



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Simes, Juan Ignacio

Los aportes de las neurociencias a la educación : una búsqueda de interdisciplinariedad



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Simes, J. I. (2024). *Los aportes de las neurociencias a la educación: una búsqueda de interdisciplinariedad.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/4915>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Los aportes de las neurociencias a la educación: una búsqueda de interdisciplinariedad

TESIS DE MAESTRÍA

Juan Ignacio Simes

juanigna.simes@gmail.com

Resumen

Este trabajo se enfoca en investigar los aportes y aplicabilidad de las neurociencias en la educación, además de considerar los criterios epistemológicos para evaluar su validez y alcance. En el ámbito educativo, las neurociencias han ganado gran influencia en docentes que buscan soluciones innovadoras para los desafíos que tienen en sus aulas. Esto plantea interrogantes sobre su validez, las características de la interrelación disciplinar y cómo se integran en la práctica docente. Los objetivos incluyen analizar los aportes al campo educativo, examinar los cuidados epistemológicos para el diálogo entre neurociencias y educación y proponer enfoques teórico-prácticos basados en estos aportes. El estudio es exploratorio e interpretativo, abordando contribuciones y criterios epistemológicos relevantes, con un enfoque histórico y análisis de expertos. Se analiza un caso referente de innovación educativa y se presentan conclusiones que respaldan los objetivos planteados, alentando futuras investigaciones críticas.

Abstract

This study focuses on investigating the contributions and applicability of neuroscience in education, as well as considering the epistemological criteria for assessing its validity and scope. In the field of education, neuroscience has gained great influence on teachers seeking innovative solutions to the challenges they face in their classrooms. This raises questions about their validity, the characteristics of the disciplinary interrelationship and how they are integrated into teaching practice. The objectives include analysing the contributions to the field of education, examining the epistemological concerns for the dialogue between neuroscience and education and proposing theoretical and practical approaches based on these contributions. The study is exploratory and interpretative, addressing relevant epistemological contributions and criteria, with a historical approach and expert analysis. A reference case of educational innovation is analysed and conclusions are presented that support the stated objectives, encouraging future critical research.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

TRABAJO FINAL:

“LOS APORTES DE LAS NEUROCIENCIAS A LA
EDUCACIÓN: UNA BÚSQUEDA DE
INTERDISCIPLINARIEDAD”

AUTOR: JUAN IGNACIO SIMES

DIRECTOR: DR. DIEGO GOLOMBEK

CO-DIRECTOR: DR. CARLOS CASALI

2024

ÍNDICE

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I: NEUROCIENCIAS Y EDUCACIÓN: EN BUSCA DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD.....	6
CAPÍTULO II: RELACIONES ENTRE NEUROCIENCIAS Y EDUCACIÓN	33
CAPÍTULO III: APROXIMACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO	58
CAP. IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS HALLAZGOS	77
CONCLUSIONES FINALES	103
ANEXO A: BREVE RESUMEN DE LA TRAYECTORIA DE CADA ESPECIALISTA ENTREVISTADO.....	112
ANEXO B: GUÍA DE PREGUNTAS USADAS EN LAS ENTREVISTAS	118
ÍNDICE DE FIGURAS	119
REFERENCIAS	121

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo pretende investigar los aportes de las neurociencias a la educación, analizando su efectiva aplicabilidad, así como también los criterios epistemológicos a considerar para pensar su validez y alcance.

Es posible constatar que ha ocurrido un auge de las neurociencias en el siglo XXI, muchas veces entendidas como soluciones legítimas a los problemas de la vida humana y social, cuya especificidad se basa en presentar estrategias resolutivas a partir del conocimiento del funcionamiento cerebral y sus implicancias. En educación, ha permeado mucho su influencia sobre docentes que, buscando nuevos recursos para responder a los desafíos que se les presentan en las aulas actualmente, encuentran en los numerosos textos y discursos sobre neurociencias, una posibilidad de innovación educativa. Ante esto, nos preguntamos: ¿es una verdadera respuesta a los desafíos escolares que hoy se presentan? ¿Se trata más de innovación que de complemento científico? ¿Cómo se logra que la práctica docente incluya nuevas estrategias de enseñanza con estos aportes? ¿Qué buscan cambiar las neurociencias? ¿Persiguen algún interés mayor que está escondido por detrás de su énfasis por meterse en el campo educativo? ¿Qué necesidades sociales y propias de los jóvenes nos exigen incorporarlas? ¿Qué posibilidades efectivas tenemos para implementar sus aportes?

Resulta imprescindible establecer una serie de criterios que nos permitan hacer dialogar a dos disciplinas científicas, tales como las neurociencias y la educación, superando los meros discursos de marketing y promoción ideológica. A su vez, el diálogo nos exige respetar la especificidad de cada especialidad, sabiendo que es la pedagogía la ciencia que se abre a la interdisciplinariedad y la que se expone a posibles transformaciones esenciales, desde los aportes que otras ciencias puedan hacer.

Los objetivos que se plantean, en relación a lo anterior, son:

- Analizar los aportes de las Neurociencias al campo educativo y su relevancia para la Educación.
- Realizar un estudio crítico para considerar un diálogo entre Neurociencias y Educación.
- Presentar ideas que permitan establecer una interrelación entre Neurociencias y Educación, desde el campo educativo.

Por tales motivos, este trabajo es eminentemente exploratorio e interpretativo, puesto que se analizará qué aportes de las neurociencias son los más relevantes para contribuir a la educación actual, cuáles son los criterios epistemológicos que deben tenerse en cuenta para su implementación y qué críticas son pertinentes y necesarias en la búsqueda de un diálogo e interrelación disciplinaria.

Iniciando con un recorrido histórico, el capítulo I aborda la necesidad de establecer parámetros de interdisciplinaria entre las neurociencias y la educación, destacando los principales aportes de reconocidos expositores que abordan el tema. A su vez, se tienen en cuenta diferentes intersticios que son necesarios de analizar, para lograr el verdadero objetivo de la investigación.

En el capítulo II, se despliega una interesante variedad de conceptos y posicionamientos que elaboran reconocidos especialistas en el campo de las neurociencias y en el campo de la educación. A través de *entrevistas en profundidad*, se van explicitando los criterios que cada uno de ellos tiene en cuenta para la elaboración de la interdisciplina.

En el capítulo III se analiza un caso de aplicación de una propuesta de innovación educativa que permite proyectar las posibilidades de práctica efectiva que tienen las neurociencias en la educación.

En el capítulo IV se plantean una serie de relaciones teóricas y construcciones metodológicas, a partir de los hallazgos obtenidos en todo el recorrido previo. Su objetivo es el de plantear estrategias concretas de aplicación en el aula, desde las justificaciones y los aportes de las neurociencias.

Finalmente, en el desarrollo de las conclusiones, se obtienen distintas relaciones que permiten afirmar el alcance de los objetivos planteados en este Trabajo y se plantean las limitaciones y desafíos que surgen desde el mismo.

Sin intentar agotar sus posibilidades, se optará por tener un acercamiento crítico a la conformación de las nociones empleadas contemporáneamente para abordar el tema y que sirvan como insumo para seguir profundizando la cuestión en futuros estudios doctorales.

CAPÍTULO I: NEUROCIENCIAS Y EDUCACIÓN: EN BUSCA DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD

El auge de las neurociencias en el siglo XX-XXI nos ha permitido reconocer algunos de los procesos que están por detrás de todo lo que podemos llamar aprendizaje. Procesos que son mentales, pero también afectivos, entre otros que promueven el desarrollo humano en todas sus dimensiones. Mirar tales procesos nos lleva a pensar en modelos de efectividad para mejorar las estrategias de enseñanza.

Las neurociencias se han desarrollado con gran velocidad y autonomía hacia fines del siglo pasado. Sin embargo, su surgimiento puede remontarse a la antigüedad, llegando a hacerse presente a lo largo de toda la historia del desarrollo del conocimiento humano.

Hablar de neurociencias hoy es adentrarse, en primer lugar, en el conocimiento de la mente humana, el papel del cerebro y los mecanismos por los cuales las funciones cognitivas se activan y conllevan al interés, la motivación, la aceptación y el aprendizaje mismo. Los términos ‘mente’ y ‘cerebro’ no pueden tomarse como análogos, aunque podríamos encontrarlo de esta manera en gran parte de la bibliografía disponible en la temática. Precisamos de una buena filosofía para entender no sólo la génesis de la mente humana, sino también su relación con el sistema nervioso y, en consecuencia, con la conducta humana.

En mi Trabajo Final para la Licenciatura en Filosofía, propuse un estudio acerca del área específica de la Filosofía que se ocupa del desarrollo del pensamiento sobre neurociencias y humanidad, lo que actualmente se denomina la Filosofía de la mente [*Philosophy of Mind*]. En ese estudio, se pudo analizar cómo ha sido el desarrollo evolutivo de esta actual rama de la filosofía que, entre otras cosas, se ocupa de ahondar en el problema de la conciencia y su definición. Ya en la primera mitad del siglo XX, los filósofos dedicados a estudiar ese tema, fundaron el reconocido Círculo de Viena, que trataba de dar un contenido a temas como la percepción, las intenciones o las representaciones mentales, aunque ligados a un reduccionismo fisicalista propio del empirismo lógico adoptado por ellos. Se destacan los avances de Wittgenstein y Ryle acerca de lo mental y sus primeras contribuciones para el desarrollo de una serie de interpretaciones que posteriormente se darán con mayor profundidad, tanto en el ámbito de la filosofía analítica como en la continental.

En un sentido estricto, la perspectiva filosófica que adopta este Trabajo, se formaliza con la propuesta funcionalista de lo mental, esto es, con la teoría filosófica relacionada con el conjunto de las ciencias cognitivas que Howard Gardner (1943-...) denomina *el hexágono cognitivista*: Psicología, Antropología, Neurofisiología, Inteligencia Artificial, Lingüística y Filosofía y que se origina hacia los años setenta (Beorlegui, 2007).

El hexágono es representativo de la *Nueva Ciencia Cognitiva* como campo interdisciplinario emergente, presentado en 1985 en el libro *The Mind's New Science: A History of the Cognitive* [La nueva ciencia de la mente: Historia de la Revolución Cognitiva]. El autor presenta aquí un campo de interrelaciones, de diálogo y de fundamento para la nueva área de conocimiento.

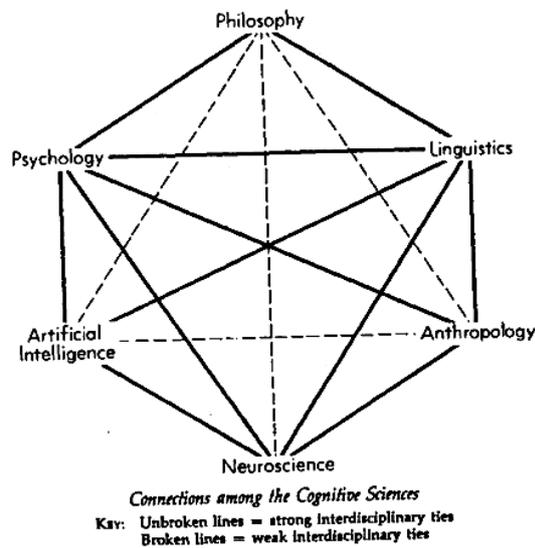


Figura 1: Hexágono original de Gardner en la obra *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*, Basic Books, Inc., Publishers, New York, 1987, pág. 37

Como plantea Carlos Blanco (2014),

Para establecer un diálogo fecundo entre la filosofía, otras disciplinas humanísticas y las neurociencias, resulta conveniente poner de relieve el desarrollo histórico y, concomitantemente, sistemático que ha experimentado el estudio científico del cerebro. Las especulaciones filosóficas sobre la naturaleza de los estados mentales se revelan incompletas si no se integran con los conocimientos disponibles sobre neuroanatomía, electrofisiología, mecanismos celulares y moleculares subyacentes a los procesos psicológicos de mayor complejidad, así como con las diferentes aportaciones de la neurociencia cognitiva (Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar, pág. 25).

Teniendo en cuenta la necesaria adopción de una postura filosófica como la planteada, en relación a elaborar también una postura científica, estudiar la historia de las neurociencias permite encontrar ‘puntos de contacto’ con las ciencias cognitivas y, más específicamente, con las teorías de la educación, ya sea en la clarificación de los grandes conceptos y principios o en la resolución de problemas específicos, como los de aprendizaje, conducta y de la propia pedagogía.

La primera evidencia de interrogantes sobre la mente humana se remonta a la antigüedad clásica y al mundo medieval y continúa hasta los albores del renacimiento. Tales cuestionamientos se pueden unificar en la pregunta: ¿dónde se concentran las funciones sensoriales, motoras y mentales: en el cerebro o el corazón?

Carlos Alberto Blanco Pérez -escritor, teólogo, egiptólogo, filósofo, químico y académico español-, en su obra *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinaria* (2014), realiza un fenomenal estudio de los hallazgos y textos que remontan a la historia del estudio de la mente humana. Por otra parte, *La Historia del Cerebro* (2018) es un libro escrito por José Ramón Alonso, catedrático de biología de la Universidad de Salamanca, que recorre toda la historia del cerebro a través de los paulatinos descubrimientos que se han realizado sobre éste. A lo largo del texto, podemos encontrar una introducción a la evolución del pensamiento en relación con el cerebro de acuerdo a cada hito del conocimiento humano, a los descubrimientos científicos relevantes para el campo y a los pensadores clave que han contribuido significativamente al mismo.

Haciendo los recorridos que ambos autores proponen, podemos encontrar que la preocupación por el cerebro y sus funciones, datan de Alcmeón de Crotona (450 a. C.) cuando postula que el cerebro es el responsable de la ‘síntesis’ de las sensaciones, ya que todos los órganos de los sentidos están conectados con él. Su contemporáneo, aunque algo posterior, fue Hipócrates de Cos (460-377 a. C.), quien lo confirmó en su obra *Sobre la enfermedad sagrada*, estableciendo que el cerebro es una fuente de placer y dolor, pensamiento y percepción, locura y miedo. El cerebro es concebido en el texto hipocrático como el ‘intérprete’ [*hermeneus*] de lo que le aporta el aire que circula por las venas (Blanco, 2014).

Según describe José Ramón Alonso (2018), Hipócrates fue un exponente para la medicina de su tiempo, destacándose por rechazar las causas sobrenaturales de

las enfermedades y buscando explicaciones lógicas para entenderlas. En este sentido, elaboró la teoría de los cuatro humores para explicar que las enfermedades eran consecuencias de los desequilibrios de alguno de ellos. Los cuatro humores eran la bilis amarilla, la bilis negra, la sangre y la flema, que tenían una relación directa con el fuego, el aire, el agua y la tierra y a su vez, con el equilibrio entre lo caliente y lo frío, lo húmedo y lo seco. A fin de restablecer el equilibrio de alguno de ellos, ideó métodos como sangrías, ajustes en la dieta, purgas, aplicación de sanguijuelas y procedimientos similares. Se cree que Hipócrates implementó el uso de la historia clínica, que le permitía realizar un seguimiento de cada caso y un análisis detallado de variables médicas, entre las que incluía el pulso, la fiebre, la complexión, el dolor, los movimientos y las deposiciones (Historia del cerebro).

Las estrategias de Hipócrates y sus recursos significaron un gran avance para la incipiente ciencia de la medicina. Actualmente se conservan muchos de sus aportes en lo que se llama el *Corpus Hippocraticum*. En éste, aparece el axioma deontológico que lleva su nombre, consagrando así, el carácter ético de la medicina:

Juro por Apolo, médico, por Esculapio, Higía y Panacea y pongo por testigos a todos los dioses y diosas, de que he de observar el siguiente juramento, que me obligo a cumplir en cuanto ofrezco, poniendo en tal empeño todas mis fuerzas y mi inteligencia.

Tributaré a mi maestro de medicina el mismo respeto que a mis padres, compartiré con él mis bienes, y si lo necesitara, lo socorreré. Consideraré a sus hijos como si fueran mis hermanos y, si quieren aprender la ciencia médica, se la enseñaré desinteresadamente y sin ningún género de recompensa.

Instruiré con preceptos, lecciones orales y demás modos de enseñanza a mis hijos, a los de mi maestro y a los discípulos que se me unan bajo el convenio y juramento que determine la ley médica, y a nadie más. Aplicaré los tratamientos de los enfermos de la manera que les sea más provechosa según mis facultades y a mi entender, evitando todo mal y toda injusticia. No accederé a pretensiones que busquen la administración de venenos, ni sugeriré a nadie cosa semejante; me abstendré de aplicar a las mujeres pesarios abortivos.

Pasaré mi vida y ejerceré mi profesión con inocencia y pureza. No ejecutaré la cirugía, dejando tal operación a los que se dedican a practicarla. En cualquier casa donde entre, no llevaré otro objetivo que el bien de los enfermos; me libraré de

cometer voluntariamente faltas injuriosas o acciones corruptoras y evitaré sobre todo la seducción de mujeres u hombres, libres o esclavos.

Guardaré secreto sobre lo que oiga y vea en la sociedad por razón de mi ejercicio y que no sea indispensable divulgar, sea o no del dominio de mi profesión, considerando como un deber el ser discreto en tales casos. Mantendré en secreto todo lo que pudiera ser vergonzoso si lo supiera la gente.

Si observo con fidelidad este juramento, séame concedido gozar felizmente mi vida y mi profesión, ser honrado siempre entre los hombres; si lo quebranto y soy perjuro, caiga sobre mí la suerte contraria¹ (Alonso, 2018, págs. 94-95).

Luego, el gran filósofo griego Platón, en *La República*, divide el alma en tres partes, organizándolas en una especie de jerarquía, según el grado de perfección que cada una tiene. En el nivel inferior se encuentra el ‘alma concupiscible’ que maneja las pasiones, placeres y deseos sensibles. Ubicándose en el hígado, centro del cuerpo, atiende los apetitos sexuales, de comida, fama, etc. Siguiendo en nivel de perfección, se encuentra la parte del alma que es ‘irascible’, donde se encuentra la voluntad, el valor y la fortaleza. Al tener relación con las facultades que nos permiten inicialmente emprender el camino hacia lo perfecto, Platón ubica esta parte del alma en el corazón. Finalmente, en la cumbre de la perfección, se encuentra la parte del alma que es ‘racional’. Gracias a ésta, se puede alcanzar el conocimiento y la vida buena, ya que se identifica con la razón, la realización del bien y la moralidad. Situada en el cerebro, es, a su vez, inmortal y está dotada de un principio divino que permite alcanzar la perfección.

