración y agrupamiento para conformar los distintos órganos —cerebro, cerebelo, tronco del encéfalo, médula espinal y nervios— del sistema nervioso. Kolb y Whishaw (2006) describen que, para la migración, “las células se trasladan a lo largo de ‘rutas’ formadas por las células gliales radiales, cada una de las cuales tiene una fibra nerviosa que se extiende desde la zona ventricular hasta la superficie cortical” (p. 613). El sentido de la migración es de adentro hacia afuera, por lo que se van formando capas consecutivas desde las zonas profundas hasta la corteza.

En el tercer trimestre, la actividad organizativa se centra en la formación de redes y circuitos neuronales mediante el proceso de sinaptogénesis —que continua en fase activa hasta, aproximadamente, los dos años— y el aumento de tamaño de los órganos.

De manera general, es posible que ocurran alteraciones de tipo estructural en el periodo de gestación; mismas que pueden manifestarse como malformaciones, síndromes genéticos y otras, pues el cerebro es vulnerable a los traumatismos y cambios en la homeostasis del organismo de la madre producto de factores endógenos y/o del ambiente.

Al momento de nacer, el perímetro cefálico del niño —medida de la circunferencia del cráneo— es de cerca de treinta y cuatro centímetros. Sin embargo, a los tres años mide alrededor de cincuenta. Lo que evidencia un crecimiento de dieciséis centímetros y da cuenta del proceso de maduración cerebral en los primeros años de vida. Este correspondería a la segunda etapa del neurodesarrollo y se centra en el logro de la autonomía motora.

De acuerdo con los principios del desarrollo —comentados en la primera parte del capítulo—, las regiones sensoriales y motoras primarias del cerebro maduran primero que otras que tienen funciones asociativas. Esta es la razón por la que los hitos fundamentales, en esta etapa, se concentran en las áreas de motricidad y lenguaje. El desarrollo motor grueso y fino rectoran las actividades de estimulación y educación

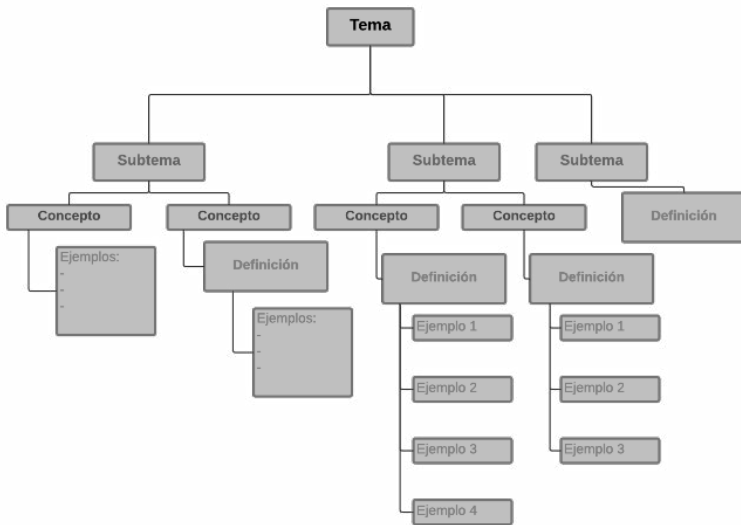
del infante, así como las de ejercicios orofaciales para la mejora de *praxias* que permiten la articulación del lenguaje. De esta forma, se espera que, al finalizar la fase de maduración cerebral, exista un mejor control de esfínteres —vesical y anal—; momento idóneo para lograr que el niño deje el pañal. En estas edades también puede establecerse el diagnóstico confirmatorio de la parálisis cerebral y es posible empezar a observar alteraciones en la asimilación del lenguaje e interacción social.

La etapa del desarrollo y la comprensión del entorno transcurre de los tres a los diez años, con un aumento de tres centímetros del perímetro cefálico. Pese a que no es llamativo el aumento de dimensiones del encéfalo, sus procesos madurativos han evolucionado lo suficiente para permitir la mejora del lenguaje y la comprensión de su entorno.

Desde el punto de vista fisiológico, continúa la sinaptogénesis y la mielina refuerza los axones, haciendo más eficiente la labor de las redes neuronales utilizadas con frecuencia. También ocurren procesos de poda neuronal, donde desaparecen las conexiones que no han sido reforzadas y aquello contribuye a un mejor uso de los recursos cognitivos.

Este lapso es básico para el pensamiento formal. Precisamente porque la información en el cerebro se va organizando de forma jerárquica a través de categorías. Se puede encontrar un símil en la construcción de los cuadros sinópticos (ver Figura 3):

Figura 3. Ejemplo de cuadro sinóptico



Fuente: Lucidchart (s.f)

Por ejemplo, al niño cuando es pequeño se le enseña el sonido del gato y del perro junto con sus representaciones gráficas, de tal forma que asocia sonido e imagen. A medida que va creciendo se le indica que *gato* y *perro* son animales —una categoría superior y común a ambos conceptos—. Sigue creciendo y cuando acude a la escuela le indican que los animales se clasifican en vertebrados e invertebrados. Además, dentro de los primeros se encuentran los mamíferos como el perro y el gato. Así, de forma paulatina, se complejiza el contenido y, por lo tanto, se empiezan a establecer relaciones entre los conceptos y otras clasificaciones de acuerdo a diferentes características de los objetos o fenómenos del entorno.

El último periodo de maduración del sistema nervioso, es decir, la etapa del desarrollo de la identidad personal inicia a los diez años y se caracteriza por un crecimiento del perímetro cefálico de alrededor de tres centímetros y por un predominio del crecimiento del área prefrontal. Esta última es fundamental para la planificación, toma de

decisiones, regulación socioemocional, entre otras. A partir de esta edad se enmarca el inicio de la adolescencia, con los consabidos cambios físicos y de maduración sexual.

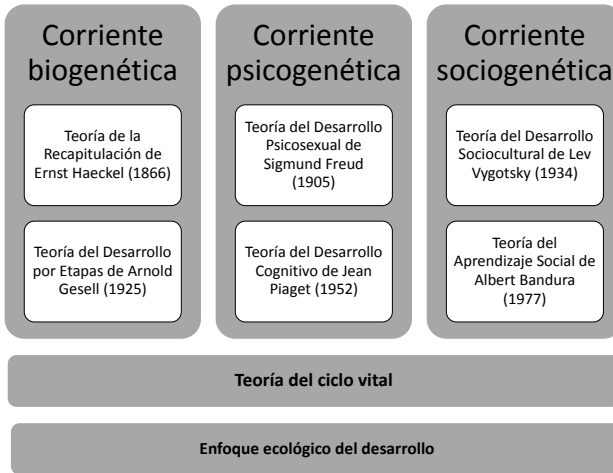
El desarrollo evolutivo a nivel cerebral permite la construcción de la identidad personal, misma que faculta a la persona ubicarse en aspectos como ¿quién soy?, ¿cómo me identifico ante el mundo?, ¿cómo me relaciono con los demás?, ¿cómo me ven?, ¿cómo soy yo respecto a los otros? y otras cuestiones que denotan la expresión de las formaciones motivacionales complejas de la personalidad.

El desarrollo biológico constituye la base de los procesos psicológicos que, en interacción con los factores sociales, se expresan en la adquisición de habilidades. Todas estas particularidades de los diferentes estadios, por los que transita el ser humano, han sido objeto de interés para varios teóricos a lo largo de la historia de la psicología. Las teorías que ellos construyeron ofrecen diferentes miradas para comprender el proceso de crecimiento y cambio de las personas en su ciclo vital.

Teorías del desarrollo

En el siguiente apartado se presentan las principales teorías del desarrollo organizadas de forma cronológica. Se persigue la lógica de las corrientes representativas como la biogenética, psicogenética y sociogenética. Además, se aborda el enfoque ecológico del desarrollo y la teoría del ciclo vital para brindar una perspectiva contextual y evolutiva sobre el proceso de maduración del ser humano (ver Figura 4):

Figura 4. Teorías del desarrollo



Nota: elaboración propia

Corriente biogenética

La corriente biogenética enfoca sus teorías en el análisis de cómo influyen los factores biológicos y genéticos en el desarrollo humano. Desde esta mirada, el crecimiento y las transformaciones en el individuo están condicionados, sobre todo, por determinantes hereditarios y biológicos.

La teoría de la recapitulación —también denominada como ley biogenética fundamental— fue propuesta por Ernst Haeckel en 1866, quien afirmaba que “el desarrollo ontogenético de un individuo repite los estadios evolutivos de la especie” (p. 300).

Por su parte, Arnold Gesell (1925) propuso la teoría del desarrollo por etapas. La misma se centraba en observar patrones universales de crecimiento y constitución de los seres humanos. La teoría enfatizaba el estudio de la maduración biológica y de las secuencias típicas de desarrollo en áreas de lenguaje, motricidad y percepción. La principal

crítica a esta es que no considera la influencia de la cultura y el ambiente en el que se desempeña la persona.

Huelga decir que estos dos planteamientos han sido cuestionados y modificados con el tiempo y las numerosas contribuciones científicas en este campo.

Corriente psicogenética

Esta corriente focaliza aquellos aspectos psicológicos y cognitivos del desarrollo humano. Expone, de hecho, que este está influenciado por las estructuras mentales y procesos cognitivos, y resalta, a su vez, la importancia de la interacción entre el sujeto y su entorno.

El eje más centrado en lo cognitivo se evidencia cuando se plantea que las estructuras internas se concentran en el procesamiento de la información del entorno. La información que el individuo procesa crea representaciones internas del mundo, de sí mismo y de los demás. Todo ello está sintonizado por experiencias repetidas que, una vez definidas, tributan para percibir la realidad y organizar la información. Así, los esquemas se vuelven más complejos y expansivos a medida que los sujetos crecen (Bringuier, 1977).

En esta corriente se clasifica la teoría freudiana que aseguraba que el desarrollo psicosexual, en diferentes etapas, juega un papel significativo en la configuración de la personalidad. Desde el enfoque del psicoanálisis, se supone que la libido es el principal tipo de energía que impulsa a las personas; energía que proviene, en gran medida, de impulsos inconscientes.

En este tenor, el desarrollo se divide en cinco etapas psicosexuales: oral, anal, fálica, latente y genital. Estas pueden quedar en puntos fijos de la libido, que luego regresan en la edad adulta, explicando la relación entre lo innato y lo adquirido (Freud, 2012).

Los procesos mentales, que se van accionando en estas etapas, describen mecanismos cognitivos como la atención, memoria, lenguaje

y funciones ejecutivas. Además, “la descripción de su funcionamiento para la explicación de los procesos afectivos, de las relaciones objetales, el fenómeno de la transferencia y mecanismos como la identificación y proyección” (Herrera Dávila, 2019, p. 135).

La teoría del conocimiento de Jean Piaget (1976) corresponde también a la corriente de pensamiento en torno al desarrollo y, por ende, pertenece al movimiento constructivista. Su concepto formula la tesis respecto a que el conocimiento se forma a través de la interacción de la maduración biológica y la interacción con el medio ambiente (Blasi y Bjorklund, 2003).

Es decir, los niños experimentan contradicciones entre lo que saben y lo que perciben en el mundo: la epistemología genética es el origen del pensamiento. De esta forma, surge una dialéctica entre la nueva asimilación y la adaptación de los conocimientos previos para lograr el equilibrio. En efecto, las personas pasan por diferentes fases predeterminadas dependiendo de cómo se organicen los planes que ordenan la información: la etapa sensoriomotora, preoperacional, operación concreta y operación formal (Piaget, 1976).

La etapa sensoriomotora tiene lugar desde el momento del nacimiento hasta que aparece el lenguaje articulado, aproximadamente los dos años de edad. En esta el desarrollo ocurre gracias a los juegos de experimentación, con los que se obtiene conocimiento a partir de la interacción directa con el medio ambiente. La etapa operacional transcurre entre los dos y los siete años de edad y se caracteriza por el desarrollo de la capacidad de ponerse en el lugar de los otros y de asumir roles ficticios, así como el uso de objetos de manera simbólica. La etapa de operaciones concretas ocurre entre los siete y los doce, aproximadamente, donde inicia el uso de la lógica aplicada en situaciones concretas. También se complejiza la clasificación de diferentes aspectos de la realidad. Por último, la etapa de operaciones formales arranca sobre los doce años e incluye la vida adulta. Se caracteriza porque aumenta la capacidad de utilización de la lógica

en situaciones abstractas. Además, en esta fase es posible analizar y manipular los esquemas del pensamiento y utilizar el razonamiento hipotético deductivo.

Corriente sociogenética

La corriente sociogenética realza y rescata el papel de los factores sociales y culturales en la constitución del ser humano. Sus teóricos defienden la influencia del entorno social en el que la persona se desenvuelve en su proceso de crecimiento, aprendizaje y desarrollo de habilidades. De acuerdo con Lev Vygotsky (1934), el aprendizaje siempre tiene lugar dentro de un entorno social y cultural específico. El autor resalta, de esa manera, la importancia de la interacción interpersonal y el lenguaje en la adquisición de nuevos aprendizajes y la construcción de la realidad.

Dentro de esta corriente se ubica la teoría sociocultural del mismo Vygotsky (1987), la que enuncia que el aprendizaje se basa en la interacción con otras personas. Una vez que esto sucede, los datos se integran a nivel individual:

Cada función en el desarrollo cultural del niño aparece dos veces: primero en el nivel social y luego en el individual, primero en medio de otras personas (interpsicológica) y luego dentro del niño (intrapsicológico). Esto aplica igualmente para la atención voluntaria, la memoria lógica y la formación de conceptos. Todas las funciones superiores se originan como relaciones reales entre individuos. (p. 37)

La formación de cada persona depende del medio y la cultura en la que se encuentra. La teoría señala a la zona de desarrollo próximo como un concepto que refiere a la distancia entre lo que el niño conoce y lo que puede aprender en interacción con otra persona. En este periodo debe intervenir alguien más experimentado para brindarle apoyo temporal —lo que se conoce como andamiaje— (Yasnitsky *et al.*, 2016).

Aquí también se ubica la teoría del aprendizaje social de Bandura (1987), quien aporta a las teorías desde los elementos sociales y cognitivos. Conforme con este autor, el individuo tiene una participación activa en su proceso de aprendizaje que se da en un ambiente social determinado. Bandura, en este sentido, deja de lado los postulados del conductismo clásico, donde se limitaba al individuo a la recepción de estímulos y refuerzos. Para Barrios-Tao (2016), por su lado, “la teoría del aprendizaje social considera que factores externos, acontecimientos del ambiente, condiciones físicas, son aspectos fundamentales en el denominado aprendizaje vicario (observacional)” (p. 403).

Es a partir de la observación que la persona es capaz de aprender del otro para sí mismo. En este tenor, el entorno cultural produce cambios en la actividad cerebral, cuya activación dirige el comportamiento (García y Juanes, 2013). Esto explica por la capacidad de plasticidad que posee el cerebro para adaptarse a los cambios constantes.

Teoría del ciclo vital

Esta teoría fue propuesta por el psicólogo Erik Erikson en 1959. De principio, esta abarca toda la vida del ser humano y los divide en un esquema de ocho factores: 1) confianza vs. desconfianza, 2) autonomía vs. vergüenza y duda, 3) iniciativa vs. culpa, 4) laboriosidad vs. inferioridad, 5) exploración de la identidad vs. difusión de la identidad, 6) intimidad vs. aislamiento, 7) generatividad vs. estancamiento y 8) integridad del yo vs. desesperación (Martínez, 2008). Erikson, también destaca las crisis psicosociales que las personas experimentan en diferentes periodos y enfatiza en la interacción entre el individuo y el entorno social, y cómo, a través de esta, se moldea su identidad y su maduración.

De modo general se puede mencionar que Erickson estudió la influencia de la cultura y el contexto en la formación de la personalidad. Para ello, integró aspectos del desarrollo social a la teoría psicosexual de

Freud. El yo, según el autor, tiene excelentes habilidades organizativas y la capacidad de resolver con éxito las eventuales crisis. Cuando se logra superar un conflicto por sí mismo, logra aumentar la fuerza del yo. Erikson, de hecho, planteó que cada fase de la vida implica desafíos psicosociales particulares, los cuales, cuando se resuelven, influyen en el desarrollo del individuo, por lo que, como sostiene Hogan (2000), existe una alta probabilidad de que el individuo sea capaz de enfrentar desafíos próximos.

En cada etapa del ciclo vital las personas se enfrentan a una crisis psicosocial que implica la necesidad de lograr un equilibrio entre dos polaridades o dimensiones opuestas. Estas crisis involucran aspectos internos y externos. El resultado exitoso de cada una es crucial para el desarrollo saludable del individuo. Esta teoría, en definitiva, reconoce la importancia de los contextos sociales y culturales en la constitución del ser humano, ya que destaca que las experiencias y las influencias externas juegan un papel fundamental en la resolución de las crisis psicosociales en cada ciclo.

Enfoque ecológico del desarrollo

Propuesto por Urie Bronfenbrenner (1979), este enfoque reconoce la interacción que ocurre de forma dinámica entre el individuo y su entorno durante el proceso de maduración. Se denomina de esta forma porque considera la influencia de factores microsistémicos, mesosistémicos, exosistémicos y macrosistémicos en el contexto en el que se produce la formación. Según el autor, el desarrollo ocurre en diversos niveles; mismos que van desde el entorno inmediato hasta los contextos sociales y culturales más amplios.

El microsistema hace alusión al entorno inmediato en el que el sujeto se relaciona con otros, por ejemplo, con su familia. Así, este contacto tiene un impacto directo en el desarrollo, dado que es la fuente primaria de experiencias cercanas al individuo.

El mesosistema se refiere a las conexiones entre los diferentes entornos del microsistema. La relación familia-escuela es un caso que describe este nexo.

El exosistema, por su lado, está constituido por aquellos entornos que no requieren que el sujeto participe directamente, pero que influyen en su desarrollo. La incidencia de la comunidad, del lugar del trabajo de los padres o las políticas gubernamentales se consideran exosistemas.

De último, el macrosistema alude al sistema de creencias, estructuras sociales y valores culturales más amplios que proporcionan el contexto sociocultural en el que se desenvuelve el sujeto.

Todas las teorías presentadas continúan evolucionando y complementándose, dado que la interacción entre los procesos biológicos y los factores sociales es bidireccional y dinámica. Por un lado, los aspectos sociales pueden contribuir en la expresión de genes y en la configuración del desarrollo biológico. Por otro lado, los sucesos biológicos subyacentes también pueden incidir en la forma en que las personas interactúan con su entorno social y cómo procesan la información recibida del mismo. Aunque, es importante conocer los aportes de cada una porque brindan un marco integral para comprender la complejidad de la formación del ser humano.

Conclusiones

A modo de resumen, es posible aseverar que el neurodesarrollo es el proceso de crecimiento y maduración del sistema nervioso que determinará la forma de vida de un sujeto. En este sentido, el mismo se torna importante porque condiciona la constitución cerebral que permite la activación de las funciones cognitivas y conductuales de acuerdo a la edad cronológica de la persona y su adaptación al entorno.

En este marco, conocer los hitos del desarrollo humano y las diferentes teorías que lo abordan permite direccionar los procesos educativos para mejorar la forma en que se establecen las estrategias

didácticas dentro del aula. Cabe recalcar que la ventaja del neurodesarrollo es que cuenta con un amplio número de teorías que lo atraviesan, facultando al docente varias herramientas epistemológicas para apoyar su práctica pedagógica.

Por último, el neurodesarrollo es un punto importante porque logra establecer un nexo entre formación y ambiente, con ello se logrará entender que los factores externos al ser humano son también parte importante para su desenvolvimiento pleno.

Ejercicio taller

Con base en el caso expuesto, al inicio del capítulo, identifique y clasifique los diferentes factores que han intervenido en el neurodesarrollo del infante. Con ese propósito, guíese por las siguientes instrucciones:

1. Lea con atención el caso planteado, al inicio del capítulo, que describe el contexto del neurodesarrollo del infante.
2. Posteriormente, analice el caso y desarrolle una lista de los diferentes factores que podrían haber contribuido en el proceso del neurodesarrollo del infante.
3. Después, clasifique los factores identificados en diferentes categorías. Puede utilizar las siguientes guías: prenatales, perinatales y posnatales.
4. Revise y organice la lista para corroborar que los mismos estén identificados y clasificados en las categorías correspondientes.
5. Para finalizar, genere un resumen, de un párrafo, de los principales hallazgos, en donde se destaquen los aspectos clave que han participado en el neurodesarrollo del infante.

Referencias bibliográficas

- Bandura, A. (1987). *Pensamiento y acción: fundamentos sociales*. Martínez Roca.
- Bringuier, J. (1977). *Conversaciones con Piaget*. Gedisa.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard University Press.
- Erikson, E. (1959). *Identity and the life cycle: Selected papers*. International Universities Press.
- Freud, S. (2012). *Tres ensayos sobre teoría sexual*. Alianza Editorial.
- García, J. y Juanes, J. (2013). El cerebro y las TIC. *Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información*, 14(2), 42-84. <https://www.redalyc.org/pdf/2010/201028055003.pdf>
- Haeckel, E. (1866). *Generelle Morphologie der Organismen*. Georg Reimer.
- Herrera Dávila, A. (2019). Psicoanálisis y neurociencias: neuro-psicoanálisis. *Revista Neuronum*, 5(1), 129-139. <https://n9.cl/7svk6>
- Lucidchart. (S.f). *¿Qué es un cuadro sinóptico?* Lucidchart. <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-cuadro-sinoptico>
- Mas, M. (2013). *El neurodesarrollo*. Neuronas en crecimiento. <https://neuropediatra.org/2013/01/28/el-neurodesarrollo/>
- Mas, M. (2018). *La aventura de tu cerebro. El neurodesarrollo: de la célula al adulto*. Editorial Next Door.
- Roselli, M.; Matute, E. y Ardila, A. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. Editorial El Manual Moderno.
- Ruiz, J. (2016). *Manual de neuropsicología pediátrica*. Chema Ruiz Editorial. <https://lc.cx/RXxZ66>
- Vygotsky, L. (1934). *Thought and language*. MIT Press.
- Yasnitsky, A.; Van der Veer, R.; Aguilar, E. y García, L. (2016). *Vygotski revisitado: una historia crítica de su contexto y legado*. Miño y Dávila Editores.

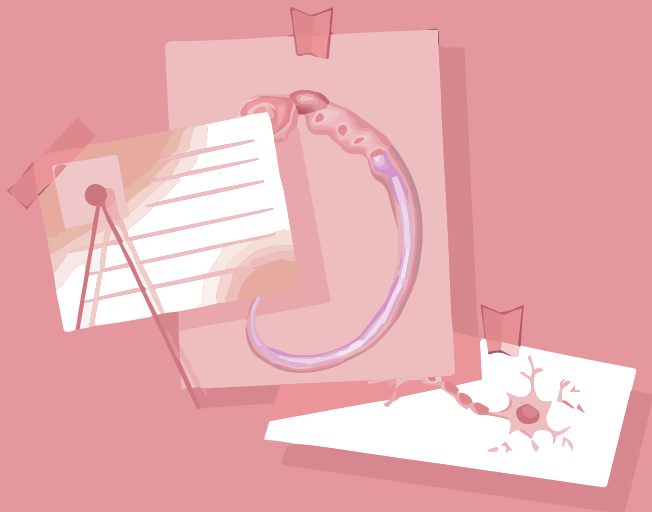
Capítulo 3. Bases fisiológicas del aprendizaje

Rosa del Consuelo Llanos Verdesoto

Universidad Nacional de Educación

id David Villagómez Pacheco

Universidad San Francisco de Quito



En el presente capítulo se propone analizar los elementos en común que tienen el desarrollo filogénico y ontogénico del sistema nervioso humano. El propósito de este análisis inicial es entender al desarrollo como un proceso de cambio constante en el que influyen distintos tipos de estímulos ambientales. Posteriormente, se describen, de manera general, a las células que tienen un rol determinante en el sistema nervioso: neuronas y glías. Un tema importante para los educadores se encuentra en el análisis de las denominadas neuronas espejo y su impacto sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje.

A partir de la segunda mitad de este capítulo, se estudia la comunicación entre las neuronas a través de sinapsis y la mielinización de los axones: procesos fundamentales para el funcionamiento correcto del cerebro. Hacia el final se ha considerado importante repasar información sobre los lóbulos cerebrales. En este sentido, se resalta que, aunque cada uno tiene funciones específicas, su interconexión y colaboración garantizan un funcionamiento integral. Además, se plantea que el desarrollo y la maduración de estas áreas están influenciadas por las experiencias individuales a lo largo de la vida de las personas.

Este capítulo brinda una visión detallada de cómo el cerebro procesa la información y sobre la complejidad de las capacidades cognitivas y emocionales.

