

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FILOSOFÍA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN

ÉTICAS APLICADAS

Trabajo de Investigación

NEUROCIENCIA, NEUROÉTICA Y EDUCACIÓN

El Aprendizaje Basado en Proyectos como metodología
pedagógica para la educación moral.

NEUROSCIENCE, NEUROETHICS AND EDUCATION

Project Based Learning as a pedagogical methodology for
moral education.

Andrea BIZE FONT

TUTOR: Prof. Dra. Lydia Feito Grande

Madrid, septiembre de 2021

RESUMEN

La revolución científica y tecnológica supone que multitud de disciplinas amplíen su campo de conocimiento. La neurociencia, gracias a las técnicas de neuroimagen que permiten observar el cerebro en acción, se convierte en la base del despliegue de las investigaciones de las ciencias humanas, pues conocer el cerebro aporta información muy valiosa en cuanto a su estructura y su funcionamiento. Como parte de estas disciplinas centradas en el ser humano la educación también recoge y utiliza las aportaciones de la neurociencia, dando lugar a la neuroeducación. La posibilidad de una educación moral basada en el cerebro es posible gracias a los aportes neurocientíficos que permiten diseñar metodologías pedagógicas orientadas al aprendizaje de contenidos éticos. En el presente trabajo, a través de la revisión bibliográfica, se propone el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como una de las estrategias educativas que se adaptan al proceso de desarrollo cerebral y que fomentan la cooperación y, por ende, la empatía, el diálogo y la toma de decisiones conjunta, características fundamentales de la educación moral.

Palabras clave: neurociencia, cerebro, neuroeducación, educación moral, Aprendizaje Basado en Proyectos.

ABSTRACT

The scientific and technological revolution facilitated the possibility for a multitude of disciplines to expand their field of knowledge. Thanks to neuroimaging techniques that allow scientists to observe the brain in action, neuroscience has become the basis of research development in several human sciences, as brain knowledge provides valuable information on its structure and functioning. As part of these human-centered disciplines, education also embraces and uses the contributions of neuroscience, leading to the appearance of educational neuroscience. The possibility of a moral education based on brain functioning is possible thanks to the findings that neuroscientist provides, allowing researchers and other professionals on the field to design pedagogical methodologies oriented towards the learning of ethical content. In the present work, the researcher conducts a bibliographic review about Project Based Learning (PBL) in order to propose it as one of the educational strategies that adapt to the brain development process and the promotion of cooperation, which results on the development of empathy, dialogue and joint decision-making; fundamental characteristics of moral education.

Keywords: neuroscience, brain, educational neuroscience, moral education, Project Based Learning.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. NEUROÉTICA COMO NEXO ENTRE LA FORMULACIÓN DE JUICIOS MORALES Y LA ESTRUCTURA CEREBRAL.	7
1.1. Cómo aprende el cerebro.	10
1.2. Teoría de la Mente y neuronas espejo.	11
2. LAS POSIBILIDADES DE LA EDUCACIÓN MORAL.	13
2.1. Bases teóricas fundamentales del desarrollo moral.	14
2.2. Teoría del Apego y modelo representacional de la relación del apego.	16
3. LA EDUCACIÓN MORAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LA NEUROEDUCACIÓN.	17
3.1. Qué es la neuroeducación.	18
3.2. Algunos antecedentes de propuestas pedagógicas basadas en la comunidad: las Comunidades Justas y la Ciudad Educativa.	21
4. NEUROMITOS	23
4.1. Neuromitos en el proceso de enseñanza-aprendizaje	24
4.1.1. La utilización del 10% del cerebro humano.	24
4.1.2. El condicionamiento del aprendizaje por el uso de un hemisferio predominante.	24
4.1.3. El aprendizaje se refuerza fuera de la zona de confort, con trabajo y disciplina.	25
4.1.4. Desarrollo sináptico y aprendizaje hasta los tres años.	25
4.2. Neuromitos de la educación moral.	26
4.2.1. Interés por el cercano y despreocupación por el lejano.	27
4.2.2. La inexistencia de la libre voluntad.	27
4.2.3. El intuicionismo social como método más eficaz para la educación moral.	28
5. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS COMO METODOLOGÍA PARA LA EDUCACIÓN MORAL.	30
5.1. Qué es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y su relación con la Neurociencia.	31
5.2. El rol del docente en el ABP.	34
5.3. El rol del estudiante en el ABP.	36
5.4. Aprendizaje Basado en Proyectos: algunos estudios y resultados.	37
5.5. Limitaciones del ABP.	38
5.6. Aprendizaje Basado en Proyectos y su relación con la educación moral.	39
6. CONCLUSIONES	40
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

INTRODUCCIÓN

El cambio producido por los avances científicos y tecnológicos en las últimas décadas ha convertido a la sociedad del siglo XXI en la sociedad del conocimiento, la sociedad poseedora de información inmediata. La evolución de la realidad supone, al mismo tiempo, la evolución de la sociedad y su adaptación al medio (Delors, 1996). Este proceso evolutivo ininterrumpido conlleva que el saber y el conocimiento estén constantemente actualizados y cada vez sean más los recursos y métodos de obtención de la información debido al auge de las nuevas tecnologías (Chomsky, 2001).

Una de las disciplinas que ha visto su campo ampliado desde la década de los 90 del siglo pasado -denominada década del cerebro- ha sido la neurociencia gracias a los avances en las técnicas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional que permite observar el cerebro en acción. Los progresos en esta ciencia contribuyen a comprobar que hay áreas concretas del cerebro especializadas en ciertas acciones y que, al mismo tiempo, cada zona se vincula con otras. Con todos estos nuevos descubrimientos se celebra en el año 2002 un congreso en San Francisco denominado *Neuroethics: Mapping The Field*, patrocinado por la Dana Foundation (2002). Lleno de profesionales de múltiples disciplinas como bioética, neurociencia, psicología, filosofía, derecho y otras asociadas, el objetivo común de todos ellos es consensuar el fin último y el campo de actuación que abarca la neuroética, considerada como una nueva forma de conocimiento (Cortina, 2010). Por tanto, esta revolución tecnológica y científica junto al interés por el estudio del cerebro humano conlleva dar un salto en cuanto a las cuestiones más tratadas por la filosofía acerca del alcance del conocimiento humano y las raíces de su comportamiento ético, así como las posibilidades de una educación moral basada en la estructura neural. Las técnicas de neuroimagen ofrecen un apoyo biológico y fisiológico para cualquier ciencia humana ya que permiten observar el cerebro en funcionamiento, lo que supone establecer una base neural estructural y funcional sobre la que desplegar las investigaciones interesadas en el cerebro humano.

Otra de las disciplinas más importantes y afectadas por esta transición de una sociedad industrial a una del conocimiento ha sido la educación. El cambio de paradigma pedagógico en cuanto a competencias educativas vino de la mano de la publicación *La educación encierra un tesoro* en 1996 por Jacques Delors, donde se plantean los conocidos cuatro pilares de la educación - «aprender a conocer», «aprender a hacer», «aprender a

vivir juntos» y «aprender a ser.-. En cuanto a metodología de la enseñanza, el pilar más importante es el primero, pues aprender a conocer es aprender a aprender. El replanteamiento posterior que hace Tedesco (2003) de los pilares de la educación supone cambiar de estrategia para llevarlos a cabo. Por tanto, el pilar «aprender a aprender» se somete a un giro de ciento ochenta grados que pone el foco en cómo conocer en vez de en qué conocer. De esta forma, los conocimientos se interiorizan, se contrastan y se seleccionan aquellos que van a resultar más útiles y necesarios para la resolución del problema planteado. Por tanto, los avances en imagenología que permiten la observación del cerebro en funcionamiento marcan la línea de salida de la búsqueda y la investigación acerca del potencial de los seres humanos, conectado directamente con el sistema nervioso y el cerebro y la influencia del medio ambiente sobre ellos. De esta manera, el entorno educativo y sus metodologías pueden adaptarse a la forma en la que aprende el cerebro.

La neurociencia, por tanto, marca las pautas del funcionamiento cerebral, un descubrimiento fundamental para la educación, lo que da paso a las investigaciones neuroeducativas en las que se pone el foco en el estudio cerebral en relación con el aprendizaje. Este proceso de enseñanza-aprendizaje se convierte en un terreno a explorar lleno de posibilidades, metodologías y estrategias para una buena educación acorde con el contexto y las necesidades que demanda la Era de la Globalización. La sociedad de la información reclama que el proceso educativo se preocupe por cómo aprenden los individuos en vez de exclusivamente proporcionar los conocimientos teóricos. Se hablaría, entonces, de fomentar la autonomía para gestionar los conocimientos y el aprendizaje de uno mismo, remarcando los orígenes, la historia y la cultura de cada persona para poder forjar su identidad sobre unas bases sólidas. (Tedesco, 2003). En definitiva, la pretensión de la neuroeducación es incidir en cómo se enseña más que en qué se enseña, aportando así una vía eficaz para la integración de los contenidos. A esto añade Ortiz (2009) que el funcionamiento de las redes neuronales implicadas en ese «cómo» son más complejas, flexibles y con mayor distribución por el área cerebral que las que actúan en el «qué».

El presente texto pretende evidenciar la importancia de la neurociencia como base para la educación y sus pretensiones de generar individuos moralmente responsables en un futuro. La metodología de investigación es cualitativa, el proceso se ha llevado a cabo

a través de la revisión bibliográfica de diversos artículos que analizan las cuestiones referidas a la temática seleccionada y que aportan datos sobre la funcionalidad cerebral y su relación con el aprendizaje y la formulación de juicios morales. Asimismo, tiene un componente deductivo en tanto que el enfoque parte de lo general -neurociencia y neuroética- y conduce a lo particular -Aprendizaje Basado en Proyectos como estrategia pedagógica concreta para la educación moral-.

En cuanto a la relación del tema con las Éticas Aplicadas cabe mencionar que la cuestión principal atañe a la neuroética puesto que se centra en la posibilidad de una educación moral a través de una estrategia pedagógica basada en el proceso de aprendizaje cerebral. Por lo tanto, el interés de la temática puede extenderse a cualquier marco educativo de cualquier región ya que la información que aporta la neurociencia es de carácter universal.

La justificación de la realización del trabajo nace de la necesidad imperante de diseñar estrategias educativas centradas en los aspectos éticos adaptadas a la continua evolución social y política, acordes con el desarrollo personal de los individuos y, más concretamente, con el desarrollo cerebral y sus capacidades cognitivas. La importancia de ligar la neurociencia a la educación es evidente en tanto que aporta información, datos y estudios empíricos que arrojan luz sobre el funcionamiento neural, su capacidad de aprendizaje y su procesamiento de información sobre los que sustentar cualquier investigación con unas bases sólidas y verídicas.

De esta forma, el trabajo se divide en cinco grandes apartados. En el primero de ellos se revisan las cuestiones filosóficas más tratadas por la neuroética sobre las bases cerebrales que atañen a los postulados éticos, el comportamiento moral y la elaboración de juicios morales para, una vez más, afirmar que la estructura cerebral es insuficiente para justificar la actitud humana. Es decir, se contextualiza el binomio moral-cerebro y la relación entre ambos (Cortina, 2010; Green et al., 2004).

En el segundo se revisa la fundamentación psicológica evolutiva (Piaget, 1971, 1985) para dar una base a las posibilidades de la educación moral en las etapas óptimas del desarrollo humano (Kohlberg, 1982), así como también se hace referencia al vínculo de apego como elemento fundamental para la determinación de la actitud humana.

El tercer apartado, junto con el quinto, forma parte de la hipótesis central del trabajo de investigación. Se divisa la educación moral desde las lentes de la neuroeducación, aportando información sobre la influencia tan positiva que tiene conocer el cerebro y su funcionalidad en la pedagogía. Asimismo, se aboga por diseñar metodologías pedagógicas innovadoras basadas en el funcionamiento cerebral para la integración eficaz de conocimientos y de valores. Se hace hincapié, por tanto, en que el proceso de enseñanza-aprendizaje toma una perspectiva diferente al tradicional, inmiscuyendo a educadores y educandos en una relación horizontal, donde se fomenta la autonomía y el sentimiento de comunidad de los estudiantes a través del carácter dinámico de los docentes. Se recuperan antiguas propuestas educativas basadas en la comunidad, pero de carácter insuficiente para la educación moral actual (Power et al., 1989, 1997; Faure, 1973).

En el cuarto apartado se desmontan los mitos tan popularizados que giran en torno a la neuroeducación y que impiden el avance de esta ciencia en el terreno educativo mediante la evidencia científica como argumento de autoridad frente a la cultura popular (Fischer et al., 2007).

El quinto apartado corresponde a la propuesta y fundamentación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). La relación que guarda este quinto apartado con el tercero - y, por tanto, con la hipótesis central- es la eficacia de impartir pedagogías centradas en la colaboración en el desarrollo cerebral de los individuos, por lo que la educación moral se dará en tanto que la propia estrategia educativa del ABP integra y reivindica valores como la empatía, la cooperación, el diálogo y la toma de decisiones conjunta (Jonnaert et al., 2006).

Por último, se cierra el texto con las conclusiones extraídas de todo el proceso de investigación realizado a lo largo del trabajo.