Si para Platón el alma es la encargada de conocer -racionalmente- lo verdadero y actuar -correctamente- en el mundo sensible en el que se vive, para Aristóteles, el alma tiene que coordinar las sensaciones y movimientos que son respuestas a los estímulos del mundo exterior. Por esa razón, la ubica en el centro del cuerpo, más precisamente en el corazón, ocupando un lugar central que sea capaz de sensibilizarse ante las emociones, hacer latir más rápido el órgano sanguíneo ante un susto o peligro, etc. El tronco del cuerpo, es para Aristóteles, la región vital del mismo, ya que en este se concentran los órganos corporales más importantes. Debido a esto, se puede apreciar que haya más calor en el tronco que en la cabeza, razón por la cual sería imposible ubicar el alma en esa zona (Alonso, 2018).

¹ Las cursivas son del autor.

Quien intenta reconciliar los postulados de Platón y Aristóteles, e incluso la obra de Hipócrates, es el reconocido científico griego Galeno de Pérgamo, nacido entre 130 y 200 d.C. Su relevancia se amplifica al convertirse en el médico personal del emperador Marco Aurelio. Aprovechando el respaldo otorgado por el emperador, Galeno fomentó la práctica de la disección, observación y experimentación. Mediante estos enfoques, logró realizar la primera exposición completa, metódica y detallada de la estructura anatómica del ser humano. Aunque elaboró el término *autopsia*, no se involucró directamente en este procedimiento. Su oportunidad para observar el interior del cuerpo humano en primera persona se restringió a situaciones particulares, tales como el tratamiento de gladiadores o legionarios heridos. Dado que la exploración directa de los órganos internos se le dificultaba, Galeno aprovechó oportunidades excepcionales para examinar minuciosamente un cadáver en avanzado estado de descomposición hallado tras una inundación, así como el cuerpo de un ladrón asesinado y parcialmente devorado por animales carroñeros (Alonso, 2018).

Un episodio célebre de Galeno incluyó la realización de un experimento público donde seccionó los nervios recurrentes en la laringe de un cerdo. Su objetivo era demostrar que esto conllevaba a la pérdida de la vocalización del animal sin afectar la función cardíaca. Este experimento lo llevó a concluir que los nervios se originan en el cerebro y la médula espinal y son esenciales para iniciar la contracción muscular. Además, realizó meticulosas disecciones cerebrales, como se puede observar en *Procedimientos Anatómicos*. En contraposición a las concepciones de Aristóteles, Galeno planteó que el '*pneuma vital*' no tenía como destino el corazón, sino que recorría los vasos sanguíneos hasta el cerebro, donde se transformaba en '*pneuma psíquico*'. No obstante, ubicó las funciones cerebrales en los ventrículos, un concepto de amplio impacto en el desarrollo de la medicina occidental por cerca de mil quinientos años (Blanco, 2014).

Ya en la Edad Media, pensadores católicos como Alberto Magno y Tomás de Aquino, volvieron a los filósofos griegos para aplicar desde la *Filosofía Natural*, el estudio de la obra y la presencia de Dios en el cosmos. Siguiendo las ideas aristotélicas, el movimiento del corazón es propio de hombres y animales, por lo que el alma que los caracteriza debe encontrarse necesariamente allí. Avanzando sobre estas ideas, Santo Tomás, en *Suma Teológica*, postula que hay un alma por cuerpo y no un alma para cada parte del cuerpo. Siendo la causa formal del cuerpo, el alma está en toda la existencia material, por lo que ahora, para el gran teólogo del siglo XII, el alma no radicaría

exclusivamente en el corazón, sino que se encuentra informando todas y cada una de las partes del cuerpo (Alonso, 2018).

Acercándose al fin de la edad media, Avicena (980-1037), pensador y científico persa, publica su famoso *Canon de Medicina*, compendio de la medicina galénica que, con aportaciones novedosas para el tiempo, amplía la *teoría ventricular*, en la que explica la división del cerebro en una serie de ventrículos y la asociación de cada uno de ellos a una función mental específica (Blanco, 2014).

Con el auge del renacimiento, fue el gran Leonardo Da Vinci (1452-1519) quien propuso un modelo del cerebro con una extraordinaria precisión. Vertió cera derretida en el cerebro de un buey y esperó a que solidificase. Así obtuvo un molde bastante logrado que le permitió realizar unos dibujos que forman parte de la actual biblioteca del Palacio de Windsor (Inglaterra). Aplicando la misma técnica, pudo estudiar tridimensionalmente las cámaras del corazón y los ventrículos cerebrales. Sus detalladas descripciones e ilustraciones han contribuido enormemente al estudio de estas regiones del cuerpo humano, tan discutidas hasta este momento de la historia. De esta manera, introdujo el término '*imprensiva*' para describir la estructura ventricular del cerebro que mediaba entre los órganos de los sentidos y el '*senso comune*', el sitio del alma (Alonso, 2018).

Así, durante los siglos XVI y XVII, la perspectiva de la ciencia médica basada en las ideas de Aristóteles y Galeno, caracterizada por conceptos de naturaleza metafísica, como formas sustanciales y causas teleológicas, experimentó un reemplazo gradual. Esta transformación condujo a la adopción progresiva de un enfoque de carácter mecánico y químico, que se centraba en el análisis empírico de los procesos que ocurrían dentro del organismo, evitando especulaciones y orientándose hacia un estudio más concreto de los fenómenos.

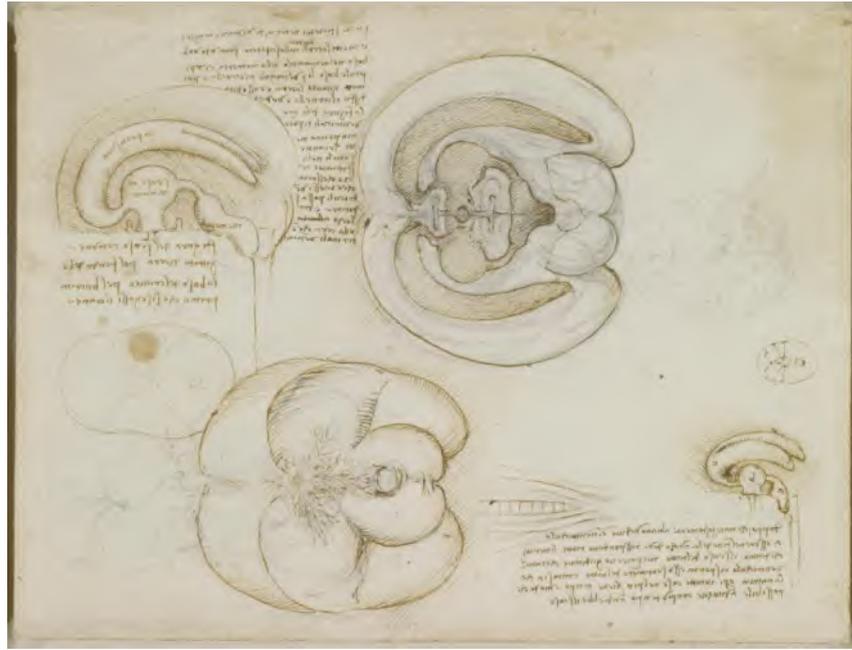


Figura 2: Molde de cera en ventrículos de un cerebro bovino (1508). Se observan los resultados del experimento realizado por Leonardo Da Vinci (*The brain* c.1508-9).

Con esos antecedentes, Andreas Vesalius (1514-1564) quiso hacer disecciones de cerebros humanos y no de bueyes. Cambió la técnica para avanzar sobre el cerebro humano, sin moverlo de su cavidad. De esta manera, logra describir la *glándula pineal*, que sería el órgano cerebral capaz de actuar integrando y coordinando todas las percepciones sensoriales captadas por el organismo.

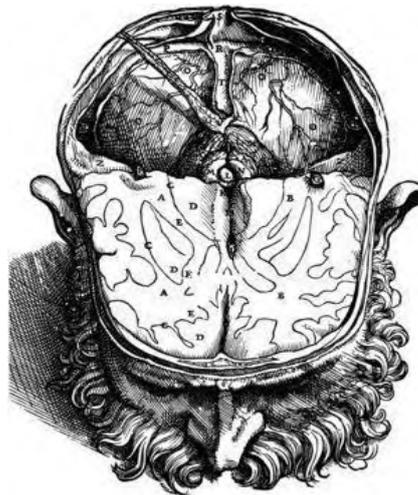


Figura 3: Ilustración del cerebro correspondiente a la segunda edición de la *Fábrica de Vesalio* (1555), en la que se muestra la localización de la glándula pineal (L), justo en el centro de la cavidad craneal. Tomada de López-Muñoz, F., Rubio, G., Molina, J. D., & Alamo, C. (2012).

En el terreno filosófico, surge René Descartes (1596-1650) que, para muchos, es el padre de la filosofía moderna. Con sus planteos sobre la *'res cogitans'* y la *'res extensa'*, renueva el dualismo platónico entre mente y cuerpo como sustancias separadas,

dotadas de individualidad, aunque interconectadas por la glándula pineal, órgano situado en el centro del cerebro y compartido por ambos hemisferios que se encargaría de integrar las sensaciones y percepciones de los órganos (Blanco, 2014).

Descartes adscribió a la glándula pineal que

‘... toda la acción del alma consiste en que, por el solo hecho de querer una cosa, hace que la glandulita, a que está estrechamente unida, se mueva de la manera necesaria para producir el efecto que corresponde a la voluntad’ (artículo XLI de *Las pasiones del alma*) (p. 106-107). Para Descartes, en suma, cada cambio en la posición de la glándula pineal correspondería a una percepción distinta del alma (López-Muñoz, F., Rubio, G., Molina, J. D., & Alamo, C., 2012, pág. 166).

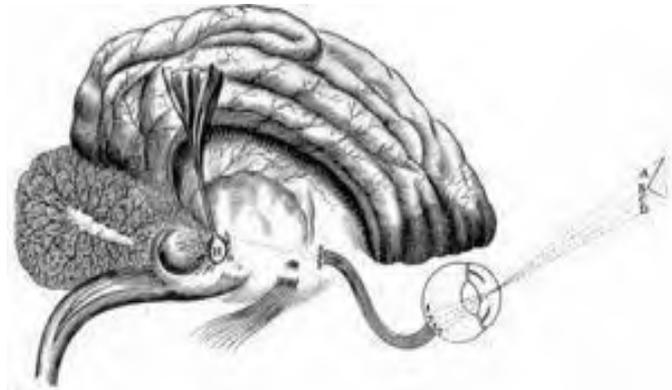


Figura 4: Situación anatómica de la glándula pineal, según los planteamientos de Descartes y la interpretación del ilustrador Florent Schuyl (figura XXXIV de *De Homine*, 1662).

Aunque la glándula pineal no desempeña la función que Descartes imaginó, fue él quien llevó a cabo una transición crucial en el entendimiento de los seres vivos. El pensador, efectuó un cambio desde la concepción medieval, en la cual el conocimiento era alcanzado mediante el razonamiento y lo puramente racional, hacia una nueva dirección que se apoyaba en el enfoque basado en hechos concretos, observación y experimentación. En este proceso, Descartes desempeñó un papel fundamental al abrir las puertas hacia la ciencia moderna. Su influencia resultó crucial en el auge científico que caracterizó la Ilustración. A través de una interpretación mecanicista del comportamiento y apoyada en la lógica matemática, introdujo elementos cruciales para la investigación moderna, como la idea de formular hipótesis y ponerlas a prueba mediante evidencia empírica (Alonso, 2018).

Siguiendo las investigaciones de Blanco (2014), una nueva fase se caracterizaría por el descubrimiento de la actividad eléctrica en los organismos vivos.

Esto ocurrió en el siglo XVIII, cuando Luigi Galvani (1737-1798) llevó a cabo experimentos con ranas y demostró que tanto los músculos excitables vivos como las células nerviosas generan electricidad. En su obra titulada *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*, publicada en 1791, Galvani presentó de manera cronológica los detalles de sus experimentos y ofreció evidencia acerca de que la electricidad generada internamente en los animales era responsable de la actividad nerviosa. Este momento podría considerarse como el inicio de la *neuroquímica*. A lo largo del tiempo, se fue estudiando gradualmente la naturaleza de los procesos reflejos, sensoriales y motores, que culminó en la concepción integrada del sistema nervioso propuesta por Sherrington a finales del siglo XIX y principios del XX. El campo de la electrofisiología avanzó significativamente con el trabajo de Hermann von Helmholtz (1821-1894), uno de los destacados científicos y filósofos de la ciencia del siglo XIX, quien midió la velocidad de los impulsos nerviosos, además de realizar otras numerosas y valiosas aportaciones en física, fisiología y psicología (Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar).

Uno de los mayores logros que alcanzó la neurociencia es el que se le atribuye a Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), cuando propuso que la célula nerviosa o neurona es la unidad estructural y funcional primordial del cerebro. El mérito radica en su demostración de la individualidad de las neuronas. Lo logró al investigar minuciosamente la estructura y función del cuerpo neuronal, el axón y las dendritas. Además, Ramón y Cajal descubrió la polarización dinámica de la señal eléctrica, lo que implica que la transmisión de la señal ocurre de manera unidireccional. Esto significa que las señales se propagan de una célula a otra en una dirección constante. Los descubrimientos del considerado ‘padre de las neurociencias’, inauguraron un nuevo y prometedor horizonte en el estudio científico del cerebro, aunque también, dieron inicio al enfoque reduccionista de la neurociencia que, hasta el día de hoy, perdura (Blanco, 2014).

Posteriormente, el neurofisiólogo británico Sir Charles Scott Sherrington (1857-1952) acuñó el término ‘sinapsis’, que en griego significa ‘cerrar’, para describir el punto específico en el cual dos neuronas se comunican entre sí (Blanco, 2014).

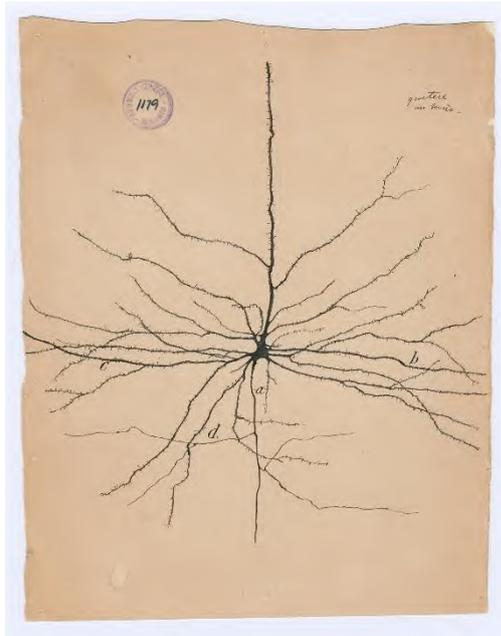


Figura 5: La neurona piramidal de la corteza cerebral (1904), de Santiago Ramón y Cajal.

El interés por entender lo que era capaz de hacer el cerebro y sus partes llevó a Franz Josef Gall (1758-1828) a inaugurar la *frenología* -de *phrenos* = mente, *logos* = estudio-, que se encargaba de estudiar la localización específica de las funciones cerebrales. Por tanto, si una persona tenía un rasgo característico, por ejemplo, era un avaro, su cabeza tendría más desarrollada la zona del cerebro relacionada con esto, ya que, según Gall, ‘el cerebro modela el cráneo’ (Alonso, 2018). Esta teoría tendrá importantes repercusiones a lo largo del tiempo y será utilizada, también, por uno de los más criticados personajes de la historia como fue Ezechia Marco Lombroso, quien asociaba a los criminales con determinadas características morfológicas y psíquicas.

A pesar de lo anterior, también se puede destacar que Gall estudió y describió los componentes neuronales y los conductores entre ellos, como la sustancia gris y blanca del cerebro. También hizo importantes descripciones acerca del funcionamiento del sistema nervioso, gracias a que observó que las fibras de la médula terminan en la corteza y no en el bulbo raquídeo, como se pensaba previamente. A partir de esto, la médula espinal adquiere una inusitada relevancia para entender el funcionamiento del cuerpo humano (Alonso, 2018).

En la década de 1980, se descubrió la neurogénesis en las neuronas involucradas en el aprendizaje de sonidos en el cerebro de las aves. El etólogo argentino Fernando Nottebom (1940-...), al investigar las bases neurales del aprendizaje del canto

en canarios, encontró que en el cerebro de un ave adulta se produce un reemplazo de neuronas, que puede estar asociado con el aprendizaje de estas nuevas formas de comportamiento animal (Blanco, 2014).

De esta manera se consolida el posicionamiento del reduccionismo científico, ya que se empiezan a entender las funciones cognitivas y conductuales desde las conexiones entre neuronas, las señales eléctricas que se propagan entre ellas y desde la actividad que se da en diferentes regiones cerebrales. Serán los pioneros de la psicología experimental en llevar esto a su extremo, cuando Wilhem Wundt -estructuralismo- y William James -funcionalismo- en la segunda mitad del siglo XIX, continuados por John Watson a inicios del siglo XX, intentaron someter lo psíquico a parámetros científicos, con un método empírico.

En contraposición, surge en el terreno filosófico, la fenomenología de Husserl, que denunciaba que, a partir del momento en que recurren a un proceder tan objetivista y empírico del ser humano, nos condenamos a tratar al ser pensante como una 'cosa' y, al mismo tiempo, sólo pueden desconocer su singularidad. Tal atributo hace a la esencia de una libertad -capacidad de determinarse a sí mismo- y de la razón -capacidad de sacar de su propio interior los criterios de lo verdadero- de la condición humana. Por lo tanto, el proyecto de una ciencia 'natural' del sujeto –y, por tanto, de la conciencia- está consagrado al fracaso, porque la instancia en la cual se plantea lo objetivo, no puede tratarse desde el mismo punto de análisis del objeto estudiado. Es decir, el sujeto que validada o invalidada la ciencia, no puede ser planteado como 'realidad' entre otras, puesto que sería objeto y sujeto al mismo tiempo (Schaeffer, 2009).

En la actualidad, dejando un poco de lado algunos determinismos y, gracias a los estudios fenomenológicos que se separan de las investigaciones empiristas, tenemos la posibilidad de dialogar con las ciencias y enriquecernos mutuamente. Si bien se puede tener la tentación de considerar a las investigaciones de las neurociencias como teorías de la mente, también es necesario diferenciarlas con un sentido unitario, integrador y fenomenológico. Tal paradigma se empieza a consolidar recién a partir del año 1900, cuando la *nueva frenología* ya no se basa en una craneoscopia, sino en criterios anatómicos y funcionales interconectados (Changeux, 1985).