Desarrollo filogenético del sistema nervioso

Para una mejor comprensión de los temas que se analizarán, es necesario presentar, de inicio, una definición del sistema nervioso. Este es una estructura compuesta por el encéfalo, médula espinal y ramificaciones nerviosas. Se encarga de la regulación y monitoreo de algunas actividades del organismo como la temperatura corporal, ingesta, sed, ciclo de sueño-vigilia, almacenar información y resolver problemas. Al mismo tiempo, faculta el procesamiento de la información del entorno captada por medio de distintos receptores sensoriales distribuidos a lo largo del cuerpo (Redolar, 2013).

Ahora bien, el alto nivel de complejidad de esta estructura fue posible debido al surgimiento o la preservación de determinadas características de los antepasados del hombre y en otras especies animales a lo largo del proceso evolutivo.

La Tierra se formó hace aproximadamente 4 543 mil millones de años y la vida apareció cerca de los 2 500 millones (Hernández, 2018). En este tiempo, especies unicelulares y pluricelulares desarrollaron un sistema nervioso con diferentes características; mismas que pueden verse, por ejemplo, en la ameba —organismo unicelular que posee una membrana que reacciona al ambiente nocivo para apartarse a él—. Por su lado, en los organismos pluricelulares, como la esponja de mar, existen células que responden a la presión del agua que los rodea y, en respuesta a ello, se contraen (Audesirk *et al.*, 2013). De igual forma, en organismos pluricelulares es posible notar un cerebro en la parte delantera de la cabeza —como en los peces—, un cerebro anterior o prosencéfalo —en anfibios— y un cerebro anterior —en reptiles— (Paladines, 2008). En organismos pluricelulares más complejos, como los mamíferos,

existen capas que simulan láminas paralelas a la superficie cortical. En los primates, en específico, a esa característica se vincula el poseer un cerebro con muchos más pliegues; además, se acoplan otros rasgos como manos, un periodo de desarrollo pre y posnatal más extendido y una cabeza de mayor tamaño que puede ser sostenida con facilidad por una columna vertebral más vertical (Arteaga y Pimienta, 2004; Paladines, 2008; Redolar, 2013). Adicionalmente, la postura bípeda que los ancestros adoptaron como forma de locomoción —aunque era menos ventajosa ya que representaba una menor velocidad de escape frente a la mayoría de los predadores— desarrolló la necesidad de elaborar estrategias planificadas de supervivencia (Audesirk *et al.*, 2013; Pascual, 2013). De esta manera, fue necesario otorgar símbolos que representen los peligros para enfrentarlos en un futuro, proyectar cómo vencerlos y comunicar sobre ellos a otros individuos (Pascual, 2013). Esto fue un hito que, probablemente, impulsó el desarrollo del lenguaje.

En otro orden de cosas, el resultado del proceso evolutivo del cerebro humano guarda ciertas similitudes con los cambios adaptativos que se observan en otras especies. En específico, las funciones asociadas al rombencéfalo, mesencéfalo y prosencéfalo se asocian, respectivamente, a actividades primitivas y básicas como la respiración. También se complejizan en conductas de protección y lucha-escape. Además, posibilitan el desarrollo de actividades más evolucionadas como el lenguaje, atención, control inhibitorio y comportamiento dirigido hacia objetivos.

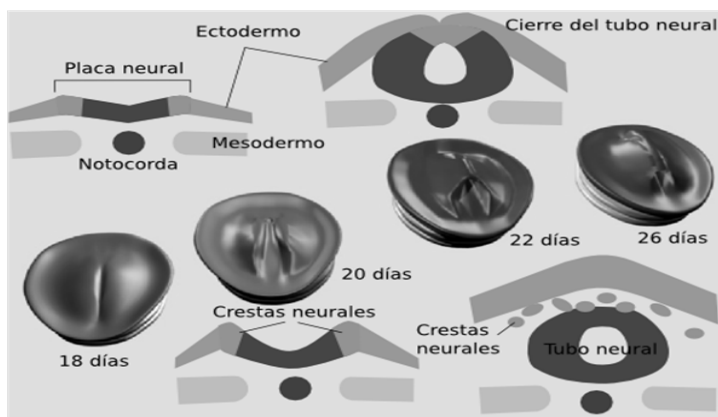
Estos últimos elementos de la habilidad cognitiva humana están altamente asociados al neocórtex. Esta región, vale mencionar, fue el resultado evolutivo de algunos hitos previos como el aumento en el tamaño del cerebro, cambios en la dieta de los primates que adquirieron la energía necesaria o aumento de los años de protección de sus cuidadores y su desarrollo, lo cual otorgó el tiempo suficiente para el crecimiento del cerebro, para el refinamiento de conexiones neuronales que dan lugar a aprendizajes y destrezas (Dunbar y Shultz, 2007).

Desarrollo ontogénico del sistema nervioso: pre y posnatal

El desarrollo ontogénico —como se abordó en el capítulo anterior— hace relación a los cambios físicos, cognitivos y psicosociales que tiene el individuo desde la concepción hasta la muerte (Álvarez *et al.*, 2016). Al igual que en el desarrollo filogenético, en el ontogénico también existe un proceso de maduración de las células.

El desarrollo del primero —que se dio en determinados organismos unicelulares y pluricelulares— ocurrió a lo largo de millones de años. En el segundo, la célula llamada cigoto a las setenta y dos horas de fertilización se dividió en dieciséis partes y luego en treinta y dos células (Papalia y Martorell, 2017). En la etapa embrionaria, aproximadamente de la segunda a la octava semana de gestación, aquella blástula implantada en el cuello uterino —a los seis días posteriores a la fertilización— se convirtió en una gástrula en la que se formó el tubo neural en el cual nacen las células cerebrales o neuronas y desde donde estas migran para formar las estructuras del cerebro (Berk, 2012). Este proceso se denomina neurulación (véase la Figura 5).

Figura 5. Neurulación

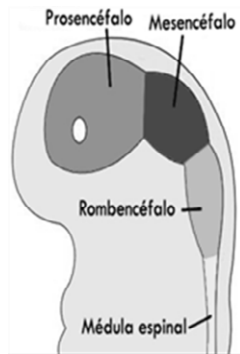


Fuente: Megías *et al.* (2019)

La parte inferior del tubo neuronal da origen a la médula espinal. La parte superior, por su lado, posibilita tres divisiones primitivas del cerebro: prosencéfalo o cerebro anterior, mesencéfalo o cerebro medio y rombencéfalo o cerebro posterior (Paladines, 2008).

El rombencéfalo se dividirá, posteriormente, en metencéfalo y mielencéfalo. El primero da origen al cerebelo y el segundo al bulbo raquídeo. Estas secciones están asociadas, pero no limitadas, a funciones vitales como la respiración, deglución y a otras como la postura y el equilibrio.

Figura 6. Divisiones primitivas del cerebro



Fuente: Gratacós (2020)

El mesencéfalo, que da origen a los tubérculos cuadrigéminos, se asocia a funciones como el sueño y la visión. Mientras que la tercera gran porción del cerebro, el prosencéfalo, se divide en telencéfalo — que origina los hemisferios cerebrales y los ganglios basales— y en diencefalo —que forma al tálamo e hipotálamo— (Snell, 2007). El prosencéfalo está asociado al procesamiento de información percibida por los sentidos, regulación de impulsos de sed o alimentación, patrones de vigilia y sueño, memoria y otras habilidades como la planificación, toma de decisiones, comportamiento dirigido al cumplimiento de objetivos y monitoreo de la efectividad de acciones orientadas a metas (Stuss, 1992; Snell, 2007).

El cerebro humano

El cerebro es la estructura de mayor volumen y complejidad del sistema nervioso humano, debido a que es el órgano más recientemente del desarrollo, desde el punto de vista filogenético (Álvarez *et al.*, 2016). Este es causante de los movimientos, sensaciones, pensamientos, reacciones, inteligencia, memoria, imaginación, voluntad, atención, lenguaje y mucho más. Aunque es importante recordar que su funcionamiento está vinculado a otros órganos como el corazón y los pulmones que, por ejemplo, ayudan a la irrigación sanguínea y a transmitir el oxígeno que necesita.

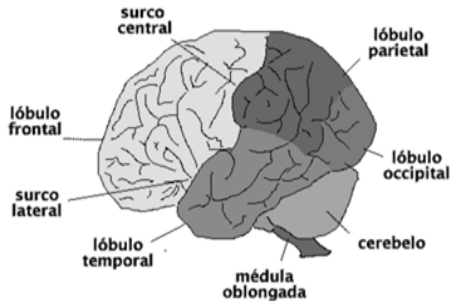
El cerebro está situado en el interior del cráneo y se compone de los ganglios basales (véase Figura 7) y de dos grandes secciones llamadas hemisferios. La superficie de cada uno, denominada corteza cerebral, de aproximadamente tres milímetros de grosor, se extiende desde el hueso frontal hasta el occipital y presenta surcos llamados cisuras que dividen, a su vez, cada hemisferio cerebral en regiones denominados lóbulos (Álvarez *et al.*, 2016). Estos últimos llevan el nombre de los huesos del cráneo bajo los cuales se encuentran. Estos son: frontal, parietal, temporal y occipital (Snell, 2007) (véase la Figura 8).

Figura 7. Ganglios basales



Fuente: Serrano (2023)

Figura 8. Cerebro y surcos



Fuente: Boeree (2007)

A pesar de que las secciones del cerebro se han definido hacia el tercer mes de gestación, el desarrollo de este órgano es un proceso que se rastrea hasta el nacimiento. En otro orden de cosas, existen partes del mismo que siguen distintos tipos de maduración. Por ejemplo, el tallo cerebral, que se encarga de la respiración y la frecuencia cardíaca, casi ha concluido su proceso de madurez al nacer. El cerebelo, rector del equilibrio y la coordinación motriz, por otro lado, tiene un ritmo de madurez acelerado durante el primer año de vida (Papalia y Martorell, 2017). Otras regiones como el cuerpo calloso, que posibilita el intercambio de información entre hemisferios cerebrales, alcanzan su madurez hacia los diez años de edad. Las regiones de la corteza cerebral, que están asociadas a la vista —lóbulo occipital— y oído —lóbulo temporal— y otras que procesan la información de los sentidos, se desarrollan de manera breve durante los tres meses después del nacimiento, hasta, aproximadamente, los seis.

Debido al desarrollo ontogenético del cerebro, las actividades que podrían ser más efectivas para el aprendizaje en niños son las que involucran el mayor número de estímulos posibles a sus sentidos como ver, escuchar, tocar texturas, movimientos corporales y demás (Bolton y Hattie, 2017). No así otras actividades relacionadas a la maduración de la corteza prefrontal que incluyen al pensamiento abstracto, asociaciones

mentales, comportamiento dirigido hacia objetivos, autocontrol y otros; habilidades cognitivas que alcanzan su pico de desarrollo hacia el final de la adolescencia (Papalia y Martorell, 2017).

A pesar de que esto da pistas sobre lo que podría ser más efectivo durante el proceso educativo, es significativo evitar generalizaciones ya que no hay que dejar de considerar diferencias individuales marcadas por estilos de crianza, contextos sociales, culturales, preferencias de aprendizaje, entre otros.

En específico, en el contexto educativo ecuatoriano, Villagómez *et al.* (2017) realizaron un estudio en el que se ubicaron elementos que están correlacionados al rendimiento académico y comportamiento disruptivo de los estudiantes. La muestra fue un grupo de adolescentes de entre quince y dieciséis años de una institución educativa fiscal. En el caso mencionado se demostró que la memoria de trabajo, es decir, una habilidad limitada de almacenamiento de la información para usarla en la ejecución de tareas está correlacionada con el éxito académico en algunas asignaturas. No se demostró reciprocidad entre el autocontrol y el rendimiento académico, debido a que las conexiones neuronales vinculadas —entre el área límbica y la corteza prefrontal— no han terminado de desarrollarse en esta etapa de vida.

Una de las posibles consecuencias de este proceso cerebral es la dificultad para evaluar los impulsos y dejarse llevar por ellos sin medir las consecuencias. Dicho de otra forma, se puede preferir una recompensa inmediata en lugar de una posible recompensa mayor a largo plazo. Por ejemplo, un adolescente podría elegir salir con sus amigos sin evaluar correctamente que, al día siguiente, tiene un examen escrito importante y tiene que estudiar. Ahora, la tendencia de no evaluar las consecuencias de los actos y dejarse llevar por un impulso no es una regla general, ya que existen, naturalmente, diferencias entre individuos. Sin embargo, los adolescentes suelen ser más susceptibles a caer en ellas debido a que enfrentan situaciones de estrés, presión social, necesidad de ser aceptado o nerviosismo dentro de una clase. Ante esta

posible falta de control de los impulsos, la memoria de trabajo ocupa un lugar más relevante en el éxito académico.

Una muestra adicional sobre el desarrollo ontogenético del cerebro y las habilidades cognitivas se puede evidenciar en sujetos de mayor edad. En jóvenes adultos de una universidad privada en Ecuador se observó, a través de un estudio, que la función cognitiva que mejor predice el rendimiento académico es el autocontrol —inhibición— y no la memoria de trabajo (Pluck *et al.*, 2016). Aquí se marca una diferencia en relación con los adolescentes.

De esta manera se puede colegir que los jóvenes adultos, incluidos en estos estudios dentro del contexto educativo ecuatoriano, por su estado de desarrollo cerebral, son capaces de sopesar mejor las consecuencias que supone no dedicar tiempo a sus estudios (Pluck *et al.*, 2016). Esta diferenciación entre edades se muestra a partir de la teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget y su estrecha relación con el desarrollo cerebral (Bolton y Hattie, 2021).

Células cerebrales

Neuronas

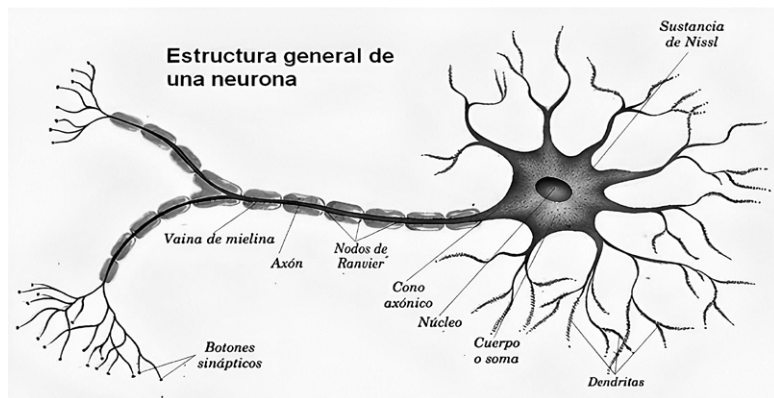
Al momento del nacimiento, aproximadamente 100 000 a 200 000 millones de neuronas están ya formadas, aunque no del todo desarrolladas. Cada una de ellas tendrá entre 5 000 y 100 000 conexiones sinápticas (Berk, 2012; Papalia y Martorell, 2017). Además, las neuronas tendrán distintos tamaños, ya que pueden medir entre treinta y cinco y cuarenta micras¹. Por último, sus partes son cuerpo o soma, axón y dendritas (Álvarez *et al.*, 2016) (véase la Figura 9).

Las neuronas son células encargadas de transmitir mensajes a través de sinapsis, un impulso químico que es provocado, a su vez,

¹ Una micra equivale a la milésima parte de un milímetro.

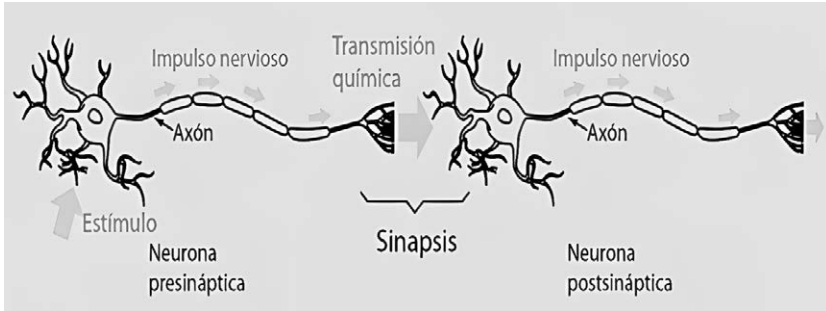
por una carga eléctrica cuya velocidad, ya sea si esta es alta o no, da una referencia de la fuerza de la señal o mensaje. De esta forma, una sola fibra nerviosa puede variar su señal de seis a 300 impulsos en un segundo (Ward, 2003). Estos, a su vez, liberan un conector químico o neurotransmisor que se encarga de transportar el mensaje de una neurona a otra y es producido dentro de vesículas. La membrana presináptica expulsa neurotransmisores, los que se unen a proteínas que estimulan la apertura de la membrana postsináptica para que sean receptados (ver Figura 10). Por otro lado, los neurotransmisores, según Snell (2007), son: “acetilcolina (ACh), noradrenalina, adrenalina, dopamina, glicina, serotonina, ácido gamma-aminobutírico (AGAB), encefalinas, sustancia P y ácido glutámico” (p. 52).

Figura 9. Conexión entre neuronas



Fuente: Bertrán (s.f.)

Figura 10. Partes de la neurona



Fuente: Charand (s.f.)

Glías

El término *glía*, derivado del griego $\gamma\lambda\iota\alpha$ —liga, unión, pegamento—, es el nombre que se ha dado a las células que juegan un rol importante en el desarrollo del cerebro. Existen varios tipos de ella, cada una con funciones distintas. Por ejemplo, los oligodendrocitos que mielinizan los axones; las microglías que, como parte del sistema inmune, limpian restos ocasionados por lesiones o infecciones y los astrocitos que constituyen un soporte estructural para las neuronas y mantienen su homeostasis (Martínez-Gómez, 2014).

De manera general, las glías contribuyen al aporte nutricional de las neuronas mediante la irrigación sanguínea, al proceso de regeneración nerviosa tras una lesión, separan y aíslan a las neuronas y las recubren para potenciar los procesos sinápticos. Se calcula que existen alrededor de un billón de ellas en el cerebro (Miranda *et al.*, 2013; Papalia y Martorell, 2017).

Neuronas espejo

Este tipo de neuronas están localizadas en el lóbulo frontal y se asocian a la empatía y capacidad de adoptar o entender la perspectiva de otras

personas. Adicionalmente, posibilitan imitar el comportamiento observado, lo cual tiene relevancia en el desarrollo evolutivo de la especie humana, puesto que favorece la transmisión de conocimientos como el uso de herramientas, fuego y refugio. Estas neuronas fueron descubiertas por Giacomo Rizzolatti y Giuseppe Pellegrino, neurofisiólogos de la Universidad de Parma, en la década de 1980 (Carmona, 2013).

Dentro de la labor educativa, estas ayudan a los docentes a comprender las emociones de los alumnos. Asimismo, permiten que los estudiantes aprendan, por imitación a sus compañeros y profesores, distintos contenidos y procedimientos como vocabulario, escritura y pronunciación, y hace posible que desarrollen la empatía, siempre y cuando el docente la practique también.

En el mismo contexto, las neuronas espejo pueden emular la necesidad de recompensa. Es decir, si un estudiante recibe un premio, otros desearán recibirlo también por realizar la misma tarea. Esto lleva a pensar que, si existe un sistema de recompensas para un “mal” y un “buen” estudiante, generará que el primero imite algunas acciones del segundo para recibir el mismo aliciente. Por otra parte, es importante considerar que las emociones guardan, en consecuencia, relación con los recuerdos, motivaciones, contexto y biología.

Redes neuronales

Las redes neuronales se refieren a la organización y conexiones entre las neuronas en el cerebro, puesto que estas son células especializadas que transmiten señales eléctricas y químicas a través de conexiones llamadas sinapsis. Estos enlaces facultan que las neuronas se comuniquen entre sí y formen circuitos complejos. Cabe notar que, a diferencia de otras células del cuerpo, las neuronas no se dividen para generar otras. En su lugar, crecen y establecen lazos entre sí, manteniendo su individualidad intacta (Rosas *et al.*, 2018).

De forma gráfica, las redes neuronales se asemejan a un bosque visto desde arriba. Del mismo modo, en el cerebro se pueden observar a estas como un campo conectado entre sí. Estos vínculos, cabe mencionar, forman redes neuronales que desempeñan un papel importante en muchas funciones cerebrales como el movimiento, sensación, conducta y cognición, y en procesos mentales como el pensamiento, memoria y aprendizaje.

Es importante destacar que estas redes son únicas para cada individuo. La estructura y las conexiones en el cerebro son el resultado de una combinación de factores genéticos y experiencias individuales, lo que quiere decir que cada persona tiene una estructura nerviosa personalizada (Jerez Magaña y Lara Girón, 2018).

Por otro lado, las redes neuronales son flexibles y pueden cambiar con el aprendizaje y la memoria (Mora, 2014; Fuster, 2020). Esto se debe a la plasticidad sináptica; capacidad de las conexiones entre neuronas para fortalecerse o debilitarse en función de la experiencia y el uso. Hay que tener presente que cada neurona desempeña un papel específico en un momento determinado (Trefil, 1997).

Figura 11. Red neuronal



Fuente: Triglia (2016)

En el cerebro humano se estima que existen aproximadamente 100 mil millones de neuronas con diversas formas y tamaños. A la par, se encuentran otras células como las glías —en una proporción de diez por

cada neurona—, así como vasos sanguíneos y células protectoras (Mora, 2020). Algunas neuronas tienen la capacidad de establecer conexiones hasta con otras 10 000. No obstante, en condiciones normales, este número puede ser menor. Como dato adicional: si todas las conexiones mencionadas se unieran para formar un solo cable, tendría la longitud de cuatro vueltas alrededor de la Tierra (Bueno, 2019).

Por otro lado, el cerebro es el único órgano del cuerpo que posee la capacidad de aprender de manera ilimitada y enseñarse a sí mismo, ya que se organiza y reorganiza en respuesta a cada nuevo aprendizaje (Rotger, 2019). Esto es posible gracias a las redes que lo componen, pues son las responsables de las capacidades y habilidades del cerebro humano, como el aprendizaje de nuevos idiomas, desarrollo de habilidades artísticas y capacidad de reconocer formas, colores y movimientos. Las mismas se forman en las redes neuronales cerebrales sobre la base del preprograma básico que el ser humano ha heredado y la información y experiencia adquirida del entorno. Los patrones cerebrales construyen la percepción de la realidad, por lo que se podría asegurar que el cerebro crea la realidad a través de sus redes (Mora, 2014).

La plasticidad cerebral, a su vez, permite que estas conexiones se fortalezcan y acomoden a medida que aprende. Esta es una capacidad del sistema nervioso para modificarse y adaptarse a los cambios, por lo mismo, permite fortalecer nuevas conexiones y debilitar las existentes. A través de esta cualidad, el cerebro se vuelve moldeable y capaz de seguir aprendiendo a lo largo de toda la vida (Guillen, 2015). En resumidas cuentas, el cerebro humano posee una gran flexibilidad gracias a su neuroplasticidad, lo que le faculta modificar tanto su estructura como su funcionamiento para facilitar el aprendizaje. Sin esta flexibilidad, sería imposible adquirir nuevos conocimientos, porque el aprendizaje implica siempre cambios en el cerebro (Portellano, 2018).

En resumen, las redes neuronales son conexiones complejas entre las neuronas en el cerebro. Son, al mismo tiempo, cruciales para múltiples

funciones cerebrales. Cada individuo las tiene y son únicas. Están determinadas, además, por la genética y las experiencias. La plasticidad sináptica, por su parte, permite cambios gracias al aprendizaje en el que la memoria juega un papel primordial. El cerebro también crea la realidad mediante la interrelación de las neuronas.

La sinaptogénesis, mielinización y gliogénesis

La sinaptogénesis, mielinización y gliogénesis son procesos relacionados con el crecimiento cerebral. La sinaptogénesis es un proceso importante en el desarrollo del cerebro desde el nacimiento, ya que implica la formación de nuevas conexiones neuronales o sinapsis. A medida que un niño aprende, estas aumentan. Por otro lado, es necesario eliminar las sinapsis que no son funcionales o útiles mediante de la apoptosis, lo que permite la eficacia funcional del sistema nervioso (Portellano, 2018).

Tras el nacimiento, el cerebro experimenta una serie de procedimientos madurativos que dan forma a su anatomía fina. Estos se dividen en progresivos y regresivos. Los progresivos incluyen la proliferación celular, arborización dendrítica y mielinización. Mientras que los regresivos involucran la muerte neuronal —apoptosis— y la poda sináptica selectiva.

Durante el primer trimestre prenatal, las neuronas comienzan a madurar en la sinaptogénesis y continúan aumentando durante los primeros años. El ambiente influye en las conexiones cerebrales, especialmente si se proporciona una estimulación en las interacciones sociales como el lenguaje, lectura de historias, cuentos, canciones, narraciones orales, juego y alimentación saludable. Estas experiencias, en conjunto con los aspectos biológicos, permiten que las conexiones neuronales aumenten y se fortalezcan.