1. NEUROÉTICA COMO NEXO ENTRE LA FORMULACIÓN DE JUICIOS MORALES Y LA ESTRUCTURA CEREBRAL.

Como consecuencia de la revolución técnico-científica de los años 90 basada en el cerebro, el prefijo *neuro* empieza a utilizarse en multitud de campos como forma de dar razón de su funcionamiento: neurociencia, neurocultura, neuroeconomía, neuroestética... No es hasta el año 2003 cuando William Safire, periodista de *The New York Times*, instaure de manera prácticamente oficial el término neuroética definido como una rama de la filosofía que trata de dilucidar entre lo correcto e incorrecto acerca de las intervenciones del cerebro humano, tanto el tratamiento como la mejora. (Safire, 2003). También Gazzaniga (2015) aporta una definición -esta vez más precisa- de neuroética considerándola una manera de comprender y tratar las cuestiones sociales relacionadas con la salud, la enfermedad o la filosofía de vida desde las bases cerebrales subyacentes a todos esos procesos. Por tanto, se trataría de una filosofía de vida sustentada en los procesos neurales.

Se plantean dos vertientes como forma de entender la neuroética (Roskies, 2002):

- **Ética de la neurociencia.** Esta rama comprende el marco ético regulador de la investigación y la aplicación del conocimiento neurocientífico. Se hablaría, entonces, de una rama más de la bioética.
- **Neurociencia de la ética.** Desde esta forma de entender la neuroética se pretende establecer las bases neurales de la agencia moral. Parecería arrojar los fundamentos cerebrales para una ética normativa y, comprendida así, se hablaría del pivote principal de toda la ética aplicada.

En la línea de la segunda acepción, la ingeniería de imagen cada vez más detallada y refinada supone poder vincular la activación de determinadas áreas cerebrales con la elaboración de juicios morales, concretamente en la corteza prefrontal (Cortina, 2010). Los hallazgos sobre el estudio del comportamiento humano permiten poner sobre la mesa debates de gran calibre, como la posibilidad de la existencia de una ética universal basada en el cerebro: puesto que la estructura biológica es igual en todos los seres humanos, cabría la posibilidad de encontrar también unos juicios morales de base que marcasen los parámetros de una normatividad ética para todas las culturas y sociedades. Es aquí donde surge la cuestión sobre el poder que tienen las neurociencias -y, más

concretamente, la neuroética- sobre imponer un mandato ético universal válido para todos los contextos, sociedades y culturas.

En relación con esta premisa existen varias posturas al respecto. Con las aportaciones de MacLean (1990) sobre la evolución del cerebro en términos de autonomía y adaptación y las de Kohlberg (1981, 1984) en cuanto al desarrollo de la moral se podría aceptar también la teoría de Wilson (1993) de que los seres humanos, mediante la evolución, hemos adquirido y asumido códigos morales y normas de conducta como mecanismo de adaptación para la supervivencia de la especie. Podría decirse entonces que el cerebro humano se ha ido construyendo moralmente desde una primera base emocional primitiva -en el cerebro reptiliano- centrada en la ayuda mutua. El planteamiento kohlbergiano ha sido uno de los más criticados al asumir que existe un nexo inquebrantable entre el razonamiento y la conducta, es decir, entre el juicio y la acción moral. Sin embargo, el cuestionamiento de este binomio cobra importancia en la medida en que estudios como los de Green y sus colaboradores -en los que los sujetos leían dilemas como el famoso de Philipa Foot (1967) y el tranvía-, revelaron que, si los sujetos consideran lícito dañar a una persona, -aun salvando a cinco- es pensar «contracorriente», aunque finalmente se acepte esa solución; es decir, que las personas elijan salvar a cinco individuos a costa de la vida de uno en vez de al revés no supone ningún “alivio moral”, aunque el número de individuos perjudicados sea menor. También se observó que ante los conflictos morales personales se activan zonas del cerebro relacionadas con el procesamiento de emociones, aproximadamente desde el lóbulo frontal hasta el sistema límbico. Del mismo modo se contempló actividad en la circunvolución cingulada anterior y en el córtex prefrontal, asociado éste al razonamiento y a la planificación. Por tanto, los juicios morales que realizaban los individuos ante una situación personal activaban las zonas cerebrales relacionadas con la emoción y la cognición social (Green et al., 2001, 2004). Esta segunda teoría es apoyada por autoras como Cortina (2010), quien acepta que existen unas bases neurales relacionadas con la conducta ética al mismo tiempo que influyen en ella diferentes factores multicausales. La perspectiva histórico-cultural como teoría conciliadora entre las bases genéticas humanas y la influencia del medio ambiente sobre el comportamiento humano (Vigotsky, 1987) permite aceptar que la estructura neural es insuficiente para comprender la conducta ética humana y que, además de la morfología y el funcionamiento cerebral, el contexto social en el que se desarrolla cada persona, así

como las normas y reglas que establezca su comunidad, guiarán su conducta ética y su razonamiento moral. .

Además, las aportaciones de la neurociencia con las técnicas de neuroimagen apuntan también que el cerebro tiene mayor actividad cuando el conflicto atañe a aquellos que son cercanos y semejantes al grupo, por lo que podría pensarse que ciertamente existe un mecanismo universalmente extendido de preocupación por el cercano y despreocupación por el lejano ya que la estructura biológica del cerebro estaría determinada a ello por mecanismos evolutivos de supervivencia (Wilson, 1993). Esta visión adaptativa del comportamiento humano parece sentenciar que lo común y lo correcto se limita a los vínculos afectivos más estrechos, ya que nuestro cerebro estaría configurado para ello. Desde la defensa de la ética universal fundamentada en el cerebro eso no parecería ser un problema, pues al poseer un cerebro común a todos los seres humanos, con las mismas características relacionadas con el contenido ético no existiría una valoración negativa ante el rechazo del extraño. En esta línea la neurociencia social aporta información relevante acerca de la relación existente entre las bases neurobiológicas y la conducta social. Por ejemplo, los estudios centrados en el sentido de propiedad y agencia revelan que, además de tener la capacidad de representar los estados mentales de los demás, ser conscientes de las propias acciones es de vital importancia para la comunicación y cognición social. Las regiones corticales implicadas en el análisis de las acciones se ven afectadas en tanto que se autogeneran señales automáticas. Es decir, un exceso de inhibición -o directamente la interrupción- de señales internas provocaría una sobre-atribución del yo a una determinada acción, mientras que la falta de inhibición de estas señales derivaría en la atribución de la acción a un sujeto externo (Jeannerod, 2006). Por lo tanto, defender la posibilidad de una ética universal basada en las estructuras cerebrales conlleva olvidar que aceptar semejante premisa va en contra de la Declaración de los Derechos Humanos de 1948, pues se asume que el extraño tambalea la supervivencia del grupo, genera desconfianza y llama a la violencia por razones evolutivas, y estas afirmaciones y conductas sociales serán irremediables por ser biológicas (Mora, 2007)

Desde los estudios de Darwin (1988) sobre el origen de las especies, la evolución y la selección natural han ido surgiendo numerosas aportaciones sobre la importancia del contexto y la cooperación social para entender verdaderamente la evolución. Las

capacidades cognitivas, sociales y lingüísticas que ha desarrollado el cerebro humano han permitido la creación y transmisión de la información, las habilidades, las herramientas y la cultura de generación en generación a través de la interacción con los otros. La mente humana cobra mayor importancia cuando los individuos se identifican con la comunidad, con los demás. Al mismo tiempo, la capacidad de atribuir mente a los otros y reconocer sus estados mentales -así como los propios- supone adquirir la capacidad de valorar, ponderar y planificar acciones y consecuencias comprendidas dentro del marco moral de esa comunidad concreta (García García, 2014).

Este punto es interesante para la pedagogía, pues como indica Cortina (2010) la cuestión sería si las bases biológicas cerebrales que atañen a los dilemas personales más que a los impersonales son suficiente explicación para la conducta ética o si, por el contrario, lo interesante sería incidir, a través de la educación, en que el cuidado de los demás, la cooperación social y el altruismo son los verdaderos mecanismos adaptativos de la especie humana. Esto es especialmente interesante para la educación puesto que la institución académica -junto a la familia- es una de las primeras tomas de contacto de socialización democrática de los individuos, donde comienzan a participar en la vida en comunidad a través del diálogo, la escucha y el intercambio de información y opiniones entre los miembros del grupo. El rol del docente cobra un papel importante ya que su labor está centrada en potenciar la capacidad de negociación y la resolución de conflictos a través de su propia experiencia. Haciendo una comparación con la denominada «gramática universal» de Chomsky (1984), en la que indica que el cerebro está preparado para aprender cualquier lenguaje, -pero no implica su formación automática- también podría asumirse la misma premisa con los razonamientos morales, los cuales se podrían configurar a partir de las bases neurales.

1.1. Cómo aprende el cerebro.

El cerebro puede considerarse como una de las máquinas más poderosas que existen. Sin embargo, la falta de un “manual” que explique cómo manejarlo implica que los conocimientos sobre su funcionamiento hayan tenido que ser investigados y descubiertos a través, ni más ni menos, que de su utilización. La capacidad de aprender del cerebro está más extendida y se puede considerar más sencilla que la capacidad de enseñar, y esta última es una habilidad específica de los humanos. La transmisión de diferentes

conocimientos -gracias a la existencia de distintos tipos de vías de aprendizaje (Gardner, 1994)- permite que el cerebro pueda adquirir y almacenar conocimientos y experiencias de tiempos remotos. Esta capacidad, por tanto, posibilita la educación y la transmisión de los valores y la cultura.

El cerebro humano está constituido por cien mil millones de neuronas aproximadamente y cada una de ellas puede establecer relaciones sinápticas con otras diez mil neuronas. Cada conexión no surge de manera espontánea, sino que la sinapsis ocurre cuando se genera un aprendizaje nuevo. La plasticidad del cerebro le permite reestructurarse, reorganizarse y volver a aprender constantemente, es decir, las redes de conexiones entre neuronas están tejiéndose constantemente.

Con la evolución y la llegada del *Homo Sapiens* el cerebro experimenta un incremento en su tamaño, pero lo más significativo son las capacidades y habilidades mentales, cognitivas y de lenguaje que posee, así como los productos culturales que derivan de su interacción. Comienzan a fabricar una gran cantidad de artilugios y herramientas para fines específicos. También utilizan símbolos para comunicarse y adoptan prácticas orientadas a organizar su vida social. La conquista filogenética llega de la mano del desarrollo de los procesos cognitivos que les permiten situarse en la posición del otro y entender su mente y sus pensamientos -Teoría de la Mente-. Esta comprensión de los demás como seres igualmente intencionales es esencial para los consiguientes aprendizajes (García García, 2008).

1.2. Teoría de la Mente y neuronas espejo.

Retomando la idea de una suerte de «gramática moral» cabe decir que el medio ambiente, el contexto social y la relación con la alteridad son algunos de los factores más influyentes en el comportamiento humano con respecto a los demás (Burnkrant y Cousineau, 1975). Es necesario establecer vínculos entre las personas para comprender la realidad de una manera holística, permitiendo así la consciencia de la existencia del yo y del otro.

Esta comprensión de los demás y sus estados mentales se denomina Teoría de la Mente y se da gracias a las llamadas neuronas espejo, descubiertas en la última década del siglo XX por el neurobiólogo Rizzolatti y su equipo. Este hallazgo se obtuvo cuando

trabajaban en la investigación con unos macacos a los que habían implantado unos electrodos en la corteza premotora -asociada a la planificación de movimientos- para registrar su actividad cerebral. En una ocasión el equipo de investigadores observó que las zonas cerebrales que se activaban en un macaco que realizaba una acción determinada eran las mismas que las del macaco que simplemente observaba la acción sin llevarla a cabo. De esta forma se dio el nombre de neuronas espejo al conjunto de neuronas que indica que el sistema de redes neuronales que integra la percepción-ejecución-intención-emoción se activa también simplemente observando una acción conocida y que ya se ha realizado previamente, sin necesidad de ejecutarla. De esta manera, se entienden y se pueden somatizar las emociones e intenciones de los demás (Rizzolati, 2004).

La Teoría de la Mente, por tanto, parte de esa base neuronal conformada por las neuronas espejo. Esta teoría viene a indicar que existe la capacidad de representación, explicación y predicción de los comportamientos de los demás gracias a la atribución de un estado mental independiente del propio. En ese sistema de mentalización se conoce que están implicadas áreas cerebrales como el surco temporal superior, donde se detecta a otro agente y sus movimientos; los polos temporales, responsables del sentido semántico de los estímulos procesados; y la corteza prefrontal medial, donde se analizan y representan los estados mentales propios y de otros (Feito, 2019). Esta última zona estaría asociada a las funciones ejecutivas.