Siguiendo esta línea, los biólogos chilenos Humberto Maturana (1928-2021) y Francisco Varela (1946-2001) hicieron una contribución importante al campo cuando

publicaron *De máquinas y seres vivos*, en 1972. En este breve texto, trataron de responder la pregunta sobre qué es la unidad más básica de la vida. Se dieron cuenta de que no podía definirse solo por sus partes materiales, sino que también debían considerar su organización como un patrón o estructura. Llamaron a este proceso de autoconstrucción de identidad ‘autopoiesis’, que es la forma de describir la organización mínima de los seres vivos. Este concepto evita explicaciones teleológicas de los sistemas vivos como las que se consiguen cuando hablamos de su término análogo, la ‘conciencia’ (El fenómeno de la vida, 2002).

Como analiza Diego Golombek (2011), estudiar la conciencia es uno de los problemas filosóficos y científicos más difíciles de nuestro tiempo. Haciendo un recorrido por los numerosos autores aquí mencionados -y otros-, el autor analiza que el término es resultado de múltiples acepciones utilizados por científicos, psicólogos y filósofos que, de una manera u otra, se apoyan en innumerables controversias acerca de lo netamente humano. Por esa razón, tal vez, Francisco Varela (2002) propondrá la ‘neurofenomenología’, como aquella aproximación que busca unir la perspectiva científica con la experiencia vital, para superar la división estéril entre la biología de la conciencia y la experiencia humana. Su método tiene un fuerte contenido filosófico y, sobre todo, ético, así como también implicancias en el campo de la epistemología y de la educación (El fenómeno de la vida).

Con todo, el avance de la neurociencia, ha despertado nuevamente este histórico problema cuerpo-mente y del reduccionismo materialista. Estrictamente hablando, el surgimiento de la neurociencia como disciplina científica, puede situarse en 1962, cuando se creó el *Neuroscience Research Program* (NRP), en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Francis O. Schmitt (1903-1985), reunió a varios científicos interesados en comprender la base cerebral del comportamiento y de las facultades superiores de la mente. El grupo de físicos, biólogos, médicos, psicólogos, entre otros, terminó publicando la obra *The Neurosciences: A Study Program*, en 1969. Este libro abordaba casi todos los aspectos de interés para la neurociencia, desde la genética molecular hasta la memoria y es considerado el acta fundacional de la neurociencia (Blanco, 2014).

Este proyecto afianzó la convicción de que el entendimiento preciso de los mecanismos que imperan en la mente exigía fundir las aportaciones de una serie de ramas que, pese a sus divergencias, habían demostrado gran capacidad de

penetración teórica y experimental en sus respectivas áreas científicas. La ‘diversidad disciplinar’, lejos de alentar una cierta ‘dispersión’ en detrimento de avances efectivos, como los conseguidos desde una óptica reduccionista, satisfacía las demandas planteadas por la inexorable complejidad del propio objeto investigado, la mente humana (Blanco, 2014, pág. 133).

En aquella obra se optó por el uso del término ‘neurociencia’ frente a otros como ‘neurobiología’, porque permitía incorporar al proyecto profesionales de disciplinas que también podrían aportar para el estudio de la mente.

Con el mismo criterio y sumando las reflexiones aquí presentadas sobre neurofenomenología, en este Trabajo se prefiere utilizar ‘neurociencias’ y no ‘neurociencia’, ya que se evidencia que su objeto de estudio es extremadamente complejo en estructura, funciones y variables y también en la interpretación científica de una y de otra. Justamente por ello es que se quiere afirmar que no constituyen un *corpus* sólido y homogéneo de conocimiento, sino más bien es un conjunto de campos o disciplinas científicas heterogéneas, que se caracterizan por perseguir un mismo objeto de estudio.

Se ha revisado críticamente literatura de divulgación en la que se usa el prefijo ‘*neuro*’ para muchas ofertas que atraen al público en general. Son enfoques que podrían considerarse pseudocientíficos y que terminan confundiendo al lector poco habituado en interponer criterios de validez epistemológica ante este tipo de textos. Es así que, como Corredor y Cárdenas (2017) argumentan, poco o nada tienen que ver con la prohibición de las neurociencias y la disciplina en cuestión, sino con el alcance que estos términos tienen entre las personas que consumen ‘lo nuevo’, ‘lo innovador’ y buscan el cambio (Neuro- ‘lo que sea’: inicio y auge de una pseudociencia para el siglo XXI).

Podría decirse, de manera general, que lo que hoy se hace en neurociencias es aplicable tanto a la psicología cognitiva como a la neurobiología. Sin embargo, estudiar el sistema nervioso y sus implicancias es ir más allá de las especificidades de cada disciplina. Provoca la necesidad de diálogo, interrelación y aportación de todos los campos de la ciencia, para articularse y contribuir a una comprensión compleja y coherente con la realidad humana. Tal vez por eso, John T. Bruer (1949-...), uno de los más grandes exponentes de la neurociencia educativa, había planteado en 1997, la metáfora de un puente que había que establecer entre ambas disciplinas, aunque eso aún hoy está lejos de darse (Neuroscience and the Brain: A Bridge Too Far).

En su trabajo *A Bridge Too Far* (1997), John Bruer sostuvo originalmente que entre la neurociencia y la educación existía un ‘puente demasiado lejano’ debido a dos razones principales: falta de conocimiento aplicable y una inconmensurabilidad entre niveles de organización no adyacentes. El primer motivo refería a que, en el momento en que Bruer escribió este texto, la neurociencia aún no había proporcionado suficiente conocimiento que pudiera ser filtrado a través de la psicología cognitiva para ser útil en la práctica educativa. El segundo motivo sostiene que hay un puente prescriptivo entre las neurociencias y la educación -el más relevante para su argumento-, cuya imposibilidad es tanto práctica como filosófica. Ambas disciplinas operan en niveles de organización diferentes y no adyacentes. Esto implica que los descubrimientos a nivel neuronal -neurociencias- no pueden aplicarse directamente a los procesos a nivel de aula -educación-, sin pasar por niveles intermedios de análisis, como la psicología cognitiva. El autor argumenta que cada nivel de organización tiene sus propias unidades, propiedades y leyes; y que no se pueden hacer inferencias directas entre niveles no adyacentes (Bruer, 1997).

De esta manera, Bruer sugiere que la neurociencia debe incluir a la psicología cognitiva, que es la disciplina del puente, porque puede proporcionar una traducción conductual de la investigación cerebral para elucidar su aplicabilidad educativa. En otras palabras, la neurociencia no debe constituirse de manera pura, sino que debe evolucionar como ‘neurociencia cognitiva’ para poder cruzar el puente planteado. Por otro lado, la neurociencia pura, aunque proporciona valiosos conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro, puede ser demasiado general o abstracta para aplicarse directamente a la educación. La neurociencia cognitiva, en cambio, permite conocer las regiones cerebrales implicadas en el desarrollo de una actividad cognitiva. De esta manera, pueden relacionarse los estados mentales con las funciones cerebrales específicas implicadas en el proceso de aprendizaje (Bruer, 1997).

El autor, años más tarde, analiza:

mi propuesta era simple: los modelos cognitivos pueden contribuir con las intervenciones educativas identificando las operaciones constitutivas necesarias para obtener resultados positivos en el dominio escolar, y apuntando a esos componentes a fin de contribuir con la enseñanza. [...] ¿Qué impresión se tiene de esta propuesta práctica veinte años después? La NE en gran medida se ha convertido en

neurociencia cognitiva educacional (Bruer, *Neuroeducación: un panorama desde el puente*, 2016, pág. 18).

Los intentos teóricos de Bruer abren un camino lleno de esfuerzos por establecer a las neurociencias como disciplinas científicas aptas para contribuir al desarrollo de la educación. Siendo director de la Fundación McDonnell, llevó adelante varios programas innovadores en este sentido, incluido el Programa *McDonnell-Pew* en Neurociencia Cognitiva, el Programa de Estudios Cognitivos para la Práctica Educativa y numerosos artículos y libros sobre neurociencia y educación. En su obra *Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom* [Escuelas para pensar: Una ciencia del aprendizaje en el aula] (1993), ya había expresado la exigencia de que cada disciplina investigue en paralelo con las demás, asumiendo que la integración se encuentra desde el método y no desde una disciplina específica.

En palabras de José Antonio Castorina (2016),

hay que reflexionar acerca de la posibilidad de realizar indagaciones interconectadas, con múltiples niveles de análisis y adecuadas para los procesos educativos. Incluso, habría que examinar el significado y alcance de los puntos de vista “básicos”, que nosotros hemos denominado ME -Marco Epistémico-, los que constituyen el contexto de las investigaciones disciplinares e interdisciplinares (Castorina, 2016, pág. 38).

Tanto Castorina como Bruer piden que, al vincular neurociencias con educación, se considere la producción de conocimiento en el campo educativo, así como la claridad de la labor docente y del saber sobre sus propias prácticas, como actores específicos de este objeto de estudio. No sería correcto entender, en este ámbito interdisciplinario, que los procesos neurológicos son condiciones suficientes para regular el aprendizaje. Podrían ser necesarios, pero nunca suficientes para el logro del aprendizaje y la enseñanza efectiva, ya que las implicancias pedagógicas, los contextos de producción del aprendizaje y los otorgamientos de significados que damos a las experiencias de aprendizaje, también resultan fundamentales y necesarios en todo acto educativo (Castorina, 2016). De esta manera,

la cooperación entre disciplinas se manifiesta como una nueva frontera de pensamiento necesaria para reformar los problemas derivados de la reducción y fragmentación a la que fueron sometidas la ciencia, la realidad humana y la estructura ontológica de la naturaleza. Estas interrelaciones disciplinares constituyen

un diálogo epistemológico y metodológico importante para lograr establecer canales de comunicación, con el fin de definir un marco epistémico que fundamente la consiliencia entre distintos campos del conocimiento (Fuentes Canosa & Collado Ruano, 2019, pág. 86).

Para abordar el puente del que habla Bruer, hay que tener un diálogo entre las diversas ciencias con interés en la educación, con un enfoque en el aprendizaje humano en primer lugar, pero sin confusión de términos. Una relación que permita aportes conjuntos y, a la vez, resulte especializada, específica, sistemática y compleja. Integrar las ciencias de la educación con diferentes abordajes epistémicos, requiere una nueva construcción de saberes, de lógicas y sentidos no unidireccionales sino, más bien, complementarios. Por esa razón, Bruer (1997) propuso que la interrelación se diera a través de dos puentes: primero, de la educación a la psicología cognitiva y, luego, de la psicología cognitiva a la neurociencia. En el primer puente, el autor sugiere que los educadores deben tener una comprensión sólida de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje para poder diseñar materiales y actividades de aprendizaje que apoyen el proceso natural de la cognición. En el segundo puente, el autor propone una conexión entre la psicología cognitiva y la neurociencia de los sistemas para comprender la actividad neuronal asociada con los procesos cognitivos. Sugiere que, al combinar la teoría cognitiva con la investigación neurocientífica, podemos comprender mejor cómo se procesa la información en el cerebro y cómo se crea conocimiento (Bruer, *Neuroscience and the Brain: A Bridge Too Far*, 1997).

Surge así la necesidad de establecer niveles de análisis entre las disciplinas, favoreciendo el diálogo interdisciplinario epistemológicamente correcto. Usha Goswami en su artículo *Neuroscience and education: from research to practice?* (2006), encuentra relevante tener en cuenta los siguientes niveles de análisis:

1. Nivel neurocientífico: es en el que se estudia la estructura y función del cerebro utilizando técnicas y metodologías propias de la neurociencia. Los neurocientíficos investigan cómo las neuronas se comunican entre sí, cómo se forman las conexiones neuronales (sinapsis) y cómo se procesa la información a nivel cerebral. Este nivel de análisis proporciona información detallada sobre los mecanismos biológicos subyacentes a la cognición y el aprendizaje, lo que puede ayudar a comprender mejor cómo se desarrollan estas funciones en el cerebro.

2. *Nivel psicológico*: es en el que se exploran los procesos mentales y cognitivos que influyen en el aprendizaje y la conducta humana. Los psicólogos cognitivos estudian la memoria, la atención, el razonamiento, la resolución de problemas y otros aspectos relacionados con la cognición. Este nivel de análisis se centra en comprender cómo se adquieren, almacenan y recuperan la información en la mente, así como en identificar los factores que afectan el proceso de aprendizaje.

3. *Nivel educativo*: es en el que se aplican los conocimientos derivados de la neurociencia y la psicología cognitiva en el ámbito de la educación. Los educadores y profesionales de la educación utilizan la evidencia científica para mejorar las prácticas pedagógicas, diseñar programas educativos efectivos y adaptar las estrategias de enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes. Este nivel de análisis se enfoca en cómo traducir los hallazgos científicos en intervenciones educativas que promuevan un aprendizaje óptimo y un desarrollo cognitivo saludable.

Al integrar estos tres niveles de análisis, se puede establecer una conexión más sólida entre la investigación neurocientífica, la psicología cognitiva y la práctica educativa, lo que permite una comprensión más completa de cómo el cerebro aprende y cómo se pueden mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el contexto educativo.

Como se puede observar, para facilitar la colaboración interdisciplinaria real, es imperativo establecer una epistemología neurocientífica y educativa basada en esfuerzos conceptuales y metodológicos específicos de la materia. Dentro de este marco, es crucial mantener los límites de cada disciplina, mientras se fomenta el desarrollo de resultados interdisciplinarios que apoyen la exploración científica.

En la actualidad, la mayoría de los científicos y educadores sostendrían que aún es prematuro llenar esta brecha. Esto se debe a que la aplicación de los hallazgos neurocientíficos a la educación requiere una comprensión profunda de ambos campos, así como una cuidadosa consideración de las implicaciones prácticas de estos hallazgos (Goswami, 2006).

A su vez y, de acuerdo con ella, Bowers (2016) argumenta que las motivaciones teóricas que subyacen a la neurociencia educativa son erróneas, lo que dificulta el diseño o la evaluación de nuevos métodos de enseñanza basados en la neurociencia. Por ejemplo, se asume ampliamente que la instrucción correctiva debe

dirigirse a los déficits subyacentes asociados con los trastornos del aprendizaje, y la neurociencia se utiliza para caracterizar el déficit. Como resultado, explica que la neurociencia rara vez ofrece ideas sobre la instrucción más allá de la psicología (Bowers, 2016).

En este sentido, Goswami (2006), incluye dentro de la crítica a la inmersión de las neurociencias a la educación que se han infiltrado *neuromitos* basados en la ciencia pero que resultan erróneos al tratar de aplicarlos directamente a cuestiones pedagógicas. Algunos de ellos son, según la autora:

1. La creencia de que los estudiantes tienen estilos de aprendizaje fijos y que es necesario adaptar la enseñanza a estos estilos específicos.

2. La idea de que solo usamos el 10% de nuestro cerebro y que hay un gran potencial sin explotar.

3. La noción de que escuchar música clásica mejora el rendimiento cognitivo.

4. La creencia de que los hemisferios cerebrales dominantes determinan la forma en que aprendemos mejor (por ejemplo, ser ‘más creativo’ si eres un pensador ‘del lado derecho’).

5. La idea de que los niños aprenden mejor si se les enseña de acuerdo con su ‘ventana de aprendizaje’ o ‘periodo crítico’.

Estos neuromitos pueden influir en las prácticas educativas de manera negativa si no se abordan con una comprensión más precisa de la neurociencia y su aplicación en el aula.

Además, Goswami señala que los maestros están en el extremo receptor de numerosos ‘paquetes de aprendizaje basados en el cerebro’. Algunos de estos paquetes contienen cantidades alarmantes de desinformación, sin embargo, se están utilizando en muchas escuelas. Este hecho resalta la necesidad de una mejor comunicación y colaboración entre los neurocientíficos y los educadores para garantizar que la información neurocientífica se traduzca y se aplique de manera efectiva en el aula (2006).

Por tanto, resulta esencial la comunicación bidireccional entre la neurociencia cognitiva y la educación, para mejorar la colaboración entre ambas disciplinas. Según Goswami (2006), establecer puentes de comunicación sólidos permite a los

neurocientíficos y educadores intercambiar conocimientos, perspectivas y mejores prácticas. Esta interacción facilita la comprensión mutua y promueve la integración de los hallazgos neurocientíficos en la práctica educativa de manera efectiva.

Como señala Geake (2005), sería sumamente eficaz crear redes de colaboración entre investigadores en neurociencia cognitiva y profesionales de la educación, posibilitando la colaboración de recursos, investigaciones y estrategias pedagógicas basadas en la evidencia. El fin último de dicha colaboración sería aumentar la calidad de la educación ofrecida a los estudiantes.

La formación continua es otro aspecto clave que se beneficia de una comunicación bidireccional efectiva. Según Bruer (1997), los programas de desarrollo profesional que integran los descubrimientos neurocientíficos permiten a los educadores actualizar sus prácticas pedagógicas de acuerdo con las últimas investigaciones sobre cómo el cerebro aprende. Esto garantiza que los métodos de enseñanza sean efectivos y estén respaldados por la evidencia científica más actualizada.

En la actualidad, se ha tomado mayor conciencia de la relación entre los hallazgos neurocientíficos y la educación, lo que ha permitido evitar las extrapolaciones infundadas y los neuromitos. Por esta razón, puede entenderse que ha creado ‘un puente más sólido’ entre la neurociencia y la educación, debido a la evolución en el interés interdisciplinar y las numerosas conexiones que se han ido generando a lo largo del tiempo, desde que Bruer propuso la metáfora del puente. No obstante, el alcance de este argumento sigue siendo limitado y es necesario, según nuevos análisis del autor, tener en cuenta que aún queda mucho por investigar en el área. Aunque la relación entre la neurociencia y la educación ha avanzado, es importante tener la precaución de no caer en interpretaciones excesivamente amplias o simplistas de los hallazgos neurocientíficos (Bruer, *Where Is Educational Neuroscience?*, 2016).

En consonancia con lo anterior y haciendo un gran recorrido por la bibliografía aquí mencionada, en *La pizarra de Babel: puentes entre neurociencia, psicología y educación*, Sebastián Lipina y Mariano Sigman (2011) examinan varios obstáculos conceptuales y metodológicos que enfrenta la articulación entre neurociencias y educación. Algunos de estos obstáculos incluyen:

1. Falta de correspondencia entre niveles de análisis: La neurociencia trabaja con niveles de análisis que no necesariamente corresponden con los niveles de análisis

educativo. Por lo tanto, realizar inferencias a partir de la neurociencia y aplicarlas a la educación puede ser difícil y engañoso.

2. Complejidad del sistema educativo: El sistema educativo es una estructura social compleja que implica múltiples factores interconectados. Por lo tanto, la implementación de intervenciones basadas en la neurociencia debe tomar en cuenta estas complejidades e interconexiones.
3. Importancia de procesos sociales y culturales: La educación es un proceso social y cultural, y los procesos cognitivos y cerebrales están inextricablemente ligados con estos procesos. Por lo tanto, la neurociencia debe tomar en cuenta estas dimensiones sociales y culturales en la educación.
4. Limitaciones metodológicas: Los métodos de la neurociencia son en gran parte experimentales, y la mayoría de las investigaciones se llevan a cabo en entornos controlados y artificiales. Por lo tanto, es difícil generalizar estas investigaciones a entornos reales de aprendizaje en la educación.