En cuanto a la mielinización, este es el segundo proceso en el que las neuronas nacen, mueven, maduran y se cubren de mielina, que es una capa aislante que permite una transmisión rápida y eficiente de

las señales. Asimismo, acelera el impulso nervioso. De forma general, se la considera como el disco duro de la actividad mental (Portellano, 2018). Cabe mencionar que la mielina se encuentra en cada axón de la neurona y es similar a una capa plástica segmentada que deja espacios sin cubrir. Estos espacios son conocidos como nodos de Ranvier (Ricaurte y Zarco, 2020). Los mismos son ricos en sodio, por lo que permiten que el potencial de acción no se deteriore ni desaparezca. La presencia de mielina en un axón facilita una transmisión eficiente de las descargas eléctricas. Así, garantiza que los mensajes o señales se envíen sin interrupciones.

Además de las neuronas, el cerebro alberga células glía, que son más pequeñas y cuya cantidad aumenta proporcionalmente a medida que se utilizan más neuronas. Las mencionadas son las responsables de organizar y supervisar la comunicación entre neuronas, así como de producir mielina, que es fundamental para el grado de maduración cerebral en el desarrollo infantil.

Durante el neurodesarrollo, las áreas sensoriales y del movimiento son las primeras en mielinizarse, seguidas de las áreas relacionadas con las funciones ejecutivas. Las deficiencias en la cantidad adecuada de esta pueden derivar en retrasos en el desarrollo y una transmisión defectuosa de señales en el sistema nervioso (Portellano, 2018).

La mielina también se describe como una sustancia blanca, cuya cantidad aumenta y se desarrolla en las diferentes etapas evolutivas del crecimiento. Las actividades realizadas por los seres humanos activan capas o áreas específicas de la corteza cerebral, lo que se refleja en cambios en la sustancia blanca del cerebro a través de la formación de nuevas capas de mielina. Este proceso es de suma importancia, ya que influye en el comportamiento y función de las redes neuronales. Durante el primer año de vida, se produce una fase intensa de desarrollo de mielina y continúa durante la infancia y la adolescencia. Alcanza, finalmente, su completitud en la edad adulta.

Un ejemplo de cómo las áreas de proyección cerebral maduran antes que las asociativas es el desarrollo del sistema visual en los seres humanos. En el cerebro existen zonas específicas encargadas de procesar la información visual. Por mencionar algunas: la corteza visual primaria —área de proyección— y las áreas visuales de asociación —áreas asociativas—. Durante los primeros años de vida, la corteza visual primaria se desarrolla y alcanza una madurez funcional temprana, también permite la percepción básica de estímulos visuales como formas y colores.

Por otro lado, las áreas visuales de asociación, responsables de procesos más complejos como el reconocimiento facial o la interpretación de escenas visuales, continúan desarrollándose y refinándose hasta la adolescencia y la edad adulta. Esto indica que las zonas de proyección cerebral, como la corteza visual primaria, maduran antes que las asociativas. De esta forma, se refleja el orden jerárquico en el desarrollo de las funciones cerebrales dado paso a la poda sináptica.

Esta implica la eliminación selectiva de las sinapsis menos relevantes durante la infancia, pues permite que las conexiones repetidas se mantengan para fortalecerlas. En un estudio de resonancia magnética cuantitativa, sobre los cambios en la morfología cerebral desde la infancia hasta la edad adulta tardía, se observaron modificaciones en la estructura cerebral. De hecho, se encontró una disminución en la densidad sináptica durante este proceso, sobre todo, en la corteza prefrontal (Pfefferbaum *et al.*, 1994).

Tanto la mielinización como la poda sináptica son considerados eventos fundamentales en el proceso de maduración cerebral. Estos, a su vez, pueden ser simultáneos, ya que la disminución de la densidad sináptica crea espacio para el desarrollo de la mielina. Ambos fenómenos están relacionados con los cambios observados en el estudio de resonancia magnética referido en el párrafo anterior, donde se observan variaciones en la sustancia blanca —mielinización— y en la sustancia gris, relacionada con la poda sináptica, del cerebro.

En otro orden de cosas, para una correcta mielinización se requiere una alimentación de macronutrientes como proteínas, grasas y carbohidratos, debido a que son fundamentales para el desarrollo. Al mismo tiempo, los micronutrientes como hierro, zinc y demás también aportan para este proceso. Cabe mencionar que existen enfermedades desmielinizantes como la esclerosis múltiple que se expresa en dificultades del movimiento, habla, alteraciones de la visión y razonamiento. Esta tiene varias posibilidades de origen como alteraciones genéticas o un ataque autoinmune. Sin embargo, la constante es que la esclerosis múltiple genera un hoyo en la mielina impidiendo la conducción de la información (Mesa, 2022).

Por otro lado, investigaciones en animales, realizadas por De la Rosa *et al.* (2016), han evidenciado la relevancia del hierro en diversos procesos neuronales y fisiológicos. A saber: el funcionamiento normal de la dopamina, producción de hemoglobina, proceso de mielinización, estrés neuro-oxidativo y otros efectos que perjudican al sistema nervioso.

En cambio, la gliogénesis es un proceso en el que se producen células glía desde la etapa de gestación y continúan multiplicándose a lo largo de la vida. Estas facilitan la actividad de las neuronas en el sistema nervioso. Ahora bien, el trabajo sincronizado entre neuronas y glía —o neuroglías— es crucial para llevar a cabo, eficazmente, millones de conexiones sinápticas dentro del sistema nervioso. Por lo tanto, la actividad mental es el resultado de la interacción precisa y eficiente entre neuronas, neuroglías y el entorno.

En definitiva, el crecimiento cerebral está vinculado con procesos como la sinaptogénesis, mielinización y gliogénesis. La sinaptogénesis, en primera instancia, implica la formación de nuevas conexiones neuronales, para facultar el aprendizaje y la eliminación de sinapsis no funcionales. La mielinización, en segundo lugar, mejora la transmisión de señales nerviosas y se desarrolla de manera jerárquica en el cerebro. La poda sináptica selectiva, por último, fortalece las conexiones neuronales relevantes. Además, la nutrición desempeña un papel

fundamental en estos procesos. Sobre todo, se resalta la importancia del hierro en el funcionamiento neuronal. En conjunto, estos procesos contribuyen al desarrollo y trabajo adecuado del sistema nervioso, siendo fundamentales para la salud mental y el eficaz procesamiento de la información en el cerebro.

Transmisión del impulso nervioso

¿Cómo se comunican las neuronas?

La comunicación neuronal es un proceso electroquímico (Betancourt *et al.*, 2019), porque está facultada mediante la sinapsis; término que proviene del griego *συναψις* y significa tocar o punto de contacto. En este tenor, la conexión producida por la sinapsis se da a través de las terminaciones nerviosas del axón de la primera célula con las dendritas —árbol en griego— de la segunda.

En otro orden de cosas, las neuronas tienen canales de entrada y salida por lo que generan una relación dinámica. Es decir, las dendritas reciben información; luego, la señal recibida pasa al cuerpo celular por el axón, lugar de salida, como una onda de descarga eléctrica o también conocido como potencial de acción. En las neuronas, la señal química se convierte en impulso nervioso o eléctrico y esto ocurre a altas velocidades. Por último, cada neurona se comunica con otras mil.

Tomar decisiones, el estado emocional, realizar ejercicio y demás actividades humanas son el resultado del patrón individual de conexiones que cada ser humano realiza.

Sinapsis

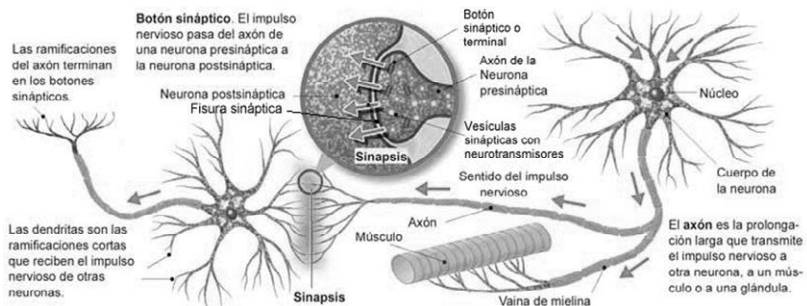
Existen sinapsis de tipo químico y de tipo eléctrico. En su itinerario, la neurona presináptica, formada por el terminal del axón, envía señales a otra mediante un impulso nervioso que provoca la salida

de neurotransmisores y llega al espacio de la neurona postsináptica. Esta recibe la información que llegó, mediante el impulso nervioso que envía la información, y es capaz de facilitar o inhibir las señales de la neurona presináptica.

Pues bien, el lenguaje químico de la sinapsis se basa en la existencia de proteínas que son receptoras; mismas que se encuentran en la superficie de cada célula. Las neuronas detectan las moléculas mensajeras — neurotransmisores u hormonas— que están en el exterior y los envía al interior de la célula. Después, libera una señal, dado que funciona como una antena. A breves rasgos, la transmisión del impulso nervioso de una célula a otra es realizada gracias a los neurotransmisores situados en el extremo del axón.

Cuando un estímulo llega a través de los sentidos, como cuando un infante palpa una hornilla caliente e inmediatamente retira la mano para evitar quemarse, existe un impulso nervioso. Internamente, el estímulo —en este caso el calor— es captado por las células de la piel que se comunican con otras nerviosas y musculares para activar el músculo y retirar la extremidad del peligro. De esta forma, evita una quemadura. (Véase Figura 12).

Figura 12. Impulso nervioso



Fuente: Blasco (2013)

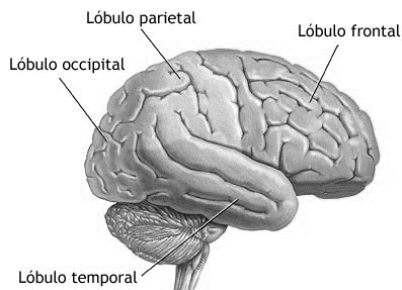
Lóbulos cerebrales y áreas funcionales

La corteza cerebral es una capa que cubre el cerebro, la cual tiene un grosor máximo de cinco milímetros (Bueno, 2019). En ella se encuentra el conectoma, que es el conjunto de redes neuronales.

Las áreas cerebrales funcionan en comunicación unas con otras. Existen zonas especializadas en tareas concretas. Sin embargo, estas no se limitan a realizar una tarea en específico, ya que diferentes funciones cerebrales se desarrollan en distintas áreas. Por ejemplo, la generación de emociones ocurre en espacios más subcorticales como la amígdala cerebral, mientras que la planificación, control de las emociones, reflexividad, toma de decisiones y razonamiento se dan en la corteza; en concreto, en el lóbulo frontal (Bueno, 2019).

Las regiones o lóbulos cerebrales reciben los nombres de los huesos del cráneo. Estos son: lóbulo frontal, occipital, parietal y temporal. Cada uno tiene un par en cada hemisferio cerebral. Estas regiones no forman compartimentos cerrados, sino que se conectan entre sí. A continuación, se detallan cada una de las regiones. (Véase la Figura 13).

Figura 13. Lóbulos cerebrales



Fuente: MedlinePlus (2022)

El lóbulo frontal, ubicado delante del cerebro y detrás de la frente, actúa como una torre de control, porque es responsable de la toma de decisiones, razonamiento, control inhibitorio, autorregulación, lenguaje

y otras habilidades cognitivas y motoras (Guillen, 2015). En él se encuentra el área de Broca, misma que se encarga de la producción del lenguaje y funciones ejecutivas complejas como la gestión de emociones, atención, memoria, control cognitivo y conductual, planificación y toma de decisiones (Guillen, 2015).

El lóbulo occipital, ubicado en la parte posterior del cerebro y sobre la nuca, se encarga de procesar la función visual. En el lóbulo occipital se encuentra la corteza visual primaria, ocupada de la percepción. En el resto de la corteza occipital se procesa la asociación visual, donde se interpretan las imágenes y se accede a la comprensión de la lectura y escritura. En esta área se traducen e interpretan las imágenes visuales y se procesa la percepción del brillo, color, profundidad y movimiento. La disfunción en el lóbulo occipital puede manifestarse en trastornos de lectoescritura: dislexia y disortografía (Portellano, 2018).

El lóbulo parietal alberga la corteza somatosensorial, que brinda información sobre la ubicación espacial del cuerpo, tacto, percepción de los órganos internos, temperatura, información espacial, lectura, aritmética, memoria y algunas funciones del lenguaje. Además, en las áreas asociativas de este lóbulo se desarrollan funciones como el reconocimiento del esquema corporal, orientación espacial e interpretación de sensaciones a través del tacto. También se encuentran funciones cognitivas superiores como la lectura, cálculo y representación sensorial de la atención.

El lóbulo parietal izquierdo se encarga de la ubicación espacial del cuerpo en función con el espacio, mientras que el lóbulo parietal derecho está relacionado con el reconocimiento de figuras, mapas y planos (Portellano, 2018).

El lóbulo temporal procesa la información auditiva, memoria y lenguaje, por lo que es el más utilizado en la mayoría de las funciones cerebrales. En él se encuentra la corteza auditiva primaria, encargada de la percepción del sonido y asociación auditiva. En esta área se procesan

la memoria explícita, comprensión auditiva, comprensión del lenguaje y registro de las emociones.

La comprensión auditiva de palabras, sonidos y música se realiza en la parte posterior izquierda de este lóbulo, en específico, en el área de Wernicke que funciona como el centro del lenguaje comprensivo. En el lado derecho del lóbulo temporal se procesa el lenguaje oral y escrito, mientras que en el izquierdo se relaciona con la prosodia y melodía. De la misma forma, en el lóbulo temporal se encuentra el sistema límbico, responsable de procesar las emociones (Portellano, 2018).

Estas áreas se desarrollan a lo largo de la vida de una persona y se ven influenciadas por sus experiencias y maduración.

Por todo lo mencionado, comprender la organización y funciones de los lóbulos cerebrales es fundamental. Cada lóbulo desempeña roles especializados en el lenguaje, funciones ejecutivas, sensaciones táctiles, percepción auditiva y visual, memoria, emociones y otras habilidades cognitivas. Este conocimiento permite comprender las capacidades y limitaciones del cerebro humano, así como abordar trastornos neurológicos y desarrollar intervenciones más efectivas. El estudio de los lóbulos cerebrales es esencial para avanzar en la neurociencia, mejorar la salud mental y crear experiencias de aprendizaje que consideren cada habilidad cognitiva y emocional para su potenciación.

Especialización hemisférica

Cada cerebro es único y se forma según las experiencias de vida del individuo. El cerebro se semeja a las huellas dactilares. Los hemisferios cerebrales están unidos entre sí por varias conexiones, siendo el cuerpo calloso uno de los principales puentes. Los hemisferios —mitades— son las dos estructuras más grandes del cerebro. Están ubicadas en el interior del cráneo; lugar donde se llevan a cabo operaciones complejas. Se separan por un surco longitudinal y su superficie está formada por circunvoluciones o giros —anillo o círculos

en griego—, así como por cisuras más profundas. Además, presentan abultamientos llamados protuberancias (Portellano, 2018).

Algunos de los surcos principales son la cisura lateral o de Silvio², cisura central o de Rolando, surco parietooccipital y cisura preoccipital. Todos ellos delimitan los cuatro lóbulos frontales (Portellano, 2018).

Cuando se unen los dos hemisferios cerebrales se forma una asimetría que, a su vez, genera diferencias anatómicas y se denominan petalias. En general, el hemisferio izquierdo tiende a desplazarse más hacia el polo del lado occipital, mientras que el derecho ostenta mayor volumen hacia el lóbulo temporal. Existen diferencias anatómicas y funcionales entre los hemisferios cerebrales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas características no son uniformes en todas las personas, y la lateralización cerebral puede variar entre individuos. Incluso se observan diferencias funcionales entre los hemisferios cerebrales. El hemisferio izquierdo se destaca en habilidades verbales, gestión del lenguaje, razonamiento lógico, analítico y científico. El derecho se especializa en tareas relacionadas con la percepción espacial, razonamiento intuitivo, control y regulación de la atención, expresión emocional y percepción musical (Portellano, 2018).

En el ámbito educativo es recomendable tener en cuenta estas diferencias hemisféricas, ya que algunos estudiantes pueden mostrar un predominio marcado del hemisferio izquierdo, lo cual requerirá el desarrollo de habilidades de razonamiento verbal y lógico (Portellano, 2018). En su defecto, habrá otros estudiantes que se beneficiarán de la potenciación de habilidades que involucren la creatividad, percepción panorámica y razonamiento intuitivo.

² Los nombres de las cisuras responden a epónimos. Esta decisión se da porque se atribuyen los nombres de las cisuras a los investigadores o personas relevantes del campo de investigación neuronal.

Conclusiones

En la primera parte de este capítulo se analizaron las regiones del cerebro que se desarrollan en las distintas etapas de la vida. Además, se describió cómo este proceso puede explicar la necesidad de proveer una educación diferenciada de acuerdo a la edad de los estudiantes.

Posteriormente, se abordaron estudios dentro del contexto educativo ecuatoriano, mismos que tributan al entendimiento del origen de distintas habilidades cognitivas como memoria de trabajo e inhibición de respuesta. En este sentido, lo estudiado es un aporte que podría predecir el éxito académico de los adolescentes y jóvenes adultos.

Hacia la mitad de este capítulo se presentaron ideas importantes vinculadas a las conexiones nerviosas, neuronas, glías y neuronas espejo. De estas últimas se presentaron ejemplos sobre su implicación en el aula.

Consecutivamente se planteó que las redes neuronales son fundamentales para el funcionamiento del cerebro, pues permiten la comunicación y plasticidad sináptica. Al mismo tiempo, consienten que las conexiones neuronales cambien y se adapten con el aprendizaje y la memoria.

Luego se trató sobre el proceso de sinaptogénesis, mielinización y gliogénesis que son esenciales para el crecimiento cerebral y la eficiente transmisión del impulso nervioso. Asimismo, se evidenció que la nutrición adecuada desempeña un papel importante en estos procesos. En conjunto, los mismos contribuyen al desarrollo y funcionamiento adecuado del sistema nervioso, porque posibilita la salud mental y el procesamiento eficiente de la información en el cerebro.

Conocer el funcionamiento de este órgano es un punto de partida esencial para comprender su complejidad. De hecho, cada vez surge un mayor deseo de profundizar en este conocimiento y, sobre todo, cuidar y fomentar una educación que esté en sintonía con el estudio de la neurociencia.

Ejercicio taller

Para la comprensión cabal de la información presentada, se solicita elaborar un resumen del mismo. En este tenor, se presentan las siguientes instrucciones:

1. Lea con atención el capítulo.
2. Después, registre las ideas principales, argumentos clave, eventos relevantes y autores mencionados con la aplicación de diferentes técnicas como el subrayado, creación de fichas, listas, esquemas u organizadores gráficos.
3. Más adelante, organice la información en orden lógico, de tal forma que, a partir de ahí, sea capaz de redactar un resumen.
4. Para concluir, coteje su texto con el capítulo del libro para comprobar que no existan omisiones de contenido importantes.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, E.; Pérez, D. y Rosales, M. (2012). *Anatomía y fisiología humanas*. Pueblo y educación.
- Arteaga, G. y Pimienta, H. (2004). Sobre la organización columnar de la corteza cerebral. *Revista colombiana de psiquiatría*, 33, 76-101. <https://www.redalyc.org/pdf/806/80615415006.pdf>
- Audesirk, T.; Audesirk, G. y Byers, B. (2013). *Biología: la vida en la tierra con fisiología*. Pearson.
- Berk, L. (2012). *Child development*. Pearson.
- Bertrán, P. (S.f.). *Las 9 partes de una neurona y sus funciones*. MédicoPlus. <https://medicoplus.com/neurologia/partes-neurona>
- Betancourt, D.; Romo-Parra, H.; Habermann-Villaverde, M.; Velasco-Guadarrama, E.; Sánchez-Ibarra, A.; Axelrod-Segal, K. y González-González, A. (2019). Desarrollo positivo en jóvenes involucrados en voluntariado y su relación con las neuronas espejo. *Revista Colombiana de Psicología*, 28(2), 77-90. <https://n9.cl/us6hw>
- Blasco, A. (14 de abril de 2013). *Temas de biología*. Aula 2005. <http://www.aula2005.com/index.htm>
- Boeree, G. (2007). *El sistema nervioso emocional*. Shippensburg University [Ilustración]. Pennsylvania. <http://webpace.ship.edu/cgboer/genesp/emocional.html>
- Bolton, S. y Hattie, J. (2017). Cognitive and brain development: Executive function, Piaget, and the prefrontal cortex. *Archives of Psychology*, 1(3) 36-46. <https://www.archivesofpsychology.org/index.php/aop/article/view/30>
- Bueno, D. (2019). *Neurociencia para educadores: todo lo que los educadores siempre han querido saber sobre el cerebro de sus alumnos y nunca nadie se ha atrevido a explicárselo de manera comprensible y útil*. Ediciones Octaedro. <https://octaedro.com/wp-content/uploads/2019/10/10571.pdf>
- Carmona, S. (2013). Cognición Social. En D. Redolar (Aut.), *Neurociencia cognitiva* (pp. 693-718). Panamericana.
- Charand, K. (s.f.). *Los neurotransmisores químicos*. Georgia State University. <https://n9.cl/b4s2hk>

- Dunbar, R. y Shultz, S. (2007). Understanding primate brain evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences*, 362(1480), 649-658. <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2006.2001>
- Fuster, J. (2020). *El telar mágico de la mente*. Ariel.
- Gratacós, M. (23 de febrero de 2020). *Proscéfalos: características, desarrollo y diferenciación*. Liferder. <https://www.liferder.com/prosencefalo/>
- Hernández, G. (2018). Narrativa, experiencia y saber. Apuntes para una comprensión del campo educativo. *Voces de la educación*, 3(6), 3-15. <https://hal.science/hal-02528635/>
- Jerez Magaña, A. y Lara Girón, J. (2018). *Cognición en neuropsiquiatría*. Clínica de Neurociencias. <https://n9.cl/yic7b>
- Martínez-Gómez, A. (2014). Comunicación entre células gliales y neuronas II. Células gliales que forman mielina. *Medicina e investigación*, 2(2), 85-93. <https://n9.cl/5ud77k>
- MedlinePlus en español. (7 de mayo de 2022). *Lóbulos del cerebro* [Imagen]. https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/9549.htm
- Megías, M.; Molist, P. y Pombal, M. (2019). *La célula*. Atlas de histología vegetal y animal. <http://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-introduccion.php>
- Mesa, S. (2022). *Tu cerebro*. Planeta.
- Miranda, R.; Santín, L.; Redolar, D. y Valero, A. (2013). Neuronas y comunicación neural. En D. Redolar (Aut.), *Neurociencia cognitiva* (p. 27-66). Panamericana.
- Mora, F. (2014). *Cómo funciona el cerebro*. Alianza Editorial.
- Mora, F. (2020). *Neuroeducación y lectura*. Alianza Editorial.
- Paladines, F. (2008). *Curso básico de psicofisiología*. Abya Yala.
- Papalia, D. y Martorell, G. (2017). *Desarrollo Humano*. McGraw-Hill.
- Pascual, R. (2013). Evolución filogenética y desarrollo ontogenético de las funciones cognitivas. En D. Redolar (Aut.), *Neurociencia cognitiva* (pp. 201-230). Panamericana.
- Pfefferbaum, A.; Mathalon, D.; Sullivan, E.; Rawles, J.; Zipursky, R. y Lim, K. (1994). A quantitative magnetic resonance imaging study of changes in brain morphology from infancy to late adulthood. *Arch Neurol*, 51(9), 874-87. doi:10.1001/archneur.1994.00540210046012

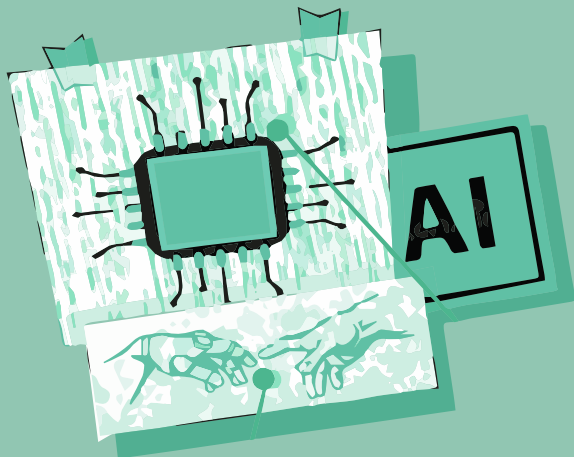
- Pluck, G.; Ruales-Chieruzzi, C.; Paucar-Guerra, E.; Andrade-Guimaraes, M. y Trueba, A. (2016). Separate contributions of general intelligence and right prefrontal neurocognitive functions to academic achievement at university level. *Trends in Neuroscience and Education*, 5(4), 178-185. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2016.07.002>
- Redolar, R. (2013). *Neurociencia cognitiva*. Panamericana.
- Ricaurte, A. y Zarco, L. (2020). Características clínicas del espectro de la enfermedad asociada a los anticuerpos contra la glucoproteína del oligodendrocito asociada a la mielina. *Revista de neurología*, 71(7), 257-269. <https://doi.org/10.33588/rn.7107.2020043>
- Rosas, L.; Taborda, K.; Ramírez, A.; Felipe, L.; Daza, O.; Salazar, J. y Jens, C. (2018). Anatomía del cerebelo en imágenes de resonancia magnética cerebral con correlación funcional. *Revista Médica Sanitas*, 21(3), 135-140. <https://revistas.unisanitas.edu.co/index.php/rms/article/view/367/2889>
- Serrano, C. (5 de julio de 2023). Ganglios basales [Ilustración]. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/ganglios-basales>
- Snell, R. (2007). *Neuroanatomía clínica*. Panamericana.
- Stuss, D. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*, 20(1), 8-23. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90059-U](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90059-U)
- Trefil, J. (1997). *Are we unique?* J. Wiley & Sons.
- Triglia, A. (22 de septiembre de 2016). ¿Cuántas neuronas tiene el cerebro humano? [Imagen]. Psicología y Mente. <https://psicologiymente.com/neurociencias/cuantas-neuronas-tiene-cerebro-humano>
- Villagómez, D.; Pluck, G. y Almeida, P. (2017). Relación entre la memoria de trabajo, inhibición de respuesta, y habilidad verbal con el éxito académico y el comportamiento en adolescentes. *Maskana*, 8, 87-100. <https://n9.cl/9qzbr>
- Ward, B. (2003). *Enciclopedia temática Emege: el cuerpo humano*. Jaimes Libros.