Con las investigaciones del fisiólogo alemán Franz Joseph Gall a finales del siglo XIX se evidenció la asociación de lo cognitivo y lo emocional al mostrar la activación de diferentes zonas cerebrales dependiendo de las funciones del propio cerebro, y esto supondría que las personas tendrían unas zonas más o menos desarrolladas según ciertos rasgos de personalidad. El caso más emblemático que apoyó estas investigaciones fue el de Phineas Gage que, después de sufrir un accidente en el que una barra de metal le atravesó el lóbulo frontal desde la órbita ocular izquierda, perdió el control de sus impulsos y la capacidad de planificar y calcular las consecuencias de sus acciones. Posteriormente, con este curioso caso como línea de salida, Damasio y algunos de sus colaboradores recrearon lo que fuese el cerebro de Gage y el recorrido de la barra, evidenciando así que el daño se produjo principalmente en la corteza prefrontal/ventromedial. De esta manera se pudo comprobar que la carencia de la

capacidad para interpretar las consecuencias de las acciones está controlada por esta área cerebral (Damasio et al., 1994).

La influencia de las neuronas espejo en la Teoría de la Mente y la existencia de esta propia teoría permiten realizar una coherente asociación entre este sistema neuronal y la empatía, ya que el hecho de que se produzca la activación cerebral en las mismas zonas tanto al realizar una acción como simplemente al observarla implica que, literalmente, se produzca el mismo sentimiento en el ejecutor y en el observador (Ramachandran, 2006). La atribución de mente a los demás supone que exista una subjetividad interpersonal que posibilita la comprensión y ayuda mutua en un escenario común con unos objetivos determinados. Los estudios que utilizan la resonancia magnética funcional revelan que existe una mayor actividad cerebral cuando a los sujetos se les presentan situaciones contextualizadas (Gallese, 2006). Gracias a estos descubrimientos se pone de manifiesto que, entre otras cosas, la supervivencia de la especie ha sido y es posible gracias a la comprensión del otro, el entendimiento de sus actos y el hecho de sentir sus emociones.

No es sorpresa, por tanto, que cada vez primen más las éticas denominadas de la alteridad, centradas en los demás, ya que la comprensión del otro requiere irremediablemente abrir el canal socioafectivo individual para poder tejer comunidad.

2. LAS POSIBILIDADES DE LA EDUCACIÓN MORAL.

En función de todo lo anterior se corrobora que los postulados éticos son posibles gracias a la interacción del yo con los otros. El enfoque bidimensional de la conducta moral humana en términos de genética y ambiente permite hacer la apreciación de que no todos los individuos y comunidades parten de la misma línea y que sus necesidades difieren, lo que supone que se formen relaciones de poder verticales, con aquellos que poseen más privilegios y facilidades en la cima. Autores como Freire (1972) utilizan este análisis de la realidad para promover pedagogías trasgresoras y transformadoras que pongan el foco en dotar de las herramientas, habilidades y capacidades necesarias a los colectivos más desfavorecidos para que tomen conciencia de que el factor fundamental de la transformación está en ellos mismos. La construcción de la comunidad es imprescindible para que el contenido moral tenga sentido, y el papel fundamental de la comunidad es precisamente tomar conciencia de la realidad y analizarla para lograr la

emancipación en colaboración. En esta asociación -entendida como cooperación- es necesario atender a la diversidad propia de la comunidad para mantener el carácter abierto, horizontal y multidimensional. La participación e implicación en el desarrollo será indispensable para cada miembro, pues sin la cooperación social de todos los individuos no existiría ninguna posibilidad emancipatoria.

Aceptando que los factores biológicos y ambientales influyen de manera evidente en el razonamiento moral y el contenido ético cabe plantearse, entonces, si existe un momento determinado más favorable en el desarrollo humano para la formación y enseñanza del contenido moral.

2.1. Bases teóricas fundamentales del desarrollo moral.

Como se mencionaba anteriormente, Lawrence Kohlberg ha sido uno de los pilares de los estudios y el entendimiento del desarrollo de la moralidad en los seres humanos. Para entender su teoría es necesario remontarse a las bases sobre las que se sustenta: la teoría epistemológica del comportamiento planteada por Jean Piaget (1971-1985). Las aportaciones de Piaget a la psicología suponen entender el desarrollo moral y cognitivo de forma paralela, superando cada vez los diferentes estadios en los que clasifica ese desarrollo, los cuales son progresivos. Esta división del desarrollo cognitivo se lleva a cabo -según el autor- después de cuatro estadios: sensoriomotor o sensorio-motriz (0-3 años), preoperacional (3-6 años), operacional concreto (6-12 años) y operacional formal (12 años en adelante) (Piaget, 1990).

Los dos últimos, el estadio operacional concreto y el operacional formal, serían la fundamentación del contenido moral. Durante ambas etapas se consolida el pensamiento más complejo, pero el último estadio incluye las aptitudes relacionadas con el cálculo de probabilidades y el cálculo matemático, la aplicación de la lógica, la deducción y la interpretación de la realidad. Justamente en el estadio operacional formal es en el que se entienden y manejan los dilemas morales. Cabe mencionar de nuevo que estos dilemas no son comprendidos de manera aislada, sino que las operaciones formales se graban en el razonamiento más general de las personas a través de la interacción con los demás. Por lo tanto, en concordancia con lo anteriormente expuesto, el entorno educativo será clave para el desarrollo de los contenidos morales de los individuos.

Con este esquema presentado en estadios Kohlberg (1992) lanza su teoría del desarrollo moral mediante una clasificación de seis estadios irremediamente invariables y jerárquicos. La clasificación de Kohlberg añade a la psicología cognitivista de Piaget matices del formalismo deontológico kantiano asumiendo que el juicio moral está constituido por principios universales. Cada etapa o estadio comprende juicios morales y comportamientos éticos diferentes, por lo que en cada uno se da una respuesta social diferente: preconvencional (estadios uno y dos: respuesta egocéntrica. Antes de los nueve años), convencional (estadios tres y cuatro: respuesta social. Adolescentes y jóvenes adultos), postconvencional (estadios cinco y seis: respuesta moral. Adultos maduros). Según esta clasificación la conducta moral se alcanzaría a partir del segundo nivel (convencional) puesto que en el primero las acciones se interpretan como «buenas» o «malas» en función de los refuerzos positivos o negativos que se obtengan al realizarlas. En el segundo nivel, sin embargo, prima el respeto a la norma social establecida como convencional dentro del grupo al que pertenece cada persona. Es decir, cada uno intenta mantenerse en el rol que por norma le corresponde. Con esta respuesta social se da cuenta de que la moralidad en el nivel convencional, además de estar influida por los factores externos para la integración social, depende del propio individuo en la medida en que respeta el orden moral establecido y le da valor en sí mismo (Kohlberg, 1992). Por último, el tercer nivel -postconvencional- supone entender que las acciones correctas son aquellas que van acorde a los principios universales.

Estos postulados sobre el desarrollo de la moralidad no han estado exentos de críticas por considerarlos individualistas y extremadamente deontológicos, sin tener en cuenta los factores relacionales, emocionales y de comunidad. Para la ética del cuidado es fundamental el contexto, los vínculos y los lazos que se establecen al forjar relaciones con los demás para poder comprender el sentido de la moralidad (Gilligan, 1982). Ante estas críticas el propio autor reformuló el sexto estadio incluyendo nociones de simpatía, responsabilidad y cooperación para fomentar y mantener el bienestar del grupo entero para, acorde con la teoría de Rawls (1971), alcanzar el verdadero sentido y significado de justicia. De esta manera se sostiene que los estímulos cognitivos y la influencia del entorno que reciben las personas en cada estadio constituyen la fundamentación de la moralidad y la conducta ética del tercer y último nivel, al que pertenecen el estadio cinco (importancia del contrato social) y seis (modelo de justicia universal). Si bien es cierto que esto implica la asunción de roles, también hay que considerarlo como una condición

necesaria, puesto que el desarrollo moral parte de las interacciones sociales, las cuales no se pueden dar sin asumir roles, esto es, sin tomar conciencia de uno mismo y de los demás, de las actitudes propias y ajenas y, en definitiva, sin empatía.

2.2. Teoría del Apego y modelo representacional de la relación del apego.

Como ya se ha mencionado anteriormente, es fundamental establecer vínculos con los demás para entender la realidad. Los planteamientos que hizo Bowlby (1993) demostraron que la conducta instintiva humana no se mantiene estable ni sigue unos patrones determinados de comportamiento, sino que depende del medio ambiente y las circunstancias externas, así como del primer contacto y la relación paternofilial, por lo que es una conducta adaptativa. Se diferencian cuatro sistemas diferentes:

- **Sistema de conductas de apego.** Consiste en mostrar conductas para mantener cerca a la figura de apego, como sonrisas o llantos. Con esto se intenta restablecer la proximidad en caso de amenaza o distanciamiento.
- **Sistema de exploración.** En relación con el anterior: hay un bajo nivel de exploración del entorno si el sistema de conducta de apego está activo ya que no se presta atención a nada más.
- **Sistema de miedo a los extraños.** Mayor aumento de los sistemas de apego, con lo cual hay disminución de atención al entorno.
- **Sistema afiliativo.** Interés por establecer vínculos tanto con humanos como con otras especies.

El sistema que se pondrá en marcha en relación con la conducta instintiva dependerá del contexto y la situación determinada en la que se encuentre una persona.

Por otro lado, con el *Experimento del Extraño* llevado a cabo por Ainsworth y Bell (1970) se pudo corroborar que los niños, en presencia de su madre, exploran más el entorno porque se sienten seguros y que, ante una situación de amenaza se activan de manera automática e instantánea los sistemas de apego que detienen el proceso exploratorio. De esta forma se determina que las relaciones de los niños con sus figuras referentes de apego constituyen el modelo representacional de apego, lo que configura la base de la autoestima y la propia identidad de los niños. (Bowlby, 1984).

Por lo tanto, la clasificación en estadios de Kohlberg y Piaget permite concluir que, efectivamente, todo lo relacionado con la ética y el razonamiento moral se debe mirar desde el prisma contextual para poder comprenderlo. El desarrollo cerebral pertinente para un buen razonamiento moral necesita unas condiciones ambientales favorables para su conformación. La evolución del cerebro humano permitiría aceptar la mayor complejidad de los procesos mentales en tanto que el sistema nervioso cada vez es un entramado con más conexiones. Así se entendería la concepción de MacLean (1990) del cerebro humano como triuno, correspondiendo cada uno de los tres cerebros a una etapa evolutiva de mayor autonomía y adaptación: cerebro reptiliano (comportamientos básicos: tronco encefálico), cerebro de mamífero (conductas de cuidado y protección: sistema límbico) y neocórtex (procesos cognitivos superiores: corteza cerebral). En este último se incluirían los últimos estadios del desarrollo cognitivo propuesto por Piaget y de la teoría del desarrollo moral de Kohlberg.

En este sentido, el proceso de desarrollo de la moralidad está íntimamente ligado con los estímulos externos que reciben los individuos desde el comienzo de su vida, determinados por el vínculo afectivo y la relación de apego que mantengan con sus cercanos, de modo que el temperamento de las personas viene determinado por la suma de las características genéticas y el aprendizaje primerizo, lo que dará lugar a un tipo de respuesta u otro ante las diferentes situaciones de amenaza en un futuro (Oliva, 2004).

3. LA EDUCACIÓN MORAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LA NEUROEDUCACIÓN.

En el año 1990 se celebró en Jomtien la denominada Conferencia Mundial sobre Educación Para Todos, en la que se entendió la educación como una herramienta emancipatoria, una acción mediante la cual pudieran resolverse los problemas y superar los retos que las sociedades reclamasen en cualquier ámbito, tanto político como social o económico. Esto se traduce en términos de educación por y para la comunidad ya que propone la identificación de uno mismo con respecto al grupo, el fomento de la cultura y la convivencia en la naturaleza dentro de un espacio compartido con los demás. Para que pueda darse este tipo de educación se necesitan debates, charlas, diálogos y

encuentros comunales que permiten al individuo ser consciente de que es uno entre los demás y que, por lo tanto, existe una comunidad con la que convive que no puede pasarse por alto. Además, esta metodología supone un gasto económico bastante reducido gracias a que el intercambio de ideas, opiniones e información entre el grupo servirían, en gran medida, para resolver los conflictos que surgieran dentro de la comunidad. (Howes, 1955). Estas pretensiones educativas concuerdan con las aportaciones de la neurociencia para la construcción de pedagogías innovadoras que unifiquen los factores extrínsecos e intrínsecos para que pueda darse una educación moral en sintonía con el desarrollo evolutivo de los individuos a nivel biológico.

Es importante, por tanto, tener en cuenta la existencia de una comunidad en la que contextualizar las experiencias y las acciones para que pueda darse una educación moral coherente y consistente. El proceso de enseñanza-aprendizaje es considerado como el vehículo más eficaz y seguro para lograr la socialización, un proceso en el que se ven implicados diferentes tipos de habilidades de carácter emocional, moral y cognitivo, entre otras. La mediación y la atención hacia los demás debe estar orientada a la liberación y emancipación para conseguir un desarrollo humano de calidad. Al mismo tiempo, conocer cómo funciona el cerebro en este proceso permite a los propios educadores realizar un ejercicio de autoconocimiento para interpretar y comprender sus emociones, sus necesidades y sus capacidades para, posteriormente, poder detectar las demandas de los educandos y entender sus comportamientos. (Pérez, 2011).