Lipina y Sigman (2011) argumentan que es necesario desgranar las operaciones que nos permiten hacer aquello que hacemos: las palabras, las frases, las preposiciones, la sintaxis del pensamiento. Esta idea se refiere a la necesidad de descomponer y entender los procesos cognitivos básicos que subyacen a nuestras habilidades lingüísticas y de pensamiento (Lipina & Sigman, 2011).

Entender el mundo del pensamiento, resulta fundamental para generar experimentos que ayuden a describir dónde se depositan las ideas, cómo se transfieren, cómo se conectan, cómo se desarrollan, cómo mutan, cómo interactúan (Lipina & Sigman, 2011).

Los autores plantean que,

este tipo de acciones requiere una infraestructura específica que incluya la creación de escuelas en las que investigadores y maestros puedan realizar prácticas conjuntas; la capacitación de una nueva generación de investigadores expertos tanto en métodos de investigación científica y educativa; y la generación de bases de datos longitudinales sobre diferentes aspectos del desarrollo y el aprendizaje. A la vez, los estudios longitudinales de intervención quizás sean los que más permitan profundizar el conocimiento sobre los mecanismos causales en relación a cuestiones

tales como: 1) la forma en que operan los diferentes sistemas cerebrales de aprendizaje, las reglas de tal operatoria en cada caso y qué tipo de modelos de procesamiento y trayectorias de desarrollo pueden representarlos mejor; 2) cuáles son los mejores métodos y modelos para caracterizar las trayectorias de desarrollo y aprendizaje que permitan, a su vez, guiar las prácticas educativas; 3) cómo pueden los investigadores y educadores identificar marcadores neurales tempranos que permitan indicar variaciones en los patrones de aprendizaje y permitir la detección temprana de dificultades; 4) cómo pueden utilizar los educadores los ambientes pedagógicos para optimizar las estrategias de enseñanza y aprendizaje; y 5) cómo identificar los aspectos de las intervenciones que contribuyen a su eficiencia, y cómo esta varía en diferentes áreas cognitivas y educativas" (Fischer et al., 2010, citado en Lipina & Sigman, 2011, pág. 24).

Como se puede observar, los trabajos de Lipina y Sigman (2011), Bowers (2016) y Goswami (2006) presentan puntos de convergencia y divergencia en su enfoque hacia la intersección de la neurociencia y la educación. A modo de resumen, se pueden entender convergencias en:

1. *La necesidad de un enfoque interdisciplinario:* Los tres conjuntos de autores reconocen la necesidad de un enfoque interdisciplinario para aplicar los hallazgos neurocientíficos a la educación. Lipina y Sigman (2011) argumentan que es necesario desgranar las operaciones cognitivas para explorar la intersección entre la cognición y la educación. De manera similar, Bowers (2016) y Goswami (2006) sostienen que la aplicación de la neurociencia a la educación requiere una comprensión profunda de los procesos cognitivos y una cuidadosa consideración de cómo estos procesos se traducen en comportamientos observables en el aula.
2. *La brecha entre la neurociencia y la educación:* Los tres conjuntos de autores reconocen la existencia de una brecha entre la neurociencia y la educación. Bowers (2016) sostiene que la neurociencia rara vez ofrece ideas sobre la instrucción más allá de la psicología. Goswami (2006) también reconoce que existe una brecha entre la ciencia actual y las aplicaciones directas en el aula. Lipina y Sigman (2011) argumentan que, aunque exista la intersección entre las ciencias de la educación y la neurociencia, todavía no asegura la validez de una interdisciplina.

Por otro lado, se pueden notar las divergencias en torno a:

1. *El papel de la neurociencia en la educación:* Mientras que Bowers (2016) es escéptico sobre el papel de la neurociencia en la mejora de la enseñanza en el futuro, Goswami (2006) es más optimista, sosteniendo que la neurociencia cognitiva está haciendo avances rápidos en áreas altamente relevantes para la educación. Lipina y Sigman (2011) adoptan un enfoque más neutral, argumentando que la neuroeducación es un campo fértil en pleno desarrollo.
2. *La aplicabilidad de los hallazgos neurocientíficos a la educación:* Bowers (2016) sostiene que la evidencia de que el cerebro cambió en respuesta a la instrucción es irrelevante. Por otro lado, Goswami (2006) y Lipina y Sigman (2011) sostienen que los hallazgos neurocientíficos pueden tener aplicaciones potenciales en la educación, aunque reconocen que su aplicación directa es un desafío.

Mirando cómo otras ciencias han buscado acceder a la colaboración en el campo educativo, se puede recordar que ya en el año 1904, el ministro de educación de Francia solicitó a Alfred Binet (1857-1911) y Theodore Simon (1872-1961) que crearan una evaluación capaz de discernir entre niños que presentaban retraso mental y aquellos que, aunque poseían una inteligencia normal, mostraban apatía. De este modo, nació la ‘prueba psicométrica de inteligencia’, ampliamente utilizada por la educación durante muchos años. Posteriormente, con el auge del conductismo, la técnica del condicionamiento se popularizó como estrategia para la enseñanza y fue libremente aplicada por educadores. Por su parte, constructivistas como Piaget, Vygotsky y Ausubel también han marcado una fuerte interrelación entre psicología y educación.

Se logra observar, por consiguiente, que las corrientes psicológicas predominantes en cada tiempo han ido brindando numerosas aportaciones a la práctica educativa. La docencia fue incorporando paulatinamente a su vocabulario muchos de los términos psicológicos que se plantearon desde la ciencia de la mente, como los concernientes a la personalidad, cognición, conducta, etc.

Por lo tanto, se puede inferir que la relación entre disciplinas, sean la psicología y la educación, tanto como las neurociencias o la informática, no puede ser reducida a la aplicación del conocimiento de la primera sobre la praxis de la segunda, sino que debe remitir a un análisis complejo, amplio y deliberativo entre las disciplinas que se orientan al fin educativo, que es el aprendizaje.

Es interesante considerar las implicancias prácticas que pueden surgir de estas interrelaciones. Retomando el caso de Binet y su teoría de la evaluación psicométrica sobre los individuos vagos, así como el caso de Lombroso y su teoría acerca de la conexión entre los delincuentes y sus características morfológicas, podemos observar que los resultados de estas interrelaciones teóricas pueden desencadenar problemas más profundos que afectan la comprensión de la naturaleza humana, sus rasgos distintivos, su subjetividad y su educación. Un ejemplo ilustrativo se encuentra en Argentina, donde la interconexión entre el positivismo, el normalismo y la educación generó desafíos significativos relacionados con el proyecto de *Educación Patriótica* impulsado por Ramos Mejía. Detrás de esta cuestión no se encontraba solo la idea de unificar a los hijos de los numerosos inmigrantes que llegaban al país bajo una única cultura, sino que también buscaba abordar el cosmopolitismo como un problema derivado de los efectos no deseados de la inmigración en masa y, en algunos casos, las consecuencias de una modernidad descontrolada. El proyecto resultó ser el resultado de una interrelación de diferentes enfoques para concebir la acción social y cultural. Estas perspectivas surgieron debido a la consolidación de narrativas a largo plazo vinculadas a la educación como un elemento cohesionador en la sociedad. Queda claro, entonces, que el problema de la educabilidad, bajo esta perspectiva, se dibuja sobre la relación del sujeto con el dispositivo de enseñanza propuesto. En este sentido, no es coincidencia que J.V. González, quien lideró la reforma social a principios del siglo XX, también estuviera profundamente involucrado en cuestiones educativas (González Leandri, 2018).

Por tanto, es esencial considerar la precaución particular que este Trabajo pone en la interrelación entre neurociencias y educación. Es necesario desarrollar una comprensión sobre el ‘puente’ que conecta estos dos campos, considerando las ideas presentadas a lo largo de este capítulo.

En la misma línea, resulta fundamental observar los aspectos que caracterizan la investigación educativa: el descriptivo y el normativo. El enfoque descriptivo se centra en analizar los entornos de enseñanza y las experiencias de aprendizaje de los estudiantes para obtener una comprensión profunda del proceso educativo. Por otro lado, el aspecto normativo busca establecer principios y métodos que orienten los objetivos de la educación. De esta manera, las neurociencias serán capaces de involucrarse en cuestiones educativas de una manera no solo teórica, sino con las efectivas posibilidades de aplicación pedagógica a las que Bruer aspira con tanto interés (Castorina, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, la educación se puede ver como un saber autónomo y altamente integrador que ha sabido entrelazar diversas disciplinas a lo largo de la historia, sin perder su identidad. Esto no obstaculiza su independencia, sino que le permite adaptarse mediante el diálogo interdisciplinario fomentado por los avances científicos. En este proceso dialéctico, las nociones sobre la educación y su propósito se vuelven cruciales. Esto incluye aspectos como los objetivos educativos, las experiencias de aprendizaje, la organización eficaz y la evaluación. Frente a la educación tradicional, que a menudo se critica en su efectividad y capacidad de dar respuesta ante los nuevos entornos sociales y escolares, surge el desafío de construir una nueva concepción de 'educación'. Esta tarea implica considerar también los enfoques de otras disciplinas que abordan estos escenarios cambiantes. Como plantea Baquero (2001), no es cuestión de poner en discusión sólo el problema de la eficiencia o eficacia de la escolarización, sino la de observar también la necesidad de atender la heterogeneidad de la tarea educativa (La educabilidad bajo sospecha).

Actualmente, hay importantísimos centros y proyectos que abordan la interdisciplina con un minucioso cuidado epistemológico. Entre ellos, se destaca la Escuela de Educación de la Universidad de Harvard y su programa *Mind, Brain and Education* [Mente, cerebro y Educación]², el Centro para las Neurociencias en Educación de la Universidad Cambridge³ y el Instituto Max Planck en Alemania⁴, que están realizando interesantes investigaciones en neurociencias con foco en la educación.

Se han hecho descubrimientos impresionantes en neurociencias cognitivas respecto a la escritura (Hills, Wityk, Barker, & Caramazza, 2002), la lectura (McCandliss & Noble, 2003) y las matemáticas (Dehaene & Cohen, 1995; Dehaene, Molko, Cohen, & Wilson, 2004). Se han reconocido principios muy importantes respecto a la influencia de la ansiedad por aprender (emociones y cognición) (Fernández-Pinto, López-Pérez, & Márquez, 2008; Gallese V., 2004; Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta, & Lenzi, 2003) y los déficit atencionales (Sonuga-Barke & Sergeant, 2005; Hale, Bookheimer, McGough, Phillips, & McCracken, 2007), probablemente uno de los principales factores que influyen en la calidad de lo que se aprende; se

² Se pueden conocer sus diferentes propuestas, visitando su página web: <http://www.gse.harvard.edu/academics/masters/mbe/>

³ Se pueden conocer sus diferentes propuestas, visitando su página web: <http://www.educ.cam.ac.uk/centres/neuroscience/>

⁴ Se pueden conocer sus diferentes propuestas, visitando su página web: <http://imprs-neurocom.mpg.de/imprs/index.html>

han establecido procesos de interacción comunicativa donde juegan roles trascendentales de entendimiento y comprensión de la acción los gestos manuales (Kelly, Manning, & Rodak, 2008; Kelly, Ward, Creigh, & Bartolotti, 2007), la corporalidad (Curby & Gauthier, 2010) y las expresiones faciales (Blair, 2003; Adolphs, Damasio, Tranel, & Damasio, 1996), asociando estas demostraciones a áreas de la corteza cerebral que procesan información desde la percepción hasta su asociación con la experiencia de las personas (Puebla & Talma, 2011, pág. 384).

Como plantea Antonio M. Battro (1936-...), referente argentino y latinoamericano sobre neurociencias y educación, gracias a esta integración entre neurocientíficos y docentes, se está creando una verdadera ‘cultura neurocientífica’ en la educación. Se trata de una construcción de marcos de referencia neuroeducativos, que lleguen a servir como soporte a las iniciativas más diversas en el aprendizaje y la enseñanza (Battro, Neuroeducación: el cerebro en la escuela, 2011).

De esto surge, por ejemplo,

[...] el horario escolar ¿A qué hora empezar y terminar, cuál es el tiempo óptimo de clase, cómo aprovechar los recreos y los feriados? ¿Qué nos dice la cronobiología al respecto? Sigamos con las materias. Lenguas, ciencias, matemáticas, artes, deportes ¿Qué aportan los estudios del cerebro en estos temas? Atendamos a las demandas del alumno, tomemos en cuenta sus dificultades, estimulemos sus talentos ¿Qué propone la neuroeducación para mejorar la calidad del aprendizaje? Capacitemos a los docentes en las nuevas disciplinas de la neuroeducación y hagámoslo partícipe de las investigaciones sobre el cerebro educado (Battro, Neuroeducación: el cerebro en la escuela, 2011, págs. 44-45).

En los próximos capítulos, nos adentraremos en estos temas. Sin embargo, antes de avanzar, vale preguntarnos: ¿Qué nos sugiere la experiencia histórica acerca de los intentos de cambiar la gramática de la escolaridad -haciendo referencia al término empleado por David Tyack y Larry Cuban (2001)-?, ¿debemos animarnos a la innovación educativa a pesar de sus eternas resistencias al cambio, o debemos concluir que es imposible mejorar básicamente la escuela? La respuesta lamentablemente es difícil de aceptar, tanto en su afirmación, como en su negación. Es crucial que los cambios en los sistemas educativos se realicen de manera gradual y en etapas, sin recurrir a una retórica de innovación excluyente. Esto se debe a que la percepción cultural sobre lo que

constituye una *auténtica escuela* influye en gran medida y los educadores tienden a resistirse a las reformas para no contradecir al sistema (Tyack & Cuban, 2001).

La historia está repleta de intentos de reformas en la educación, explorados por David Tyack y Larry Cuban en su obra *En busca de la utopía: un siglo de reformas de las escuelas públicas* (2001). No obstante, la gramática escolar, que abarca las reglas, prácticas y conceptos que moldean el sistema educativo y moldean la enseñanza y el aprendizaje (Terigi, 2011), ejerce una resistencia a los cambios, incluso cuando éstos son beneficiosos y efectivos. Tal conclusión se puede tomar, por ejemplo, con el caso de Helen Parkhurst (1887-1973), quien en los años '20 desarrolló el Plan Dalton. A pesar de su inspiración en los enfoques progresistas centrados en el niño y en figuras como María Montessori, Parkhurst luchó contra el movimiento estandarizado en las aulas graduadas, buscando una revolución educativa. Su plan implicaba reorganizar las escuelas secundarias para eliminar las clases autocontenidas, la enseñanza en grupos completos, los períodos de 50 a 55 minutos y las calificaciones anuales. Abogaba por la libertad y la responsabilidad individual de los estudiantes, así como la colaboración entre estudiantes y adultos, y asignar tiempo suficiente para las tareas. Aunque el Plan Dalton parecía atractivo en teoría y demostró éxito en la práctica, solo unas pocas escuelas adoptaron las reformas de manera integral debido a sus cambios radicales en la estructura escolar que implicaba.

Para abordar la pregunta planteada al final de este capítulo, siguiendo las ideas de Tyack y Cuban (2011), es esencial establecer objetivos compartidos con otros involucrados en la educación, formar organizaciones para movilizar recursos y personas, trabajar en colaboración para superar el aislamiento, impulsar la audacia y el crecimiento profesional de los docentes, quienes finalmente serán responsables de llevar a cabo estas implementaciones. Aquellos que buscan reformar la gramática de la educación necesitarán obtener el respaldo de padres, juntas escolares y la comunidad en general. Aunque puede llevar a conflictos y parecer una amenaza para la autonomía específicamente docente, la participación pública en la toma de decisiones educativas es esencial en la actualidad. Las reformas fundamentales destinadas a cambiar las concepciones culturales arraigadas de la 'verdadera escuela' no pueden triunfar sin un diálogo público exhaustivo y profundo, que muestre las bases científicas -y neurocientíficas- que apoya a la pedagogía en sus nuevos propósitos y los métodos educativos (En busca de la utopía: un siglo de reformas de las escuelas públicas).

CAPÍTULO II: RELACIONES ENTRE NEUROCIENCIAS Y EDUCACIÓN

En este capítulo se busca profundizar acerca de los debates que existen entre neurociencias y educación, la relevancia que tienen los aportes de las neurociencias a la educación y si se puede considerar que se está construyendo un camino de interrelación entre ambas disciplinas. Para abordarlo, se decidió acudir a numerosos artículos de revista que versan sobre el tema, filtrando según tesis filosóficas, académicas, pedagógicas y científicas. Después de haber analizado incluso cuáles eran las fuentes más citadas entre los artículos elegidos, se procedió a investigar el desarrollo del debate entre investigadores en Argentina. De esta manera, surgió la necesidad y, posteriormente, la posibilidad de entrevistar a algunos de las más destacadas personalidades que se dedican al tema.

II.1. EL DISEÑO DE LAS ENTREVISTAS

Siguiendo los conceptos de Hernández Sampieri (2006), se plantea un diseño *Constructivista* (pág. 692), que busca generar una comprensión amplia del área analizada: la interrelación entre neurociencias y educación. Siguiendo este diseño, se trata de enfocar en los significados provistos por los participantes del estudio. Los hallazgos se elaboran a partir de las visiones, creencias, valores, sentimientos e ideologías de los entrevistados. Como plantea el autor,

Para Charmaz (2000), el investigador debe permanecer muy cerca de las expresiones "vivas" de los individuos y los resultados deben presentarse por medio de narraciones (es decir, apoya la codificación en primer plano, abierta, y la posterior agrupación y vinculación de categorías pero no en esquemas) (Metodología de la Investigación, 2006, pág. 693).

Con enfoque cualitativo, el estudio se constituye de manera exploratoria e interpretativa. La elección del diseño y de la metodología de investigación corresponden a que este Capítulo no pretende dar explicaciones respecto del objeto de estudio, sino recopilar información, identificar antecedentes generales, ubicar aspectos relevantes, como tendencias y relaciones potenciales entre variables que habrán de examinarse a profundidad en futuras investigaciones.

Para la obtención de la información requerida, se optó metodológicamente por hacer una *muestra de expertos*, definida así por Hernández Sampieri (2006) como la mejor técnica de investigación cualitativa y de alcance exploratoria, cuando se necesita la opinión de individuos expertos en un tema.