Capítulo 4. Desarrollo de la conciencia e inteligencia artificial

 Miguel Orozco Malo*

 Carolina Seade Mejía*

**Universidad Nacional de Educación*



La conciencia del ser humano es un fenómeno multifacético e intrigante que ha interesado a científicos, filósofos y personas de todo el mundo a lo largo de la historia. De modo general, esta hace referencia a la capacidad de experimentar y tener una comprensión subjetiva del entorno y de la persona. Además, involucra una amplia gama de aspectos como la percepción, atención, memoria, introspección y autorreflexión. Incluso, a través de la misma es posible desarrollar una serie de emociones, pensamientos, sensaciones y experiencias, lo que permite, interactuar con el medio de manera consciente y reflexiva.

Sin embargo, y a pesar de que la conciencia representa todavía un misterio, los avances en neurociencia y psicología han arrojado luz sobre los sustratos neuronales y los procesos cognitivos que subyacen a la misma. Aunque, su verdadera naturaleza y cómo emerge a partir de la actividad cerebral son temas de debate y exploración en la búsqueda de una comprensión más profunda de la esencia misma de la experiencia humana. En este sentido, el presente capítulo pretende ofrecer al lector ideas introductorias en relación a la conciencia humana desde el ámbito neurocientífico.

¿Qué es la conciencia según la neurociencia?

La conciencia, como objeto de estudio, ha catalizado una serie de debates científicos y académicos en varios campos. Ello se debe al interés que despierta y, a la vez, al misterio que aún sigue representando, porque no existe, en este momento, una definición que abarque todos sus aspectos. Por ejemplo, desde la filosofía y la psicología existe una perspectiva común que reconoce a la conciencia como un proceso subjetivo. No obstante, la articulación con su sustrato material —el cerebro— no está contemplado. Por esta razón se justifica la proliferación de investigaciones y el hallazgo de nueva evidencia científica.

En otro orden de cosas, la palabra *conciencia* proviene del latín *conscio* que significa conocimiento. Este término fue empleado por primera vez por el poeta latino Horacio (65-8 a. C.) con la idea de remordimiento y para traducir el concepto griego *syneidesis* que se refiere a la capacidad imaginativa de los seres humanos. A partir de ahí comenzó a usarse con el sentido de tener algo en la conciencia. Al día de hoy su significado se relaciona con el conocimiento de sí mismo —ser consciente— y la moral de las propias acciones (Sanguineti, 2014).

De manera general, tener conciencia significa poseer un sentido de identidad y del entorno. En este caso, se alude a la conciencia como el conocimiento del bien y el mal, desde un punto de vista ético o moral. Por lo mismo, se la menciona como la capacidad mental de conocer la realidad (Bartra, 2021). En concomitancia, Cervino (2016) aporta un grupo de atributos de este fenómeno:

- Capacidad de conocer el propio entorno y ubicarse en él. También se conoce como lucidez.
- Capacidad de reflexionar sobre la realidad y asumir una postura frente a esta.

De acuerdo con lo expuesto, la conciencia puede ser definida como la capacidad de percibir, entender y juzgar la existencia. Por ende, es una capacidad exclusiva de los seres humanos. Aunque, vale preguntarse:

¿dónde se encuentra? Para Tirapú y Goñi (2016), se ubica en las áreas posteriores de la corteza cerebral, es por ello que se la comprende como el resultado de una serie de procesos neurobiológicos en el cerebro.

En este escenario —partiendo de la idea básica acerca de lo que significa ser consciente y de su ubicación—, los investigadores Crick y Koch (1998) elaboraron una teoría neurobiológica de la misma que descalifica la pretensión de explicar los procesos de la mente al margen de las estructuras neuronales. Los resultados expuestos por los autores pretenden establecer cuál es la estructura neuronal de los pensamientos y, por descontado, de la conciencia. Crick y Koch, a partir de su teoría, elaboraron también un modelo estructural acerca de cómo actúan las células nerviosas para producir el pensamiento. Esto demuestra que la conciencia del ser humano correlaciona con una oscilación sincronizada en la banda de los cuarenta y setenta hercios de un conjunto de neuronas del sistema cortical, de tal forma que las operaciones ocurren, principalmente, en el neocórtex cerebral y las estructuras asociadas —ganglios basales, tálamo y claustró—, con intervención del paleocórtex —del sistema olfativo—, por lo que el cerebelo y el hipocampo no son esenciales en esta fase.

Por otro lado, estudios realizados por Adrian Owen (mencionado en Luppi *et al.*, 2019), neurocientífico de la Universidad Western Ontario, ha descubierto que la conciencia deja una huella en el cerebro y que esta puede servir de marcador para determinar si una persona en estado vegetativo registra algún tipo actividad mental. Owen demostró a través de imágenes de resonancia magnética, las regiones del cerebro activas al ejecutar una tarea específica. Se conoce que, aproximadamente, el 75 % de los pacientes en estado vegetal son desconectados de los sistemas que los mantienen vivos sin que se sepa, el estado real de su conciencia. Lo que ha hecho el neurocientífico es comparar los cerebros de pacientes en estado de coma, con la situación de los cerebros de personas sanas. Todo esto con el fin de determinar las diferencias o similitudes entre los cerebros de varios grupos de personas, ya que esta podría ser la clave

de la huella de la conciencia en el cerebro humano. Estos resultados muestran que la misma se basa en interacciones espaciotemporales entre la integración del cerebro y la diversidad funcional, cuyo colapso representa un biomarcador de pérdida de la noción de realidad.

Experimentación sobre la conciencia

Un punto importante, en la búsqueda de la legitimidad de las indagaciones sobre la conciencia, se fundamenta en probar distintas hipótesis al compararlas con algunos animales de inteligencia notable con programas de computadora con inteligencia artificial. Estas dos formas de estudiar la conciencia son relativamente recientes, ya que se desarrollaron durante el final del siglo XX y principios del XXI (González y Martínez, 2020; López Baroni, 2019).

Para examinar este fenómeno se eligen los animales que parecen más inteligentes, dado que la comunicación con ellos es más fácil. Cabe advertir que no todos son inteligentes de la misma manera. Por ejemplo, los pulpos interactúan notablemente bien con los laberintos, pero aún no logran establecer un vínculo comunicativo con otras especies. De la premisa anterior, se deriva que, para las pruebas sobre el tema de conciencia, los animales parecidos a las personas son los más adecuados ya que entregarán datos que podrán ser decodificados con base en la experiencia humana (Regan, 2016).

De hecho, la evolución del hombre moderno es relativamente reciente. Desde la separación con los grandes simios —gorilas y orangutanes— han pasado doce millones de años. Hace unos seis millones, los humanos se separaron de los parientes más cercanos —chimpancés y bonobos—. En consecuencia, los estudios morfológicos y moleculares contemporáneos indican que los humanos están estrechamente relacionados genéticamente con los chimpancés y bonobos, luego con los gorilas y, finalmente, con los orangutanes de Sumatra y Borneo, por ello no es de extrañar que, con los grandes

simios, los humanos comparten entre un 97 % y un 98,5 % de los genes (Cortina, 2016; Regan, 2016).

Aunque, externamente, los simios y monos son diferentes porque los primeros no tienen cola y tienen un tamaño más grande, pero, en específico, las diferencias tangibles entre estos es que los simios tienen una mayor proporción de tamaño cerebro-cuerpo y mayor inteligencia. Esta relación es especialmente significativa cuando se examina en este marco. Por otro lado, todos los homínidos poseen la capacidad de aprender a reconocerse en los espejos; es decir, tiene autoconsciencia.

A propósito, solo unos pocos animales pueden pasar concluyentemente la prueba del espejo: el delfín, orca y elefante. Recientemente, algunos científicos apoyan la hipótesis de que los perros más inteligentes también tienen autopercepción, pero no usando su vista en un espejo, sino en una prueba en la que usan su olfato (Turtle, 2014; Torrey, 2022).

La consciencia en simios

Cuatro simios han descollado en el tema de comunicación con los humanos y han permitido el estudio de la consciencia. Se destacan un chimpancé, gorila, orangután y bonobo. En los siguientes párrafos se revisarán brevemente los casos.

Washoe (1965-2007) fue el primer chimpancé hembra en aprender el lenguaje de señas americano (ASL, por sus siglas en inglés). El desarrollo de su aprendizaje se dio como parte de un experimento de investigación con animales sobre la adquisición del lenguaje. Lo más interesante de los resultados es que ella enseñó algunos de los signos del lenguaje a su hijo adoptivo. Washoe había aprendido el ASL de sus cuidadores humanos. No era algo intuitivo. Sin embargo, su naturaleza le impulsó a enseñar el lenguaje aprendido. Esto significó que el animal había utilizado los términos del entorno para comunicarse (Turtle, 2014; Wilson, 2018; Torrey, 2022).

Koko fue el gorila hembra más inteligente del mundo. Nació en el zoológico de San Francisco en 1971. La psicóloga Francine Patterson decidió hacer un experimento lingüístico, por lo que le enseñó el ASL con el objetivo de comunicarse y conocer de, primera mano, cómo pensaba la primate. El gorila aprendió a la perfección el lenguaje de señas. En 2018, poco antes de fallecer, Koko utilizaba un lenguaje de mil señas. Además, comprendía dos mil palabras en inglés. No obstante, algunos críticos suponían que el gorila repetía los gestos que su entrenadora le hacía, pero sin comprender su significado. Aunque algunos incidentes probaron que Koko sí lo hacía y, por ende, tenía consciencia (Turtle, 2014; Wilson, 2018; Torrey, 2022).

Uno de ellos es que Koko creó nuevas palabras. Por ejemplo, le habían enseñado las palabras *pulsera* y *dedo* y Koko las combinó con el objetivo de señalar un anillo de su cuidadora. Para lograr este vínculo de significados, en la mente de Koko ambos conceptos debían estar asimilados, dado que el sintagma *pulsera de dedo* tenía símil con *anillo*. Ahora bien, es de conocimiento general que los gorilas usan un ruido en particular —una especie de “palabra”— para comunicarse con sus pares. Sin embargo, el caso de Koko era diferente porque ella utilizaba, en concreto, un código enseñado por su cuidadora.

La segunda prueba es más compleja, pero contundente al momento de probar la consciencia de Koko. La doctora Patterson acostumbraba a leerle cuentos infantiles. Los preferidos de Koko eran “El gato con botas” y una historia de tres gatitos. El gorila le pedía que le leyera sin parar esas historias. Con el tiempo, Koko dijo que quería tener un gato. Por coincidencia, dejaron tres gatos abandonados cerca de la granja donde vivía Koko; ella adoptó una hembra que no tenía cola y la nombró Bolita. La cuidó por quince años y jugó con ella hasta que fue atropellada por un automóvil. Patterson informó a Koko que no volvería a ver a su amiga. El gorila, a través de señas, dijo sentir “mala tristeza”, y seguidamente, se sentó en un rincón y sollozó. A partir del relato

anterior, es posible deducir que Koko tenía conciencia de la muerte o, al menos, de la ausencia (Tuttle, 2014; Wilson, 2018; Torrey, 2022).

En correspondencia, el vocabulario en inglés de Koko era amplio, tanto para entender preguntas como para responder. Al cuestionamiento: “¿qué es un gorila inteligente?”, ella contestaba con el signo *yo*. Es decir, estaba consciente de que era inteligente. También entendía el paso del tiempo, porque cuando se le preguntó qué sucedió en su cumpleaños, ella dijo con los signos *viejo* y *gorila*. Koko, asimismo, expresó remordimiento por haber mordido a un compañero. Para disculparse utilizó los signos *sorry*, *bite* y *scratch* y *wrong* y *bite*, que en español significan respectivamente: perdón, mordisco y rasguño y mordisco malo. Estos detalles demuestran que Koko era consciente de sus actos y, en definitiva, no se trataba de una repetición de signos (Tuttle, 2014; Wilson, 2018; Torrey, 2022).

Por su lado, el orangután Chantek nació en un centro de investigaciones sobre primates en Yerkes 1977 y pasó casi nueve años viviendo, bajo supervisión constante, en un tráiler especialmente adaptado en el campus de la Universidad de Tennessee (UTC). Iba a clases con regularidad en las que aprendía diferentes habilidades. Chantek era tan inteligente que uno de sus entrenadores concluyó que podía realizar relaciones semánticas, operaciones relacionadas con la memoria, tareas combinatorias, engaño, iconicidad y referencia y complejidad simbólica (Tuttle, 2014, p. 556).

Además, era tan querido por la comunidad académica que su foto fue incluida en varios anuarios escolares. Sin embargo, a medida que su tamaño y fuerza aumentaban, era más difícil manejarlo. Tras un incidente en el que escapó de su recinto, la administración temió un accidente y lo devolvieron a Yerkes. Durante los siguientes once años de su vida estuvo confinado en una pequeña jaula donde se deprimió y aumentó de peso debido a su estilo de vida inactivo. Cuando sus cuidadores lo visitaban, Chantek les hacía señas para que tomaran las

llaves del auto y lo llevaran a casa —es decir, a la UTC—. Finalmente, en 1997, el Zoológico de Atlanta le ofreció refugio en un recinto con árboles donde vivió hasta su muerte en 2017 (Hart y Karmel, 1996).

De igual forma, Kanzi es un bonobo que nació en 1980 y aprendió a usar un teclado solo por observación. Incluso, tiene una gran comprensión del inglés hablado independiente de si lo escucha a través de auriculares sin señales visuales. Al mismo tiempo, comprende expresiones y distingue sintagmas con las mismas palabras, pero con diferente orden. De esta manera, demuestra comprensión sintáctica (Savage-Rumbaugh *et al.*, 1990).

Los cuatro casos exponen, explícitamente, que estos animales lograron tener una conciencia, tanto del lenguaje que usaban como de su medio ambiente. Al mismo tiempo, demostraron sentimientos similares a los que experimentan los seres humanos. Aunque, es relevante notar que dos elementos sobresalen en el proceso de aprendizaje de estos. Primero, el gran compromiso de aquellos que les enseñaron el lenguaje de signos. Segundo, el problema que representa trabajar con grandes simios como son los gorilas y orangutanes.

La inteligencia artificial

De primera mano, la inteligencia es la capacidad de entender o comprender y de resolver problemas (Minsky, 2007). No obstante, con el avance de la tecnología, la gran duda que se ha planteado es: ¿las computadoras pueden comprender algo por sí solas? Apriorísticamente, la respuesta es negativa dado que la programación aún condiciona su funcionamiento, pero la evidencia actual y el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) ha puesto en duda dicho postulado.

Aunque algunos discuten si una computadora puede llegar a tener una verdadera inteligencia en su más amplio sentido, es innegable que, en nichos específicos, estas exhiben una gran inteligencia, porque cumplen cabalmente con la definición. En particular, en los

juegos que requieren inteligencia —como el go, ajedrez o damas— ya no existen humanos capaces de derrotar a los mejores programas cuando se ejecutan en las computadoras actuales, dado que presentan una gran inteligencia, pero, por supuesto, solo sobre el juego para el que fueron diseñados.

Es cierto que el cine ha enseñado computadoras y robots que exhiben consciencia, sin embargo, en la actualidad, la IA aún está lejos de reflexionar sobre sí de forma en la que lo hacen los humanos, puesto que la programación detrás de los algoritmos de la consciencia es notablemente difícil de lograr. En varias películas, cuando la IA despierta su inteligencia adopta el papel de un moderno Frankenstein y, por ende, se convierte en un peligro para los humanos. Por ejemplo, la computadora HAL 9000 en la película *2001: odisea del espacio* (Kubrick, 1968) es un artefacto con algoritmos de programación heurísticos que le permiten una inteligencia general artificial que controla los sistemas de la nave espacial Discovery One, por ello es capaz de interactuar con la tripulación de astronautas y controla la misión. Todo hasta que la computadora considera que los astronautas son un riesgo para la misión y decide eliminarlos.

En otras películas, la IA también es malvada. En *Blade Runner* (Scott, 1982), un grupo de réplicas sintéticas de humanos trata de escapar. A su paso, matan a quien se les interpone. En *Matrix* (Lana y Lilly Wachowski, 1999), la IA tiene prisionera a los humanos. En *Yo, robot* (Proyas, 2004), la computadora central de inteligencia artificial de U.S. Robotics, VIKI (Virtual Interactive Kinetic Intelligence), determina que los humanos, si no se controlan, causarán su propia extinción. Para proteger a las personas, VIKI decide controlar a la humanidad.

Con base en lo anterior, uno de los mitos más importantes que el cine ha difundido es que cuando la IA tenga consciencia se volverá un casi indestructible robot malvado. No obstante, para que un programa de IA alcance este nivel de desarrollo, podrían pasar muchas décadas o quizás siglos (Gorbenko *et al.*, 2012). Actualmente, esto no es un problema.

Más bien, la preocupación se centra en los propios humanos que están detrás de los desarrollos de cómputo de los aparatos tecnológicos.

La IA y la inteligencia humana

Recientemente, la BBC News Mundo publicó una noticia en que un ingeniero de Google asegura que un programa de inteligencia artificial ha cobrado consciencia y sentimientos (BBC News Mundo, 2022). Antes de analizar dicho artículo, la cuestión es qué se entiende por *consciencia* y *sentir*. Con base en esta discusión, se podrá definir qué es la inteligencia; una definición clave para abarcar este apartado.

Hace poco más de treinta años, un robot alemán publicó un artículo titulado “¿Pueden pensar los humanos?” (Hartl, 1989). El artículo afirmaba que la inteligencia humana (IH) está basada en sistemas bioquímicos que, por complejos que sean, no pueden producir un resultado que sea completamente racional y consciente al mismo tiempo. Para un caso específico, un ser humano puede comportarse con coherencia —en un sentido limitado, por supuesto—, pero luego no puede utilizar su consciencia total o actuar de manera consciente, es decir, considerando toda la información disponible.

Otro aspecto problemático de la IH es su velocidad, y particularmente, el tiempo. Los humanos son lentos en sus funciones mentales. Un problema intensificado por el hecho de que los humanos solo poseen una vida limitada, y el tiempo durante el cual son capaces de desempeñarse a un nivel mental aceptable es aún menor. Asimismo, no son capaces de reproducir su mente de manera idéntica, y tampoco pueden actualizar otro sistema a una copia de su propio estado mental. Además, se comunican lentamente con un lenguaje ambiguo, mientras las computadoras se comunican directamente a muy altas velocidades. Por lo anterior, el artículo concluía que la IH tiene tantas deficiencias que, en realidad, los humanos no son inteligentes.

Con relación a lo anterior, se puede concluir que la IA es, hasta el momento, específica. En algunas tareas, los programas de computadora ya son inteligentes, incluso más que los humanos. Ahora, si se considera que la inteligencia se puede comparar por la forma en la que se resuelve un problema o una situación, los programas de computadoras son más inteligentes.

Si a esos programas se agregan asistentes personales —como Siri, Alexa o Google—, entonces se podría dialogar con él. También se podría agregar un código que replicara emociones, con lo que el programa podría expresarse.

Huelga decir que Alan Turing (1950) definió un medio operativo para identificar la inteligencia: todo lo que actúa lo suficientemente inteligente es inteligente. En otras palabras, las actividades que se desarrollan determinan a sus ejecutantes. Si las máquinas son capaces de escribir mensajes de texto que emulen el estilo humano, entonces ¿son inteligentes?

Ahora, ¿qué se entiende por sentir? En el caso de los seres vivos, las sensaciones se receptan a través de las terminaciones nerviosas de la piel que detectan contacto, presión y calor. De hecho, el cuerpo humano está diseñado para sentir. Otros seres vivos, como las medusas que no tienen cerebro, sienten a través de corpúsculos sensoriales. Otros responden a cambios en el pH que les rodea.

Una computadora podría recibir estímulos a través de sensores de presión, contacto y color, y podrían agregarse sensores de movimiento o cercanía. Cada uno estaría asociado a una variable definida en el código de programación que cambiaría de valor según el estado de su sensor. La computadora, en este caso, sería capaz de sentir dolor a través de una función que, al rebasar cierto umbral, cambiaría el estado de la variable *dolor* a verdadero o, incluso, una escala.

Ahora, si se agregan esas variables a la programación del asistente personal se podría preguntar, a las computadoras, si sienten algo. No obstante, desde la postura bioquímica, existen percepciones

más complejas que tienen relación con la subjetividad humana. En este caso, la computadora no tendría sentimiento de orgullo, pero a través de un código de programación, sí tendría una variable *orgullo-de-triunfo* asociada a verdadero. Gracias a esta tendría la facultad de responder como los humanos.

En inteligencia artificial, los sentimientos y la consciencia dependen de su programación. Dicho de otro modo, si el programador decide que un androide se enamore, debería poder abrir un poco los ojos, expandir las pupilas y acelerar la respiración. Con una programación detallada, una computadora sentiría lástima, remordimiento o miedo. En definitiva, un programa replicaría estados de consciencia a través de un algoritmo sofisticado que, basado en conexiones a sensores e información interna y externa, estaría facultado para procesar, tener consciencia o, al menos, parecerlo.

Incluso, la computadora podría valerse de muchas estrategias para tener consciencia. Con un GPS sería capaz de saber en qué parte del mundo se encuentra y con un termómetro, decir si tiene calor. Al igual que los seres vivos, depende de sus sensores, además de su programación. Cuando esta —y su interfaz— sea lo suficientemente sofisticada, pasará la prueba de la consciencia.

Conciencia y consciencia

Sin duda, los simios mencionados exhibían claramente sentimientos, conciencia y cierto nivel de consciencia. Los sentimientos son evidentes, pero es necesario, para este apartado, definir estos dos términos. *Conciencia* es el conocimiento moral de lo que está bien y lo que está mal. Se basa en el conocimiento de sí mismo y de su capacidad para actuar sobre su entorno. Por su lado, *consciencia* un conocimiento de la propia existencia y de aquellos que los rodeaban.

A partir de esta explicación, los simios descritos en este capítulo eran animales conscientes, ¿o no?

Si una máquina pudiera exhibir todos los comportamientos normalmente asociados con un ser reflexivo, entonces ¿sería una máquina consciente? ¿O no?

La IA en el aula de clases

Finalmente, ¿cuál es la importancia de los experimentos con simios, la IA y la consciencia para la educación? En esencia, los entrenamientos a los simios prueban la inteligencia animal y la condición del medio. Si un simio puede aprender el lenguaje de señas, entonces los humanos pueden entrenar sus cerebros en tareas más complejas. Ahora, si bien el contorno es fundamental porque determina ciertos aspectos, los cerebros humanos posibilitan tener una mente flexible: depende de lo que se decida aprender, de lo que se decida ser.

En otro orden de cosas, las aplicaciones de IA tienen múltiples usos en la educación. Algunas pueden calificar ensayos, trabajos y exámenes reduciendo la cantidad de trabajo para los maestros. Los asistentes de voz permiten proporcionar educación personalizada en función de las necesidades específicas de cada estudiante del aula. Para tal fin, se basarán en preguntas y ejercicios para identificar falencias en el conocimiento específico de cada uno. La realidad aumentada y la realidad virtual facultarán proporcionar el contenido para diferentes estilos. Los programas de aprendizaje automático —que usan algoritmos heurísticos basados en búsquedas, estadística y lógica— son capaces de identificar las áreas que se pueden mejorar en el pénsum o en el material a disposición de los discentes.

Aunque requieren mucho trabajo previo, las aplicaciones con IA pueden establecer una estrategia para que los alumnos aprendan a su velocidad, en horarios flexibles y ejecutar su práctica en donde sea pertinente. Así, proporcionarán un verdadero aprendizaje, diferenciado a cada uno de ellos. Además, para desarrollar una aplicación de inteligencia artificial, los programadores suelen producir técnicas que

facilitan la adquisición del conocimiento y análisis que son útiles para entender un problema y, por tanto, para aprender cómo resolverlo.