3.1. Qué es la neuroeducación.

La neuroeducación da vida a una nueva perspectiva del proceso de enseñanza-aprendizaje basado en el cerebro. Como indica Mora (2014) pivotar la educación sobre el cerebro supone conocerlo y saber cómo funciona, por lo que es necesario que confluyan diferentes disciplinas para poder trazar un mapa de mayores dimensiones acerca de la estructura y el funcionamiento cerebral. Así pues, la interdisciplinariedad de las ciencias humanas -psicología, sociología, medicina- es fundamental para trazar una línea de intervención educativa centrada en la anatomía y la funcionalidad del cerebro humano.

Algunos autores como Battro y Cardinali (1996) definen la neuroeducación como un nuevo enfoque integrador de las disciplinas educativas y aquellas que tienen que ver con

el desarrollo cognitivo humano. También Koizumi (2008) entiende la neuroeducación como el estudio interdisciplinario del desarrollo del aprendizaje. Lo destacable en estas definiciones es que todas ellas señalan la variedad de disciplinas que convergen y que son necesarias para resolver los problemas que atañen a esta ciencia, ya sea desde la reflexión filosófica, la estructura biológica o el carácter sociológico, entre otras. Aun existiendo diferentes definiciones y multitud de disciplinas que intervienen en la neuroeducación lo que parece estar claro es que el eje central de esta ciencia es el estudio del cerebro en los procesos de aprendizaje del ser humano, no sólo como algo meramente informativo y observable, sino para llevarlo a la práctica mediante estrategias pedagógicas adecuadas.

A pesar de la multitud de definiciones que rodean a la neuroeducación han surgido algunas críticas relacionadas con la falta de conocimiento del funcionamiento neural y su estructura para poder establecer un vínculo coherente con el terreno educativo, la brecha entre la psicología cognitiva y la educación y la lejanía entre la propia psicología y la neurociencia en sí (Bruer, 1997). Aun con todo, la neuroeducación ha demostrado que existe un lazo entre neurociencia y educación, destacando diferentes niveles de interrelación.

El primero de ellos -el nivel descriptivo- se basa en las ya mencionadas técnicas de neuroimagen para conocer la funcionalidad del cerebro en el proceso de aprendizaje (Fischer et al., 2007). Con relación a la educación algunos de los aspectos más estudiados son qué áreas cerebrales intervienen en la lectura para poder diseñar intervenciones eficaces para aquellas personas que presenten problemas en ese ámbito (Ansari, 2008). Otros ejemplos de la aplicación de este nivel son el estudio de la orientación espacial de taxistas, la percepción visual y los reflejos de los malabaristas (Hall, 2005).

Los déficits y trastornos del aprendizaje pertenecen al nivel terapéutico de la neuroeducación, así como su tratamiento y la aplicación de psicofármacos en los centros educativos (Stein et al., 2011).

Otro de los niveles -prescriptivo- incorpora los descubrimientos neurocientíficos a la pedagogía para diseñar estrategias y métodos educativos que se adecúen a los resultados de los estudios. Por ejemplo, metodologías basadas en el aprendizaje del vocabulario y en el procesamiento del lenguaje (Goswami, 2004). Este es el nivel en el que se circunscriben los siguientes apartados del texto utilizando la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos como ejemplo de estrategia adaptada a la funcionalidad del cerebro

para la educación moral. Del mismo modo, el nivel de revisión (Fischer et al., 2007) permitirá dismantelar los presupuestos relacionados con el cerebro y su capacidad de aprendizaje en los que se han sustentado las pedagogías tradicionales, actualmente sobrepasadas.

El panorama que se vislumbra en las escuelas se puede considerar como una práctica docente mixta, nutrido de numerosas tendencias y estrategias de las cuales muchas ya han sido superadas y no están en línea con las demandas estudiantiles y sociales del siglo XXI. No obstante, independientemente de la línea o método educativo que se siga, el proceso de enseñanza-aprendizaje se da en todos los contextos pedagógicos, y a este proceso se vinculan todas las capacidades cognitivas, morales y emocionales. Estas habilidades parten del cerebro que está en continuo aprendizaje y moldeamiento. Este aprendizaje será más significativo cuanto más accesible sea para el educador la información sobre la relación entre la estructura cerebral y su funcionalidad.

Para los docentes lo más importante es entender la neurociencia como una vía de comprensión más amplia y específica del cerebro, de su estructura y su funcionamiento en relación con el aprendizaje y su integración para que a raíz de esa información se puedan elaborar propuestas pedagógicas más eficientes y de mayor calidad.

Por tanto, para entender la relación entre neurociencias y educación hay que comprender que la evolución de la sociedad ha derivado en necesidades y demandas diferentes que echan un pulso constante con las más remotas, tradicionales y conservadoras. En el ámbito educativo este cambio también se ha visto reflejado en el aumento de la diversidad social a causa de prestar más atención a los diferentes ritmos de desarrollo y maduración personal de cada uno, por lo que se necesita que se replanteen las medidas educativas y las metodologías pedagógicas para que puedan ir de la mano del desarrollo moral y personal de los individuos y que, como indica Robinson (2006) fomenten la creatividad y la capacidad de innovación. Para poder fomentar una educación moral eficaz es necesario conocer las etapas del desarrollo humano en las que los contenidos éticos quedan impregnados en el cerebro con mayor facilidad. Sin embargo, aunque estas etapas madurativas existan -como se ha explicado con las teorías de Piaget y Kohlberg- no implica que no se pueda educar con contenidos morales desde edades tempranas ni tardías, sino que -como se verá más adelante- existen períodos más sensibles

al aprendizaje, pero no críticos. Esto se debe a la plasticidad cerebral, la cual permite que el cerebro pueda aprender y entrenarse en cualquier etapa de la vida.

3.2. Algunos antecedentes de propuestas pedagógicas basadas en la comunidad: las Comunidades Justas y la Ciudad Educativa.

De la perspectiva kohlbergiana del desarrollo moral y del concepto de comunidad - una vez reformulado el estadio seis aportando nociones de confianza en los demás- derivó un modelo pedagógico que tuvo como fundamentación las normas y reglas que un grupo o sociedad estableciera para alcanzar la justicia, más allá de las acciones individuales aisladas. (Power et al. 1989).

Los primeros intentos de llevar a cabo la idea de una comunidad justa corrieron de la mano de Scharf (1973) desde la perspectiva del desarrollo moral de Kohlberg dentro de una cárcel de mujeres, en la que se estableció una constitución y unas normas de conducta mediante un sistema participativo de sufragio en el que todas, internas y funcionarias, tenían opción al voto. Este enfoque, llevado a la práctica también en una escuela de Cambridge, representa el intento de Kohlberg de unificar lo público y lo privado, como ya hizo Rawls (2012) asumiendo que la filosofía política ha de operar en favor de la conciliación de lo público y lo privado, de los intereses individuales con los comunitarios para lograr el sistema equitativo de cooperación social que tanto reclama.

Siguiendo con la idea pedagógica de Kohlberg, ésta sustentaba buena parte de su estructura en el concepto de comunidad que Durkheim (2002) planteó en los años 70. De aquí Kohlberg extrajo la idea de que lo colectivo prevalecía sobre lo individual y que, derivado de eso, los sentimientos y las acciones morales de las personas son provocadas por la pertenencia a una comunidad y la necesidad de mantener unas reglas que aseguren la convivencia. Como es de esperar, Kohlberg reformuló estas ideas por su férrea adhesión a los principios morales universales, alejándolo de la concepción de autoridad de Durkheim asumiendo que ésta nace de la justicia y es necesario vivir con la autoridad para poder entenderla (Overley, 1970, citado por Linde, 2009).

El replanteamiento de Kohlberg sobre la importancia del contenido cultural en la educación moral vio la luz a raíz del enfoque de las comunidades justas. Desde la perspectiva piagetiana en la que se basaba Kohlberg solamente se atendía a las estructuras

de razonamiento lógico desde el enfoque cognitivo-evolutivo, obviando continuamente los contenidos del propio razonamiento por considerarlos culturalmente relativos. La nueva perspectiva de Kohlberg albergaba los contenidos dentro de los principios de justicia sobre los que se puede alcanzar el consenso racional (Linde, 2009). Sin embargo, esto suponía correr el riesgo de caer en el adoctrinamiento y, para evitarlo, tomó la idea de Dewey (1995) de la comunidad democrática para promover la participación dentro de la institución educativa. El objetivo principal de Kohlberg era transformar el entorno escolar haciéndolo más participativo para comprobar cómo se desenvolvían los estudiantes en esa nueva “atmósfera moral”. Sin embargo, la idea no terminó de prosperar porque las generaciones venideras de la década de los 80 constituían un perfil educativo diferente, pues el currículum estaba enfocado en la preparación para el mundo laboral (Power et al., 1997).

Por su parte, la idea de Faure (1973) de La Ciudad Educativa surge de analizar el modelo educativo tradicional, de manera que emergen sus deficiencias por ser meramente estructurado y universal. Por tanto, para cubrir las carencias que este sistema muestra, ven la luz distintos tipos de educación dentro del ámbito formal y no formal, que van de la mano para favorecer el desarrollo integral de las personas. Siguiendo a este autor, se considera que la educación es ilimitada y, por tanto, desestructurada en tanto que reclama flexibilidad y adaptación al contexto. Es un proceso permanente que cada persona debe darse a sí misma. Esto sólo puede ocurrir si el entramado social, económico y político interaccionan constantemente en favor de nutrir de conocimientos a los individuos. Cada persona tiene la responsabilidad, y no la obligación, de aprender por sí misma, de buscar el saber y el conocimiento a través de sus propios mecanismos. Y ese afán por conocer, saber y aprender tiene la necesidad de ser fomentado por el propio contenido social.

Cabría pensar que la idea de una ciudad educativa autodeterminada pecase de utópica y, a decir verdad, en parte cae en el idealismo dada la necesidad de previsión utópica de los planes a largo plazo si se quiere realizar una buena intervención. Sin embargo, se abandona ligeramente la concepción de utopía si se considera que esta idea se adapta al tiempo del contexto en que se vive. La Ciudad Educativa sigue el curso de la evolución económica, política y filosófica, sólo hay que dejar que fluya (Faure, 1973).

Las necesidades educativas han ido variando a lo largo de la historia, ha aumentado la diversidad social debido al incremento del ritmo del crecimiento personal de cada uno,

lo que supone un replanteamiento de las medidas educativas para que sean capaces de adaptarse al momento. Estas propuestas educativas llaman la atención en tanto que pretenden poner el foco en la educación comunitaria, más allá del individuo. Sin embargo, el sistema pedagógico propuesto por Kohlberg es extremadamente estructurado por la visión universalista y principialista del autor. Los modelos educativos actuales deben adaptarse al tiempo y las circunstancias pertinentes -como plantea Faure, quien contempló la idea de romper con el molde educativo, de manera que pudiera adaptarse al tiempo y las circunstancias pertinentes, por lo que requiere que el plan de enseñanza-aprendizaje sea flexible, desestructurado y abierto para posibilitar el interés, la creatividad y la inspiración.

La neurociencia ayuda a construir esas nuevas metodologías pedagógicas aportando datos e información relevante sobre el funcionamiento y las capacidades cerebrales. Para que, en efecto, el ideal de las pedagogías innovadoras y transformadoras pueda eliminar su peculiar carácter utópico la neurociencia juega un papel fundamental y, lo más importante, sustentado en evidencias científicas que permiten conocer, realizar estudios, lanzar datos estadísticos y contrastarlos para proponer nuevas ideas con una base científica corroborada.

4. NEUROMITOS

En relación con la necesidad de dismantelar el carácter utópico de la neurociencia y para poder diseñar planes y estrategias pedagógicas basadas en el cerebro y su funcionamiento es imprescindible desmontar las falsas creencias que el desconocimiento de la novedad científica supone para la sociedad. El auge de las neurociencias y su gran expansión han dado lugar, también, a la otra cara de la moneda: los neuromitos. Estos son entendidos como falsas creencias, hipótesis simples que, a pesar de no haber sido científicamente demostradas y sí refutadas, prevalecen en la sociedad, amenazando así la evidencia de la neurociencia. Por consiguiente, la neuroeducación no ha estado exenta de estas teorías y opiniones de carácter social. La cultura popular tiene un gran peso en la formación de opiniones y creencias individuales, por lo que generar ideas erróneas a través de vagas publicaciones y los medios de comunicación es algo sencillo y difícil de eliminar del pensamiento (Geake, 2008). Sin embargo, aunque todavía quede largo camino por recorrer, los estudios científicos, las investigaciones y los datos contrastados

están consiguiendo alzarse y tener voz frente a los mitos que, en este caso, rodean a la neuroeducación.

4.1. Neuromitos en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Entre los neuromitos más destacados se encuentran los siguientes:

4.1.1. La utilización del 10% del cerebro humano.

El origen de este neuromito tiene varias explicaciones. Algunas de ellas están relacionadas con los experimentos con ablación y estimulación del cerebro, llegando a concluir que éste actúa como una unidad funcional, -más concretamente el cerebelo, la corteza cerebral y el tronco encefálico funcionarían de manera coordinada con el resto del cerebro- aunque algunas funciones estarían determinadas por zonas específicas. Por otra parte, alrededor de los años 30 del siglo XIX, el psicólogo Karl Lashley utilizó descargas eléctricas en el cerebro para comprobar su activación. Al observar que no todas las áreas neurales se activaban concluyó con que existía una «corteza silenciosa» que no tenía ninguna función.