A cada experto se le hizo una *entrevista en profundidad* que, según Juan Ignacio Piovani (2007), tiene varias ventajas en comparación con otras técnicas de recolección de datos cualitativos. En primer lugar, permite obtener información rica y profunda en las propias palabras de los investigadores en el tema, lo que es de gran interés para las finalidades de este Trabajo. Además, proporciona la oportunidad de clarificar términos, conceptos y significados que permiten generar un marco conceptual detallado y, a su vez, que muestra el dinamismo propio del fenómeno en cuestión. Finalmente, cabe mencionar que resulta una experiencia de inmenso valor, ya que propicia el acercamiento a la realidad analizada de la mano de quienes son sus principales exponentes.

Dada la multiplicidad de información disponible en ambos campos, se prefirió optar por un método que pueda capturar la riqueza y la profundidad del conocimiento al que han arribado especialistas en esta interrelación científica y pedagógica. Con ello, los expertos pueden proporcionar *insights* únicos y profundos basados en su experiencia y conocimiento especializado.

A su vez, la necesidad de generar puntos de encuentro entre los especialistas en neurociencias y los especialistas en educación también respalda la elección de este método. Las *entrevistas en profundidad* proporcionan un espacio para el diálogo y la reflexión, lo que puede facilitar la identificación de áreas de convergencia y divergencia entre estos dos campos (Kvale, 2011). Este intercambio pudo ayudar a construir un entendimiento compartido y a identificar oportunidades para la colaboración y la integración.

Se planificaron *entrevistas abiertas* (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006), en las cuales, si bien existía una guía de ejes temáticos a abordar por el entrevistador, se fomentó la profundización de temas y significados emergentes planteados por los expertos en el transcurso de las mismas. De esta forma, se permite que “los participantes expresen de la mejor manera sus experiencias y sin ser influidos por la perspectiva del investigador o por los resultados de otros estudios” (Metodología de la Investigación, pág. 597).

Se diseñaron tres ejes de abordaje que permitieron comenzar y guiar la conversación: las contribuciones científicas de las neurociencias a la educación -o si es solo marketing-, el impacto de las neurociencias en las prácticas de enseñanza y la aceptación/resistencia que puede darse por parte de los educadores o del sistema educativo.

De acuerdo a la selección que se describió anteriormente y a las posibilidades que se dieron de contacto, se efectuaron entrevistas con tres especialistas propios del ámbito de las neurociencias aplicadas a la educación, como lo son Antonio Battro, Andrea Goldín y Roberto Rosler; y con tres especialistas en educación, que analizan la cuestión de las neurociencias en su ámbito, como lo son Florencia Salvarezza, Marisa Díaz y Alejandro Artopoulos. En el *Anexo A*, se puede encontrar un breve resumen de la trayectoria de cada especialista entrevistado, haciendo mención a la especial relevancia que tuvo su participación en la producción de este Trabajo.

Debido a que el diseño constructivista se considera parte de los *diseños emergentes*, se efectúa la codificación abierta y de esta emergen las categorías que son conectadas entre sí para elaborar interpretaciones y una comprensión general del tema planteado.

Este Capítulo toma como modelo de aplicación metodológica una investigación llevada a cabo por Rosanne Edelenbosch, F. Kupper, Lydia Krabbendam y Jacqueline E. W. Broerse, que se tituló *Brain-Based Learning and Educational Neuroscience: Boundary Work*. [Aprendizaje Basado en el Cerebro y Neurociencia Educativa: Trabajo de Límite] (2015). Los autores utilizaron una perspectiva de límite para entender la brecha entre la neurociencia y la práctica educativa. Llevaron a cabo 26 entrevistas semiestructuradas con neurocientíficos y especialistas en educación, entre quienes aseguraban una heterogeneidad de posicionamientos y experiencias dentro sus campos específicos. Con esto, la investigación garantiza que hay una diversidad de perspectivas entre los entrevistados, que podría contribuir a una práctica de aprendizaje integrada con las neurociencias de manera más prometedora.

Si bien la presente investigación es más acotada, sigue, en consonancia, tales recomendaciones metodológicas para su trabajo de campo.

Se planificaron preguntas comunes a todos los expertos y se tuvo la posibilidad de hacer preguntas particulares a algunos, dada la apertura y flexibilidad de

la metodología empleada. Las primeras son definidas por Hernández Sampieri (2006) como *preguntas generales (gran tour)*, *preguntas para ejemplificar* y *preguntas estructurales* (pág. 598). Se utilizaron para abrir la conversación y consultarle a cada especialista de su conocimiento en la materia y sus opiniones acerca de la relación entre neurociencias y educación. Surgieron como consecuencia de las experiencias y anécdotas ofrecidas por los expertos, las preguntas para ejemplificar. Y, finalmente las terceras, fueron marcando el hilo conductor previsto por el investigador, orientando la conversación a través de los tres ejes de análisis planteados. Solo en algunos casos (Battro, Rosler y Goldín), la conversación permitió realizar *preguntas de contraste*, en las que se pudo obtener similitudes y/o diferencias entre paradigmas, modelos de pensamiento y relaciones entre autores. En el *Anexo B*, se incluye un modelo de las preguntas planificadas para las entrevistas

II.2. TRABAJO DE CAMPO DE LAS ENTREVISTAS

Las entrevistas se llevaron a cabo con los seis especialistas, de manera virtual, a través de videollamadas, entre los días 7 de enero y 27 de febrero de 2023. El contacto fue facilitado por el Director de este Trabajo y se continuó por email, a fin de pulir conceptos e ideas que durante la transcripción quedaban incompletas.

Las videollamadas fueron grabadas con el permiso de cada especialista, aclarando que se iba a utilizar de manera privada y con fines académicos. En las referencias, se encuentran los hipervínculos para acceder a las grabaciones.

Cada entrevista fue pensada para tener una duración aproximada de 30 a 40 minutos. Sin embargo, dado el carácter abierto y flexible de las mismas, se sostuvieron todo el tiempo que fue necesario para dialogar las ideas y los posicionamientos que algunos autores requirieron.

Una vez finalizadas las entrevistas, se procesaron las grabaciones con la ayuda de inteligencia artificial para transcribirlas. También se hizo una revisión, control y corrección de las expresiones de manera manual, siguiendo los videos y el texto producido al mismo tiempo. Se incluyeron expresiones y gestos que llamaron la atención cuando los entrevistados hablaban.

Finalmente, se realizó un arduo trabajo interpretativo, con el fin de poner en relación las ideas, marcando convergencias y diferencias entre los especialistas. Para la finalidad de este Trabajo, la interpretación de tales puntos de encuentro y diferencias son las que se consideran valiosas y constructoras del dialogo interdisciplinar buscado, de modo que se pueda generar un intercambio rico en conceptualizaciones, perspectivas y confrontaciones que hacen a la originalidad de este Trabajo y a la propia esencia de la temática en cuestión. Sin embargo, cabe aclarar que se respetaron en su mayoría las frases y los sentidos literales que cada especialista brindó. Por esa razón, algunas de ellas se encuentran bajo cita textual.

II. 3. PLANTEOS DE CADA ESPECIALISTA

Andrea Goldín aborda varios temas interesantes en su discurso. En primer lugar, destaca la importancia de que los docentes tengan conocimientos en neurociencia educativa para mejorar sus prácticas de enseñanza. Propone la creación de talleres y programas de capacitación que brinden a los educadores herramientas prácticas y teóricas para planificar investigaciones en el aula y aplicar estrategias basadas en la neurociencia.

Goldín también resalta la importancia del descanso y la alimentación en el aprendizaje de los estudiantes. Menciona que el descanso adecuado y una alimentación saludable pueden influir positivamente en el rendimiento y el bienestar de los alumnos. Además, menciona la estrategia del aprendizaje espaciado, que consiste en distribuir el estudio en el tiempo, como una forma efectiva de construir aprendizajes sólidos.

Otro aspecto clave que la investigadora menciona es la importancia de medir y ajustar el nivel de dificultad de los contenidos para mantener la motivación y el interés de los estudiantes. Destaca que, si algo es demasiado fácil, se pierde el interés y si es demasiado difícil, se pierde la motivación. Por lo tanto, es fundamental encontrar un equilibrio y adaptar la progresividad de los contenidos a las necesidades de los estudiantes.

En cuanto a la colaboración entre neurocientíficos y educadores, Goldín enfatiza que es esencial para avanzar en el campo de la neurociencia educativa. Reconoce que a menudo hay una falta de reconocimiento hacia los educadores en la comunidad científica y aboga por una mayor colaboración y reconocimiento mutuo.

Por su parte, Antonio Battro, presenta varias ideas relacionadas con la educación y las neurociencias. Aclara que la educación no se limita al ámbito escolar, sino que también ocurre en el hogar y en el trabajo. Destaca que la educación es un proceso continuo y que el cerebro está constantemente aprendiendo y adaptándose.

El reconocido académico también menciona la importancia de incorporar el uso de la tecnología en el aula, ya que las computadoras e internet pueden ser herramientas valiosas para el aprendizaje. Sin embargo, señala que en el pasado hubo resistencia y prejuicios hacia la introducción de la informática en las escuelas. Además, Battro destaca la falta de conocimiento sobre el cerebro en la formación docente ya que, en general, la formación docente no incluye temas relacionados con las neurociencias.

Agrega sobre la importancia de la conversación y la comunicación en el proceso educativo, destacando los avances que se están realizando en este campo.

En relación a la educación formal, Battro menciona que se están llevando a cabo proyectos en diferentes países para incorporar las neurociencias en el sistema educativo, pero se necesita, primero, promover la comunicación y el diálogo en el proceso educativo.

En cuanto a la posición que toma Florencia Salvarezza, ella afirma que existe una brecha entre lo que se sabe en neurociencias y lo que se aplica en educación. Aunque no considera necesario que los docentes sean expertos en neurociencia, sí destaca la importancia de que tengan conocimientos básicos sobre el funcionamiento del cerebro.

La investigadora menciona que el aprendizaje no es igual para todos y que es necesario crear ambientes amigables y motivadores en el aula. Destaca la importancia de la motivación y las emociones en el proceso de aprendizaje, ya que el logro y la satisfacción de los estudiantes son elementos clave para su desarrollo.

Sin embargo, la investigadora señala que la neuroeducación no se aplica de manera generalizada en las escuelas y que es difícil realizar estudios científicos en el ámbito educativo. Además, destaca que la formación docente no incluye suficientemente estos temas, lo cual limita la implementación de estrategias basadas en neurociencia en el aula.

La directora de Fundación INECO⁵ también menciona la importancia de consolidar habilidades cognitivas básicas antes de poder desarrollar otras habilidades. Destaca que, sin una base sólida de habilidades cognitivas, es difícil que los estudiantes puedan adquirir conocimientos más complejos.

En cuanto a la propuesta de Roberto Rosler, él plantea la importancia de establecer estándares en las escuelas que se dedican a la neuroeducación, ya que actualmente existe falta de control y cualquiera puede hablar sobre el tema sin tener formación ni experiencia. Propone que se desarrollen estándares mínimos que abarquen aspectos como el manejo de los tiempos de atención, la alimentación saludable, el sueño y los programas de enseñanza, entre otros.

Respecto a la relación entre neurociencias y educación, el autor menciona que la neurobiología tiene aplicaciones en el aula y existen cada vez más artículos que muestran cómo los descubrimientos en neurobiología pueden ser relevantes para la enseñanza. Sin embargo, señala que aún falta mucho por desarrollar en este campo, ya que los investigadores en laboratorios no suelen tener experiencia en docencia y los docentes no tienen acceso a la investigación. Estas son algunas de las aplicaciones de la neurobiología que el autor menciona en relación con el aula:

1. *Neurobiología del sueño*: resalta la importancia de comprender la neurobiología del sueño para entender cómo este afecta la consolidación de la memoria y el rendimiento cognitivo de los estudiantes.

2. *Neurobiología de la atención*: enfatiza la necesidad de conocer cómo funciona la neurobiología de la atención para diseñar estrategias que mantengan la atención de los alumnos y promuevan un aprendizaje efectivo.

3. *Neurobiología de las emociones y la motivación*: destaca la influencia de las emociones y la motivación en el aprendizaje y sugiere que comprender la neurobiología de estas áreas puede ayudar a crear un ambiente emocionalmente positivo y motivador en el aula.

⁵ Fundación INECO se dedica a promover la investigación científica en neurociencias, la formación académica de profesionales y la educación y concientización en la comunidad acerca del funcionamiento cerebral y las enfermedades neurológicas y psiquiátricas (Extraído de <https://www.fundacionineco.org/institucion/mision/>).

4. *Plasticidad cerebral*: El autor menciona que la neurobiología de la plasticidad cerebral muestra que el cerebro es capaz de acuerdo a una memoria que es semántica (la del repetir) y otra que es episódica (la experiencial). A partir de esto, se pueden deducir las estrategias pedagógicas para provocar el despertar de la memoria episódica, que sería aquella que, por definición, provoca el verdadero aprendizaje.

Finalmente, propone que se maneje con cuidado el término ‘neuroeducación’ y sugiere hablar de ‘neurobiología y educación’ o de ‘neuroeducación’ como una relación entre ambas disciplinas.

Marisa Díaz, en cambio, hace una mirada crítica de la relación entre neurociencias y educación. Discute, en primer lugar, que la formación de los docentes y el formato escolar deben ser tratados junto a las problemáticas de la calidad de la enseñanza y los aprendizajes; y no por separado. La autora plantea algunas críticas a las neurociencias en relación a su incorporación en el ámbito educativo. Por un lado, menciona que las neurociencias aún no se han consolidado como una disciplina interdisciplinaria en sí misma, ya que no se ha definido claramente cuáles son los aportes específicos que pueden brindar a la educación. Además, destaca que existe una falta de claridad sobre cómo trabajar y aplicar los conocimientos neurocientíficos en el contexto escolar, lo que puede generar confusiones y negociaciones sobre qué saberes son más relevantes.

Por otro lado, señala que las neurociencias pueden ser percibidas como una amenaza por algunos especialistas en educación, ya que pueden ser vistas como una imposición de conocimientos científicos que no necesariamente aportan algo nuevo a las teorías pedagógicas ya existentes. También menciona que la incorporación de las neurociencias puede generar resistencias por parte de los docentes, quienes pueden sentir que se les exige adoptar nuevas metodologías sin tener en cuenta su experiencia y conocimientos previos.

La especialista en educación también menciona la resistencia de algunos sectores, como los sindicatos, hacia la incorporación de nuevas metodologías educativas basadas en las neurociencias y la innovación. Sin embargo, considera que es necesario desmontar los prejuicios y promover discusiones más horizontales y despojadas de ideologías para avanzar en la mejora de la educación.

En relación a la escuela obligatoria, Díaz destaca que los estudiantes atraviesan cambios y transiciones constantes, lo que puede afectar su compromiso y concentración en el ámbito escolar. Las neurociencias pueden aportar una comprensión más profunda de estos procesos evolutivos y emocionales, lo que puede ayudar a los educadores a entender mejor a los estudiantes y adaptar sus prácticas pedagógicas, pero plantea el interrogante de por qué los docentes encuentran en las neurociencias las herramientas para resolver los desafíos que se les presentan actualmente.

Alejandro Artopoulos, plantea varias ideas también relacionadas con la educación. En primer lugar, menciona que uno de los problemas actuales en la educación es la resistencia al cambio por parte del sistema educativo. Aunque la pandemia ha acelerado la necesidad de adaptarse a nuevas formas de enseñanza, la escuela moderna sigue resistiendo el cambio y manteniendo un formato tradicional de aula.

El autor también destaca la importancia de incorporar conocimientos que permitan a los docentes mejorar sus prácticas pedagógicas y crear nuevos espacios educativos. Menciona que las neurociencias pueden aportar en este sentido, pero también señala que existen otras corrientes pedagógicas, como la enseñanza basada en proyectos, que han propuesto cambios en el formato del aula y en los tiempos de enseñanza.

Además, Artopoulos plantea la necesidad de una formación docente actualizada y adaptada a los cambios tecnológicos y sociales. Sugiere que la formación inicial de los docentes debe incluir nuevos conocimientos relacionados con el desarrollo del cerebro de los niños, las formas de aprendizaje y la incorporación de una segunda lengua desde temprana edad.

Considerando el aspecto político de las neurociencias, Artopoulos menciona que éstas se han mezclado de forma casi perfecta con los algoritmos y las redes sociales, lo cual las convierte en tecnologías poderosas que permiten diseñar conductas. En este sentido, el autor sugiere que las neurociencias son funcionales al capitalismo y pueden ser utilizadas por la derecha política para influir en el comportamiento de las personas a través de las redes sociales y las campañas políticas. Sin embargo, también señala que no es exclusivo de la derecha, ya que hay tensiones y diferentes posturas políticas en relación con el uso de las neurociencias en la educación y en la sociedad en general.

II. 4. SOBRE LAS CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS DE LAS NEUROCIENCIAS A LA EDUCACIÓN

En este apartado, lo primero que se puede captar es que los especialistas consultados buscan establecer una definición de las neurociencias y, así, formar una relación -compleja y problemática- con la educación.

Antonio Battro, Roberto Rosler, Florencia Salvarezza y Marisa Díaz optaron primeramente por hacer una revisión del concepto acerca de las neurociencias. Entre estos autores, la coincidencia predomina en el estudio del cerebro y sus funciones para entender cómo aprende el ser humano, cómo se generan nuevos conocimientos, cómo se organizan en una estructura mental previa y cómo esto genera nuevas habilidades.

Antonio Battro, al igual que Florencia Salvarezza, explica que el cerebro humano es un órgano de mucha complejidad y el resultado de una historia evolutiva que resulta importantísimo de estudiar. Abordarlo científicamente subraya el valor excepcional del ser humano, que es el único capaz de enseñar de generación en generación, generando cultura y ampliando la información recibida y la tecnología disponible en cada tiempo (Battro, Salvarezza, 2023).

Salvarezza extiende la idea proponiendo que todo lo que hacemos tiene que ver con las neurociencias, porque todo tiene que ver con nuestro cerebro. Usar neurociencias para estudiar procesos cerebrales asociados a la educación, entonces, podría resultar muy importante para la misma, así como también para otros ámbitos.

Así pues, hay estudios que muestran qué significa para el cerebro aprender a leer. Analizan cómo se modifican las áreas cerebrales y cuál es la mejor forma o con qué tipo de métodos eso se produce de manera más eficiente. En el mismo ámbito, se ha estudiado que no es lo mismo el sistema cerebral de un bilingüe nativo que de un bilingüe a edad temprana. También se sabe que un bilingüe adulto va a requerir muchas más conexiones frontales para aprenderla, es decir, requiere más esfuerzo cognitivo (Salvarezza, 2023).