Así que, en ese sentido, hay cosas que rescatar de las IA. Por último, si se internaliza cómo funciona una aplicación, ese conocimiento posibilitará entrenarla y usarla de mejor manera en las aulas de clase.

Conclusiones

La investigación sobre la conciencia humana ha sido un tema fascinante y desafiante para los científicos durante décadas. A medida que se avanza en el entendimiento de la mente y el cerebro, los estudios han arrojado luz sobre los mecanismos subyacentes de la conciencia.

Investigaciones en neurociencia han revelado correlaciones entre la actividad cerebral y la experiencia consciente. Asimismo, han ubicado regiones clave del cerebro que parecen estar involucradas en la generación de la reflexión. Al mismo tiempo, los estudios con técnicas de imagen cerebral, como la resonancia magnética funcional, han proporcionado evidencia de los procesos neuronales implicados en la percepción, atención y toma de decisiones conscientes.

Con respecto a la inteligencia artificial, es importante implantarle de manera responsable, con el fin de mitigar riesgos clave, como la seguridad o los problemas sociales, pues la escala y la velocidad a la que se está desarrollando es preocupante. Finalmente, es importante hacer hincapié que, en varias ocasiones, se piensa que las máquinas poseen inteligencia, pero esto no se podría afirmar, pues hasta el momento solo se consideran estimulaciones de ciertos procesos.

Por último, a pesar del crecimiento de la tecnología y el avance de la IA aún no se las puede comparar con la inteligencia de un ser humano. Aunque, vale mencionar, existen avances notables que proyectan que, en un futuro, estas podrían ser integradas en todos los aspectos de la cotidianidad.

Ejercicio taller

Con base en el capítulo, elabora una presentación —en PowerPoint, Canva o cualquier aplicación de su preferencia— sobre cómo podría utilizarse la inteligencia artificial en los procesos educativos. Utilice los siguientes pasos para tal fin:

1. Lea detenidamente el texto.
2. Luego, defina la estructura de la presentación —secuencial, por temas o basada en los beneficios, aplicaciones o desafíos de la inteligencia artificial en la educación—.
3. Después, investigue y recopile información actualizada sobre el uso de la inteligencia artificial en los procesos educativos.
4. Más adelante, organice los hallazgos de su investigación de manera clara y coherente en cada diapositiva.
5. Acompañe sus diapositivas con imágenes, gráficos o infografías relacionadas con la inteligencia artificial y la educación.
6. Además, utilice diapositivas para explicar los conceptos clave sobre la inteligencia artificial en los procesos educativos.
7. Incluso, presente ejemplos prácticos y destaque los beneficios y desafíos de la inteligencia artificial en la pedagogía.
8. Finalmente, incorpore gráficos o estadísticas relevantes para respaldar sus afirmaciones y hacer que la información sea visualmente estimulante.

Referencias bibliográficas

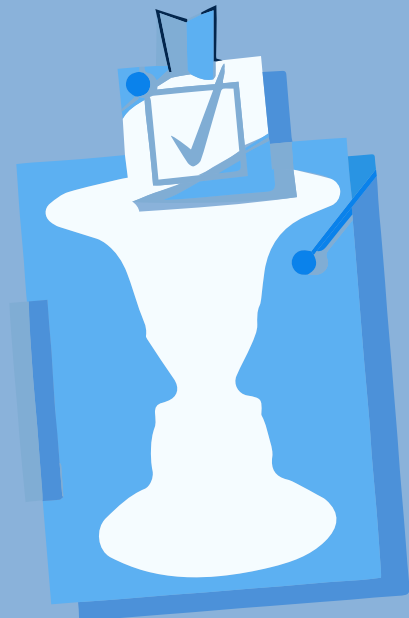
- Bartra, R. (2021). *Antropología del cerebro: conciencia, cultura y libre albedrío*. Fondo de Cultura Económica.
- BBC News Mundo. (13 de junio de 2022). El ingeniero de Google que asegura que un programa de inteligencia artificial ha cobrado conciencia propia y siente. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-61787944>
- Cervino, C. (2016). La construcción de la identidad: una visión desde la Neurociencia. *Revista Científica Estudios e Investigaciones*, 5(1), 122-143. <http://revista.unibe.edu.py/index.php/rcei/article/view/136>
- Cortina, A. (2016). La conciencia moral desde una perspectiva neuroética. De Darwin a Kant. *Pensamiento. Revista de Investigación e Información Filosófica*, 72(273), 771-788. <https://doi.org/10.14422/pen.v72.i273.y2016.001>
- Crick, F. y Koch, C. (1998). Consciousness and neuroscience. *Cerebral cortex*, 8(2), 97-107. <https://doi.org/10.1093/cercor/8.2.97>
- González, M. y Martínez, D. (2020). Dilemas éticos en el escenario de la inteligencia artificial. *Economía y Sociedad*, 25(57), 93-109. <http://dx.doi.org/10.15359/eyes.25-57.5>
- Gorbenko, A.; Popov, V. y Sheka, A. (2012). Robot self-awareness: Exploration of internal states. *Applied Mathematical Sciences*, 6(14), 675-688. <https://n9.cl/wqhn0>
- Hart, D. y Karmel, M. (1996). Self-awareness and self-knowledge in humans, apes, and monkeys. En A. Russon; K. Bard y S. Parker (Eds.), *Reaching into thought: The minds of the great apes* (pp. 325-347). Cambridge University Press. <https://psycnet.apa.org/record/1996-98555-014>
- López Baroni, M. (2019). Las narrativas de la inteligencia artificial. *Revista de bioética y derecho*, (46), 5-28. <https://doi.org/10.1344/rbd2019.0.27280>
- Luppi, A.; Craig, M.; Pappas, I.; Finoia, P.; Williams, G.; Allanson, J. y Stamatakis, E. (2019). Consciousness-specific dynamic interactions of brain integration and functional diversity. *Nature communications*, 10(1), 1-12. <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12658-9>
- Minsky, M. (2007). *The emotion machine: Commonsense thinking, artificial intelligence, and the future of the human mind*. Simon and Schuster.

- Owen, A., McMillan, K., Laird, A., y Bullmore, E. (2005). Paradigma de memoria de trabajo N-back: un metanálisis de estudios normativos de neuroimagen funcional. *Mapeo del cerebro humano*, 25(1), 46-59. <https://doi.org/10.1002/hbm.20131>
- Regan, T. (2016). *En defensa de los derechos de los animales*. Fondo de Cultura Económica.
- Sanguineti, J. (2014). *Neurociencia y filosofía del hombre*. Palabra.
- Savage-Rumbaugh, S.; Sevcik, R.; Brakke, K. y Rumbaugh, D. (1990). Symbols: Their communicative use, comprehension, and combination by bonobos. *Advances in Infancy Research*, 6, 221-278. <https://psycnet.apa.org/record/1990-30171-001>
- Tirapú, J. y Goñi, F. (2016). El problema cerebro-mente (II): sobre la conciencia. *Revista de Neurología*, 63(4), 176-185. <https://svnps.org/documentos/cerebro-mente-1.pdf>
- Torrey, E. (2022). *La evolución del cerebro y la idea de dios: los orígenes de la religión*. Fondo de Cultura Económica.
- Tuttle, R. (2014). *Apes and human evolution*. Harvard University Press.
- Wilson, M. (10 mayo de 2018). What can chimpanzee calls tell us about the origins of human language? *Smithsonian Magazine*. <https://n9.cl/et74i>

Capítulo 5. Aproximación al estudio de la cognición y los procesos mentales

 **Vanessa Montiel Castillo**

Universidad Nacional de Educación



El presente capítulo ofrece ideas introductorias sobre la importancia del estudio de los procesos mentales que permiten conocer el mundo, interactuar y comprender la realidad circundante. Para tal fin, parte de una definición de cognición humana a la luz de los aportes de la psicología de la educación. Reconoce, asimismo, la estrecha relación entre cognición y afecto; factores que son base del aprendizaje humano y su desarrollo.

La cognición en el desarrollo humano

¿Cuál es el proceso que permite abrir los ojos cada mañana y ver el mundo? ¿Cuáles son los factores que permiten recordar unas vacaciones? ¿Cuál es el método que una persona utiliza para relacionar a los perros en una misma especie? ¿Por qué las personas se emocionan al ver un final feliz en el cine si saben, de antemano, que es una representación?

La respuesta a estas inquietudes se explica porque el ser humano, desde su nacimiento, percibe su entorno gracias a sus procesos cognitivos. Pero ¿qué son estos?, ¿qué papel tiene la cognición para el desarrollo humano?, ¿por qué estudiar la mente consciente y el aprendizaje para la educación?

De inicio, la cognición humana es un acto de conocimiento, pues viene dada por la capacidad para recibir, recordar, comprender, organizar y usar la información recogida por los sentidos. Es por ello que la misma, de manera general, se constituye por el conocimiento que la persona tiene sobre una actividad o su entorno. Es decir, por el entendimiento basado en el qué hacer y cómo.

En la cognición, por otro lado, participan diversos procesos mentales que dirigen y controlan la actividad. Dentro de estos se encuentran la atención, percepción, memoria, pensamiento y lenguaje (Ortiz Ocaña, 2015). Todos los mencionados son fundamentales para un aprendizaje significativo.

Psicología cognitiva y conductismo

La psicología cognitiva es la disciplina que se ha encargado de ofrecer una respuesta científica a los distintos fenómenos psicológicos que permiten, precisamente, el conocimiento del mundo. En ese sentido, aporta un conjunto de perspectivas para el examen del comportamiento humano que se centra en el análisis de aspectos no observables mentales que median entre el estímulo y la respuesta abierta (Smith y Kosslyn, 2008).

Los orígenes de la misma se ubican en las décadas de los cincuentas y sesentas del siglo XX y el conductismo tuvo una fuerte presencia en sus orígenes. Por otro lado, dentro de la disciplina predominan dos grandes posturas. La primera se refiere a la mente humana como una caja negra. De acuerdo con ello, esta no puede ser examinada mediante el método científico, sino que representa un misterio, imposible de descubrir y describir. La segunda se enfoca en la investigación sobre procesos mentales para explicar la conducta humana, que la diferencia de la perspectiva unidireccional que tematizaba la relación estímulo y respuesta.

En su defecto, el método experimental fue ganando terreno dentro del análisis de la cognición y, a partir de allí, empiezan a aplicarse los

principios del conductismo a la educación. Dentro de este se defendía la idea de que las leyes del aprendizaje son universales y los resultados, de investigaciones con animales, eran extrapolables al ser humano. En ese sentido, la conducta observable era su objeto de estudio, por lo que interesaba hacer inferencias y generalizaciones sobre el comportamiento de las personas (Meza Borja, 2014). Cabe mencionar que la subjetividad, motivaciones e intereses quedaban fuera del proceso analítico. De forma general, el fin último del método experimental —y, por ende, del conductismo— era obtener leyes elementales del aprendizaje y la conducta para ampliarlos a contextos complejos.

En consecuencia, este se explicaba a partir del vínculo entre estímulo y respuesta; de ahí que el interés del docente estaba en enseñar desde los procesos de reproducción y repetición de contenidos —eminentemente memorísticos—. De tal forma que resaltaba el papel del aprendizaje literal por encima del significativo.

Además, desde el conductismo se examinaba la memoria, pensamiento y solución de problemas, mientras que el análisis del aprendizaje y recuerdo de ejercicios sencillos han sido el sustento para las diferentes teorías de los procesos de memoria. La enseñanza de listas seriadas y pares asociados fueron métodos por excelencia que formaron parte de las estrategias pedagógicas desde esta postura (Smith y Kosslyn, 2008).

En consecuencia, emergieron un grupo de principios que fueron, paulatinamente, tomando fuerza en la educación. A continuación, se comparten algunos de ellos:

- Los niños son una *tabula rasa*, listos para ser condicionados por el ambiente.
- El objeto de la psicología científica era predecir y controlar la conducta.
- Los organismos son consecuencia del ambiente en que se encuentran y de su historia de aprendizaje.

- Es posible moldear la conducta proporcionando consecuencias positivas y organizar el programa para que esto ocurra.
- Dio lugar al surgimiento de tecnologías como control del aula y las máquinas de enseñar.
- En la actualidad se emplea la estrategia de otorgamiento de premios, objetivos instruccionales y sistemas de registro según el desempeño.

Psicología científica

De acuerdo con Mandler (2002), “a medida que los psicólogos experimentales realizaban distinciones cada vez más sutiles en su investigación de laboratorio sobre el aprendizaje por ensayo y error de los animales y la memoria de lo humanos, sus hallazgos parecían tener menos aplicaciones” (p. 4). Es decir, suponía un examen irrelevante para los contextos pedagógicos. En efecto, el deseo de extrapolar lo que sucedía en el laboratorio a la vida cotidiana del sujeto y sus procesos de aprendizaje ha sido una de las críticas más fuertes que ha recibido esta postura (Serrano y Pons, 2011).

Con el surgimiento de la revolución cognitiva, más bien, este panorama fue cambiando. Así, dio lugar a un genuino interés por el estudio psicológico del hombre. Primero se concentró en abordar sus procesos perceptuales y de solución de problemas. Después, en los procedimientos más integrales como toma de decisiones y formulación de metas. Sin embargo, las técnicas psicométricas tradicionales fueron insuficientes para la comprensión y explicación de tan complejos fenómenos.

Mención aparte merecen las contribuciones de las ciencias de la computación que permitieron simular procesos cognoscitivos a través de ordenadores. De esta manera, se acuñó lo que se conoce, en la literatura científica, como la analogía cerebro-computadora. Además, se crearon las bases para la teoría del procesamiento de la información

y se demostró el papel de las estructuras mentales en el pensamiento humano y toma de decisiones.

De trascendental significación fueron los aportes de Jean Piaget y Lev Vygotski. El primero, desde la epistemología genética, sentó los cimientos teóricos para comprender la dimensión consciente de los procesos de aprendizaje. El segundo autor aportó, desde su teoría sociocultural, los fundamentos para sopesar los procedimientos pedagógicos desde su determinación histórico-social, donde la ley fundamental del desarrollo facultó comprender el origen y desarrollo de las funciones mentales.

Tomando en cuenta lo anterior, se perfilan un grupo de temas que, desde la psicología cognitiva, constituyen importantes precedentes para interpretar por qué el aprendizaje es un proceso consciente, volitivo y autorregulado.

El aprendizaje como proceso de construcción

El aprendizaje humano, como un sistema de construcción, sirvió de base para la teoría constructivista y de la cognición situada. De ello se infiere que todo acto vinculado, necesariamente, debe partir de lo que el alumno ya conoce, mientras que la nueva información contribuye a enriquecer lo ya existente, de tal forma que se generan nuevas experiencias. En otras palabras, el conocimiento se crea y recrea fundiéndose con el aprendizaje previo; por lo tanto, este supone un procedimiento de construcción de significados. De hecho, es esto lo que motiva, al ser humano, a su búsqueda.

Con relación a lo mencionado, como señala Akudovich (2013), la concepción de la cognición —como inextricablemente situada y distribuida— conduce a la noción de comunidad de aprendizaje. Esta última se puede definir como un grupo de personas que se forma en función de los vínculos de reciprocidad que posibilita la convivencia en un mismo entorno y a través del uso de herramientas compartidas. Las

comunidades de este tipo hablan de grupos de personas con distintos niveles de pericia, experiencia y conocimiento que asimilan mediante su implicación y participación en actividades auténticas y culturalmente relevantes. Todo ello, gracias a la colaboración que establecen entre sí, a la construcción del conocimiento colectivo que llevan a cabo y a los diversos tipos de ayuda que se prestan mutuamente.

Esquemas mentales y saber hacer

De forma general, las estructuras mentales organizan la memoria, orientan y organizan el pensamiento. Asimismo, son fundamentales para el desarrollo de los procesos perceptivos; sobre todo, en lo que se refiere al procesamiento de la información, dado que sostienen los procedimientos de atención, memoria y pensamiento. Tal y como señalan Serrano y Pons (2011), las estructuras de este tipo, como basamento del aprendizaje, acuden a los conocimientos previos para vincularlos con los adquiridos y, de esta forma, organizar un conjunto de saberes nuevos.

Relacionado con lo anterior, se identifica como otro elemento relevante el saber hacer. En ese sentido, se reconoce la significación que tiene la práctica frecuente como un elemento necesario para desarrollar las habilidades cognitivas. La función del profesor consiste, en este caso, en asegurar el engarce más adecuado entre la capacidad mental constructiva del alumno y el significado y sentido social y cultural que reflejan y representan los contenidos escolares (Pérez Gómez, 2019).

Para el logro de estos propósitos, la autoconciencia y autorregulación —que provienen del funcionamiento de los esquemas mentales— son esenciales para el desarrollo cognitivo de los discentes. Así, se identifica el carácter activo de quien aprende, dado que intervienen variables psicológicas. Precisamente, el énfasis en las variables individuales ha

tomado importancia; en especial, en los procesos que deben generarse como resultado de la reflexión metacognitiva.

Fases del proceso de aprendizaje

Existen tres momentos o fases, en el proceso de aprendizaje, en los que interviene la autorregulación: fase preparatoria, de ejecución y de evaluación. En la primera, el alumno identifica la tarea a desarrollar, establece metas y planifica. En la segunda, se ejecutan las estrategias planeadas e interviene el autocontrol y la autoobservación. Incluso, se revisa la ejecución de la actividad. Por último, la evaluación de lo ejecutado parte de la autorreflexión y la metacognición.

Es importante señalar que, en correspondencia con cada fase de la tarea pedagógica, se esperan determinadas actuaciones más o menos estratégicas de los estudiantes que permiten regular aspectos cognitivos y motivacionales que intervienen en la resolución de la misma (Álvarez Valdivia, 2017).

Sin lugar a dudas, el aprendizaje se puede comprender como un proceso activo, cíclico y recurrente que integra la motivación, conducta y contexto (Álvarez Valdivia, 2017). De ahí que es necesario —desde el rol docente— promover en el alumnado mayor conciencia de sus capacidades de memoria, asimilación y solución de conflictos. En ese sentido, el planteamiento de metas pedagógicas, ajustadas y realistas, que contemplen sus realidades, permitirá lograr un mayor éxito en el desarrollo de tareas.

A ello se suman la necesidad de trascender y la visión de los estilos de aprendizaje; factores estratégicos en dicho proceso, en tanto permitan, a los discentes, ser más capaces de regular su propio curso formativo. En ese tenor, es indispensable el conocimiento de los enfoques de aprendizajes, donde, además, se incorporen aspectos contextuales y personales.

De acuerdo con Fernández-Castillo y Nieves-Achón, (2015), el estudiantado puede adoptar un enfoque superficial caracterizado por estrategias memorísticas y reproductivas. En este se fragmenta el conocimiento y la motivación se estructura a partir de elementos externos. A la par, pueden decidir una orientación profunda hacia la comprensión del conocimiento y la interrelación con materias precedentes o que se imparten durante el mismo curso. De esta manera se comprometen con la tarea y hacen uso de los procesos de aprendizaje necesarios para realizarla de forma apropiada. Todo ello dependerá de la tarea académica, contexto y estrategias.

El hecho de que el alumno supervise y oriente sus procesos cognitivos lo hace más eficaz y flexible para solucionar conflictos. En ese sentido, la motivación —como se ha planteado— constituye un importante catalizador del aprendizaje y piedra angular del mismo. De manera similar, las interacciones sociales contribuyen significativamente al logro de las metas dentro del proceso didáctico.

Desde la ley fundamental del desarrollo de las funciones psíquicas superiores, se plantea que, en el desarrollo cultural del niño, toda función aparece dos veces: primero a nivel social —interpsicológica— y más tarde a nivel individual —intrapicológica— (Akudovich, 2013). Desde este supuesto, no existe aprendizaje, que previamente no se dé, en un plano de la interacción. Es más, aquello tiene implícito una transformación en el sujeto, tributando hacia su desarrollo.

Por este motivo, se reconoce la interiorización como un sistema donde ciertos aspectos de la estructura de la actividad, que se ha ejecutado en un plano externo, pasan a desplegarse en uno interno. De esta forma, se diferencia la actividad externa en términos de procesos sociales mediatizados y se concluye que las propiedades de estos proporcionan la clave para entender el funcionamiento interno.

En este sentido, el papel del contexto social —en especial, la familia durante la primera infancia— contribuyen significativamente al

desarrollo. Luego, el grupo social, comunidad y escuela se convierten en contextos formadores. A propósito, los docentes deberán prestar atención a estos factores, porque el medio interviene también en la maduración del alumno. Incluso, es menester ubicar a la interacción social entre pares como un elemento necesario para la asimilación de contenidos. En efecto, asumir el aprendizaje, como un proceso de interacción contextualizado que se construye en colaboración con el otro, posibilitará ubicar estrategias que estimulen a reorganizar, elaborar y reconceptualizar la información.

Zona de desarrollo próximo y evaluaciones

La zona de desarrollo próximo es otro concepto necesario para la comprensión integral de la cognición y los procesos mentales. Acuñada por Vygotsky en 1931, esta teoría se define como:

no otra cosa que la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel del desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con un compañero más capaz. (Vygotsky, 1979, p. 133)

Ahora bien, su valor teórico-metodológico es clave para ubicar al aprendizaje como una característica fundamental del ser humano, dado que identifica las potencialidades en aquello que el alumnado puede lograr con la ayuda de sus pares o adultos. El trabajo con otros —en torno a la comunicación y colaboración— contribuirán significativamente a lograr metas que le son significativas.

Estas visiones colocan la mirada en la necesidad de repensar las prácticas pedagógicas desarrolladas cotidianamente. En especial, supone también nuevos enfoques en la metodología de las evaluaciones. Así, los procedimientos novedosos tienden a resaltar el aprendizaje en su contexto, identifican los momentos para aplicarlos, el procedimiento, instrumentos y parámetros.

En síntesis, la evaluación formativa y del proceso constituyen una poderosa herramienta, ya que se subliman como una auténtica evaluación. De acuerdo con Vallejo Ruiz y Molina Saorín (2014), la evaluación realmente será confiable en la medida que conecte la experiencia educativa con asuntos relevantes de la vida; a saber: ámbitos personales, profesionales y sociales. Todo ello garantiza la adquisición de una serie de competencias inmanentes y profesionales que permitan al alumno desempeñar adecuadamente sus funciones laborales y su perfil de ciudadano, a partir del cual le sea posible estar en la sociedad de una forma activa y comprometida con la mejora de la misma, del desarrollo individual y de los demás.

Conclusiones

La cognición humana, es un acto de conocimiento, en el que participan procesos mentales que dirigen y controlan la actividad. La psicología cognitiva, encargada de estudiarla, es una disciplina que ha permitido examinarlos para encontrar una explicación a cómo se da su desarrollo en el ser humano. Sin embargo, la investigación ha desplegado numerosos temas específicos de debate, dentro de los que se destacan: el aprendizaje como proceso de construcción, esquemas mentales y saber hacer, aprendizaje y autorregulación, así como la zona de desarrollo próximo y evaluación.

De forma lacónica se puede expresar que este es un proceso de construcción en el que se identifican tres momentos o fases: preparatoria, de ejecución y de evaluación. Cada una corresponde con un momento de la ejecución de la tarea académica que debe desarrollar el alumno.

Por su lado, las estructuras mentales organizan la memoria, orientan y organizan el pensamiento. Para su funcionamiento acuden a los conocimientos previos para vincularlos con los adquiridos y, de esta forma, organizar un conjunto de saberes nuevos.

Por último, la comprensión de la cognición ha permitido concluir que la evaluación formativa y de proceso son fundamentales para el aprendizaje significativo, y que, sobre todo, este último es un procedimiento contextualizado y mediado socialmente, donde el papel del otro es clave para la adquisición de nuevos conocimientos y competencias.

Ejercicio taller

Con el objetivo de asimilar, de manera significativa, la información brindada en este capítulo se propone la creación de un cuadro sinóptico que abarque los principales aportes a la educación del estudio de la cognición y los procesos mentales. Para ello, siga las instrucciones:

1. Lea e identifique las categorías y subcategorías presentadas en este capítulo.
2. Luego, escriba un título descriptivo y claro para su taller.
3. Enseguida, organice la información obtenida en un cuadro sinóptico. Utilice colores, elementos gráficos y conectores para desarrollar su organizador.
4. Finalmente, recuerde enumerar los principales aportes a la educación del estudio de la cognición y los procesos mentales.