Todos estos experimentos llevaron a concluir que el cerebro únicamente se utiliza en una décima parte de su totalidad. Sin embargo, gracias a las técnicas de neuroimagen se ha comprobado que las diferentes áreas del cerebro se activan según el potencial de acción. Esto significa que hay zonas que funcionan más rápidamente que otras, no que las demás no se utilicen. Según los estímulos y la información que reciba el cerebro se activarán unas zonas u otras, no necesariamente a la vez, pero sí se activan todas en algún momento, lo que supone la utilización del 100% del cerebro.

4.1.2. El condicionamiento del aprendizaje por el uso de un hemisferio predominante.

La base de este mito es la lateralización cerebral, la utilización preferente de un hemisferio frente al otro. Esto supondría diferentes tipos de pensamiento y, por tanto, de personalidades. El hemisferio izquierdo estaría relacionado con el pensamiento analítico y racional, por lo que sería la base del pensamiento lógico y todas las operaciones

formales. Por otro lado, el hemisferio derecho constituiría la base emocional, instintiva y de intuición.

Esto podría tener su origen en diversas publicaciones e investigaciones. Por ejemplo, en la década de los 60, Gazzaniga y sus colaboradores realizaron un estudio sobre «cerebros divididos» con pacientes epilépticos sometidos a una intervención quirúrgica que consistía en cortar el cuerpo calloso, las fibras que conectan ambos hemisferios cerebrales. Los resultados revelaron diferencias en ambos hemisferios a nivel cognitivo (Gazzaniga et al., 1962).

Ante estas afirmaciones, la neurociencia ha demostrado que, efectivamente, hay ciertas actividades que requieren mayor implicación de un hemisferio frente al otro y que hay ciertas áreas cerebrales que tienen funciones específicas. Sin embargo, la concepción del cerebro como un sistema dividido únicamente en dos subsistemas peca por ser simplista, ya que el cerebro se organiza en más de dos subsistemas que trabajan en conjunto, y requiere la integración de ambos hemisferios y todas sus secciones para el correcto funcionamiento total, por lo que los hemisferios no están aislados (Gazzaniga, 2012).

4.1.3. El aprendizaje se refuerza fuera de la zona de confort, con trabajo y disciplina.

Gracias a los aportes de la neurociencia se ha desmantelado la idea de que la realización de tareas con esfuerzo es el mejor método de aprendizaje. El cerebro humano está constituido por diversos sistemas que tienen mayor activación cuando hay motivación, emoción e intriga. La indagación, la búsqueda y el descubrimiento de lo desconocido forma parte del propio proceso de aprendizaje, lo que supone una especie de gozo intelectual (Wagensberg, 2007) basado en la adquisición de un nuevo aprendizaje a través de la motivación por indagar.

4.1.4. Desarrollo sináptico y aprendizaje hasta los tres años.

El desarrollo cerebral comienza a las pocas semanas de la concepción, aproximadamente desde la tercera semana. Las neuronas que conforman el sistema nervioso comienzan a proliferar y a extenderse para establecer conexiones con otras neuronas, proceso conocido como sinapsis. Aunque ese proceso empieza en el útero

materno, en el momento del nacimiento el número de conexiones establecidas todavía es muy reducido en comparación con todo su potencial. En un estudio realizado con gatos de edad temprana por Cragg (1975) se observó que la sinaptogénesis -constantes sinapsis- en su sistema visual era elevada en esa etapa vital y que a medida que iban madurando las sinapsis por neurona iban disminuyendo. En la actualidad se conoce que la sinaptogénesis depende de cada especie, está vinculada con la interacción con el entorno y se da con mayor intensidad en los primeros años de vida, pero la diferenciación de las conexiones en las distintas áreas cerebrales puede perdurar a lo largo del tiempo si se estimula (Huttenlocher, 2002).

Estos períodos de alta formación de sinaptogénesis desde la etapa prenatal se ven posteriormente reflejados en las capacidades y habilidades tanto cognitivas como físicas y emocionales, lo que supone que estimular a los infantes desde su nacimiento y durante los tres primeros años de vida favorecerá el establecimiento de unas bases de aprendizaje fuertes y preparadas para continuar con ese proceso durante los años siguientes.

De esa premisa surge el neuromito de que todo lo que no se aprenda durante esos primeros tres años de vida ya no se podrá aprender en etapas posteriores. Esto conlleva el riesgo de la sobreestimulación en los niños pequeños ya que los picos sinápticos se observan a esa edad. Sin embargo, no existen datos corroborados de que a mayor número de sinapsis más capacidad en potencia para aprender. Comúnmente se ha hablado de períodos «críticos» del aprendizaje, y el uso de ese término es lo que lleva a confusión. Sería más apropiado hablar de períodos «sensibles» ya que no son irreversibles, pues la estimulación cerebral supondrá siempre la creación de nuevas conexiones entre neuronas. Hay etapas más sensibles al aprendizaje, pero no críticas (Lipina, 2014).

4.2. Neuromitos de la educación moral.

Con todas las aportaciones de la neuroética al ámbito educativo lo que atañe directamente a la ética en este sentido -la educación moral- también se ve salpicada por las especulaciones y los mitos.

Entre los más destacados se encuentran los relacionados con la preocupación por el cercano y la supervivencia, la no existencia de la libertad humana y el intuicionismo social como el modelo óptimo para la educación moral.

4.2.1. Interés por el cercano y despreocupación por el lejano.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las técnicas de neuroimagen han revelado que existe mayor actividad cerebral en las áreas relacionadas con el contenido emocional cuando los dilemas son personales o atañen directamente a personas del entorno de los individuos. Esto se relaciona también con las teorías extraídas de los estudios realizados en los que se señalaba que para asegurar la supervivencia de la especie y el bienestar del grupo era necesario reforzar los vínculos con los cercanos, lo que suponía dejar a un lado la preocupación por los demás (De Waal, 2005; Churchland, 2012). Si bien es cierto que el entendimiento del individuo como un ser independiente del resto del grupo se relaciona con la valoración de sus vínculos interpersonales en tanto que le beneficien en mayor o menor medida -es decir, afán por proteger la pervivencia de sus genes, no del grupo (Hamilton, 1964)-, también hay que dar cuenta de que la ética necesariamente depende de la reciprocidad, de las expectativas de recibir algo a cambio (Cortina, 2007).

Poniendo este filtro a la neuroética se podría aceptar que el interés individual y con respecto al grupo sería una característica innata, por lo que la moralidad quedaría constituida por ese interés. Sin embargo, las pretensiones educativas de crear una metodología para la educación moral basada en el interés presentan varias dificultades. Por un lado, porque los contratos sociales y los pactos que realicen los individuos generalmente se verán rotos debido a que cada una de las partes tenderá a su propio beneficio. Por otra parte, porque ese mismo beneficio personal denotará que la moralidad tendrá sentido exclusivamente para aquellos que tengan motivación, para los que realmente existe un sentido de la moral (Cortina, 1998). Por tanto, el sentido de la búsqueda de la justicia universal quedaría mermado por el constante interés en el beneficio propio. Esto guarda relación con lo comentado anteriormente sobre la posibilidad de una ética universal: el máximo exponente del individualismo daría como resultado la destrucción de las personas y de la especie en su conjunto, pues no se tendría en cuenta el contexto y la necesidad de interacción con el entorno y lo demás para la supervivencia.

4.2.2. La inexistencia de la libre voluntad.

Las teorías basadas en neurociencia que niegan la libertad humana son el origen de este neuromito. A partir del conocido experimento de Libet sobre el «potencial de

preparación» (Libet et al., 1983) otros autores han llevado a cabo experimentos e investigaciones del mismo carácter (Soon et al., 2008) a través del registro de la actividad cerebral de los sujetos cuando decidían si pulsar un botón situado a su izquierda o si, por el contrario, tomaban la decisión de pulsar el de la derecha. Los resultados de estos estudios revelaron que, a nivel cerebral, el registro de actividad aparecía alrededor de siete segundos antes de que el sujeto hubiera tomado la decisión consciente. Esto implica que la consciencia de que se ha realizado un acto aparece después de que el inconsciente haya decidido llevarla a cabo previamente.

Estas investigaciones han generado numerosos debates sobre la existencia o no de la libre voluntad de los seres humanos. Autores como Gazzaniga (2006) manifiestan que la automaticidad del cerebro no supone la pérdida de la libertad humana, sino que ésta se pone de manifiesto a través de la interacción social, pues el cerebro mantiene la capacidad de vetar.

Sin embargo, no hay nada que indique que lo que Libet quería probar era la ausencia de libertad, sino que el acto voluntario comienza antes de que la persona sea consciente de la realización del propio acto en sí. Lo que se demostró en sus experimentos era que la consciencia de los sujetos de que iban a actuar no coincidía con el potencial de preparación, sino que esa consciencia sucedía unos milisegundos más tarde, es decir, la intención de actuar existe antes de la consciencia de esa misma intención (Libet, 1999).

Por lo tanto, no se puede concluir con la asunción de la falta de libertad, puesto que el propio Libet indicaba que él hablaba de la intención de actuar y no de la propia elección, además de que en sus experimentos no se habla de causalidad, sino de funcionalidad.

4.2.3. El intuicionismo social como método más eficaz para la educación moral.

Otro de los neuromitos a destacar es el modelo que propone Haidt (2001) sobre el juicio moral. En contraposición al razonamiento que proponen Kohlberg y Piaget este autor destaca que el juicio moral se alcanza de manera intuitiva por la vía emocional. Además, es un proceso más rápido por ser automático, por lo que no se necesita atención ni esfuerzo para elaborar juicios morales y depende de cada contexto y de la estructura neural de cada uno.

Sin embargo, educar bajo estas premisas supone varios inconvenientes. El primero de ellos parte directamente del carácter educativo, pues si se desconoce el origen y el motivo de la toma de decisiones no se pueden justificar y mucho menos enseñar. Por otro lado, se olvida el lazo que une lo cognitivo con lo emocional, por lo que carece de una perspectiva holística. También existe una equivocación en este modelo en cuanto al orden del procedimiento, ya que Haidt apunta que la racionalización es posterior a la aparición de la emoción, pero si no se ha establecido una norma moral no existe ningún motivo para tener un sentimiento negativo si se transgrede, mientras que sí sucedería al revés: se establece una norma moral desde el razonamiento y, posteriormente, aparece la emoción si se incumple. Por último, hay que señalar que afirmar que el proceso de razonamiento para elaborar juicios morales carece de contexto es una premisa equivocada, pues la elaboración de estos juicios se basa en el vínculo y la relación con los demás, según las expectativas y demandas que surgen de establecer reglas (García-Marzá, 2005).

En esta línea la influencia de las emociones en la toma de decisiones ha sido uno de los grandes temas a tratar por la neuroética. Al considerarse involuntarias las emociones¹ se han calificado a la largo del tiempo como un factor que sesga la racionalidad. Añadido a los estudios del caso de Phineas Gage, el psicólogo Walter James, prácticamente a finales del siglo XIX, puso sobre la mesa una teoría inversa sobre la percepción y la respuesta emocional a la que se conocía hasta el momento. Para este psicólogo la respuesta instintiva de las emociones, el aspecto fisiológico, aparece antes que la experiencia cognitiva. Ante estas declaraciones, pronto aparecieron diferentes observaciones causadas por la incredulidad de esta teoría. Walter Cannon y Philip Bard, en 1928, demostraron a través de estudios e investigaciones con lesiones controladas en el cerebro de algunos animales que existe una «reacción de alarma» ante situaciones de peligro que es caracterizada por ser vegetativa y motoramente no específica. La teoría de Cannon-Bard, por tanto, afirmó que las zonas concretas del cerebro del hipotálamo y el tálamo son las responsables de la respuesta emocional, pues envían a la corteza cerebral información necesaria para poner en marcha estos mecanismos de consciencia emocional.

¹Para la educación y la neurociencia este es un tema complejo y de una relevancia importante, pues el entrenamiento y el cultivo de las emociones es algo completamente posible gracias a la plasticidad cerebral. Autores como Gross (2002) aportan modelos de regulación emocional dependiendo del momento en el que aparezcan.

Otra región de suma importancia relacionada con las emociones es la amígdala porque recibe información de todos los sistemas sensoriales y su actividad está relacionada mayoritariamente con los afectos negativos, específicamente con aquellos que se consideran estímulos externos adversos (LeDoux, 1999). Aunque existen más áreas del cerebro asociadas a las emociones, la amígdala y la corteza prefrontal son las más importantes. A través de los estudios con neuroimagen se evidencia que la corteza cingular anterior se activa al mostrar un supuesto con carga emocional ante uno neutral, relacionando así esta zona con la excitación afectiva.