Por su parte, Roberto Rosler, que coincide en la definición de la actividad de las neurociencias, remarca una cuestión etimológica que critica y pone en tensión el *status* científico de la misma. El reconocido divulgador dice:

A mí la palabra ‘neurociencia’ no me gusta mucho. Si yo voy a un especialista del corazón, él no se llama cardio-científico, se llama cardiólogo. Si mi mujer se va a hacer un control ginecológico, el médico no va a ser un gineco-científico, será un ginecólogo. En general, todas las especialidades en relación a la biología terminan en un *logos*, que significa ‘conocimiento’. En muchos lugares también se habla en plural, sobre ‘neurociencias’. Sin embargo, nunca uno ha escuchado hablar de las urologías o de traumatologías cuando el objeto de estudio es uno solo, pero esto se ha impuesto. A mí me parece más correcto llamarlo ‘neurobiología’, que es la ciencia que se dedica a estudiar el comportamiento del sistema nervioso. Aún así, creo que nuestro objeto de estudio es como una noche estrellada: lo que más se destacan son las estrellas, pero lo que más hay es oscuridad.

La educación es un fenómeno complejo que requiere al cerebro, pero es mucho más que eso. La educación es un fenómeno cultural, antropológico, histórico, social, psicológico... pero finalmente un aprendizaje, dentro de todas estas variables contextuales, implica formar una nueva conexión sináptica. Es horriblemente reduccionista, pero es lo que pasa, está demostrado científicamente que esto es así (Entrevista a Roberto Rosler sobre neurociencias y educación, 2023).

Atendiendo a esta cuestión terminológica, se puede notar que no existe un concepto estrictamente avalado por la comunidad científica, ni hay supuestos claros en torno a la interrelación que supone hablar en plural de ‘neurociencias’. Battro propuso el término ‘neuroeducación’ para referirse a esta nueva interdisciplina que promueve una mayor integración de las ciencias de la educación con aquellas estudian el desarrollo neurocognitivo de la persona humana (Battro & Cardinali, Más cerebro en la educación, 1996).

Sin embargo, cuando Andrea Goldín hace referencia al tema y a la metáfora del puente entre neurociencias y educación (Bauer, 1997), advierte que en la práctica tal interacción resulta falsa porque un puente requiere que las dos orillas estén a la misma altura. Es decir, entre neurociencias y educación, el problema está en que la sociedad valora mucho más al científico que al docente e, incluso, la propia comunidad científica y la propia comunidad docente lo hace así. Entonces hay un desnivel que hace que desde la comunidad científica se menosprecie de algún modo el trabajo docente y desde la comunidad docente se mire a la ciencia como la solución esperanzadora a los problemas con los que ellos lidian en el aula. Para hacer una buena colaboración, “necesitas sentirte par” (Sobre Neurociencias y Educación, 2023).

Ella asevera:

Creo que no somos conscientes de lo que saben los docentes. Los docentes tienen una cantidad inmensa de conocimientos sobre el desarrollo que nosotros, los científicos, no podemos tener en un laboratorio; solo lo tenés viviendo año tras año, con distintos grupos de pibes. Y ese es un saber que está como súper copado y desaprovechado (Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación, 2023).

Para sumar, Marisa Díaz observa que la neurociencia⁶ no es un *logos* en sí mismo. Tampoco es una medicina, no es una antropología. Las neurociencias tienen el gran desafío de poder ser, de realizar un aporte desde la interdisciplinariedad. Su nombre mismo lo indica, pero no se ha constituido como tal porque cuando hablamos de neurociencia es una cuestión que está todavía abierta (Entrevista a Marisa Díaz sobre Neurociencias y Educación, 2023).

La especialista en Educación y Políticas Educativas de La Rioja, se pregunta enfáticamente por qué los docentes encuentran en las neurociencias una suerte de camino seguro para mejorar sus prácticas. Ella analiza que en Argentina hace tiempo se están buscando respuestas, o instrumentos, o modos de pensar la dinámica escolar de manera más efectiva. El peso de la impugnación sobre la capacidad de la escuela de dar respuesta a las problemáticas que atraviesan la enseñanza y los aprendizajes es un peso muy grande. Este peso lleva también a la búsqueda de nuevos formatos, nuevas prácticas, es decir, que la innovación, por así decirlo, en el sector educativo está muy promovida por el déficit. A los déficits, agrega, hay que tratar de problematizarlos en primera instancia. Entonces las salidas más tradicionales para algunos, son salidas agotadas o ineficientes. De tal manera que se encuentran posibles soluciones dentro de la categoría de lo distinto. “Yo inscribo a la neurociencia y a sus aportes dentro de esa categoría” (Díaz, 2023).

Según el análisis de la investigadora, lo que las neurociencias proponen positivamente, es poner en cuestión las prácticas docentes. Y también parece interesante lo que provoca en la docencia, preguntándose:

¿Por qué el docente de aula de cualquier nivel, fundamentalmente primaria y secundaria, celebra la posibilidad de incorporar contenidos o saberes ligados a la neurociencia a su práctica? ¿Cuáles serían esos beneficios que los docentes le

⁶ Se respeta el uso del término en singular que realiza la autora.

otorgan a estos saberes? Entonces, ¿qué pasa en la formación de los docentes y en la práctica docente que estos saberes allí anidan desde otro lugar? (Díaz, 2023).

Ella entiende que hay algo que el constructivismo ha dejado como en una especie de escena difusa, que tiene que ver en los ‘cómo’, en el trabajo con los ‘cómo’, que incluso las didácticas no han terminado de resolver acabadamente. Y entonces el aula se vuelve como un lugar a explorar. Con esta situación, las nuevas generaciones docentes sienten que esa exploración está desprovista de herramientas.

Siguiendo con la crítica de Marisa Díaz, otro desafío es saber si la neurociencia tiene la capacidad de asumir, en su devenir, la dimensión colectiva del aprendizaje y lo colectivo de la enseñanza. Desde su perspectiva, las neurociencias resultan en un posicionamiento centrado en los individuos y con poca ductilidad. Ella analiza:

Para este ‘nosotros’ que se configura en el aula a partir del encuentro entre docentes, estudiantes y conocimiento, creo que el sector educativo en general siempre ha sido un propicio y un fértil campo de experimentación de otros campos científicos. Por la propia naturaleza del fenómeno escolar, por los procesos humanos que intervienen, se construye la escena perfecta para estos tipos de experimentaciones que se inscriben en una tradición de intentos, no de búsquedas.

Me parece que no es novedad la posibilidad de que en el campo educativo desembarquen otros tipos de saberes. De hecho, el hecho educativo está atravesado por la psicología, por la filosofía, por la antropología, la epistemología... Somos un campo abierto. Cuando uno quiere decir qué es lo educativo estrictamente hablando, no es tan fácil abordarlo. Ahora, en ese sentido, a mí no parece que eso sea el núcleo central de la discusión. A mí me parece que el núcleo central es en la discusión es cuánto aportaría un trabajo enfocado, sostenido desde estas disciplinas, a la mejora sustantiva del trabajo escolar, del trabajo en el aula. Pero siempre pensando que el resultado lo portan los sujetos, en su dimensión personal como colectiva. Yo siempre utilizo la imagen de que una buena escuela te tiene que dar las herramientas necesarias para que seas una persona realizada en comunidad (Díaz, 2023).

En este punto, al hablar de educación, es posible establecer ciertas coincidencias, aunque muy forzosamente, con el pensamiento de Battro, Rosler, Goldín y Salvarezza. Para todos ellos, la educación es un fenómeno complejo en el que intervienen muchos factores que involucran desde cuestiones de genética, lingüística,

psicología, cognición, etc (Salvarezza); hasta la generación de cultura (Battro), psicología y emoción (Rosler, Goldín), identidad y subjetivación (Goldín, Rosler). Todos estos factores están regulados por el cerebro y su capacidad de otorgar significado a los aprendizajes que se incorporan de una u otra manera. Battro profundiza en este concepto de capacidad del cerebro humano al referirse al hombre como *Homo educabilis* (2007). Según el autor, el término hace referencia a la capacidad de transferir conocimientos de una generación a otra, ya que podemos enseñarles. Así, a lo largo de milenios, hemos creado un ciclo educativo en continua expansión entre profesores y alumnos, ciclo que se manifiesta en innumerables formas culturales diferentes (Battro, Neuroeducación: el cerebro en la escuela, 2011).

Finalmente, así como se analizó la cuestión terminológica de las neurociencias, otra problemática que es necesaria de analizar, que tiene el mismo origen y es aún más importante, es la cuestión sobre el *status* epistemológico.

Para Antonio Battro, la neuroeducación es una disciplina académica joven que se está consolidando rápidamente. Se han obtenido resultados fiables que van borrando incógnitas a todos los niveles gracias al rigor metodológico y la excelencia técnica de los experimentos en estudiantes. Pero no hace falta decir que esta práctica no puede llevarse a cabo fuera de un laboratorio especializado y que ninguna escuela en el mundo de hoy tiene los recursos técnicos o humanos necesarios para proporcionar un ambiente propicio para la investigación del cerebro dentro de sus paredes. Sin embargo, muchas experiencias docentes son analizadas reproduciéndose en el centro de estudios o son tenidas en cuenta mediante el procesamiento informático de datos a gran escala (Battro, 2011, 2023).

En este sentido, Florencia Salvarezza aclara:

Si todo se hace con el cerebro, la realidad es que tener conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro es un dominio que debería poder aportar; pero aportar no es que se tienen que cambiar las teorías pedagógicas. Por eso no estoy diciendo que la gente que hace neurociencias para educación debería cubrir los cargos educativos, porque son cosas distintas. Me refiero a que la formación docente debe incluir cuestiones básicas de funcionamiento cerebral que tienen que ver con lo que comúnmente se llaman los ‘neuromitos’, entender que el cerebro es una cuestión que funciona íntegramente, que no es que usamos un poquito y lo demás queda inutilizado, que hay un cerebro derecho y uno izquierdo, etc. Todo este tipo de cosas,

entonces me parece, que debería ser terreno de la formación docente; aunque tampoco hay que esperar que los docentes sean expertos en neurociencia, ni saber específicamente cuestiones del funcionamiento cerebral y su neurofisiología (Salvarezza, 2023).

En la misma línea de pensamiento se encuentra Andrea Goldín al plantear que,

hacen falta buenos equipos interdisciplinarios y tener tiempo para eso. Entonces, por ejemplo, sería buenísimo que los docentes tuvieran algunos de ellos interesados en dedicar algunas horas a trabajar en colaboración con científicos. Esto implicaría, entre otras cosas, que parte de la carga horaria se pueda dedicar a eso (Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación, 2023).

El desafío es grande y poder establecer quién lidera el curso de la interdisciplina es aún más difícil. Sin embargo, en las entrevistas, los especialistas en educación evitaron decir que debe ser la pedagogía. Del mismo modo, los científicos consultados no postularon explícitamente el liderazgo de la ciencia por sobre lo pedagógico. Es por eso que resulta interesante proponer aquí la lectura que hace Alejandro Artopoulos, especialista en la mirada sociotécnica de la educación.

Al ser entrevistado sobre este tema, Artopoulos plantea que la neurociencia⁷ es un producto editorial que está circulando, así como circulan otros productos editoriales con otros conocimientos de divulgación. O sea, hay muchos docentes que, para enseñar historia, por ejemplo, leen a Felipe Pigna; cada uno tiene su propia idea de qué leer, qué buenas lecturas se pueden hacer, para luego llevar al aula buenos materiales o transformar sus propias prácticas. En definitiva, es un segmento de la divulgación de temas científicos que entran en la agenda pública (Artopoulos, 2023).

En su análisis, distingue que, si bien el consumo de estos productos es alto, el impacto que tiene en el aula es bajo. Lo asocia, tal vez, a que la formación docente no está impregnada de esos conocimientos y particularmente la razón por la cual sucede eso es porque las neurociencias han tenido un gran desarrollo en cuanto a los avances científicos y de cómo esos avances científicos se trasladaron a avances tecnológicos (Artopoulos, 2023).

⁷ Se respeta el uso del término en singular que realiza el autor.

Según el especialista en mirada sociotécnica de la educación, el éxito de las neurociencias se explica junto con la tecnología y más particularmente con el avance de la tecnología en el campo de la inteligencia artificial. “Sin tecnología, las neurociencias no tienen ningún poder. Nacieron pegadas a la tecnología, al desarrollo del software, a la programación y a la computación” (Artopoulos, 2023).

El análisis de Artopoulos coincide con el de Battro cuando éste plantea que el cambio cualitativo de las neurociencias se dio con la introducción de la informática. Entonces se pusieron en marcha las primeras comunicaciones entre computadoras y el acceso a las nuevas tecnologías digitales tuvieron un efecto significativo en el desarrollo cognitivo, social y afectivo de las personas. “Hay cambios observables en las conductas de niños y adolescentes en todas las comunidades donde se ha implementado la informática y las comunicaciones” (Battro, Sobre la neuroeducación, 2023).

Este aspecto es el que preocupa y advierte Artopoulos cuando, al ser entrevistado, sostiene que las neurociencias son vendidas como una cosa científica, que consecuentemente trae cosas buenas para la educación, pero ese es el último de nuestros problemas. El problema es entender cómo las neurociencias diseñan inteligencia artificial, generando modelos de conducta que luego manipulan a los seres humanos sin que los seres humanos se den cuenta. Él plantea que necesitamos formar a los docentes para que sepan enseñar para un mundo futuro en el cual hay que capacitar a las nuevas generaciones para relacionarse con inteligencia artificial y además hacer el trabajo intelectual junto con la inteligencia artificial. De tal manera que, al inmiscuirnos en lo que innegablemente hacen las neurociencias y la inteligencia artificial, los docentes y estudiantes lleguen a ser conscientes de estas cosas, de estas formas inconscientes que tienen de penetrar las neurociencias, que terminan debilitando al ser humano mismo, a su libertad y a la democracia. ¿Por qué en última instancia a la democracia? Porque también nos tenemos que preguntar políticamente a quién le conviene el desarrollo de las neurociencias y de la inteligencia artificial. “¿Quién está más interesado, a quién excita más la inteligencia artificial? ¿a la izquierda o a la derecha?” (Artopoulos, 2023).

El autor analiza que la neurociencia es funcional al capitalismo, un sistema provisto de recursos muy poderosos que permiten diseñar y manipular conductas. En el mismo sentido ya había planteado Andrea Goldín:

El sistema es complejo y muy difícil de cambiar. Tenemos que hacer la revolución, porque el capitalismo no funciona si no estás laburando. Hay cuestiones súper complejas, pero me parece que el cambio que sea hay que motorizarlo, y pensarlo, y discutirlo en conjunto todos los actores de la comunidad educativa, gremios incluidos. O sea, me parece que es un problema complejo, que requiere de un trabajo interdisciplinario que no va a ser fácil, pero es imprescindible (Goldín, Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación, 2023).

II.5. EL IMPACTO DE LAS NEUROCIENCIAS EN LAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA

Como hemos visto, para Alejandro Artopoulos el impacto de las neurociencias en educación es bajo. Coincide de igual manera la opinión de Roberto Rosler, quien equipara sus capacitaciones con los accesorios de un pino de navidad: todos admiran lo lindos que son mientras está armado; pero cuando llega la fecha, estos desaparecen y quedan en el olvido. El mismo autor comenta que habiendo sido convocado por numerosas instituciones tanto públicas como privadas, muchas veces se encuentra con reticencias por parte de los organizadores en cuanto a la aceptación y concreción de sus propuestas. Experiencias similares comentó Antonio Battro durante la entrevista brindada.

Sin embargo, cabe destacar que, en Argentina, hay un grupo de investigadores abocados en el tema, que tienen un muy buen nivel de investigación, de ciencia y de generar esta interrelación tan buscada entre neurociencias y educación. Entre ellos, podemos nombrar a Sebastián Lipina (CONICET), Mariano Sigman (CONICET), al director de este Trabajo, Diego Golombek (CONICET) y a la ya mencionada Andrea Goldín (CONICET).

En 2011, la publicación del libro *La pizarra de Babel: Puentes entre neurociencia, psicología y educación* (Lipina & Sigman), marcó un antes y un después en la construcción de un aporte científico y potente para reflexionar en educación.

Florencia Salvarezza, por su parte, en 2016 dirigió el Observatorio de neurociencias y educación del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación y, desde entonces, es directora del Instituto de Neurociencias y Educación de Fundación INECO

(Instituto de Neurología Cognitiva. Argentina). Dirigió y escribió la serie *Aprender con el cerebro en mente* del Ministerio de Educación de la Nación.

Entre los aportes más importantes que se pueden destacar a partir de la lectura de la bibliografía disponible y de las entrevistas realizadas, podemos enumerar:

- La importancia de la motivación y de las emociones para el aprendizaje.
- La importancia de generar un aprendizaje basado en logros y retroalimentaciones positivas.
- La importancia de considerar los tiempos atencionales y los tiempos biológicos de los estudiantes.
- La importancia del sueño y la buena alimentación.
- El papel de la memoria experiencial y el aprendizaje.

Durante la entrevista con Florencia Salvarezza, ella reconoció que hoy sabemos desde las neurociencias que un ambiente más amigable favorece el aprendizaje. Sin las emociones, no se aprende. El niño que no está motivado no aprende nada. A principios del siglo XX, la escuela funcionaba con el paradigma de ‘la letra con sangre entra’. Los niños aprendían igual, sin motivación. Probablemente entonces la primera motivación que tiene un niño es poder aprender. “Creo que el desafío está en tener docentes que hagan de los distintos dominios que la sociedad decida que son pertinentes y relevantes, algo interesante, y eso no es tarea de las neurociencias sino de la sociedad” (Salvarezza, 2023).

En el mismo sentido, Rosler agrega:

La atención es algo que nosotros tenemos que cautivar. Si colocamos la motivación dentro del grupo de todas las emociones, y la cautivamos, estamos preparando un terreno fértil para el aprendizaje. Hay muchos *papers* sobre cómo un clima emocional positivo aumenta 1000% el recuerdo y el aprendizaje (Rosler, 2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, Andrea Goldín puntualiza sobre el cuidado que hay que tener con las actividades disparadoras o motivadoras, ya que corremos el riesgo de que, si no están bien focalizadas en el contenido, al final los estudiantes recuerden la actividad motivadora pero no tengan la menor idea de lo que verdaderamente había que enseñarles. “Sin motivación no aprendemos nada, pero -a su parecer-, no hay que perder de vista que puede ser como una suerte de pantalla que te tape un poco lo que

en realidad es importante” (Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación, 2023).

La autora del libro *Neurociencia en la escuela: guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje* (2022), adiciona que hay otras cuestiones que son importantes que los docentes sepan, que tienen que ver con la importancia del descanso y la alimentación. Los docentes si bien no son responsables, pueden influir sobre sus alumnos para que tengan hábitos un poco más saludables. Y eso va a terminar repercutiendo en que aprendan mejor (Goldín, Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación, 2023).