Referencias bibliográficas

- Akudovich, S. (2013). El legado de I. S. Vygotsky en la Educación Especial Contemporánea. *Mendive*, 11(2), 252-264. <https://n9.cl/z9uey>
- Álvarez Valdivia, I. (2017). Evaluar para contribuir a la autorregulación del aprendizaje. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 7(19), 1007-1029. <https://doi.org/10.25115/ejrep.v7i19.1362>
- Fernández-Castillo, E. y Nieves-Achón, Z. (2015). Enfoques de aprendizaje en estudiantes universitarios y su relación con el rendimiento académico. *Revista Electrónica Educare*, 19(2), 37-51. <https://doi.org/10.15359/ree.19-2.3>
- Meza Borja, A. (2014). El doble estatus de la psicología cognitiva: como enfoque y como área de investigación. *Revista de Investigación en Psicología*, 8(1), 145-163. <https://doi.org/10.15381/rinvp.v8i1.4242>
- Ortiz Ocaña, A. (2015). *Neuroeducación. ¿Cómo Aprende el Cerebro Humano y cómo deberían enseñar los docentes?* Ediciones de la Universidad.
- Pérez Gómez, Á. (2019). Ser docente en tiempos de incertidumbre y perplejidad. *Márgenes Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 0(0), 3-17. <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v0i0.6497>
- Serrano, J. y Pons, R. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(1), 1-27. <https://lc.cx/i8pWbA>
- Smith, E. y Kosslyn, S. (2008). *Procesos cognitivos. Modelos y bases neurales*. Pearson Prentice Hall.
- Vallejo Ruiz, M. y Molina Saorín, J. (2014). La evaluación auténtica de los procesos educativos. *Revista Iberoamericana de Educación*, (64), 11-25. <https://doi.org/10.35362/rie640403>
- Vygotsky, L. (1979) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Grijalbo.

Capítulo 6. Metacognición y aprendizaje

 **Jaime Ullauri Ullauri***

 **Carol Ullauri Ullauri***

**Universidad Nacional de Educación*



Este capítulo focaliza la comprensión conceptual de *cognición* y *metacognición* en función de su impacto en el aprendizaje. Además, recorre algunos aspectos básicos de los procesos formativos que se relacionan con la cognición, metacognición y aprendizaje significativo. Se repasan, por último, estrategias y modelos de trabajo que facultan la óptima formación del alumno.

¿Qué se entiende por cognición?

Cognición proviene del latín *cognoscere* que significa, literalmente, conocer. Aunque el término se puede ampliar a dos definiciones adicionales: descubrir y entender el entorno. González y León (2013), a propósito, mencionan que la misma se define como un sistema de procesos que permiten, al aprendiz, adaptar la realidad a su conocimiento. Es decir, entender el contexto para su posible intervención.

Por otro lado, Dorsch (2005) plantea que la cognición integra “procesos o estructuras que se relacionan con la consciencia y el conocimiento como la percepción, el recuerdo (reconocimiento), la representación, el concepto, el pensamiento, y también la conjetura, la expectación, el plan” (p. 121). En correspondencia, existen factores

implícitos en todo el proceso cognitivo que ejecuta el cerebro a través del encausamiento de la información. Como Ullauri (2013) sostiene:

La cognición no es tan solo un proceso o un conjunto de procesos que posibilitan al ser humano resolver sus problemas, la cognición es un conjunto de destrezas y competencias que permiten al ser humano ser “capaz de”, esta capacidad se traduce en poder esbozar y establecer relaciones lógicas, que solo las puede realizar el ser humano como tal. (p. 18)

En este sentido, es necesario dimensionar que estas situaciones, casos o problemas a los que se enfrenta la persona, en sus distintas etapas del desarrollo, necesitan ser tratados, comprendidos y, posiblemente, resueltos. Esto demanda que los contextos de aprendizaje sean ricos y estimulantes, que provoquen el desarrollo de procesos cognitivos, potencien el tratamiento de distintas tareas, eventos y situaciones a los que se enfrentan las personas.

Procesos cognitivos: su importancia en el aprendizaje

Desde sus inicios, la psicología cognitiva —y luego la neurociencia— propone a la cognición como resultado del análisis de datos. En ese contexto, Parkin (1999) indica que el estudio de los mismos refiere a “la rama de la psicología que intenta proporcionar una explicación científica de cómo el cerebro lleva a cabo funciones mentales complejas como la visión, la memoria, el lenguaje y el pensamiento” (p. 3); es decir, el desarrollo cognitivo asociado a diferentes procesos mentales en la adquisición de conocimientos. Por otro lado, para los autores Smith y Kosslyn (2008), el cerebro asimila la información y utiliza mecanismos básicos y superiores. No obstante, todo confluye en el aprendizaje:

Hemos de hacer hincapié desde el principio en que prácticamente ninguna de las funciones cognitivas es efectuada sólo por una única área cerebral, sino el trabajo conjunto de diferentes sistemas de áreas

cerebrales permite realizar tareas específicas. No obstante, cada área del cerebro interviene en ciertas funciones y no en otras y conocer estas funciones ayuda a entender el funcionamiento y análisis global del cerebro. (p. 18)

Un procesamiento de la información relevante va asociado con el nivel de desarrollo cognitivo y este, a su vez, deviene en la asimilación de saberes nuevos. Aunque, es necesario conocer ciertas estrategias para hacer de ese conocimiento un factor significativo capaz de ser transferido a situaciones cotidianas. En definitiva, es necesario aprender a aprender.

¿El uso de estrategias de aprendizaje son relevantes?

Cada vez se hace más necesario pasar del aprendizaje rutinario y controlado, propio de la pedagogía tradicional y del modelo conductista que lo promovía con relativo éxito, a uno constructivista que posibilite el análisis y reflexión del proceso. En el contexto actual, el avance científico y tecnológico conlleva establecer nuevas formas de hacerlo. Tal como lo afirman Coll *et al.* (2015), “el aprendizaje constructivista supone tres aspectos relevantes: la importancia de la metacognición, la influencia de los conocimientos específicos y la influencia social, esencialmente de los escenarios educativos, en el aprendizaje” (p. 217). Dicho de otro modo, el constructivismo acuña la metacognición como el aspecto que faculta una formación más estratégica. No obstante, el control de los recursos para el dominio de tareas implica la automatización de ciertas estrategias que permiten el uso en diferentes espacios y problemas que surgen al momento de aprender.

Por otro lado, Shiffrin y Schneider (1977) abordan las diferencias entre los ambientes controlados y los no controlados para priorizar el uso de estrategias para el aprendizaje y dejan de lado todos los ambientes rígidos y conductistas que no tributan el desarrollo del pensamiento.

Tabla 1. Diferencias entre los procesos controlados y automáticos de Shiffrin y Schneider

Procesos controlados	Procesos automáticos
Consumen atención.	No consumen atención.
No son rutinas aprendidas.	Se adquieren por aprendizaje.
Son flexibles y se adoptan a las diferentes situaciones.	Una vez adquiridos, se modifican con dificultad.
Requieren esfuerzo consciente.	No requieren esfuerzo consciente.
Pierden eficacia en condiciones adversas.	Se ejecutan eficazmente en condiciones adversas.
Producen interferencia en situaciones de doble tarea.	No interfieren en la ejecución de una segunda tarea.

Fuente: Coll et al. (2015)

Así pues, dada la importancia de los procesos automáticos, es decir, el conocimiento, regulación y control de los procedimientos cognitivos en el alumno, se hace imprescindible el uso de estrategias que favorezcan las habilidades cognitivas. De esta forma, es menester centrarse en el estudio de la metacognición.

Importancia del uso de estrategias metacognitivas en el aprendizaje

Es preciso conocer cómo el proceso de aprendizaje puede beneficiarse del uso de estrategias para asegurar una formación trascendente. De hecho, el aspecto psicológico es determinante en el desarrollo del individuo. A propósito, Schunk (2012) afirma que “el aprendizaje es un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera, el cual es resultado de la práctica o de otras formas de experiencia” (p. 1), lo que supone que, para que exista asimilación, necesariamente, debe haber una transformación en el régimen conductual y esta debe perdurar en el tiempo. Asimismo, el cambio a largo plazo está asociado a algún tipo de experiencia, por lo que las interacciones con el contexto facultarán la adquisición de conocimiento.

Para las distintas teorías cognitivas, el proceso didáctico consiste en una serie de pasos en los que el análisis cumple un papel importante. De esta manera, se derivan las interrogantes de cómo se ejecuta el aprendizaje y, lo más importante, cuál es el método para que los discentes sean capaces de conocer, controlar y regular dichos procesos a través de la aplicación de estrategias cognitivas. Monereo *et al.* (1994) explican, sobre lo anterior, que las mismas implican la toma de decisiones, ya sean conscientes o inconscientes. En esta dinámica, el individuo es capaz de seleccionar y recuperar los conocimientos que necesita para poder realizar determinada actividad.

Por otro lado, Schunk (2012) expone, con relación a las habilidades cognitivas, que las estrategias pedagógicas son el desarrollo de procedimientos y planes orientados hacia la consecución de una meta; incluso, los mismos requieren de un análisis profundo para diseñar el plan más adecuado para lograr un objetivo. Por su parte, Perkins y Salomon (1988) sostienen que “el conocimiento general incluye estrategias, en ocasiones llamadas autocontrol, autorregulación o metacognición, con muchas aplicaciones para solución de problemas, pensamiento creativo, toma de decisiones, aprendizaje y buen manejo mental” (p. 17). En consecuencia, la autorregulación de los propios conocimientos es relevante en cualquier etapa formativa.

Oxford (1990) plantea, finalmente, que las estrategias cognitivas poseen algunas características importantes. A saber: permiten al estudiante ser autónomo, están orientadas hacia la resolución de problemas, apoyan el aprendizaje directa e indirectamente y, sobre todo, son flexibles y pueden enseñarse. En definitiva, fomentan habilidades metacognitivas para aprender a aprender.

La metacognición en el aprendizaje

El concepto *z*, para Flavell (1976), es la reflexión sobre los propios procesos cognitivos. En otras palabras, este término supone la

conciencia que tiene una persona para entender el sistema que utiliza al momento de adquirir un aprendizaje, además de ser capaz de trasladar los conocimientos adquiridos hacia la solución de conflictos.

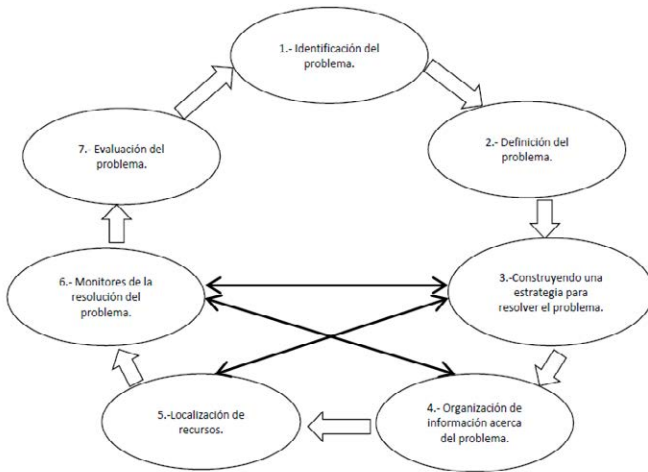
En correspondencia, Flavell (2000) considera que la metacognición es el “nivel más alto” de la actividad mental de la persona, lo que comporta el desarrollo de procesos mucho más complejos —exclusivos de la mente consciente— y estos avanzan en su desarrollo desde la primera infancia y se vuelven evidentes en la tercera³. Además, regulan, en un primer momento, las propias capacidades cognitivas, el desarrollo de las tareas y las estrategias metacognitivas. Dichos procedimientos afloran incluso antes de la actuación del niño sobre la tarea, en momentos en que planifica y define estrategias para abordarla. Asimismo, se los puede observar en la toma de decisiones sobre la marcha de la ejecución del plan para la resolución de actividades, lo que posibilitará la toma de conciencia del niño sobre su aprendizaje.

Por otro lado, para los autores Ullauri y Ullauri (2018), la metacognición se refiere a la capacidad de reflexionar, comprender y controlar el propio proceso de aprendizaje, lo que lleva al alumno a gestionar y controlar las actividades implicadas en el tratamiento de la tarea. Es más, desde la teoría de autores como Flavell (2000) y Stenberg (2011), la metacognición abarca la autorregulación y monitoreo de la resolución de actividades escolares.

De esta suerte, una de sus aplicaciones es la resolución de problemas de Stenberg (2011). Por lo mencionado, resulta importante abordarlo a profundidad.

³ La infancia se divide en tres etapas. La primera ocurre desde el nacimiento hasta los tres años de edad. La segunda, desde los tres hasta los seis o siete. Finalmente, la tercera se da entre los seis o siete años hasta los doce.

Figura 14. Ciclo de resolución del problema de Sternberg



Fuente: Sternberg (2011, p. 430)

A partir de la Figura 14, el autor propone un proceso con diferentes fases para la resolución de un problema. Pero más allá del esquema expuesto, lo interesante es la relación que surge entre las fases tres y seis, en las que la persona debe ser consciente de las tareas que debe ejecutar para, en lo posible, resolver las eventualidades. Esto implica, asimismo, que el individuo desarrolle acciones conscientes y tome decisiones, previamente analizadas, hacia la solución de un conflicto. Esto es, justamente, lo que se conoce como *metacognición*.

Por otro lado, Ullauri (2013) indica que:

cualesquier situación obstáculo que propicie la activación de un proceso cognitivo, que para ser resuelto necesita de la interacción de acciones que se puedan ejecutar, a partir de destrezas como la observación, inferencia, suposición, análisis, etc., que emprende el ser humano como tal, permitiendo la adquisición de nuevas destrezas que posibilitan el desarrollo de un proceso que crea el camino para que los niños establezcan soluciones lógicas y reales al problema. (2013, p. 46)

La cita hace referencia a que un proceso metacognitivo comprende la activación de varias series cognitivas y la conciencia que la persona tiene sobre estos. Incluso, se consideran los factores que permiten conducir dicho sistema, comportando asumir los errores y aciertos —de los cuales se aprende—; mismos que posibilitan la reflexión sobre dichos conocimientos y subliman la experiencia como un trayecto efectivo o posible hacia una solución del caso, problema o situación análoga.

El aprendizaje que puede construir una persona, a partir del desarrollo de procesos metacognitivos, dependerá de la cantidad y, en especial, de la calidad de las relaciones que pueda construir y transferir a otros contextos. En este sentido, se considera como aprendizaje efectivo y significativo aquel que se produce en el traslado de dicho conocimiento hacia situaciones o contextos similares, incluso muy distintas, en donde su aplicación sea coherente y, por lo tanto, posible.

Así, los procedimientos metacognitivos y su desarrollo dependen, de manera fundamental, de la comprensión de los aspectos y elementos que integran la tarea para el estudiante y de la ayuda que puede recibir del tutor, de forma que el soporte modere las dinámicas y condiciones de las estrategias que permitirá trabajar en cómo se aplicarán y las condiciones bajo las cuales, las diferentes estrategias, serán efectivas para el desarrollo del aprendizaje (Ullauri y Ullauri, 2018).

En otro orden de cosas, Flavell (1976), en su tratamiento de la metacognición, diferenció dos categorías: el conocimiento de la cognición y la regulación. Cuando el autor hace referencia a la primera, se refiere a la autopercepción que tiene una persona sobre sus capacidades cognitivas, lo que constituye un conocimiento declarativo sobre el proceso y las estrategias mentales. Además, abarca la apreciación sobre los procedimientos que constituye el saber cómo utilizar y aplicar las estrategias cognitivas y el conocimiento sobre las condiciones de la cognición que comporta la reflexión sobre las variables.

Por otro lado, la regulación metacognitiva se constituye por el monitoreo cognitivo, que es la capacidad de la persona para evaluar

sus procesos mentales. Es, en otras palabras, estar consciente de ellos y su desarrollo. A la par, implica un control ejecutivo del procedimiento que incluye también la búsqueda de estrategias adecuadas para afrontar conflictos. De esta forma, se sublima como la capacidad que tiene la persona para reflexionar sobre sí para lograr un aprendizaje significativo.

Modelos de abordaje del aprendizaje basados en el desarrollo de la metacognición

El desarrollo y construcción de procesos metacognitivos requiere diseñar una arquitectura de pensamiento que regule la definición de modelos y estrategias educativas, con el objetivo de fomentar el aprendizaje. A esta tarea se han sumado varios autores para ofrecer perspectivas y modelos vinculados. A continuación, se los describe:

1. Inicialmente, se incluye el modelo de dos niveles metacognitivos de Nelson y Narens (1990) que tributa a la regulación del aprendizaje. El primero se caracteriza por implicar tareas relevantes del conocimiento y el uso de un repertorio de estrategias automatizadas. El segundo es un meta-nivel que se define por un explícito esquema mental de integración de la estrategia de uso que controla y organiza el aprendizaje. Ahora bien, ambos están conectados por un monitoreo y control de procesos en los que la vigilancia permite al estudiante evaluar las demandas y los resultados con el fin de informar la construcción de un modelo mental en el meta. Por otro lado, la información faculta al alumno controlar el rendimiento y seguimiento posterior.
2. El modelo de Pressley *et al.* (2005) centra su esfuerzo en el procesamiento de información. Asimismo, refuerza la idea que el aprendizaje se puede desarrollar con mayor efectividad al utilizar estrategias de autorregulación. De último, el modelo comporta tres fases: planificación, monitoreo y evaluación.

3. Por su parte, Winne y Nesbit (2009) han propuesto un modelo de cuatro fases. El primero focaliza su esfuerzo en la relación interactiva entre tareas que regulan la instrucción y factores de tiempo para su desarrollo. El segundo abarca el ámbito cognitivo que define el dominio de conocimiento, motivación y factores de creencias que posee el sujeto y que inciden el desarrollo. El tercero, la posible resolución de la tarea. El último se orienta hacia el campo metacognitivo que modera el seguimiento y control de los procesos y las condiciones que se generan durante el aprendizaje.

Como complemento a estos modelos, basados en la metacognición, se relaciona también la ejecución de procesos de control para evaluar cada una de las fases que integran dichos paradigmas. A propósito, Serra y Metcalfe (2009) han acuñado el término *control de precisión* con el fin de describir el ciclo del seguimiento, actualización de representación mental a meta-nivel y control de subsecuente aprendizaje. En general, se considera que este es el mecanismo subyacente que permite al discente volverse gradualmente autorregulado, ya que el mismo adquiere un repertorio de estrategias automatizadas, monitorea el desempeño, construye un modelo de aprendizaje continuo y lo emplea para gerenciar su formación.

Huelga mencionar que estos modelos son difíciles de construir e incluso deconstruir, en caso de que estén internalizados en los estudiantes. Para los autores Miwa *et al.* (2014), la construcción de los mismos facilita el desarrollo de procesos metacognitivos, dado que se basan en la práctica y regulación; dos cuestiones que implican trabajo, ejemplos y control.

Conclusiones

Por último, es apropiado considerar que los procesos metacognitivos surgen de una correspondencia lógica y adecuada de la relación de aspectos cognitivos básicos y superiores del pensamiento como la

percepción, atención, memoria, pensamiento, razonamiento y lenguaje (Ullauri y Ullauri, 2018).

Asimismo, el tratamiento y resolución de una tarea depende específicamente del esfuerzo cognitivo y metacognitivo que el estudiante desarrolle para este fin y que lo construye desde la identificación del problema, capacidad de definición y representación, formulación de estrategias —repertorio—, organización de la información, ubicación de los recursos, monitorización el proceso, establecimiento, inferencias y evaluación de la resolución de la actividad.

También se puede concluir que la metacognición es un procedimiento del pensamiento que posibilita diseñar un determinado plan para la realización o resolución de una tarea específica. Esta es una cualidad que supone examinar el pensamiento y tomar conciencia sobre él. Esto último se intensificará a lo largo del desarrollo evolutivo del niño, pero que se vuelve más evidente en la tercera infancia.

Para cerrar este capítulo es imprescindible poner de relieve el papel del tutor como mediador, pues fomenta el desarrollo del aprendizaje de los niños, por lo mismo, este será quien guie ese proceso y, sobre todo, provea de modelos que contribuyan a la realización de una determinada tarea, o bien a la resolución de una eventualidad. Entonces, la implicación del docente es promover sistemas a través de la entrega de ayudas ajustadas y estrategias contextualizadas para propósitos específicos. Así, resulta evidente que los apoyos implican también recursos didácticos y sus sistemas de evaluación.

Ejercicio taller

De acuerdo con lo revisado en este capítulo, genere un diagrama donde se exponga la relación entre cognición, metacognición y aprendizaje. Utilice el siguiente esquema de tareas para lograr el objetivo:

- Antes de iniciar, revise y conceptualice los términos *cognición*, *metacognición* y *aprendizaje*.

- Luego, elija un tipo de diagrama que se adecúe a sus necesidades y estilo de aprendizaje (diagrama de flujo, mapa conceptual o cualquier otro formato).
- A continuación, genere el diagrama utilizando flechas, líneas, conectores, etiquetas y enlaces para vincular los conceptos y mostrar las interacciones entre ellos. Asegúrese de que su diagrama sea comprensible.
- De forma adicional, puede incluir ejemplos concretos o ilustraciones que ejemplifiquen cada concepto y su relación.
- Finalmente, compruebe que el diagrama sea claro y coherente.

Referencias bibliográficas

- Coll, C.; Palacios, J. y Marchesi, A. (2014). *Desarrollo Cognitivo y Educación*. Alianza.
- Dorsch, F. (2005). *Diccionario de psicología*. Heder.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive Aspects of Problem Solving. En L. Resnick (Ed.), *The Nature of Intelligence* (p. 231-235). Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. (2000). *El Desarrollo cognitivo*. Visor.
- González, B. y León, A. (2013). Procesos cognitivos: de la prescripción curricular a la praxis educativa. *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales* (19), 49-67. <https://www.redalyc.org/pdf/652/65232225004.pdf>
- Miwa, K.; Morita, J.; Nakaike, R. y Terai, H. (2014) Learning through intermediate problems in creating cognitive models. *Interactive Learning Environments*, 22(3), 326-350. <https://doi.org/10.1080/10494820.2012.666668>
- Monereo, C.; Castelló, M.; Clariana, M.; Palma, M. y Pérez, M. (1999). Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Graó.
- Nelson, T. y Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. *Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125-173.
- Oxford, R. (1990). *Language learning strategies: what every teacher should know*. Newbury House
- Parkin, A. (1999). *Exploraciones en neuropsicología cognitiva*. Panamericana.
- Perkins, D. y Salomon, G. (1988). *Teaching for transfer*. Educational Leadership.
- Schunk, D. (2012). *Teorías del aprendizaje: una perspectiva educativa*. Pearson Educación.
- Serra, M. y Metcalfe, J. (2009) Effective implementation of metacognition. En D. Hacker; J. Dunlosky y A. Graesser (eds.), *The Handbook of Metacognition in Education* (pp. 278-298). Mahwah.
- Shiffrin, R. y Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127-190. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.84.2.127>
- Smith, E. y Kosslyn, S. (2007). *Procesos cognitivos y bases neurales*. Pearson Educación.
- Sternberg, R. (2011). *Psicología cognitiva*. Thomson.

- Ullauri, J. (2013). Proceso metacognitivo del pensamiento lógico matemático: razonamiento hipotético [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20783>
- Ullauri, J. y Ullauri, C. (2018). Metacognición: razonamiento hipotético y resolución de problemas. *Revista Científic*, 3, 121-137. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2018.3.8.6.121-137>
- Winne, P y Nesbit, C. (2009). Supporting self-regulated learning with cognitive tools. En D. Hacker; J. Dunlosky; A. Graesser (eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 259-277). Routledge.

Capítulo 7. Neuromitos en la educación

 **Sandra Medina-Márquez***

 **Glenda Encalada-Jiménez***

**Universidad Nacional de Educación*

 **Jordi Solbes**

Universitat de València



En el entorno científico siempre existirán situaciones que interpelen la fiabilidad, aplicación y resultados de algunos hechos científicos. No obstante, el rol que cumple la investigación científica es, precisamente, comprobarlos. En el área de la educación sucede algo similar, por lo que es imperativo corroborar la validez de programas, estrategias y materiales que ofrecen garantizar el éxito en el aprendizaje. De esta forma, el presente capítulo contiene ocho preguntas sobre neuromitos educativos, los cuales son considerados, en principio, como errores de interpretación generados por una mala comprensión, lectura superficial o citas de evidencias neurocientíficas descontextualizadas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OECD], 2002).

Neuromito

El término *neuromito* fue acuñado por Alan Crockard en la década de los ochenta cuando se refirió a las ideas no científicas sobre el cerebro en la cultura médica (International Science Teaching Foundation [ISTF], 2023). De forma general, son creencias erróneas sobre el funcionamiento del cerebro debido a malinterpretaciones de resultados científicos reales (Carballo y Portero, 2019). Por otro lado, estas falsas

creencias trascienden las condiciones de un laboratorio y no son debidamente contrastadas con su aplicación o prueba; por lo mismo, son difíciles de erradicar porque se expanden con facilidad al tratarse de explicaciones simples —no experimentales— sobre los procesos cerebrales (Pasquinelli, 2012).