Por lo tanto, al evidenciar la relación entre cognición y emoción se pone sobre la mesa que el cerebro humano no aprende únicamente almacenando datos, sino que el sistema nervioso, el entorno, los recuerdos y las emociones forman redes de suma importancia para el aprendizaje (Triglia, 1988). Una de las hipótesis que clarifica la unión entre el proceso emocional y el cognitivo es la propuesta por Damasio (1996) denominada «hipótesis del marcador somático». Esta teoría viene a indicar que se produce una respuesta somática generada por la valoración positiva o negativa del estímulo que recibe la corteza prefrontal ventromedial. Es decir, si un estímulo tiene una valoración negativa -atracar un banco puede suponer pena de cárcel- se genera una respuesta somática que advierte a la cognición de las consecuencias negativas que tiene realizar esa acción. Por lo tanto, existe un vínculo fuerte entre la emoción y la cognición que permite a los individuos hacer un balance sobre sus acciones y ponderar las consecuencias. Una vez más, el caso de Phineas Gage evidencia esta hipótesis.

5. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS COMO METODOLOGÍA PARA LA EDUCACIÓN MORAL.

La educación humana ha sido objeto de investigación y crítica desde los comienzos de la historia de la humanidad. Algunos autores han considerado la educación como una reforma personal a través de la implementación de herramientas y capacidades para su desarrollo (Not, 1983) y esta labor, en gran medida, recae sobre los docentes. Para hablar de transformación e innovación en las estrategias pedagógicas es importante saber qué se va a transformar. Los seres humanos poseen numerosas habilidades más allá de las

cognitivas -emocionales, morales, físicas, etc.- que parten todas del cerebro, por lo tanto, es en él donde ocurrirá la transformación. En este sentido, el Aprendizaje Basado en Proyectos constituye una estrategia pedagógica que abarca prácticas acordes con el proceso madurativo de los individuos y su desarrollo cerebral, haciendo protagonistas a los estudiantes de su aprendizaje y su adquisición de habilidades y capacidades. Este papel protagónico es avalado por la neuroeducación como elemento fundamental para la formación de ciudadanos con pensamiento crítico y científico que participen en la vida democrática. Del mismo modo, los aspectos neurocientíficos más tratados por la educación relacionados con el aprendizaje se ven altamente potenciados por la metodología del ABP.

5.1. Qué es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y su relación con la Neurociencia.

El Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología pedagógica en la que los educandos son los protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje, desarrollado en colaboración y participación conjunta para afrontar los problemas que plantea la sociedad actual. Estos conflictos del presente necesitan abordarse de manera multidisciplinar y estratégica (Mitchell, 2009), por lo que el buen manejo de los conocimientos adquiridos es uno de los puntos principales que aborda esta metodología para la resolución de conflictos reales. De esta forma, los conocimientos se aplican en forma de proyecto -o producto final- específico para una problemática concreta (Rodríguez-Sandoval et al., 2010). Este método de aplicación, desde el plano neurocientífico, contribuye a mantener la capacidad atencional. El rango de tiempo de atención se sitúa entre los 40 y los 45 minutos, por lo que la metodología tradicional de impartir clases magistrales sin descanso y de mayor duración son menos eficientes porque no se retiene todo el contenido en la memoria (Torres, 2016).

Por proyecto se entiende la red de tareas y actividades conectadas entre sí para generar un producto que represente los conocimientos y competencias adquiridas por los elaboradores, así como su capacidad para utilizar los recursos pertinentes que den solución a una necesidad o problema detectado. Según Jonnaert et al. (2006) - investigadores a favor de la implementación de esta metodología- el aprendizaje basado en proyectos constituye la estrategia con mayor integración de conocimientos y

competencias para aplicar el contenido aprendido en situaciones concretas de la vida diaria. Con este paradigma se consigue que los estudiantes se conviertan en activos de su aprendizaje planeando, organizando, compartiendo y evaluando el proyecto y su posible aplicación real. Desde la neurociencia, otro factor importante que influye en el aprendizaje es la motivación, entendida esta como un estado interno que guía la conducta. Algunos autores como Freire (2006) indican que generar curiosidad para estimular la motivación es un requisito indispensable en la docencia puesto que si el propio docente tiene inquietud e iniciativa de búsqueda incitará al estudiantado a indagar, investigar y contrastar información a la hora de resolver problemas. De esta forma, elaborar un proyecto como estrategia educativa guarda estrecha relación con los estudios neurocientíficos en tanto que, por ejemplo, el estriado ventral está repleto de neuronas que segregan dopamina ante el disfrute, lo que significa que cuanto mayor motivación por alcanzar un objetivo haya, mayor será el placer experimentado al realizar esa acción (Davidson, 1994).

Por otra parte, la interdisciplinariedad que acompaña al ABP exige cambios respecto a las metodologías educativas tradicionales. La Pedagogía No Directiva desde el enfoque de Rogers (2011) sostiene que cada individuo, acorde con sus ritmos de desarrollo evolutivo, posee unas características concretas y específicas, por lo que la educación que reciba debe estar adaptada a esas particularidades. Ya en el año 1983 el psicólogo Howard Gardner presentó sus investigaciones sobre las capacidades cognitivas de los seres humanos mediante su teoría de las inteligencias múltiples, apoyando que la inteligencia no se puede medir de manera cuantitativa, sino que debe considerarse subjetiva. Para este autor la inteligencia es la habilidad que permite a las personas resolver conflictos en un momento y circunstancias determinadas (Gardner, 2011). Al existir diferentes escenarios vitales y, por tanto, diferentes problemas también existen diversos tipos de inteligencia que permiten hacer frente a una situación concreta aplicando las respuestas más útiles y adecuadas para resolver los conflictos. El Aprendizaje Basado en Proyectos se adapta a este enfoque cognitivo dando la posibilidad a cada estudiante de aportar su visión, sus ideas y sus soluciones para, posteriormente, tener un análisis holístico del problema y así poder abordarlo de manera más eficiente. Este componente de autodeterminación y comparación de perspectivas entre todos que aporta el ABP es fundamental para el proceso de aprendizaje a nivel cerebral en tanto que el establecimiento de objetivos y su

evaluación posterior son mecanismos motivacionales de gran importancia, así como la situación personal de cada uno y su manera de somatizar las emociones (Schunk, 1998).

Sin embargo, esta nueva forma de concretar el proceso de enseñanza plantea un desafío en sí mismo, por lo que la ruptura con las estrategias pedagógicas tradicionales supone que este nuevo método de enseñanza conlleve un cambio en el guión educativo y la participación de sus actores, esto es, educadores y educandos. Entre otros aspectos se modifica el proceso educativo, las dinámicas de aula y la evaluación. Si se quiere lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje de mayor calidad y más eficiente es necesario reprogramar esta estructura. Por supuesto, esto no significa deshacerse del método disciplinar propio del ámbito educativo, sino que de lo que se trata es de combinar ambas estrategias para que el conocimiento y los saberes se obtengan desde perspectivas diferentes y complementarias, de manera que en esa interacción se adquieran los contenidos más relevantes para su integración exitosa. De esta forma, tratar el currículum desde una perspectiva interdisciplinar prueba el espíritu cooperativo de los docentes del equipo y fomenta la labor investigadora y de búsqueda del grupo de estudiantes, mejorando la calidad de la relación entre ambos actores.

Los proyectos de carácter interdisciplinar se basan en la coordinación de docentes expertos en diferentes disciplinas, que juegan el papel de promover el aprendizaje y la formación de habilidades de los estudiantes para conseguir un alto nivel de calidad de enseñanza durante el proceso educativo. Los beneficios que aporta este enfoque novedoso se verán reflejados en los resultados obtenidos cuando el equipo que elabora el proyecto lo propone relacionando el tema a tratar con la experiencia, que requiere - como aspecto básico y fundamental del ABP- cooperación de todas las personas integrantes para lograr las metas del plan, el progreso individual de cada uno y el desarrollo del grupo en su conjunto. Este mecanismo permite mantener las estrategias cognitivas activadas constantemente -planificación, estructuración, análisis- que, a su vez, sustentan las bases de la motivación.

Es importante también entender que el producto final -el proyecto- no es algo añadido al currículum académico inicial, sino que está dentro del propio proyecto, desde su planificación y su implementación hasta su evaluación (Thomas, 2000). Como indica este autor, este tipo de trabajo autónomo incita a los estudiantes a asumir más responsabilidades que otros métodos de enseñanza tradicionales; por lo tanto, significa

instruir a los docentes para que evalúen la capacidad de respuesta y el grado de conocimiento de los estudiantes junto con su nivel de compromiso y asunción de responsabilidades consigo mismos, con los compañeros y con el propio proyecto. Para comprender el tema del proyecto y profundizar en los conocimientos básicos del mismo Donnelly y Fitzmaurice (2005) sugieren que los estudiantes recopilen toda la información disponible. También recomiendan dar *feedback* constante proporcionando comentarios a los grupos de trabajo para guiar su proceso de elaboración del producto final. Los alumnos integrantes del equipo de trabajo realizarán preguntas clave con el fin de enfocar adecuadamente su investigación. La retroalimentación permite generar un ambiente de aprendizaje más cercano y afectivo, lo que produce mayor actividad de los neurotransmisores que segregan dopamina y, por tanto, hacen que una acción resulte placentera (Davidson, 1994).

Paralelamente, cuando se hace referencia al ABP se debe tener en cuenta que el proceso de aprendizaje -tanto teórico como práctico- no debe recaer únicamente en los estudiantes, sino que la preparación de los alumnos requiere de por sí un método de desarrollo de las prácticas docentes con una perspectiva integral que permita que los diferentes conocimientos adquiridos en el proceso se pongan en práctica. Bajo este tipo de pensamiento pedagógico es fundamental comprender el nexo entre teoría y práctica estableciendo su vínculo con el ABP. Primeramente, se debe entender que para lograr esta optimización de las acciones educativas es necesario tener en cuenta que toda dinámica didáctica -en el sentido de la práctica- debe realizarse bajo la carga teórica correspondiente al currículum. Esto significa que enseñar contenidos teóricos en ausencia de la práctica es eliminar la posibilidad de que los estudiantes adquieran la experiencia de verter lo aprendido en tareas específicas. Es por ello que, para incidir positivamente en el desarrollo de los educandos durante el proceso de desarrollo del proyecto y promover su potencial y expansión, cada tema teórico impartido debe estar asociado con una actividad práctica específica para que la actividad cognitiva no cese de fomentar las propiedades motivacionales a través de la novedad.

5.2. El rol del docente en el ABP.

Teniendo en cuenta lo anterior el docente debe entender el proceso educativo como un camino que debe desempedrar para facilitar a los estudiantes el aprendizaje,

atendiendo a sus individualidades y necesidades. Estos profesionales son el motor de una educación sustentada en la ética, ayudando a las personas a conseguir esa movilización social tan necesaria para que se dé un cambio posterior a gran escala. Se busca que surja en los individuos la resignificación a través de la introspección racional y el *insight*, entendido este último término como la “iluminación” emocional, una repentina comprensión de una situación problemática que trasciende el estado propio de consciencia.

Esto implica que el rol del docente se transforme para ser alguien que acompañe en el proceso de enseñanza-aprendizaje en vez de imponer los conocimientos. La función del docente es crucial desde las edades más tempranas para el desarrollo cognitivo y emocional de los estudiantes. La creación de opiniones y creencias de los alumnos se verá influenciada por los educadores, por lo que es necesario que su función sea de facilitación, apoyo y fomento de la autonomía, la creatividad y la cooperación.

Para hacer un uso completo del Aprendizaje Basado en Proyectos los profesores deben modificar el espacio para crear un entorno de aprendizaje para que los alumnos puedan acceder a la información mientras guían y orientan la búsqueda. Entre otras acciones, los docentes deben: fomentar el uso de procesos metacognitivos, fortalecer los esfuerzos colectivos e individuales, diagnosticar problemas, brindar soluciones, retroalimentar y evaluar resultados. Por tanto, el ABP es una metodología que establece una relación horizontal entre profesor y alumno, permitiendo a los estudiantes ganar autonomía y responsabilidad en el aprendizaje (Johari y Bradshaw, 2008).

Restrepo (2005) también hace su aportación sobre las funciones del docente en esta metodología indicando que deben ser expertos en el método, gestionando bien el grupo y el tiempo de trabajo. Al mismo tiempo deben coordinar la autoevaluación y otros métodos evaluativos significativos. Además, deben estimular, fortalecer, ofrecer pistas, tener flexibilidad para enfrentar el pensamiento crítico de los estudiantes, comprender y dominar los métodos científicos y tener el tiempo suficiente para atender a las preocupaciones e inquietudes de los estudiantes.

5.3. El rol del estudiante en el ABP.

A través de la implementación de esta estrategia de aprendizaje los estudiantes desarrollan nuevas habilidades que contribuyen a su proceso de formación y los preparan para que puedan dar pleno uso a su práctica profesional.

Algunas de las competencias que desarrollan los alumnos son:

- ▶ Utilización de diferentes fuentes de información para organizarla y completarla.
- ▶ Capacidad de análisis y síntesis para la transmisión de conocimiento a nuevas situaciones y métodos interdisciplinarios: resolución de problemas complejos que abarcan múltiples disciplinas.
- ▶ Pensamiento crítico y responsabilidades tanto grupales como individuales: se involucran más en el proceso de aprendizaje porque especifican sus metas dentro del marco sugerido por el docente.
- ▶ Planificación, organización, toma de decisiones y trabajo cooperativo.