Diego Golombek ha sido reconocido por elaborar el concepto de *cronoeducación* como el puente entre el sueño y la educación. “Si queremos alumnos sanos tienen que dormir lo suficiente: 8 o 9 horas y estamos lejos de eso, ¿qué estamos haciendo para promover una adecuada higiene del sueño?” (Golombek, Diego Golombek: dormir para aprender, 2021). En la misma línea, Rosler afirma que nosotros ya estamos sufriendo -desde mucho antes de la pandemia-, una pandemia peor: la privación crónica del sueño, con todos los efectos tremendos que esto tiene. Sabemos que la memoria se consolida durante el sueño y sabemos que, si el alumno no duerme, no tiene atención, no tiene funciones ejecutivas, no tiene buen humor, etc. Tenemos que saber la neurobiología del sueño y especialmente en los niños, porque además el sueño en los niños es responsable del desarrollo normal y la mielinización del sistema nervioso (Rosler, 2023).

Florencia Salvarezza propone resolver la tensión que hay en el sistema escolar de tres turnos y la imposibilidad horaria para alcanzar a dar todas las materias que corresponden. En ese sentido, ella demanda enfáticamente que las clases en secundaria empiecen un poco más tarde a la mañana porque los jóvenes tienen un reloj biológico más tardío que los niños más pequeños. Y si no se puede cambiar eso, lo que se puede hacer es rotar las materias que se dan más temprano y las materias que se dan más tarde. Entonces entran a secundaria a las siete y media u ocho menos cuarto de la mañana, pero que primero tengan gimnasia o música; y más tarde matemática y química (Entrevista a Florencia Salvarezza sobre neurociencias y educación, 2023).

Relacionado con los tiempos, Rosler y Goldín hacen mención a que hay que respetar los tiempos del cerebro para aprender.

Tenemos que entender que a nuestro cerebro no le gusta el cambio, es resistente al cambio. Cuando vos haces lo que sabés, no estás gastando energía y al cerebro le encanta eso. Ahora cuando vos tenés que aprender, tenés que usar el cerebro racional. Ése es una bestia hambrienta, consume toda la energía disponible y el cerebro se resiste a esto. El mejor consejo que se le puede dar a los docentes, es ir despacio, acortando los programas y enriqueciendo el contexto sensorial y emocionalmente. Estas cosas son fundamentales para poder diseñar una clase de las que yo llamo ‘cerebralmente amigable’ (Rosler, 2023).

Los tiempos, en definitiva, como dice Salvarezza, deberían ser razonables de acuerdo a la edad, es decir que, tener dos periodos de 40 minutos seguidos no parece razonable a ninguna edad. Y como dice Rosler, tener programas larguísimos y llenos de contenido, tampoco tiene sentido.

El último autor menciona varias investigaciones que son muy interesantes y que demuestran que el saber hace referencia a algo que él llama ‘memoria episódica’. A diferencia de la ‘memoria semántica’, que es eso que aprendemos de repetir y repetir, la memoria episódica es una memoria autobiográfica donde el conocimiento se asocia a experiencias significativas de la vida. Esa memoria tiene un contexto emocional y sensorial muy valioso e imborrable para quien lo ha vivido. Hoy se dice, según Rosler, que para que los alumnos aprendan no hay que ir por el camino semántico sino por el camino episódico en el cual el alumno sea expuesto a los contenidos en diferentes contextos sensoriales y emocionales (Rosler, 2023).

Para Marisa Díaz, todo lo que sean las coordenadas clásicas de la escuela, esto es, espacio, tiempo y agrupamiento, merecen ser revisadas. Y las neurociencias han venido a mostrarnos eso.

La ex secretaria del Consejo Federal de Educación y del Ministerio de Educación de la Nación analiza que es muy difícil pensar todos estos términos en las diferentes realidades escolares que tenemos, al menos, en Argentina:

En nuestro país se mantienen puntos de partida tan desiguales, tan distintos unos de otros, que ninguna receta funciona en todos los casos por igual e, incluso, habría que estudiar su aplicabilidad. Lo vemos con las decisiones que toma el Consejo Federal de Educación... No hay posibilidad de aplicar las normas porque cada lugar, cada provincia; tiene un punto de partida distinto. Pensar, por ejemplo, horarios diferenciados, requiere revisar la geografía de cada lugar, las condiciones

meteorológicas, las posibilidades efectivas para llevarlo a cabo. Necesitamos una discusión que reordene los tiempos, pero también pensar cómo se logra esto (Díaz, 2023).

II.6. LA ACEPTACIÓN/RESISTENCIA QUE PUEDE DARSE POR PARTE DE LOS EDUCADORES O DEL SISTEMA EDUCATIVO

De acuerdo con lo planteado en las distintas entrevistas realizadas, se podría decir que se presentan dos grandes obstáculos para las neurociencias y la educación:

1. La formación docente.
2. El sistema educativo.

Haciendo énfasis en el punto 1, Salvarezza afirma que hay docentes con un nivel de formación bajo. Ella relaciona dicho problema con la valoración social de la escuela y el aprendizaje. Hay sociedades muy comprometidas con la idea de un sistema educativo en el que el mérito y el aprendizaje son fundamentales. En esas sociedades, el docente tiene un rol importante porque en él convergen un montón de factores que permiten cumplir con ese ideal. En cambio, en Argentina, los docentes están desvalorizados y la educación no siempre se relaciona con el aprendizaje. Necesitamos aulas con buenos docentes y una sociedad que impulse la excelencia educativa (Salvarezza, 2023). Como también plantea Goldín, “es un problema muy complejo e invita a pensar cuál es el rol que le damos a las instituciones educativas: ¿son guarderías o lo que estás buscando es que realmente sea un lugar de aprendizaje y desarrollo?” (Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación, 2023).

En palabras de Marisa Díaz, la sensación es que los docentes viven una práctica precarizada que, en la autopercepción, sienten que les falta elementos y que la neurociencia puede darle algunos. Entonces, ¿qué hay detrás de eso? ¿Por qué le otorgan incluso la condición de una práctica más segura? Entre sus hipótesis, expresa que le parece que en la medida en que la formación de los docentes y el formato escolar, sobre todo la dinámica escolar, no se discuta con todos los actores involucrados en ella, las pretensiones resultan un recorte que puede ser muy promisorio, pero siguen siendo recorte. La especialista en educación cuenta que

Nosotros tenemos una discusión fuerte con los sindicatos en Argentina sobre estos temas. Hay una posición tomada de resistencia, argumentada también, que se hace con las neurociencias, pero también con todo proceso de innovación considerado tecnocrático o neoliberal. Es necesario ponerlo en una gran escena de diálogo y tratar de desmontar eso, para poder operar algunas discusiones más horizontales, más despojadas de prejuicios.

Yo personalmente no le veo salida alguna a los problemas si la mesa no es bien grande, si la mesa de discusión no representa la complejidad de la realidad (Díaz, 2023).

No se puede seguir insistiendo, tampoco, en mantener estas cuestiones alejadas de la escuela. Inevitablemente las neurociencias, así como también las tecnologías y el poder de la inteligencia artificial, hace base entre los jóvenes y en las escuelas. Y si bien son un recurso del sistema capitalista, podemos concluir con Alejandro Artopoulos que hay que traerlas a la escuela; hay que meterlas en el aula, porque es la única forma de prevenir las conductas que no queremos: las de manipulación o de falta de libertad o de mecanización del ser humano. La única forma de proteger lo humano, de alentararlo, de abrigarlo y hacerlo crecer, es haciendo que el aula sea lugar en donde se distingan las conductas humanas de las demás (Artopoulos, 2023).

Finalmente, vale mencionar que otro gran obstáculo se encuentra con el uso del marketing y la explotación comercial de todo lo que tiene que ver con lo 'neuro'. El auge mediatizado de las neurociencias ha provocado una especie de campo intermedio entre lo que verdaderamente es ciencia y lo que se usa para vender y convencer. La totalidad de especialistas entrevistados coinciden con esta idea y marcan que, antes de involucrarse con las neurociencias y la educación, los docentes deben aprender a reconocer lo que es científico de lo que no. Y no solo los docentes: deberíamos poder enseñar y dar claridad a la sociedad acerca del avance de las neurociencias y sus efectivos aportes a la educación, sin pretender encontrar, de repente, una escuela con mirada neurocientífica o una pedagogía neuroeducativa. Cualquiera de estas cuestiones debe poder ser cuestionadas ágilmente por aquellos que, inmersos en la investigación de lo educativo, proponen estándares y criterios que permiten a los demás determinar la validez de la propuesta.

II.7. CUADRO COMPARATIVO ENTRE CONCEPTUALIZACIONES

A modo de síntesis, y a fin de ayudar a la comprensión de los planteos brindados por los especialistas, se brinda a continuación un cuadro comparativo con las coincidencias y diferencias entre las ideas sostenidas por los especialistas entrevistados y otro cuadro comparativo entre los autores y las distintas conceptualizaciones desarrolladas a lo largo de las entrevistas.

II.7.1. CUADRO COMPARATIVO ENTRE CON LAS COINCIDENCIAS Y DIFERENCIAS ENTRE LAS IDEAS SOSTENIDAS POR LOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS

COINCIDENCIAS	DIFERENCIAS
<p>1. <i>Importancia de la formación docente:</i> Tanto Andrea Goldín como Antonio Battro resaltan la relevancia de que los docentes adquieran conocimientos en neurociencia educativa. Goldín sugiere talleres y programas de capacitación, mientras que Battro destaca la falta de conocimiento neurocientífico en la formación docente.</p> <p>2. <i>Relación entre neurociencias y aprendizaje:</i> Ambos autores coinciden en que las neurociencias pueden aportar a mejorar las prácticas pedagógicas y el aprendizaje. Goldín destaca la adaptación de estrategias basadas en la neurociencia, mientras que Battro enfatiza en la importancia de conocer cómo funciona el cerebro para diseñar enfoques educativos más efectivos.</p>	<p>1. <i>Enfoque hacia la tecnología:</i> Battro ve la tecnología como una herramienta valiosa para el aprendizaje, mientras que Artopoulos destaca cómo la mezcla de tecnología y neurociencias puede influir en la conducta de las personas, planteando preocupaciones políticas.</p> <p>2. <i>Adaptación y resistencia al cambio:</i> Goldín resalta la necesidad de adaptar estrategias basadas en la neurociencia para mantener el interés y la motivación de los estudiantes, mientras que Artopoulos critica la resistencia al cambio en el sistema educativo y menciona la enseñanza basada en proyectos como una alternativa.</p> <p>3. <i>Impacto de las neurociencias:</i> Goldín, Battro y Marisa Díaz consideran</p>

<p><i>3. Uso de la tecnología:</i></p> <p>Tanto Battro como Alejandro Artopoulos mencionan la relevancia de la tecnología en la educación. Battro señala su incorporación en el aula y Artopoulos menciona la integración de la tecnología en la formación docente y la influencia de las redes sociales en la conducta.</p>	<p>las neurociencias como una herramienta para mejorar la educación, mientras que Díaz critica la falta de claridad en su aplicación y posibles resistencias.</p> <p><i>4. Incorporación en el sistema educativo:</i></p> <p>Battro y Artopoulos abogan por la incorporación de la neurociencia en la educación formal, mientras que Díaz cuestiona cómo se aplican estas ideas y resalta la complejidad de adaptarlas.</p>
--	---

II.7.2. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS AUTORES Y LAS DISTINTAS CONCEPTUALIZACIONES DESARROLLADAS A LO LARGO DE LAS ENTREVISTAS

	BATTRO	ROSLER	GOLDÍN	SALVAREZZA	DÍAZ	ARTOPOULOS
Sobre neurociencias y educación	Propone el término <i>neuroeducación</i> .	Critica la falta de claridad del término, que no es un <i>logos</i> .	Acepta una interdisciplina pero que en la práctica resulta dificultosa.	Acepta una interdisciplina.	Critica la falta de claridad del término, que no es un <i>logos</i> .	Lo considera un producto editorial, que esconde intereses de manipulación de conductas por detrás.
Aportes de las neurociencias a la educación	El conocimiento del cerebro favorece la comprensión de los procesos de aprendizaje.	El conocimiento del cerebro favorece la comprensión de los procesos de aprendizaje. Los tiempos de atención, la importancia de la motivación y las emociones, la carga curricular.	El conocimiento del cerebro favorece la comprensión de los procesos de aprendizaje. Los tiempos de atención y la importancia de la motivación.	El conocimiento del cerebro favorece la comprensión de los procesos de aprendizaje.	Posibilita el cuestionamiento acerca de las prácticas docentes y el estado de precariedad que ellos sienten frente al hecho educativo.	Posibilita la manipulación de conductas a través de sistemas de consolidación del poder, como la inteligencia artificial.
Aceptación/resistencia al nuevo paradigma	Hay un nuevo campo al que docentes y científicos se están sumando.	Hay conocimientos interesantes pero que son olvidados rápidamente.	Hay un camino por construir desde la paridad de las disciplinas.	Hace falta fortalecer la formación docente en estos temas.	Hay una aceptación acrítica del tema por parte de los docentes y un rechazo importante por parte de los políticos y gremios.	Debe darse una aceptación que posibilite la formación de la mirada frente a las neurociencias.

CAPÍTULO III: APROXIMACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO

Lamentablemente, si la distancia teórica entre neurociencias y educación es grande, la que existe entre la teoría y la práctica es aún mayor. No se pudo encontrar ninguna institución educativa que aplique íntegramente las estrategias fundamentadas desde las neurociencias, como las que se analizaron en el capítulo anterior. Se encontraron, en cambio, aplicaciones puntuales de ciertas estrategias de enseñanza -de educación emocional, por ejemplo- y de recursos educativos -como Mate Marote-, que no resultaban oportunos para la búsqueda que se plantea en este Trabajo -aunque esto también permite sacar conclusiones parciales sobre el tema y sugerir, más adelante, algunas ideas en consonancia-.

La hipótesis que está por detrás de este estudio se basa en que es posible incorporar los conocimientos de las neurociencias a la educación, como propuesta de innovación educativa. Buscando los intentos de relación entre neurociencias y educación en esta línea, se encontraron respetables ensayos, investigaciones y propuestas que persiguen el mismo objetivo, entre los que se pueden mencionar:

1. *Trazando puentes entre las neurociencias y la educación. Aportes, límites y caminos futuros en el campo educativo*, por Lucas G. Gago Galvagno y Ángel M. Elgier (2018). Este trabajo busca establecer relaciones estrechas entre las neurociencias y la educación. Entre ellas se mencionan:

- El descubrimiento de la plasticidad neuronal, que permite pensar nuevas estrategias educativas y terapéuticas en torno a los trastornos del aprendizaje y del desarrollo. Así, se sabe que hay áreas específicas implicadas en cada uno de los trastornos del aprendizaje, y se han llevado a cabo estrategias de intervención concretas para cada una de ellas (pág. 479).
- Las neuronas espejo, que brindan un entendimiento neurobiológico de la empatía y la teoría de la mente. Este tipo de neuronas nos

permiten comprender a los demás y nos vinculan con el punto de vista emocional que la otra persona brinda. Las neuronas se activan al realizar cierta acción y al observar las acciones de otras personas. Por ende, se supondría que son las precursoras del aprendizaje por imitación, la interacción del yo y la comprensión social (pág. 480).

- Las emociones en el campo educativo, cuyo papel es fundamental para despertar curiosidad, activar la memoria, el aprendizaje y el sentido de recompensa.
- El ejercicio físico y el sueño, que son fundamentales para mejorar las funciones cognitivas, tener mayor autoestima y beneficiar a personas con necesidades educativas especiales.

2. *Pedagogía freireana y neurociencia educacional: un diálogo posible*, por Santos, J. A., & Hermida, M. J. (2022). Este trabajo explora la posibilidad de establecer un diálogo disciplinar entre la pedagogía de Paulo Freire y la neurociencia educacional. Es un trabajo de carácter teórico que intenta establecer una perspectiva constructiva que busque sinergias, sin obviar diferencias, y que permita salir de reductos disciplinares a favor de una visión más amplia y, posiblemente, más útil, a fin de abordar algunos desafíos actuales del campo educativo. Se destaca la existencia de una coincidencia entre el método de las ‘palabras generadoras’, utilizado por la pedagogía freireana y las investigaciones en neurociencia educacional que muestran la modulación emocional del foco de atención y cómo los aprendizajes que involucran emociones estimulan la consolidación de la memoria a largo plazo. Asimismo, se destaca la coincidencia entre la necesidad de partir de la experiencia del estudiante de sectores populares, a fin

de que el aprendizaje sea ‘significativo’ y la constatación, a través de investigaciones neurocientíficas, de que un conocimiento se adquiere con mayor facilidad si está vinculado a saberes ya adquiridos y consolidados en el ámbito de redes neuronales.

3. *La neurociencia aplicada a la educación*, por Fabián Román y Victoria Poenitz (2018). El artículo principalmente aborda la conexión entre la neurociencia y la educación y cómo los últimos avances en la investigación neurocientífica pueden aplicarse a las prácticas educativas. Sugiere que la integración de la neurociencia y la educación puede conducir a nuevas técnicas y enfoques de enseñanza basados en una mejor comprensión de cómo el cerebro procesa la información. Esas técnicas pueden ser:

- Enseñanza basada en la comprensión y la práctica: En lugar de enseñar a los estudiantes la información de memoria, la enseñanza basada en la comprensión asegura que los estudiantes entiendan los conceptos subyacentes detrás de la información que se está enseñando. La práctica regular también es fundamental para convertir la información en conocimiento duradero.
- Enseñanza basada en la atención y el interés: El cerebro procesa mejor la información que está relacionada con los intereses y preocupaciones del estudiante. Por lo tanto, los docentes pueden adaptar el contenido a los intereses de los estudiantes para aumentar la atención y la memoria.
- Enseñanza basada en la emoción: La memoria se ve reforzada cuando se involucra una emoción en el proceso de aprendizaje. Los docentes pueden involucrar emociones

positivas en el aula para mejorar la retención y el recuerdo de la información.

- Enseñanza basada en la retroalimentación y la evaluación frecuentes: Los estudiantes aprenden mejor cuando sus errores son corregidos de manera oportuna. Los docentes pueden utilizar la tecnología para proporcionar retroalimentación inmediata y evaluaciones frecuentes para ayudar a los estudiantes a detectar y corregir los errores.

Teniendo en cuenta el planteo de esta hipótesis y con la imposibilidad de encontrar dentro del radio cercano al autor de este Trabajo una institución educativa que plantee efectivamente su pedagogía en relación a los aportes de las neurociencias, se optó por analizar al Centro Educativo Santo Domingo, de la ciudad de Córdoba, que plantea una estrategia con algunos puntos de encuentro respecto de lo analizado hasta aquí, a fin de estudiar el impacto que tiene en el aprendizaje y desarrollo de sus alumnos, la formación docente y las estrategias de enseñanza empleadas en la lógica escolar.