En específico, en el campo de la educación, en términos de Bueno (2019), la aplicación de estrategias pedagógicas que no tienen fundamento científico puede contribuir a una involución educativa, ya que las mismas pueden o no funcionar; o, peor aún, pueden tener consecuencias negativas en el aprendizaje de los estudiantes a mediano y largo plazo. Es más, la práctica de estrategias pedagógicas que no tienen validez científica involucra la inversión innecesaria de tiempo y recursos.

Además, algunos programas neuroeducativos realizan sus propuestas con base en actividades que son ejecutadas de manera genérica, a modo de recetas infalibles para la educación, sin tomar en cuenta las particularidades de los discentes.

Dicho esto, en el siguiente apartado se presentan los neuromitos que tienen implicaciones en la educación.

¿La inteligencia se hereda o desarrolla?

Esta pregunta cuenta con una larga tradición, donde la mayoría de respuestas han servido para fortalecer los discursos legitimadores de la desigualdad. En efecto, durante muchos siglos el hereditarismo se vio como una idea de sentido común; así se puede ubicar y entender el preconceito medieval de la nobleza y fuerza de sangre; algo que también está presente en algunas novelas decimonónicas de Dickens y Zola.

Por otro lado, Francis Galton (1869) y su discípulo Pearson fueron dos de los primeros científicos que trataron de demostrar, con estudios estadísticos, que el genio era hereditario. El psicólogo Binet, por su lado, en lugar de medir el cerebro —como hicieron Broca y Lombroso— trató de medir la inteligencia con la idea de identificar a los niños que no

podían aprovechar la instrucción para buscar métodos para incrementar dicho coeficiente.

Esta segunda parte fue olvidada por los psicólogos anglosajones como Goddard (1927), Spearman o Terman, quienes elaboraron test que evaluaban una única cantidad innata, el coeficiente intelectual (CI), que era posibilitada en gran parte por la herencia y era poco modificable por el ambiente familiar y escolar. Esto se ponía de manifiesto objetivamente, según ellos, porque los peores resultados los obtenían personas de la clase trabajadora, minorías raciales, inmigrantes, etc., lo que les permitía explicar las desigualdades sociales por desigualdades en el CI. Estos análisis se utilizaron en el ejército, sistema educativo, los inmigrantes y demás con una finalidad clasificatoria (Gould, 1997).

Burt (1940), por su lado, trató de demostrar el carácter hereditario del CI y la poca influencia del ambiente, haciendo exámenes con gemelos educados por familias diferentes que parecían confirmar sus tesis. No es extraño que partidarios del carácter hereditario de la inteligencia, como Galton o Pearson, defiendan el eugenismo, ideología que defiende la mejora de los rasgos humanos mediante diversas formas de intervención —la prohibición de matrimonios interraciales o la esterilización forzosa hasta llegar al holocausto de los nazis, son dos ejemplos claros—. Sin llegar tan lejos, los defensores de la inteligencia heredada también suelen ser adeptos de medidas clasificatorias y selectivas en educación. De esta forma, Burt influyó en la implantación en el sistema educativo inglés del examen Eleven Plus, que impedía que los alumnos prosiguiesen estudios a partir de una determinada edad si no los superaban. Lewis Terman, creador del test Stanford-Binet —un modelo posterior— e introductor del CI, era partidario de itinerarios para alumnos superdotados, brillantes, promedio, lentos y especiales, cada uno de los cuales tendría un currículo especializado (Gould, 1997).

Pero el gran desarrollo de la genética —a partir del descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en 1953— dio pie al determinismo genético; en consecuencia, una serie de rasgos del

individuo, como la inteligencia, están constreñidos por estos factores. Consecuentemente, a partir de los años 60 vuelven a aparecer teorías sobre el origen hereditario —genético— de la inteligencia como las de Jensen o Eysenk.

Por fortuna, existen varias corrientes psicológicas, como las teorías de Thurstone, Guilford o Gardner, que consideran que la inteligencia está constituida por una serie de aptitudes mentales independientes e igualmente importantes, como la comprensión verbal, numérica, espacial, memoria, razonamiento, etc.; lo que imposibilita la clasificación de los individuos en una única escala o CI.

Los conductistas y sus principales críticos, los cognitivos, cuestionan la estabilidad de la inteligencia y centran su estudio en los procesos —conductuales en un caso y cognitivos en otro— que la constituyen, puesto que los mismos son dinámicos y perfectibles. También han demostrado que los test de CI incluían referentes culturales específicos e incluso juicios clasistas, comportamientos socialmente aceptables o estereotipos sociales (Gould, 1997).

Pero las críticas más incisivas a las teorías de la inteligencia hereditaria provienen de biólogos como Gould (1997) y Lewontin *et al.* (1996). Ellos ponen de manifiesto cómo muchos resultados de dichas teorías se han obtenido violando los cánones de la objetividad científica. Así, Burt falsificó resultados, inventando pares de gemelos idénticos. Respecto al determinismo genético, subrayan que nadie ha podido relacionar ningún aspecto del comportamiento social humano con un gen particular, ya que los rasgos que ostenta un organismo — el fenotipo— no están constreñidos por el genotipo. Son, más bien, una consecuencia de la interacción de genes y ambiente, por lo que Lewontin *et al.* (1996) afirman que todo organismo está en continuo desarrollo durante toda su vida y está bajo la influencia de lo heredado y el ambiente donde se desenvuelve.

Neurocientíficos como Willingham (2011) señalan que la herencia genética influye, pero que lo hace más el entorno y, entre muchos

ejemplos, menciona aumentos del CI del 10 % en programas de intervención educativa o el incremento del CI entre 15 % y 20 % en el último medio siglo en países occidentales —efecto Flint—, debido a las mejoras en educación, nutrición y sanidad. Además, en psicología y neurociencia se ha introducido recientemente la plasticidad cerebral, término que no es fácil de definir. Aunque, de forma general, se refiere a la capacidad del sistema nervioso para cambiar su estructura y su funcionamiento a lo largo de su vida, como reacción a la diversidad del entorno. Incluso, desde la educación científica, autores como Jiménez y Puig (2010) y Solbes (2013) han criticado el hereditarismo a partir de debates del alumnado o ejemplos que lo ponen en cuestión.

¿El tamaño del cerebro influye en el aprendizaje?

Durante el siglo XIX, científicos como Broca y Lombroso trataron de calcular la inteligencia mediante el análisis del tamaño del cerebro. De esta forma, iniciaron la craneometría. Además, en sus hallazgos descubrieron que anatómicamente el cerebro masculino, en particular el de los varones blancos y anglosajones, tiene mayor peso y volumen que el femenino o que el de algunas poblaciones indígenas. Las conclusiones a las que llegaron afirmaron la superioridad de los WASP⁴ y que las mujeres o indígenas eran menos inteligentes porque sus cerebros eran de menor tamaño. En consecuencia, se justificó la prohibición para estudiar o votar de estas y la colonización hacia las comunidades nativas (Gould, 1997).

En efecto, los varones tienen mayor peso y altura que las mujeres y, por lo mismo, sus cerebros serán, en promedio, de tamaños superiores al de las mujeres. Aunque este no es un criterio para sopesar el nivel de inteligencia, porque si el mismo fuese una constante, los seres vivos

⁴ WASP hace referencia a la población White Anglo-Saxon Protestant de los Estados Unidos. En su traducción, WASP engloba, únicamente, a los hombres blancos, anglosajones y protestantes de clase alta.

más capaces serían las ballenas, cachalotes o elefantes. Por tanto, se concluye que el tamaño del cerebro no es una medida de inteligencia y del coeficiente de encefalización.

Aunque el mismo es una estimación aproximada de la posible inteligencia de animales y humanos, y se lo obtiene de la relación entre el tamaño del cerebro y el cuerpo del individuo, con el fin de explicar el potencial intelectual. En este caso, aunque la masa del cerebro de las mujeres es menor, también lo es su masa corporal; en consecuencia, dicho coeficiente será similar en hombres y mujeres ya que pertenecen a la misma especie.

En su defecto, la neurociencia —al día de hoy— ha mostrado que la inteligencia está relacionada con el patrón de conexiones entre sus neuronas y no por factores de tamaño. Es decir, la capacidad cerebral está determinada genéticamente por la sinapsis; además del ambiente, educación y experiencias a lo largo de la vida.

Tú, ¿qué cerebro usas? ¿Izquierdo o derecho?

Investigaciones como la de Sperry y Gazzaniga (1967), quienes seccionaron el cuerpo calloso, evidenciaron que, en ciertas condiciones especiales, los hemisferios trabajan de forma independiente. Así dan origen a que cada uno cumpla un rol determinado: el hemisferio derecho es más intuitivo y el izquierdo, analítico.

Figura 15. Los hemisferios cerebrales y funciones



Fuente: Psicología y Logopedia (2017)

Una serie de experimentos realizados en diferentes tiempos en pacientes con y sin alguna condición específica, mostraron información importante sobre cómo funcionaba el cerebro, el trabajo independiente de los hemisferios y, por ende, la especialización de cada uno de ellos (Forés *et al.*, 2015). Las técnicas modernas de neuroimagen reafirman esta especialización, pero no se conoce con certeza a que se debe. No obstante, se presume que la diferencia de tamaño de las fibras nerviosas de los hemisferios y del cuerpo calloso podría ser la causa de que la comunicación entre ellos sea lenta y reste eficiencia, promoviendo, de esa forma dicha especialización (Sousa, 2011).

El cerebro neurotípico, en otro orden de cosas, mantiene una interconectividad entre sus hemisferios, ya que comparten información por medio del haz de fibras nerviosas denominado cuerpo calloso. Aunque, la evidencia basada en investigaciones con resonancia magnética muestra que ciertas zonas del cerebro están más activas durante la ejecución de tareas, no significa que las demás no participen

con menor grado e incidencia (Forés *et al.*, 2015). Funciones como el lenguaje, en mayor porcentaje, está localizado en el hemisferio izquierdo, pero, durante ciertas actividades lingüísticas, el derecho también tiene protagonismo. Esto se evidenció en un experimento donde los participantes asociaban verbos inusuales con ciertos sustantivos (Seger *et al.*, 2000). La creatividad también depende de la integración de la información de los hemisferios, por ejemplo, en aritmética se necesita del sistema visual y cuantitativo motivo por el cual intervienen ambos (Forés *et al.*, 2015).

Investigaciones como las de Peretz (2003), Fine (2005) y (Geake, 2008) han demostrado que ciertas actividades académicas requieren de la integración necesaria de información entre el hemisferio izquierdo y el derecho a través del cuerpo calloso. Además, de la interconexión de diferentes funciones que realiza el cerebro —en las que intervienen muchas regiones distintas— como la memoria, toma de decisiones, gestión emocional, representación simbólica, entre otras.

El mito está en creer que tener en cuenta estas particularidades sobre los hemisferios al momento de planificar las actividades del aula, mejorará el aprendizaje de los estudiantes, puesto que está demostrado que el cerebro asimila de manera integral, involucrando algunas zonas de acuerdo a la actividad que esté realizando. Todos los sujetos utilizan y poseen un dominio en ambos hemisferios, por lo que no se puede afirmar que existan diferencias en el nivel de empleo de uno u otro al momento de aprender (Painemil *et al.*, 2021).

¿La función cerebral mejora con la práctica de ejercicios de coordinación?

Forés *et al.* (2015) mencionan que en miles de escuelas de todo el mundo se encuentran niños realizando un conjunto de ejercicios peculiares, con los cuales se adquieren toda una serie de habilidades básicas que mejoran el funcionamiento cerebral y facilitan el aprendizaje. De

esta manera, por ejemplo, cruzar los brazos y las piernas en forma de gancho permitirá contrarrestar los efectos negativos de los campos electromagnéticos (Solbes y Esquerra, 2021) y mejorará la autoestima. Asimismo, realizar reiteradas veces una determinada flexión de un pie estando sentados ayudará a los niños con dificultades en el lenguaje. Pero ¿es posible que la práctica continua de estos movimientos específicos mejore el aprendizaje? ¿Existen evidencias empíricas que confirmen la utilización masiva de estas prácticas?

El *brain gym* propone una serie de ejercicios con la finalidad de que los estudiantes tengan mejores resultados en su formación y mejoras en el rendimiento cognitivo. La finalidad de este método es el de poder acceder a partes inaccesibles del cerebro y adecuar la coordinación de los hemisferios mediante ejercicios que tienen como base el equilibrio, respiración, movimientos de cabeza, fortalecimiento de músculos, beber agua y ejecución de actividades físicas (Fernández, 2017). Sus fundamentos teóricos están cimentados en tres dimensiones asociadas: equilibrio, locomoción y coordinación sensomotriz. Todas ellas están asociadas con categorías de movimiento que van desde ejercicios energéticos hasta desplazamientos de la línea media (Dennison y Dennison, 2012). El mencionado programa se apoya en teorías como la Doman-Delacato que establece la remodelación de patrones neurológicos, dominancia cerebral y de entrenamiento perceptivo motriz.

En términos generales, este es un modelo terapéutico desarrollado para intervenir a niños con lesiones a nivel cerebral, pero también fue empleado para trabajar en población con distintas discapacidades. Consiste en la ejecución de ejercicios sistemáticos para desarrollar la actividad muscular con la convicción que, de este modo, las redes neuronales pueden ser reparadas. Los ejercicios se combinan con estimulación sensorial para facultar una integración sensorial y motora en las células cerebrales dañadas y con técnicas de respiración para incrementar el flujo de oxígeno que llega al cerebro (SEFIP, 2021).

Este modelo, además, se fundamenta en que estas intervenciones garantizan la reorganización de un conjunto de patrones neurológicos que posibilitan mejorar habilidades motoras y competencias sociales e intelectuales en todos los niños, no solo en aquellos que padecen retraso mental o lesiones cerebrales. Sin embargo, no hay estudios ni evidencias empíricas que avalen estos supuestos, dado que existen varias investigaciones que han demostrado su ineficacia utilizando sus enfoques prácticos (Sparrow y Zigler, 1978; MacKay *et al.*, 1986; Academia Norteamericana de Pediatría, 1968; Guillén, 2015).

Así, es posible que, en determinadas situaciones, un programa como el *brain gym* pueda mejorar el aprendizaje. Al fin y al cabo, se tiene presente, gracias a los análisis de Hattie (2012), que la mayoría de las estrategias educativas funcionan, aunque no lo hagan de forma significativa. Pero otra cuestión es que esta mejora pueda darse por razones diferentes a las promovidas por los programas. Por ejemplo, actualmente se tiene registro de los beneficios cognitivos que conlleva la actividad física: la mejora del aprendizaje al jugar y la atención hacia los contenidos.

De último, este método no cuenta con evidencias empíricas que lo validen. Por el contrario, la Academia Norteamericana de Pediatría a través de comunicados en distintos años (1968-1999) puso en aviso sobre la falta de compatibilidad entre el método y los resultados de investigaciones actualizadas (Guillen, 2015). Tampoco existen pruebas válidas sobre los resultados positivos en el campo educativo promovidos por el programa. En su defecto, optar por el mismo ha implicado una inversión económica por el costo y tiempo que han empleado los profesores para capacitarse y el tener que interrumpir de manera habitual las actividades escolares previamente establecidas. Todo eso no se ha visto compensado con los resultados que debería generar, por lo tanto, todos los beneficios que ofrece el programa no pasan de ser simples supuestos (Ferrero, 2020).

¿Se aprende mejor si se enseña según los estilos de aprendizaje?

Los estilos de aprendizaje hacen referencia a la forma predominante y preferente para asimilar contenido. En el campo de la educación son muy populares el visual, auditivo y cinestésico. Por otro lado, se asume que estos pueden tener un impacto significativo si se contemplan los métodos preferentes del alumnado. Ahora bien, los estilos también pueden conceptualizarse como una “combinación de factores cognitivos, emocionales y psicológicos que describen cómo interactúa el aprendiz con el entorno y que influyen en su respuesta a distintos enfoques docentes” (Forés *et al.*, 2015, p. 27).

Figura 16. Estilos de aprendizaje



Fuente: Analitikus (2022)

Investigaciones como las de Kavale y Forness (1987), Coffield *et al.* (2004) y Krätzig y Arbuthnott (2006) revelaron que no existe relación significativa en utilizar estrategias didácticas relacionadas directamente con el estilo de aprendizaje preferido. Es decir, no hay resultados evidentes que apunten a la mejora del proceso pedagógico. Por el

contrario, dichos autores coinciden en que se asimila mejor cuando se utilizan conjuntamente varias modalidades sensoriales.

Independientemente del canal preferido para aprender de un estudiante, cada uno es diferente, tiene un cerebro único y particular. En este tenor, la neurociencia ha destacado que en el procesamiento sensorial intervienen varios tipos de aprendizaje, dado que el mismo es multisensorial. De esta forma se concluye que dicha creencia no cuenta con suficiente evidencia neurocientífica (Pallarés-Domínguez, 2016).

Es necesario que en el aula se recurra a materiales que favorezcan la formación del estudiante, que se presenten en múltiples modalidades sensoriales de manera conjunta con aspectos emocionales, cognitivos o psicológicos con la finalidad de que participen distintos estímulos que favorezcan la interconectividad entre las distintas regiones cerebrales (Guillén, 2015).

¿Existen periodos críticos después de los cuales el cerebro ya no puede aprender?

Las investigaciones sobre el cerebro demuestran que los seres humanos nacen con más de cien mil millones de neuronas, las cuales, al momento de su origen aún están inmaduras, no son funcionales, necesitan crecer, ramificarse y conectarse con otras para su óptimo funcionamiento. Se conoce también de períodos en los cuales se realiza una poda neural. Es decir, un proceso de selección de sinapsis que hace disminuir la densidad de conexiones neuronales, para seleccionar aquellas que son más útiles y funcionales para el desarrollo y supervivencia. La primera poda se da alrededor de los siete años de edad; la segunda, en la adolescencia (Forés *et al.*, 2015).

Los períodos críticos, por su lado, se consideran ventanas temporales en las que el cerebro se encuentra más predispuesto para recibir un determinado tipo de estimulación; de tal manera que permite la óptima adquisición de ciertas habilidades tanto cognitivas como conductuales.

Entonces, cuanto más inmaduro es un cerebro, más fácil será el aprendizaje de cualquier habilidad (Forés *et al.*, 2015).

A estos también se los considera períodos vulnerables, porque el aprendizaje de ciertas habilidades debe darse antes de que se ejecute el proceso de poda, y si esta estimulación no se diera o no fuera la más adecuada, el correcto desarrollo de capacidades podría resultar alterado o disminuido (Forés *et al.*, 2015).

Actualmente se describen únicamente dos periodos críticos. El primero se refiere al desarrollo del lenguaje. Esto significa que si un niño no habla hasta los siete años es posible que no sea capaz de desarrollar esta habilidad. Al mismo tiempo, este lapso se ha considerado para el aprendizaje óptimo de segundas lenguas. Sin embargo, no quiere decir que no se pueda asimilar después, sino que se requerirá mayor esfuerzo (Forés *et al.*, 2015).

El segundo período crítico es el del desarrollo del vínculo afectivo del apego en el primer año y medio de vida. En este momento el cerebro del infante está programado para recibir cuidados responsivos, sensibles y afectuosos por parte de sus cuidadores. Así garantiza su supervivencia. Aunque, se sabe que este vínculo puede establecerse más tarde —como ocurre en los casos de niños que son adoptados pasados los dieciocho meses de edad— lo que podría ser un factor de riesgo para su neurodesarrollo.

El proceso de maduración cerebral no es lineal y se sabe que el cerebro aprende a lo largo de toda la vida. No obstante, es necesario conocer los hitos del desarrollo de este órgano, ya que esto permitirá adaptar la práctica de aula en función de las posibilidades y limitaciones características de cada etapa.

Mientras más estimulación, mejor. ¿Es esto real?

Bennett *et al.* (1964) analizan los trabajos realizados por el Dr. Franz Rosenzweig para intentar medir los efectos de las influencias

ambientales sobre aspectos estructurales y arquitectónicos del cerebro. En las investigaciones se examinaron los cerebros de ratas que fueron criadas en dos entornos diferentes: un ambiente empobrecido —solas, únicamente con comida y bebida— y uno enriquecido —con otras ratas, en un entorno más grande y con juguetes—.

Luego de catorce experimentos, se determinó que los animales que habían crecido en contextos enriquecidos presentaban mayor densidad cortical, más prolongaciones dendríticas y un número mayor de sinapsis. No se consideró que, en condiciones habituales, las ratas no viven aisladas ni encerradas; sino que se desenvuelven en entornos en los que pueden correr, trepar y buscar alimentos: acciones naturales en la vida de un roedor. Por el contrario, lo antinatural se presentaba en las condiciones extremas —tanto de abundancia como de carencia— en las que se las tenía en los laboratorios.

En la cultura se tiene la creencia, o el mito, que la sobreestimulación a los niños, antes de que tenga lugar la poda neural, puede conseguir que desarrollen muchas más capacidades y habilidades físicas, deportivas o musicales, o que aprendan varios idiomas.

Pero, en rigor de verdad, los niños no deben ser expuestos a entornos extremadamente enriquecidos con una multitud de estímulos artificiales. Tampoco deben seguir programas específicos de estimulación ambiental para hacerlos más inteligentes. Si no hay alteraciones en el neurodesarrollo, únicamente necesitan un entorno con alicientes normales, donde puedan interactuar socialmente. Incluso se recomienda emplazar algunos relacionados con las sensaciones y motricidad que faculten un entorno emocionalmente cálido, seguro y afectuoso.

La sobreestimulación, por el contrario, puede promover el estrés oxidativo que dificulte el correcto desarrollo del cerebro y de los procesos cognitivos, además de las posibles secuelas emocionales que pueden tener los niños que no tienen tiempo libre para jugar (Portero, 2016).

¿Se aprende solo lo que emociona?

Forés *et al.* (2015) indican que socialmente la frase “el cerebro sólo aprende si hay emoción” se toma, en el ámbito pedagógico, como un dogma. Sin embargo, los autores advierten que para asimilar se requieren más elementos o factores que ayudan para lograr tal fin. En primer lugar, los autores indican que debe existir una mente concentrada y esto se consigue si el cerebro —en concreto, la corteza prefrontal— es capaz de conectar diferentes circuitos e inhibir otros irrelevantes y fuentes de distracción.

En este tenor, la atención que facilita el aprendizaje requiere, asimismo, de un esfuerzo continuo que demanda autocontrol y motivación, que son posibilitados por estrategias novedosas e interesantes.

Dicho de otro modo, aprender empieza por una curiosidad, por un querer saber, por acercarse a algo desconocido, mirar más allá, más adentro, más cerca o por algo que capta la atención del individuo. La forma directa lograrla es a través de la novedad, ya que la curiosidad que genera activa los circuitos emocionales del cerebro que facultan la atención y concentración con lo que se da el aprendizaje.

En la práctica, las estrategias que apoyan la curiosidad nacen a partir de preguntas abiertas, retos, tareas activas, metáforas, incongruencias o, simplemente, mediante historias que inviten a la reflexión. Existen también mecanismos inconscientes que ayudan a mantener la atención; estos son, incluso, más importantes para generar un aprendizaje significativo.

En definitiva, uno de los neuromitos está relacionado con la correspondencia entre emoción y aprendizaje. Aunque, no existe un fundamento que indique que, exclusivamente, se asimila gracias a la emoción. Por el contrario, para la formación del individuo deben participar otros factores como la concentración, curiosidad, voluntad y mecanismos inconscientes.

Conclusiones

Los neuromitos son creencias erróneas sobre el funcionamiento del cerebro, resultado de simplificar, manipular o malinterpretar datos neurocientíficos reales y la única forma de eliminarlos es con más formación relacionada. En este sentido, se han presentado y criticado ocho de los neuromitos más frecuentes entre los educadores. 1) La diferencia en la dominancia hemisférica —cerebro izquierdo, cerebro derecho— que explica las diferencias individuales entre estudiantes. 2) Existen períodos críticos en la infancia para el aprendizaje, a partir de los cuales un niño ya no puede aprender ciertas cosas. 3) Un ambiente con mucha estimulación mejora el desarrollo del cerebro de los preescolares. 4) Los estudiantes asimilan mejor cuando reciben información a través de su estilo de aprendizaje dominante —auditivo, visual, kinestésico—. 5) La capacidad mental es mayoritariamente hereditaria y apenas puede modificarse por influencia del ambiente y de la experiencia. 6) Los ejercicios de coordinación, como el *brain gym*, y otros, pueden mejorar la función cerebral. 7) Sólo se puede aprender lo que emociona. 8) El cerebro de los niños es más grande que el de las niñas y, por tanto, su inteligencia.

Es necesario tener en cuenta que la educación es un proceso complejo y que no hay soluciones fáciles, como las que supuestamente aportan los neuromitos cuestionados. Se tiene de primera mano que cada estudiante es biológicamente diferente y ahí es donde entra en juego la diversidad y el desafío que los docentes enfrentan para lograr que todos consigan aprendizajes significativos en función de estrategias que estén adecuadas a sus habilidades, intereses, motivaciones y capacidades.