Por tanto, el rol de los estudiantes en el ABP es el eje de la metodología. Un proyecto debe incluir la autonomía del estudiante como componente fundamental para que pueda tomar decisiones por sí mismo, a la vez que debe manejar los tiempos en los que no tiene supervisión del trabajo. Según Liu et al. (2008) los alumnos que perciben una mayor autonomía en su desempeño académico suelen tener mejores experiencias en cuanto al aprendizaje y perciben de manera más positiva este tipo de metodologías.

En definitiva, si se quiere tener éxito en la construcción de aprendizajes significativos para los estudiantes se trata de brindar nuevas perspectivas sobre los roles de estudiantes y docentes, pues este último tiene la responsabilidad de asegurar que la propuesta de proyecto sea factible y ajustarla de acuerdo con las necesidades reales y objetivas de los estudiantes. El Aprendizaje Basado en Proyectos cobra sentido para los estudiantes cuando tienen la oportunidad de transferir y aplicar los conocimientos que han aprendido a situaciones específicas, lo que también les permite generar sugerencias nuevas e innovadoras a la hora de lograr sus objetivos. Por lo tanto, el vínculo con la neuroeducación surge de centrar el aprendizaje en la autonomía, la motivación, la creatividad y la atribución de estados mentales a los demás, elementos fundamentales

para la creación de nuevas sinapsis y, en consecuencia, de nuevos aprendizajes significativos.

5.4. Aprendizaje Basado en Proyectos: algunos estudios y resultados.

Además de ser un aporte trascendental en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes hay que tener en cuenta que las capacidades y habilidades que van de la mano del ABP pueden incrementar los beneficios de su aplicación al incorporar una visión holística y multidisciplinar que amplía el alcance del proyecto. Si el contenido está relacionado y presentado de manera real y significativa con el producto que se presenta entonces ganará comprensión y funcionalidad (Lin, 2008).

El ABP, según Willard y Duffrin (2003), además de incrementar la satisfacción con el aprendizaje de los estudiantes, los prepara mejor para enfrentarse a situaciones que pueden encontrarse en el mundo laboral real.

Los resultados del estudio llevado a cabo por Rodríguez-Sandoval et al. (2010) revelaron que el 30% de los estudiantes afirmaban haber aprendido bien, mientras que el 60% consideraba que muy bien.

Por otra parte, según Martínez et al. (2007), los estudiantes que se ven influenciados por este tipo de estrategia mejoran sus habilidades y capacidades en cuanto al trabajo cooperativo en equipo, ponen más empeño, tienen mayor interés y están más motivados, hacen mejores exposiciones y presentaciones, mejoran su capacidad de profundización en los conceptos, tienen menos estrés durante las pruebas de evaluación, notifican antes los errores, resuelven los conflictos de manera transversal incorporando contenidos de otras asignaturas y mejora la calidad de la relación tanto con los docentes como con sus compañeros.

En contraposición a los métodos de enseñanza tradicionales, los alumnos que estudian mediante el ABP obtienen mejores calificaciones en las pruebas que realizan, tienen más desarrolladas las capacidades de aprendizaje autónomo y retienen los contenidos durante un tiempo mayor ya que tienen la mente más centrada en seleccionar la información relevante (Mioduser y Betzer, 2007).

Restrepo (2005) obtuvo resultados similares en tanto que afirma que el ABP activa el conocimiento previo, incrementa el interés por un ámbito determinado y mejora las habilidades y capacidades de estudio autónomo, así como las de resolución de conflictos y de razonamiento y pensamiento crítico, la interacción social y el autoconocimiento.

También se realizó un estudio con los alumnos de la Facultad de Matemáticas y Ciencias de Illinois y la Academia de Ciencias de Chicago, donde se dio cuenta de que los estudiantes que formaban parte del ABP obtuvieron mejores resultados que el grupo control en cuanto a la resolución de problemas, la selección e identificación de información relevante, la generación de diferentes alternativas como solución y la identificación de fuentes fiables para la recopilación de la información, así como en dar motivos, razones y explicaciones sobre la solución final escogida. (Gallagher et al., 1992).

5.5. Limitaciones del ABP.

Aun con todo, a veces se presentan dificultades en tanto que es una metodología novedosa que rompe con los estándares educativos tradicionales, por lo que reconstruir la práctica pedagógica conlleva encontrarse con escenarios que pueden impedir el progreso adecuado. Estas dificultades se han presentado tanto desde la perspectiva de los docentes como de los estudiantes.

En relación con el grupo de alumnos Krajcik et al. (1998) realizaron un estudio en el que los mayores problemas de los estudiantes se presentaban a la hora de realizar preguntas significativas y relevantes para guiar la búsqueda de información, gestionar bien el tiempo, convertir la información en conocimiento útil y emplear argumentos sólidos y coherentes para apoyar sus tesis. En cuanto a los docentes este mismo estudio reveló que los profesores tienen dificultades en cuanto a la gestión del tiempo en tanto que los proyectos suelen abarcar más tiempo de elaboración del esperado, por lo que se añade la dificultad de enfrentarse al dilema de dejar que trabajen de manera autónoma o intervenir para tener cierto control de la situación.

Otra dificultad encontrada es el manejo de las TIC porque la mayoría de los profesores todavía pertenecen a las generaciones en las que la tecnología no tenía tanta cabida en la escuela. Asimismo, los docentes encuentran dificultades a la hora de emplear las TIC integrándolas en el desarrollo de competencias de los alumnos.

5.6. Aprendizaje Basado en Proyectos y su relación con la educación moral.

Una vez aclaradas las bases neurales que intervienen en el proceso de formación de juicios morales, las etapas del desarrollo de la moralidad y la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos queda ligar estos contenidos para dar sentido a la propuesta pedagógica para la educación moral.

Primero, hay que tener en cuenta que, como se ha mencionado anteriormente, en las sociedades occidentales la educación construida dentro del sistema político democrático es una de sus bases más importantes. Siendo la escuela una de las principales herramientas de socialización y el eje dinámico del conocimiento no cabe duda de su relevante papel en la influencia de la sociedad actual, por lo que resulta evidente que una formación cívica sólida y de calidad es el punto de partida para lograr los cambios y mejoras necesarios.

En cuanto a la educación moral las sugerencias o discusiones que la rodean no solo toman en cuenta la influencia política, sino que también influyen los hallazgos científicos que reestructuran el marco teórico que la sustenta. La neuroética, por tanto, resulta interesante ya que el diseño de un modelo pedagógico adecuado basado en la educación moral pasa por integrar los descubrimientos y debates que trae consigo.

La elección del contenido ético estará relacionada con el diseño del método, ya que el formato del material a transmitir dependerá de éste y serán codependientes. En último término, ambos estarán determinados por la edad de los estudiantes. En cuanto a la construcción y diseño de las metas a alcanzar por la educación moral cabe hacer referencia a lo ya señalado anteriormente en cuanto a su significación: debe priorizar la liberación personal a través del desarrollo del pensamiento crítico, así como la dotación de nociones epistemológicas, éticas, políticas o técnicas. Lo que la neuroética revela respecto a estas habilidades se basa en la idea aristotélica de la inclinación humana por actuar en función del bien común, que generalmente es la felicidad. Las acciones morales, por tanto, se ven influenciadas por el contexto socioafectivo y sociocultural en el que se desenvuelven los individuos, pero también depende de las estructuras cerebrales que marcan unos patrones de conducta relacionados con la autonomía, la felicidad y la justicia (Cortina, 2010).

Por tanto, a la hora de establecer una educación moral de carácter público es conveniente fortalecer los símbolos y códigos que predisponen a los humanos a buscar focos de bienestar en las relaciones con los demás y a reorientar aquellos que, según

Wilson (1993), inclinan a cuidar y proteger al prójimo en detrimento del lejano. Esta es la clave para elegir un contenido moral significativo para la educación: a pesar de que biológicamente exista una predisposición natural para priorizar el bienestar del grupo cercano, conviene extender esa tendencia hacia los demás para lograr una sociedad más cohesionada.

Con todo esto, el reto de la educación consiste ya no solo en la elección del contenido, sino que para desempeñar una buena labor educativa es fundamental partir de una buena metodología. Esto significa que la vía de acceso al aprendizaje de un determinado contenido o razonamiento moral se puede organizar de una manera dinámica, amena y significativa para el desarrollo personal de los estudiantes. El significado, en este sentido, indica el grado de implicación emocional y socioafectiva del propio proceso de enseñanza-aprendizaje. La solidez de la integración de los contenidos será mayor cuanto más significación tengan (Ausubel et al., 1978), por lo que es razonable concluir que es conveniente educar moralmente desde supuestos reales y dilemas éticos que atañen a la vida real. Aquí el Aprendizaje Basado en Proyectos brinda la oportunidad perfecta para integrar contenidos morales y ponerlos en práctica a la vez que la implicación personal, el trabajo cooperativo, la empatía, el pensamiento crítico y la escucha activa generan diferentes propuestas a los problemas planteados. En este sentido la educación es concebida como instrumento de formación cívica básica que, gracias a la plasticidad cerebral, tiene la capacidad de formar ciudadanos con pensamiento crítico y sentido de justicia.

6. CONCLUSIONES

Las investigaciones surgidas desde la última década del siglo XX han dado a conocer numerosos y valiosos descubrimientos sobre la afectación de la memoria por la falta de sueño, la plasticidad cerebral, la neurogénesis y el propio desarrollo del cerebro, entre otros, que han supuesto el avance en el análisis de las funciones cognitivas propias del aprendizaje. Por esta razón se insiste en que la educación ocupe lugar dentro de los discursos científicos no sólo para mejorar la capacidad de estudio, sino para poner el foco en nuevas estrategias de enseñanza eficaces y de calidad acordes con el desarrollo evolutivo y personal de los individuos (Campos, 2010). Ligar las neurociencias y la

educación, por tanto, supone mejorar la metodología de enseñanza y la calidad del aprendizaje.

El cerebro humano ha ido evolucionando para hacer frente a los cambios del entorno, para aprender y enseñar, para hacer consciente al ser humano del potencial y las capacidades que tiene intrínsecas. Los estudios neurocientíficos utilizan el cerebro como guía y apertura a nuevas investigaciones que esclarezcan las grandes cuestiones que se han planteado acerca del ser humano durante siglos. Gracias a los avances tecnológicos y el interés por conocer e indagar, hoy en día se conoce mucho más sobre la funcionalidad del cerebro, su capacidad de aprendizaje y su modelo de procesamiento de la información. Aunque cada individuo posea habilidades y características diferentes, en todo cerebro -al igual que en todo proceso educativo- se produce el fenómeno de la enseñanza-aprendizaje, y conocer qué estructuras neurales atañen a este proceso constituye un catalizador para nuevas metodologías pedagógicas acordes con el funcionamiento cerebral. Para diseñar nuevos modelos es necesario atender a los estudios científicos y romper con los mitos que circulan mediante la cultura popular e impiden el avance y la progresión, entre otras cosas, de políticas educativas eficientes y adaptadas.

La formación cívica de las sociedades es posible si se conocen los mecanismos adecuados para que el proceso de enseñanza de los contenidos morales quede grabado en los individuos que la forman. La educación moral y el currículum van de la mano en tanto que el propio método de enseñanza ya supone un aprendizaje, por lo que incluir los contenidos morales dentro de la estrategia de enseñanza supone extenderlos a cualquier asignatura del currículum. Por ello, el Aprendizaje Basado en Proyectos tiene las características necesarias para compaginar teoría, práctica y moralidad sin necesidad de incluir esta última como un bloque temático específico, sino que queda integrado en la metodología.

En definitiva, la posibilidad de una educación moral en la que se puedan seleccionar los métodos óptimos para su implementación es gracias al descubrimiento y el aporte de las neurociencias en cuanto al funcionamiento cerebral y las bases neurológicas del aprendizaje, el comportamiento ético y la formulación de juicios morales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ainsworth, M.D. y Bell, S.M. (1970). Apego, exploración y separación, ilustrados a través de la conducta de niños de un año en una situación extraña. En J. Delval (Comp.), *Lecturas de psicología del niño. 1*. Madrid: Alianza.

Ansari, D. (2008). The brain goes to school: Strengthening the education-neuroscience connection. *Education Canada*, 48(4), 6-10.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Nueva York: Holt, Rinehart y Winston.

Battro, A. M. y Cardinali, D. P. (1996). *Más cerebro en la educación*. Buenos Aires: La Nación.

Bowlby, J. (1984). *La pérdida afectiva. Tristeza y depresión*. Buenos Aires: Paidós.

Bowlby, J. (1993). *El vínculo afectivo*. Paidós.

Bruer, J.T. (1997). Education and the Brain: A Bridge Too Far. *Educational Researcher*, 26(8), 4-16.

Burnkrant, R.E. y Cousineau, A. (1975): Informational and Normative Social Influence in Buyer Behavior. *Journal of Consumer Research*. 2 (3), 206-215.

Campos, A.L. (2010). Neurociencia: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *Revista La Educación*, 20(10), 15-17.

Chomsky, N. (1984). *Reflexiones sobre el lenguaje*. Planeta D'Agostini.

Chomsky, N. (2001). [Diario Educación]. (3 de octubre de 2019). Noam Chomsky: El objetivo de la educación: La deseducación. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=ibzzvq8CE4Y>

Churchland, P.S. (2012). *El cerebro moral: Lo que la neurociencia nos cuenta sobre la moralidad*. Barcelona: Paidós.

Cragg, B. G. (1975). The development of synapses in the visual system of the cat. *Journal of Comparative Neurology*, 160, 147- 166.

Cortina, A. (1998). *Hasta un pueblo de demonios: ética pública y sociedad*. Madrid: Taurus.

Cortina, A. (2007). *Ética de la razón cordial. Educar en la ciudadanía del s. XXI*. Oviedo: Nobel.

Cortina, A. (2010). Neuroética: ¿las bases cerebrales de una ética universal con relevancia política? *Revista de Filosofía Moral y Política*. (42), 129-130.

Damasio, A. R., Grabowski, T., Frank, R., Galaburde, A. M., y Damasio, H. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*. 264, 1102-1104.

Damasio, A.R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351, 1413-1420.

Dana Foundation (2002). *Neuroethics: Mapping the Field*. Nueva York: The Dana Press.

Darwin, C. (1988). *El origen de las especies*. S.L.U. Espasa Libros.

Davidson, R.J. (1994). Asymmetric brain function, affective style, and psychopathology: The role of early experience and plasticity. *Development and Psychopathology*, 6(4), 741-758.

Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional.

De Waal, F. (2005). Homo homini lupus? Morality, the Social Instincts, and our Fellow Primates. En J. P. Changeux, A. R. Damasio, W. Singer y Y. Christensen (Eds.) *Neurobiology of Human Values*, (pp. 17-36). Berlin: Springer Verlag.

Dewey, J. (1995). *Democracia y educación. Una introducción a la filosofía de la educación*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.

Donnelly, R. y Fitzmaurice, M. (2005). Collaborative Project-based Learning and Problem-based Learning in Higher Education: A Consideration of Tutor and Student Role in Learner-Focused Strategies. En G. O'Neill, S. Moore y B. McMullin (Eds.) *Emerging Issues in the Practice of University Learning and Teaching* (pp.87-98). Dublín: AISHE/HEA.

Durkheim, E. (2002). *La educación moral*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.

- Faure, E. (1973). *Aprender a ser. La educación del futuro*. Madrid: Alianza/UNESCO.
- Feito, L. (2019). *Neuroética. Cómo hace juicios morales nuestro cerebro*. Madrid: Plaza y Valdés Editores.
- Fischer, K. W., Daniel, B. D., Immordino-Yang, H., Stern, E., Battro, A. y Koizumi, H. (2007). Why Mind, Brain, and Education? Why Now? *Mind, Brain and Education*, 1(1), 1-2.
- Freire, P. (1972). *Pedagogía del oprimido*. Madrid: Siglo XXI.
- Freire, P. (2006). *Pedagogía de la autonomía. Saberes necesarios para la práctica educativa*. Madrid: Siglo XXI.
- Foot, P. (1967). The problem of abortion and the doctrine of double effect. *Oxford Review*, (5), 5-15.
- Gallagher, S. A., Stepien, W. J. y Roshenthal, H. (1992). The effects of problem-based learning on problem solving. *Gifted Child Quarterly*, 36, 195-200.
- Gallese, V. (2006). Intentional attunement: a neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism. *Brain Research*. 1079(1), 15-24.
- García García, E. (2008). Neuropsicología y Educación. De las neuronas espejo a la teoría de la mente. *Revista de Psicología y Educación*. 3(1), 69-89.
- García García, E. (2014). Neuropsicología del comportamiento moral. Neuronas espejo, funciones ejecutivas y ética universal. *Neurociencia, neuroética y bioética*. 43-75.
- García-Marzá, D. (2005). ¿Sentimientos virtuosos? El papel de los sentimientos en la vida moral. *Diálogo Filosófico*, 62, 241-256.
- Gardner, H. (1994). *Estructuras de la mente: la teoría de las inteligencias múltiples*. México.
- Gardner, H. (2011). *Inteligencias Múltiples. La teoría en la práctica*. Barcelona: Paidós.
- Gazzaniga, M.S., Bogen, J.E. y Sperry, R.W. (1962). Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 48(1), 1765-1769.
- Gazzaniga, M.S. (2006). *El cerebro ético*. Barcelona: Paidós.

Gazzaniga, M. S. (2012). *¿Quién manda aquí? El libre albedrío y la ciencia del cerebro*. Barcelona: Paidós.

Geake, J. G. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123-133.

Gilligan, C. (1982). *In a Different Voice: Psychological Theory and Women's Development*. Cambridge: Harvard University Press.

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

Greene, J.D., Sommerville, R.B., Nystrom, L.E., Darley, J.M. y Cohen, J.D. (2001). An fMRI investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment. *Science*, 293, 2105-2108.

Green, J.D., Nystrom, L.E., Engell, A.D., Darley, J.M. y Cohen, J.D. (2004). The Neural Bases of Cognitive Conflict and Control in Moral Judgment. *Neuron*, 44 (2), 389-400.

Gross, J. J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*. 39, 281–291.

Hall, J. (2005). *Neuroscience and Education. A Review of the contribution of brain science to teaching and learning*. Glasgow: The Scottish Council for Research in Education.

Haidt, J. (2001). The Emotional Dog and Its Rational Tail. *Psychological Review*, 108(4), 814-834.

Hamilton, W.D. (1964). The evolution of altruistic behavior. *American Naturalist*. 97, 354-356.

Howes, H.W. (1955). *Educación fundamental, educación de adultos, alfabetización y educación de la comunidad en la región del Caribe*. Informe preparado para la Sexta reunión de la Conferencia de las Antillas. Puerto Rico: UNESCO.

Huttenlocher P. R. (2002). *Neural Plasticity -The Effects of Environment on the Development of the Cerebral Cortex*. England: Harvard University Press.

Jeannerod, M. (2006). *Motor cognition: what actions tell the self*. Oxford: Oxford University Press.

Johari, A. y Bradshaw, A. C. (2008). Project-based learning in an internship program: A qualitative study of related roles and their motivational attributes. *Educational Technology Research and Development*, 56, 329-359.

Jonnaert, P., Barrere, J. Masciorta, D. y Yaya. M. (2006). *Revisión de la competencia como organizadora de los programas de formación: hacia un desempeño competente*. Ginebra: International Bureau of Education.

Kohlberg, L. (1981). *The Philosophy of Moral Development: Moral Stages and the Idea of Justice*. San Francisco, California: Harper & Row.

Kohlberg, L. (1984). *The Psychology of Moral Development: The Nature and Validity of Moral Stages*. San Francisco, California: Harper & Row.

Kohlberg, L. (1992). *Psicología del Desarrollo Moral*. Bilbao: Desclee De Brouwer.

Koizumi, H. (2008). Developing the Brain: A functional imaging-based approach to learning and educational sciences. En A. M. Battro, K. W. Fischer y P. J. Léna (Eds.), *The educated brain. Essays in neuroeducation* (pp. 166-180). Cambridge: Cambridge University Press.

Krajcik, J. S., Blumendfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredericks, J. y Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *The Journal of the Learning Sciences*, 7, 313-350.

LeDoux, J.E. (1999). *El cerebro emocional*. Barcelona: Planeta.

Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. y Pearl, D. (1983). Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act. *Brain*, 106, 623-642.

Libet, B. (1999). Do we have free will? *Journal of Consciousness Studies*, 6(8-9), 47- 57.

Lin, H. (2008). Opportunities and Challenges for Interdisciplinary Research and Education. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, 37, 83-91.

Linde, A (2009). La educación moral según Lawrence Kohlberg: una utopía realizable. *Praxis Filosófica*, (28), 7-22. [fecha de Consulta 15 de agosto de 2021]. ISSN: 0120-4688. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209014646001>

Lipina, S. J. (2014). Consideraciones neuroéticas de la pobreza infantil. En A. Salles y K. Evers. (Coord.), *La vida social del cerebro* (pp. 67-101). México D. F.: Fontamara.

Liu, W. C., Wang, C. K. J., Tan, O. S., Koh, C. y Ee, J. A. (2008) A self-determination approach to understanding students' motivations in project work. *Learning and Individual Differences*. 19(1), 139-145.

MacLean, P. (1990). *The triune brain in evolution*. Nueva York: Plenum Press.

Martínez, F., Herrero, L., González, J.M. y Domínguez, J.A (2007). Project based learning experience in industrial electronics and industrial applications design. Universidad de Valladolid. Escuela Universitaria Politécnica (consultado el 08-08-21) En: http://157.88.123.53/articulos/EUP_ProjectBased.pdf

Mioduser, D.y Betzer, N. (2007). The contribution of project-based learning to high achievers' acquisition of technological knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*. 18, 59-77.

Mitchell, C. (2009). *Zen and the Art of Transdisciplinary Postgraduate Studies*. Sidney: Institute for Sustainable Futures. University of Technology.

Mora, F. (2007). *Neurocultura: una cultura basada en el cerebro*. Madrid: Alianza.

Mora, F. (2014). *Una aproximación a la Neuroeducación*. Madrid: Alianza Editorial.

Not, L. (1983). *Pedagogías del Conocimiento*. México. Fondo de Cultura Económica.

Oliva, A. (2004). Estado actual de la Teoría del Apego. *Revista de Psiquiatría y Psicología del Niño y del Adolescente*. 4(1), 65-81.

Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y educación*. Madrid: Alianza.

Overley, N. (1970). *The Unstudied Curriculum*, Washington, Association for Supervision and Curriculum Development.

Pérez, M.A. (2011). Integración de la Pedagogía-Educación Social al contexto universitario: un compromiso de todos. *Horizonte Pedagógico*. 13 (1), 71-83.

- Piaget, J. (1971). *El criterio moral en el niño*. Barcelona: Fontanella.
- Piaget, J. (1985). *Biología y conocimiento: ensayo sobre las relaciones entre las regulaciones orgánicas y los procesos cognoscitivos*. México D.F.: Siglo XXI.
- Piaget, J. (1990). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Ariel.
- Power, F. C., Higgins, A., y Kohlberg, L (1989). *Lawrence's Kohlberg approach to moral education*. Nueva York: Columbia University Press.
- Power, F.C., Higgins, A. y Kohlberg, L. (1997): *La educación moral según Lawrence Kohlberg*. Barcelona
- Ramachandran, V.S. (2006). Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution. *Edge. The Third Culture*.
- Rawls, J. (1971). *A theory of justice*. Cambridge: Harvard University Press.
- Rawls, J. (2012). *La justicia como equidad. Una reformulación*. Barcelona: Paidós.
- Restrepo, B. (2005). Aprendizaje basado en problemas: una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y Educadores*. 8, 9-19.
- Rizzolati, G. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*. 27, 169-192.
- Robinson, K. (2006, febrero). *Do schools kill creativity?* [Archivo de vídeo]. Conferencias TED. https://www.ted.com/talks/sir_ken_robinson_do_schools_kill_creativity
- Rodríguez-Sandoval, E., Vargas-Solano, E.M., y Luna- Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y educadores*, 13(1), 13-25.
- Rogers, C. (2011). *El proceso de convertirse en persona*. Paidós Ibérica.
- Roskies, A. (2002). Neuroethics for the new millennium. *Neuron*, 35, 21-23.
- Safire, W. (2003). The risk that failed. *The New York Times*.
- Scharf, P. (1973). *Moral atmosphere and intervention in the prison*. Harvard: Doctoral dissertation.
- Schunk, D.H. (1998). *Teorías del aprendizaje*. México D.F.: Pearson Educación.

Soon, C. S., Brass, M., Heinze, H-J y Haynes, J-D. (2008). Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nature Neuroscience*, 11, 543-545

Stein, Z., Della Chiesa, C. y Fischer, K. W. (2011). Ethical issues in educational Neuroscience: raising children in a brave new world. En J. Illes y B.J. Sahakian (Eds.) *The Oxford Handbook of Neuroethics* (pp. 803-822). Oxford: Oxford University Press.

Tedesco, J.C. (2003). *Los pilares de la educación del futuro*.

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. California: Autodesk Foundation.

Torres, A. (2016). *Neuroeducación: el aprendizaje basado en neurociencias. ¿Qué es la neuroeducación y cómo podemos educar nuestro cerebro?* Disponible en: <https://psicologiymente.com/desarrollo/neuroeducacion-aprendizaje-neurociencias>

Triglia, A. (1988). *Los lóbulos del cerebro y sus distintas funciones*. Disponible en: <https://psicologiymente.com/neurociencias/lobulos-del-cerebro-funciones>

Vigotsky, L.S. (1987). *Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores*. La Habana: Científico-Técnica.

Wagensberg, J. (2007). *El gozo intelectual*. Barcelona: Tusquets.

Willard, K., y Duffrin, M.W. (2003). Utilizing projectbased learning and competition to develop student skills and interest in producing quality food items. *Journal of Food Science Education*, 2, 69-73.

Wilson, J.Q. (1993). *The moral sense*. Nueva York: Free Press.