El aprendizaje se da desde el contexto en el que se nace, las oportunidades y las experiencias desarrolladas desde edades tempranas. Por lo tanto, este también depende del ambiente. Así, se considera que la educación es un proceso social que influye directamente en la formación de una persona. Sin duda, la educación es un espacio para potenciar

o desfavorecer el aprendizaje, y es ahí donde el rol de la escuela y el docente asumen un protagonismo importante. Pero vale mencionar que, además, las experiencias que pueda propiciar la familia o cuidadores son determinantes puesto que, mientras más tenga un niño, más aprendizajes adquirirá a lo largo de su vida.

Ejercicio taller

El siguiente taller tiene como objetivo sistematizar el contenido presentado. En consecuencia, se propone que describa cinco neuromitos y los hechos científicos que los desmitifican. A la par, acompañe sus aportes con un gráfico. Para el correcto desarrollo del mismo, siga las instrucciones:

1. De inicio, lea atentamente el capítulo.
2. Luego, utilice la técnica de la evocación —solamente traer a la memoria el contenido sin revisar notas o apuntes— y recuerde cinco neuromitos presentados en el contenido. Además, debe reflexionar sobre ellos e interpelar su validez dentro de la pedagogía.
3. Por último, enliste los neuromitos y los hechos científicos que los desmitifican en la Tabla 2. Finalmente, desarrolle una representación gráfica de los mismos.

Tabla 2. Neuromitos

Neuromitos	Hechos científicos que los desmitifican	Representación gráfica

Fuente: elaboración propia

Referencias bibliográficas

- Academia Norteamericana de Pediatría. (1968). The Doman-Delacato o treatment of neurologically handicapped children. *Developmental Medicine Child Neurology*, 18(12), 243-246. <https://n.neurology.org/content/18/12/1214>
- Bennett, E.; Diamond, M.; Krech, D. y Rosenzweig, M. (1964). Chemical and anatomical plasticity of brain. *Science*, 146, 610-619. <https://doi.org/10.1126/science.146.3644.610>
- Bueno, D. (2019). *Neurociencia para educadores*. Octaedro.
- Carballo, A. y Portero, M. (2018). *Neurociencias y educación. Aportaciones para el aula*. Graó.
- Coffield, F.; Moseley, D.; Hall, E. y Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review*. Learning and Skills Research Centre.
- Dennison, P. y Dennison, G. (2012). *Brain Gym. Movimientos para mejorar en tu vida*. Vida Kinesiología.
- El Comercio. (19 de febrero de 2022). Pocos niños de educación inicial asisten a sus clases en las aulas. *El Comercio*. <https://n9.cl/ax01z>
- Fernández Palacio, A. (2017). La expansión de los neuromitos. *Publicaciones Didácticas*, 79, 526-532. <https://core.ac.uk/download/pdf/235857184.pdf>
- Ferrero, M. (2020). El impacto de los “neuromitos” en la formación y el desempeño profesional. En D. Couso, M. Jiménez, C. Refojo y J. Sacristán (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 145-163). Penguin Random House Grupo Editorial. <https://www.fecyt.es/sites/default/files/divulgacion/ensenando-ciencia-con-ciencia-web.pdf>
- Fine, J. (2005). *Reading deficits predicted by differences in structure of the corpus callosum*. AERA.
- Forés, A.; Gamó, J.; Guillén, J.; Hernández, T.; Ligioz, M.; Pardo, F. y Trinidad, C. (2015). *Neuromitos en educación. El aprendizaje desde la neurociencia*. Plataforma Editorial.
- Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123-133. <https://doi.org/10.1080/00131880802082518>
- Gould, S. (1997). *La falsa medida del hombre*. Crítica.

- Guillen, J. (2015). La gimnasia cerebral. En A. Forés, J. Gamó, J. Guillén, T. Hernández, M. Ligioz, F. Pardo y C. Trinidad (Eds.). *Neuromitos en Educación. El aprendizaje desde la neurociencia*, (pp. 149-163). Plataforma Editorial. <https://www.julderc.com/wp-content/uploads/2020/10/Neuromitos-en-educacio%CC%81n-Teresa-Herna%CC%81ndez-2-1.pdf>
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning*. Routledge.
- International Science Teaching Foundation [ISTF]. (20 de enero 2023). *Influencia de los neuromitos en el entorno educativo*. International Science Teaching Foundation. <https://n9.cl/l7akf2>
- Jiménez, M. y Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique*, (63), 11-19. <https://n9.cl/fe86xf>
- Kavale, K. y Forness, S. (1987). Substance over style: assessing the efficacy of modality testing and teaching. *Exceptional Children*, 54(3), 228-239. <https://doi.org/10.1177/001440298705400305>
- Krätzig, G. y Arbutnott, K. (2006). Perceptual learning style and learning proficiency: a test of the hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 238-246. <https://n9.cl/qj45z>
- Lewontin, R.; Rose, S. y Kamis, L. (1996). *No está en los genes*. Grijalbo.
- MacKay, N., Gollogly, J., y McDonald, G. (1986). The Doman-Delacato treatment methods: I Principles of neurological organization. *The british Journal of Mental Subnormality*, 32(62), 3-19. <https://doi.org/10.1179/bjms.1986.002>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OECD]. (2002). *Understanding the Brain. Towards a New Learning Science*. OECD.
- Painemil, M.; Manquenahuel, S.; Bisó, P. y Muñoz V. (2021). Creencias versus conocimiento en futuro profesorado. Un estudio comparado sobre neuromitos a nivel internacional. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 1-22. <https://doi.org/10.15359/REE.25-1.13>
- Pallarés-Domínguez, D. (2016). Neuroeducación en diálogo: neuromitos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la educación moral. *Pensamiento. Revista de Investigación e Información Filosófica*, 72(273), 941-958. <https://doi.org/10.14422/pen.v72.i273.y2016.010>

- Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths: Why do they exist and persist? *Mind, Brain, and Education*, 6(2), 89-96. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2012.01141.x>
- Peretz, I. (2003). Brain specialisations for music: new evidence from congenital amusia. En I. Peretz y R. Zatorre (Eds.), *The cognitive neuroscience of music*, (pp. 65-153). Oxford University Press.
- Portero, M. (2016). Desarrollo del cerebro y riesgos de sobreestimulación en la infancia. *Aula de infantil*, (85), 25-26. <https://n9.cl/febd2>
- Sociedad Española de Fisioterapia en Pediatría [SEFIP]. (2021). *Fisioterapia en Pediatría y evidencia del método Doman-Delacato*. Sociedad Española de Fisioterapia en Pediatría <https://n9.cl/gwlt1>
- Seger, C.; Desmond, J.; Glover, G. y Gabrieli, J. (2000). Functional magnetic resonance imaging evidence for right-hemisphere involvement in processing unusual semantic relationships. *Neuropsychology*, 14(3), 361-369. <https://doi.org/10.1037//0894-4105.14.3.361>
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2791/2439>
- Solbes, J. y Ezquerro, A. (2021). Manipulación mediática: ¿las ondas del 5g han provocado la pandemia? En A. Abril; A. Blanco y J. Franco (coords.), *Enseñanza de las Ciencias en tiempos de COVID-19. De la investigación didáctica al aula* (pp. 235-247). Graó.
- Sousa, D. (2011). *How the brain learns*. Corwin.
- Sparrow, S. y Zigler, E. (1978). Evaluation of a pettarning treatment for retarded children. *Pediatrics*, 62(2), 137-150. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/693151/>
- Sperry, R. y Gazzniga, M. (1967). Language following surgical disconnection of the hemispheres. En H. Milikan y L. Darley, *Brain mechanisms underlying speech and language* (pp. 108-121). Grune and Stratton.
- Willingham, D. (2011). *¿Por qué a los niños no les gusta ir a la escuela?* Graó.

Capítulo 8. Beneficios de la neuroeducación en la práctica docente: hacia un aprendizaje consciente y eficaz

 **Hishochy Delgado Mendoza***

 **Manuel Esteban Rojas Bustos***

**Universidad Nacional de Educación*



En no mucho, intentar enseñar sin conocer cómo funciona el cerebro
será algo así como intentar diseñar un guante sin nunca antes
haber visto una mano.

Francisco Mora

El concepto *neuroeducación* se entiende como la combinación de varias ciencias orientadas hacia un objetivo común: ayudar a entender y mejorar los sistemas de enseñanza-aprendizaje en estudiantes; además, provee conocimientos a los docentes de cómo estos se desarrollan. Al respecto, Mora (2018) alega que la neuroeducación enfatiza la aplicación de saberes sobre la manera en que funciona el cerebro. También incorpora a la psicología, sociología y medicina con la finalidad de reestructurar y potenciar los procesos pedagógicos en los sujetos. En este contexto, se ponen de manifiesto, en el desarrollo de este capítulo, algunos beneficios que otorga la neuroeducación al contexto escolar.

Beneficios de la neuroeducación

Uno de los principales beneficios que otorga la neuroeducación, según la Organización de los Estados Americanos (OEA, 2010), es la innovación en la práctica pedagógica, ya que permite a los docentes conocer los mecanismos cerebrales —memoria, lenguaje, atención, sistemas motores y sensoriales— que influyen en el aprendizaje. De esta forma, se posibilita una influencia significativa al momento de ubicar dificultades que se presentan en los estudiantes durante el proceso de formación. Esto porque los maestros serán capaces de generar estrategias o metodologías adecuadas e innovadoras que fomenten

una educación acorde. En concomitancia, Mora (2013) expresa que la neuroeducación no solo trata de mejorar o potenciar las habilidades y talentos de los discentes, sino, sobre todo, facilita a los docentes la ubicación de problemas o déficits existentes en el aula.

La neuroeducación, asimismo, faculta que los docentes reflexionen sobre el alumnado desde un punto de vista integral. Es decir, que contemplen que los estudiantes no son solo seres que adquieren contenidos, sino, por el contrario, también poseen sentimientos y estados conductuales que impactan en los ámbitos escolares y comunitarios. En este sentido, la neuroeducación propicia que los docentes reflexionen más allá del área académica —como eje primordial— y que atiendan a los aspectos emocionales que intervienen en el aprendizaje (Falconi *et al.*, 2017).

A propósito, como reconocen Figueroa y Farnum (2020), las condiciones de estrés que afrontan los niños —y la poca atención que se brinda a estas— impulsan eventualidades relacionadas. Sin embargo, a través del emplazamiento de estrategias de corte psicopedagógicas “es posible llevar una vida más sana, una salud mental [adecuada] y entender que la formación integral del sujeto necesita de actividades donde la neuroeducación es una gran ayuda: talleres y estrategias de relajación, autoconocimiento, hobbies, entre otros” (p. 24).

En este sentido, la utilización de diferentes estrategias psicopedagógicas, basadas en evidencia científica, permite resolver problemáticas comunes del aula de clase. Esto gracias a que la neuroeducación otorga bases y herramientas que no solo consienten el desarrollo de habilidades cognitivas, sino también, el lenguaje no verbal, motivación, conductas de los alumnos, comportamiento en las actividades que se realizan en las aulas y demás; en definitiva, aspectos que son determinantes para la práctica docente (Maureira, 2010, p. 8).

En correspondencia, Vargas (2015) expone que la neuroeducación contribuye a la formación del docente, en función de que sea capaz de organizar, planificar y estructurar sus clases de manera dinámica.

Incluso, de que esté capacitado para crear metodologías y técnicas de evaluación que respondan a las necesidades de sus alumnos y considere los contenidos y los distintos estilos de aprendizaje con el objetivo de desarrollar y potenciar habilidades en general.

De hecho, como lo explica Béjar (2014), un educador que posee conocimientos de neuroeducación presenta fortalezas, ya que al conocer el funcionamiento del cerebro puede aplicar técnicas o metodologías que mejoren el aprendizaje. A su vez, Campos (2010) menciona que los docentes con formación, en esta área, tienen las competencias necesarias para combinar conocimientos previos, sentimientos o emociones con los contenidos, de tal forma que podrán utilizar estrategias poco aplicadas como el juego, arte, tecnología, entre otras, para ayudar a disminuir tensiones, mejorar la concentración, estimular áreas cerebrales comprometidas y retención de información.

Incluso, al poseer conocimientos y habilidades que otorga la neuroeducación, el educador tendrá la capacidad de crear espacios, ambientes y situaciones en su aula con climas que propicien la evolución de cada alumno. De esta manera, promoverá un aprendizaje lleno de oportunidades, respeto, solidaridad e inclusión (Aznar *et al.*, 2020).

Los beneficios de la neuroeducación están presentes en todos los niveles de formación pedagógica. Por ejemplo, en el nivel de educación superior —específicamente en las ramas de la salud—, Mena y Neira (2020) demostraron que las estrategias neuroeducativas potencian el proceso de formación, por lo que concluyeron que los educandos deben recibir formación docente oficial y que se tomen como base a estas estrategias didácticas para generar espacios enriquecedores.

De esta manera, es posible inferir que los beneficios de la neuroeducación son múltiples, ya que proporcionan conocimientos desde cómo funciona el cerebro al momento de aprender, influencia de las emociones, identificación de dificultades de aprendizaje, combinación de la teoría con la práctica, uso y diseño de estrategias y técnicas innovadoras; mismos que, asociados a la educación, tributarán

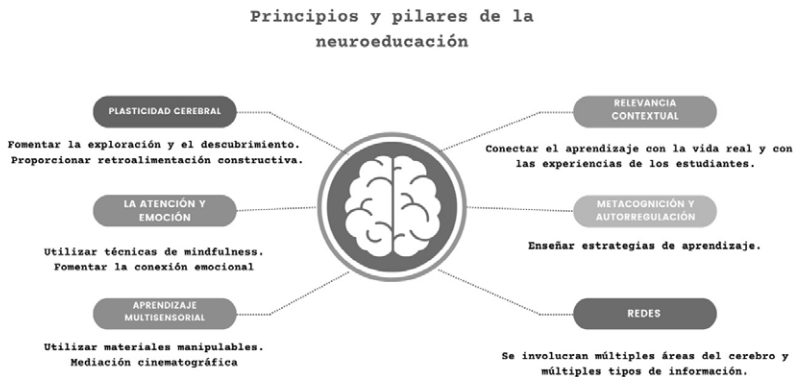
para su transformación e innovación. Al mismo tiempo, lograrán espacios y ambientes que ayuden al desarrollo holístico de las personas al considerar sus especificidades.

En síntesis, la neuroeducación se centra en comprender el proceso de aprendizaje del cerebro y utiliza este conocimiento para mejorar las prácticas pedagógicas. Al integrar estos principios en los escenarios educativos cotidianos, los profesores pueden tomar decisiones fundamentadas sobre cómo enseñar y diseñar ambientes que sean efectivos y estimulantes para los discentes.

Principios y pilares de la neurociencia educativa

Ahora bien, la aplicación práctica de los principios de neurociencia educativa se fundamenta en la plasticidad cerebral, atención y emoción, aprendizaje multisensorial, relevancia contextual, metacognición y autorregulación y redes (Mora, 2013; Immordino-Yang, 2016; Damasio, 2018; Fischer, 2018). Al mismo tiempo, se requiere de un enfoque innovador y creativo para su funcionamiento.

Figura 17. Aproximación a la praxis de los principios y pilares de la neuroeducación



(Mora, 2018; Damasio, 2018; Immordino-Yang, 2016)

Fuente: elaboración propia

El cerebro es un órgano altamente plástico, lo que supone la capacidad de adaptarse y transformarse en respuesta a diversas experiencias relacionadas con el mundo interior y exterior del individuo pensante. Esta cualidad abre la puerta a nuevas estrategias educativas que aprovechan su fisiología para aprender de manera más eficiente. Por ejemplo, se ha comprobado que el uso de enfoques multisensoriales, en el proceso de aprendizaje, mejora la retención y comprensión de la información; por eso, uno de los medios más potentes para alcanzarlo es el cine, ya que esta manifestación artística estimula múltiples sentidos a través de la combinación de imágenes visuales en movimiento, sonidos, música y efectos, lo que proporciona una experiencia envolvente.

Los estímulos del cine crean entornos de aprendizaje más divertidos y efectivos, porque las imágenes visuales ayudan a comprender conceptos abstractos, la música genera emociones y establece una atmósfera humana de sentimientos encontrados —ceranos a lo vivido por quienes la perciben e interpretan— y la narrativa involucra la imaginación y creatividad de los estudiantes. De esa forma, se logra conectar con la información presentada. Adicionalmente, el cine, en su conjunto, ofrece una experiencia enriquecedora y entretenida, puesto que facilita la participación y retención de la información por parte de los discentes, lo que devienen en la construcción de saberes (Delgado y Vidal, 2022).

En otro orden de cosas, la neurociencia educativa ha destacado la importancia del bienestar socioemocional en el proceso de formación. Las investigaciones han demostrado que las emociones juegan un papel crucial en la construcción y consolidación de conocimientos (Fuster, 2011). Por lo tanto, los educadores deben crear un ambiente positivo y seguro en el aula que impulse el bienestar emocional de los alumnos. Estrategias para la gestión de las emociones como la motivación y autorregulación pueden facultar una asimilación más efectiva y significativa.

Lo anterior se logra a través de metodologías activas como el aprendizaje basado en casos reales —en los que el error y fracaso son

partes necesarias de experiencias complejas—, problemas, proyectos y retos que conlleven al desarrollo de competencias comunicativas, procedimentales y sociales. Para ello, resultan imprescindibles la forja del carácter cordial y la responsabilidad intelectual que son frutos de los cerebros maduros, cuyas redes neuronales gozan de sinapsis en potencia.

El docente que posee conocimientos sobre neurociencia educativa está capacitado para aplicar una variedad de estrategias de evaluación que estén en línea con ciertos pilares de esta disciplina. De inicio, uno de estos contempla la individualidad de los estudiantes y reconoce que cada uno tiene un ritmo de aprendizaje único. En este sentido, el pedagogo puede utilizar evaluaciones formativas y continuas para monitorear el progreso de cada uno a lo largo del tiempo, identificar sus fortalezas y debilidades y adaptar las estrategias de enseñanza en consecuencia. Por lo tanto, se trata de una cuestión de devenir en la que las circunstancias socioemocionales afectan la firmeza y durabilidad de la memoria y calidad de la construcción del conocimiento a partir de las redes neuronales, sus conexiones y códigos relacionales (Redes, 2011).

La tecnología educativa también desempeña un papel importante. Herramientas como la realidad virtual y gamificación son capaces de brindar experiencias de aprendizaje inmersivas y motivadoras a través de museos interactivos conformados por estaciones, objetos dinámicos y descripciones audiovisuales. Todo esto tendrá una marcada función psicopedagógica que invite a pensar, investigar y fortalecer la autoeficacia en los procedimientos de investigación vinculados a la neuroeducación (Criollo *et al.*, 2017).

Al mismo tiempo, desde la neurociencia educativa se enfatiza la importancia de la retroalimentación efectiva para impulsar el crecimiento y desarrollo del cerebro. Esto significa que el docente puede proporcionar un intercambio de experiencias cognitivas para destacar los aspectos positivos del desempeño del estudiante, de esta forma será capaz de mejorarlo. Dicho de otro modo, se trata de un proceso dialógico oportuno y razonablemente flexible —presentado de forma

oral u escrito— que estimula la autorreflexión del alumno y posibilita la facultad crítica; misma que se concibe como una cualidad pedagógica, constructiva, reconstructiva y deconstructiva. En este sentido, la crítica bien entendida reeduca perspectivas (Eisner, 2014).

Conclusiones

En definitiva, la neuroeducación se ha constituido, en la actualidad, en un punto esencial para generar cambios y obtener una educación de calidad; lo que supone que la misma esté orientada hacia la investigación, desarrollo, transformación y contextualización de las necesidades e intereses de los estudiantes en los diferentes niveles académicos. En este sentido, “la neuroeducación representa necesariamente el fundamento científico más sólido sobre el que deberían edificarse las teorías pedagógicas y didácticas en un futuro” (Paterno, 2014, p. 122).

Al comprender cómo el cerebro aprende, y apoyados en diferentes estrategias basadas en la neurociencia, los educadores tienen la competencia para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, promover el bienestar socioemocional de los estudiantes y adaptarse a la diversidad de sus necesidades; por ello, es importante que los docentes se mantengan actualizados sobre los avances en el campo de la neurociencia educativa y continúen investigando y desarrollando prácticas pedagógicas basadas en evidencia.

Ejercicio taller

Con la finalidad de consolidar los principales conceptos abordados en este capítulo, se propone la siguiente actividad:

1. Seleccione una película cuyo título genere asombro, incertidumbre y sospecha. Se recomiendan los siguientes filmes: *Sonrisa de la Mona Lisa* (Newell, 2003), *Estrellas en la tierra* (Khan y Gupte, 2007) y *Extraordinario* (Chbosky, 2017).

2. A continuación, responda a las interrogantes:
 - ¿Qué principios, pilares o comportamientos se evidencian en la película?
 - ¿Qué posicionamientos docentes, con conciencia neuroeducativa, se advierten en el filme?
 - ¿Qué haría ante escenarios y situaciones problemáticas semejantes a las que se representan en la película para lograr soluciones propias de quien conoce la neuroeducación y su práctica?
3. Posteriormente, busque un espacio de su agrado. Luego, cierre los ojos, respire suave y profundo. Al mismo tiempo, intente recordar algunas escenas de la película observada y, para finalizar, reflexione sobre su práctica docente.

Referencias bibliográficas

- Aznar, I.; Cáceres, M.; Romero, J. y Marín, J. (2020). *Investigación e innovación educativa*. Dykson, S. L.
- Béjar, M. (2014). Una mirada sobre la neuroeducación. *Padres y Maestros*, (355), 49-53. <https://revistas.comillas.edu/index.php/padresymaestros/article/view/2622>
- Campos, A. (2010). Neuroeducación. uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La educación. Revista Digital*, (145), 1-14. http://www.educoea.org/portal/La_Educacion_Digital/145/articulos/ART_florio_ES.pdf
- Criollo, M.; Romero, M. y Fontaines, T. (2017). Autoeficacia para el aprendizaje de la investigación en estudiantes universitarios. *Psicología Educativa*, (23), 63-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pse.2016.09.002>
- Damasio, A. (2018). *The strange order of things: Life, feeling, and the making of cultures*. Vintage.
- Delgado, H. y Vidal, Y. (2022). Entramados comunicativos del lenguaje filmico para una educación divertida. *Congreso Universidad*, (295), e328. <https://revistas.uh.cu/revuh/article/view/328>
- Eisner, E. (2014). *El ojo ilustrado. Indagación cualitativa y mejora de la práctica educativa*. Paidós.
- Falconi, A.; Alajo, A.; Cueva, M.; Mendoza, R.; Ramírez, S. y Palma, E. (2017). Las neurociencias. Una visión de su aplicación en la educación. *Revista Órbita Pedagógica*, 4(1), 61-74. <https://n9.cl/ojvl1>
- Figuroa, C. y Farnum, F. (2020). La neuroeducación como aporte a las dificultades del aprendizaje en la población infantil. Una mirada desde la psicopedagogía en Colombia. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 17-26. https://lc.cx/_XLY3k
- Immordino-Yang, M. (2016). *Emotions, learning, and the brain: exploring the educational implications of affective neuroscience*. Norton & Company.
- Maureira, F. (2010). Neurociencia y educación. *Exemplum*, (3), 267-274. https://www.researchgate.net/publication/271328225_Neurociencia_y_educacion

- Mena, L. y Neira, D. (2020). Herramienta para potenciar el proceso de aprendizaje en la Práctica Clínica Universitaria [Tesis de maestría, Universidad el Bosque]. Repositorio institucional de la Universidad el Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/4099>
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación. Sólo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza Editorial.
- Meneses, G. (2019). Neuroeducación. Sólo se puede aprender aquello que se ama. *Perfiles Educativos*, 41(165), 210-216. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.165.59403>
- Organización de los Estados Americanos [OEA]. (2010). *Primera infancia: una mirada desde la neuroeducación*. Organización de los Estados Americanos. <http://www.iin.oea.org/pdf-iin/rh/primer-infancia-esp.pdf>
- Paterno, R. (2014). Luces y penumbras de la neuroeducación. *Revista iberoamericana de psicomotricidad y técnicas corporales*, (39), 122-126. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5436116>
- Redes. (15 de noviembre de 2011). *El alma está en la red del cerebro* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=jgTH2Sb5pys>



La colección **Nela Martínez Espinosa** nace como un homenaje a la distinguida intelectual y política ecuatoriana nacida en la provincia del Cañar. Contempla, en primera instancia, las indagaciones y propuestas, en el campo educativo y afines, que sean de interés institucional, que sean presentadas a la Editorial como resultado de proyectos de investigación, vinculación o innovación y que cuenten con el aval de alguna instancia académica de la universidad. Además, considera las obras realizadas tanto por docentes, investigadores, estudiantes, personal administrativo y ciudadanos, como por escritores, artistas y profesionales que contribuyan a robustecer los objetivos de la UNA E.



COLECCIÓN

NELA

MARTÍNEZ ESPINOSA

Universidad Nacional de Educación