Se encontró en este lugar, una serie de innovaciones educativas que van desde lo conceptual, interpretativo y teórico hasta lo arquitectónico, metodológico y procesual. En este sentido se quieren analizar las posibilidades de reforma, sus beneficios, sus implicancias y métodos; para así proyectar la misma situación en el campo de las neurociencias y la educación.

III.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

Para este estudio de caso, se asistió al lugar y se realizaron observaciones del proyecto aplicado. Posteriormente, se generó un análisis de las variables del mismo y de los fundamentos desde los que se basan pedagógicamente para su aplicación. Se utilizaron relatos escritos, entrevistas *flash* y análisis de los resultados de evaluaciones que el establecimiento posee. De esta manera, el análisis de caso, se propone como un *experimento social*, que nos permite extrapolar las conclusiones a situaciones y contextos similares (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

Debido a este diseño metodológico, la investigación presente se caracteriza por ser de *naturaleza diacrónica*, con un análisis a nivel *micro* (de un solo caso de estudio, ya aplicado y evaluado) (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

III. 2. CARACTERIZACIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO SANTO DOMINGO | [HTTPS://CESD.EDU.AR/](https://cesd.edu.ar/)

El Centro Educativo Santo Domingo es un instituto educativo de gestión privada y sin aportes del Estado, ubicado en el corazón del microcentro de la ciudad de Córdoba, en la calle General Alvear 270.

Si bien no cuenta con aportes económicos por parte del Estado Provincial, tiene reconocimiento pedagógico, condición que le permite otorgar títulos de egresados a sus estudiantes.

Es una institución laica, orientada a una población de estudiantes de clase socioeconómica alta. Tiene los 4 niveles de formación: inicial, primario, secundario y terciario; con marcada orientación hacia la ciencia, la tecnología y el arte. Comprometida con el desarrollo de la sociedad en la que se inserta, trabaja para desarrollar el espíritu científico-tecnológico, empleando metodologías pedagógicas innovadoras que contribuyan a la formación de personas íntegras, emprendedoras, responsables y comprometidas con su comunidad (CESD, s.f.).

Iniciaron sus actividades en 1986, como Academia Santo Domingo, ofreciendo los primeros cursos informáticos y de oficios de la época. Fueron pioneros en aplicar el programa *una computadora por persona*, como el que dirigió Antonio Battro en Uruguay (*The One Laptop Per Child Initiative*⁸).

En 1994 lograron obtener el reconocimiento pedagógico para la educación oficial de nivel superior. Es así que surge el Instituto Superior Santo Domingo, con carreras terciarias enfocadas al sector tecnológico.

⁸ La iniciativa fue comentada por el autor durante la entrevista que se le realizó. Se puede profundizar su conocimiento en el siguiente artículo: Navarro, J. C. (2006). The One Laptop Per Child Initiative: A Framework for Latin America and the IDB. Inter-American Development Bank. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/publications/english/viewer/The-One-Laptop-Per-Child-Initiative-A-Framework-for-Latin-America-and-the-IDB.pdf>

En 2008 abrieron el Centro Educativo Santo Domingo, ofreciendo educación inicial, primaria y secundaria, no confesional -laica- e incorporando metodologías pedagógicas de vanguardia con orientación a la programación, la robótica y especialización en informática.

Desde ese entonces y hasta la actualidad, el Centro Educativo Santo Domingo se posiciona como una de las instituciones educativas más importantes de Córdoba.

No solo apuestan por la enseñanza de las materias propias del Diseño Curricular, sino que también tienen modernos laboratorios de ciencia e informática. Llevan adelante un programa de educación bilingüe -inglés- desde sala de 3 años y con programas de fortalecimiento en la segunda lengua para rendir exámenes internacionales. Ofrecen contraturnos con programas de estimulación de las 8 inteligencias múltiples: actividades lógico-matemáticas, lingüísticas, cinético-corporales, espacial-visuales, intrapersonales, interpersonales, musicales y naturalistas. Sus estudiantes también pueden sumarse a talleres de natación, arte, teatro, taekwondo, yoga e iniciación deportiva. Hay permanentemente un gabinete psicopedagógico especializado para cada nivel. Tienen, entre otras cosas, feria de ciencias, *family day*, *scratch day*, jornadas *open doors*, salidas educativas y campamentos.

Sergio Logares ([perfil de linkedin](#)), es el actual director pedagógico del Centro Educativo Santo Domingo. Con él se pudo efectuar una entrevista personal (presencial) y recorrer las instalaciones del establecimiento.

Logares es analista universitario de sistemas e ingeniero en sistemas de información. Tiene una maestría en informática educativa y se ha especializado en estudiar y aplicar el programa de *Enseñanza para la Comprensión*. Es diplomado en neuroeducación, emociones y aprendizaje y, además, dicta capacitaciones docentes sobre TIC aplicadas en educación, la educación a distancia, entornos virtuales de aprendizaje, *scratch* y sobre navegación segura en Internet para padres y alumnos.

Como director pedagógico del centro educativo, ha propuesto innovaciones pedagógicas que marcan una cercanía con las neurociencias, aunque él se basa en el proyecto de *Enseñanza para la Comprensión* (Harvard, s.f.). En consonancia con el mismo, aplican estrategias de enseñanzas basadas en el pensamiento visible, las inteligencias múltiples, el aprendizaje basado en proyectos y el pensamiento computacional.

La *Enseñanza para la Comprensión* es un marco metodológico de enseñanza que nace a partir de *El Proyecto Zero*, creado en 1967 en la Universidad de Harvard, por Howard Gardner, Nelson Goodman, David Perkins y un grupo de investigadores interesados en el aprendizaje de niños, adultos y de las organizaciones. Tiene como misión la comprensión y la mejora de los procesos cognitivos de pensamiento de orden superior. Abarca estudios de campo en distintos contextos culturales y en diversos ámbitos interdisciplinarios (Harvard, s.f.).

De acuerdo a las explicaciones proporcionadas por Sergio Logares y considerando una breve revisión de la bibliografía presentada en la entrevista, se puede apreciar que la *Enseñanza para la Comprensión* busca lograr un tipo de aprendizaje que sea reflexivo, dinámico e informado. Esta metodología estimula a los docentes a analizar detenidamente qué están enseñando y cuáles son las razones subyacentes a sus decisiones pedagógicas, al mismo tiempo que les provee del tiempo y los recursos necesarios para alcanzar sus metas educativas.

Los ejes de la enseñanza para la comprensión, según Logares, son los siguientes:

1. *Comprensión como objetivo*: La enseñanza se centra en desarrollar la comprensión profunda de los estudiantes sobre los conceptos y temas que se están estudiando.
2. *Conexiones con la vida real*: Se busca establecer vínculos entre los contenidos académicos y la vida cotidiana de los estudiantes, para que puedan relacionar lo que aprenden con su contexto y aplicarlo en situaciones reales.
3. *Aprendizaje activo y significativo*: Se promueve la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, fomentando la reflexión, la investigación y la resolución de problemas.
4. *Enseñanza basada en preguntas*: Se utiliza la formulación de preguntas como estrategia pedagógica para estimular el pensamiento crítico y la indagación en los estudiantes.

5. *Aprendizaje colaborativo*: Se fomenta el trabajo en equipo y la colaboración entre los estudiantes, para que puedan construir conocimiento de manera conjunta y enriquecer sus perspectivas.

Estos ejes buscan promover una enseñanza más significativa y profunda, donde los estudiantes no solo adquieran conocimientos, sino que también desarrollen habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y aplicación práctica de lo aprendido.

Resulta interesante ver que esta propuesta se aproxima a las innovaciones educativas que los aportes de las neurociencias buscan generar. Repensar la actividad del estudiante, posicionándolo de otra manera frente al conocimiento, al docente, a sus compañeros, tiene que ver con entender cómo interaccionan a favor del aprendizaje, todos los procesos mentales que se ponen en juego en la escuela.

En un discurso muy cercano a esta idea de ‘enseñanza para la comprensión’, Mariano Sigman, referente neurocientífico argentino mencionado en el capítulo II, participando de un conversatorio con Jesús C. Guillén para la Diplomatura en Neuroeducación de la Universidad Nacional de Villa María, planteó que las neurociencias son un ‘ejercicio de comprensión del otro’ (2020). Para él, las neurociencias nos permiten descubrir la riqueza mental del niño, favoreciendo aquello desde lo cual puede aprender y dar, pidiéndole lo posible y no lo imposible. “Y -finaliza- eso es la esencia de la comunicación humana y la pedagogía” (2020).

En una distendida conversación que duró más de una hora, Sergio Logares, explicaba que tomó la iniciativa del *pensamiento visible* a partir de la propuesta que hace el Proyecto Zero (Harvard, s.f.).

Nosotros coincidimos con los investigadores de Harvard que ‘a pensar, se aprende’. El pensamiento es un proceso complejo que ocurre en el interior de cada sujeto. Por lo tanto, en la clase debemos aplicar estrategias que permitan hacerlo visible, que expongan lo que está ocurriendo a fin de conocer qué y cómo ese alumno está comprendiendo, para poder apoyarlo en el dominio y la profundización de dichas destrezas, para conseguir una mejora en su metacognición (Logares S., Sobre la propuesta pedagógica del CESD en el nivel inicial, 2021).

Es llamativo también, ver cómo, en el desarrollo concreto de la propuesta, se usan unas herramientas que ellos denominan ‘las llaves del pensamiento’. Las llaves del

pensamiento son elementos concretos y manipulables (ver Fig. 6), diseñados para promover la metacognición desde edades tempranas. Permiten que el niño se apropie progresivamente de diferentes maneras de pensar y que sea consciente de ello. Son una herramienta muy sencilla con la que pretenden comprender conceptos demasiado abstractos, haciéndolos visibles, concretos y fáciles de utilizar para elaborar el aprendizaje. Como expresa Logares, “permiten desarrollar el lenguaje de pensamiento que queremos en nuestro centro” (Sobre la propuesta pedagógica del CESD en el nivel inicial, 2021). Las llaves utilizadas son nueve en total:

1. Emoción.
2. Causa-efecto.
3. Puntos de vista.
4. Reflexión.
5. Responsabilidad.
6. Conexión.
7. Forma.
8. Función.
9. Cambio.

Permiten una actitud de mente abierta, considerar perspectivas, empatizar, expresar emociones, formando ciudadanos autónomos, responsables, equilibrados, capaces de aportar valor a sus vidas. Según lo que explica el director pedagógico del CESD, “las llaves de pensamiento fueron diseñadas como estrategia pedagógica por Debbie O’Hara y Stephanie Martin, del Colegio Internacional de Ámsterdam y, posteriormente, Angela Spatarro sugirió agregar la llave de la emoción” (Logares S., Sobre la propuesta pedagógica del CESD en el nivel inicial, 2021).

La forma de llave supone la analogía de abrir el pensamiento; y esto se debe a que pensar acerca de algo desde todas las perspectivas que el llavero propone, realmente logra extender el pensamiento.

Las mismas guían este proceso a través de preguntas como:

- *Llave de Conexión:* ¿Dónde podría verlo o utilizarlo de nuevo? ¿Qué es algo nuevo o diferente? ¿Cómo es esto parecido a algo que he visto antes?
- *Llave de Forma:* ¿Cómo es? ¿Puedes describirlo?

- *Llave de Responsabilidad:* ¿Cuál es mi responsabilidad? ¿Por qué es mi forma de actuar importante? ¿Qué puedo hacer? ¿Qué relación tengo yo con esto? ¿Cómo me impacta? ¿Cómo lo impacto?
- *Llave de Función:* ¿Cómo funciona? ¿Para qué sirve?
- *Llave de Reflexión:* ¿Cómo sabes?
- *Llave de Cambio:* ¿Cómo está cambiando? ¿Qué podría pasar si...? ¿Cuál es la secuencia? ¿Cómo puedes convertir esto en algo diferente?
- *Llave de Punto de Vista:* ¿Cuáles son los puntos de vista? ¿Cómo crees que...? ¿Cómo te sentirías si fueras...?
- *Llave de Causa - Efecto:* ¿Por qué es cómo es? ¿Qué viene? ¿Por qué se hizo? ¿Qué pasa si...?
- *Llave de la emoción:* ¿Qué sientes? ¿Qué emoción te produce? ¿Cómo reacciona tu cuerpo a esta emoción? ¿Qué puedes hacer con esta emoción? ¿Qué sentirán los otros?

En este contexto, cobra relevancia la *autoregulación* del proceso de aprendizaje por parte del estudiante. Este concepto, también explorado en numerosas fuentes en el campo de las neurociencias, destaca cómo los estudiantes administran su propio proceso de aprendizaje al participar activamente en él, abarcando aspectos cognitivos, conductuales y motivacionales (Zimmerman, 2001).

Otro de los elementos concretos del Proyecto Educativo que se pudo observar en el Centro Educativo Santo Domingo es la adaptación edilicia en torno a las propuestas de David Thornburg⁹ en cuanto a las cuatro metáforas de las dinámicas educativas que él propone en su libro *From The Campfire To The Holodeck* (2014). Básicamente, consiste en preparar lo edilicio para que facilite estas dinámicas mediante espacios flexibles, por

⁹ David Thornburg es el fundador y director de operaciones globales del *Thornburg Center* y cofundador del *Thornburg Center for Space Exploration*. Su trabajo se destaca en el ámbito del aprendizaje basado en proyectos impulsado por la investigación. Su filosofía educativa se basa en la idea de que los estudiantes aprenden mejor cuando son constructores de su propio conocimiento. También cree que los estudiantes a los que se les enseña de manera que honren sus estilos de aprendizaje y sus inteligencias dominantes conservan el compromiso nativo con el aprendizaje con el que ingresaron a la escuela. Un tema central de su trabajo es que debemos preparar a los estudiantes para su futuro, no para nuestro pasado (Resumen biográfico tomado de: <https://premierespeakers.com/david-thornburg/bio>).

los cuales los grupos circulan de acuerdo a la necesidad de la actividad que están realizando.

Las metáforas de las dinámicas educativas de David Thornburg son¹⁰:

1. *La caverna (Fig. 7)*: esta metáfora se refiere a la idea de que los estudiantes requieren espacios de soledad, reflexión y pensamiento, que no signifiquen castigo. La caverna es el lugar donde encontrarse con uno mismo.
2. *El pozo de agua (Fig. 8)*: esta metáfora se refiere a la idea de que la educación debe ser un espacio donde los estudiantes puedan sumergirse en temas complejos y desafiantes, y donde puedan desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.
3. *La fogata (Fig. 9)*: esta metáfora refiere a la idea de recreación en torno a algo o alguien que nos cuenta una historia o en el que todos podemos participar. Se destaca por ser un lugar propicio para estar atentos y motivados.

Particularmente en esta Institución, se ha comenzado por adaptar los espacios del nivel inicial, estableciendo un movimiento constante de estudiantes de acuerdo a las actividades que van a desarrollar y a la metáfora que van a utilizar. Se pudo observar que las mesas están diseñadas para elaborar distintas configuraciones (ver Fig. 10) de acuerdo al trabajo que se proponga hacer. El grupo no tiene una sala o espacio propio, sino que cambian de lugar buscando aquellos que mejor están preparados para el desarrollo de la propuesta que la¹¹ docente haga. Ella es quien funciona como ‘apoyo identitario’ para generar la pertenencia del grupo. A su vez, las aulas se pueden unir entre sí abriendo unas cortinas de tela acústica dispuestas para separar (ver Fig. 11) o integrar dos grupos a una misma clase (ver Fig. 12).

Finalmente, se encuentra la sala de videos y películas largas (ver Fig. 13) que se encuentra diseñada y proviste de recursos para fortalecer la concentración y la comodidad a lo largo de un tiempo extenso. A todo esto, se le añade lo estético: “un lugar

¹⁰ Tomados de una traducción personal que hace Sergio Logares para su aplicación en el CESD.

¹¹ Podría ser «el» o «la», pero en este caso, las docentes de nivel inicial son todas mujeres.

que se sienta mágico y que, además, se parezca poco a una escuela tradicional” (Logares, Sobre la propuesta pedagógica del CESD en el nivel inicial, 2021) (ver Fig. 14).



Figura 6: Foto de las llaves del pensamiento con las que trabajan los niños



Figura 7: Espacio de La Caverna: Busca la internalización del conocimiento o la experiencia. El espacio está equipado con sillones tipo “puffs” y es ideal para la tarea solitaria, la reflexión y la intromisión, adecuado para momentos en que se realizan lecturas



Figura 8: Espacio del Pozo de Agua: Donde se aprende de los compañeros. El espacio se configura por mesas de cuarto de círculo que se pueden unir formando diferentes diseños para el trabajo en parejas, grupal o general, ideal para el trabajo entre pares y el diálogo



Figura 9: Espacio de La Fogata: Un entorno asimétrico en donde uno habla mientras otros escuchan. El espacio está conformado por gradas, lo que facilita la atención cuando un docente explica, lee un cuento al grupo, o un estudiante muestra su producción.



Figura 10: Foto de un aula donde las mesas se arman con diferentes configuraciones y todo se coloca a la altura de los niños



Figura 11: Foto en la que se puede ver cómo hay cortinas que permiten separar ambientes y aislar sonidos o abrirse y comunicar espacios



Figura 12: Foto de todos espacios comunicados



Figura 13: Sala preparada para ver videos y películas largas



Figura 14: Foto del pasillo principal donde hay un lugar para dejar las cosas de cada uno. También se puede observar que hay una puerta para los niños y otra para los adultos

Estas modificaciones edilicias hacen énfasis en el impacto que tienen los espacios y los contextos de aprendizaje, en el desarrollo de las habilidades deseadas. Tal como había propuesto Andrea Goldín y Roberto Rosler en la entrevista realizada (cap. II), se trata de crear ambientes ‘cerebro-amigables’ para el aprendizaje. También Jesús C. Guillén, autor del libro *Neuroeducación en el aula. De la teoría a la práctica*, ha propuesto la importancia que tienen los entornos de aprendizaje para algunas neuronas que identifican los conceptos a partir de las situaciones del entorno. Se ha comprobado que el uso de distintos espacios de aprendizaje como estudios, talleres o laboratorios que faciliten tanto el trabajo individual como el cooperativo, e incluso una enseñanza más formal en algunos momentos, conlleva mejoras en pruebas que miden el funcionamiento ejecutivo del alumnado, como en el caso de la memoria de trabajo (2017).

En este sentido, cabe mencionar que actualmente hay interesantes programas para relacionar neurociencias, arquitectura y educación. De hecho, existe la *Academy of Neuroscience for Architecture* [Academia de Neurociencias para la Arquitectura] (ANFA), que es una organización que busca promover y avanzar en el conocimiento que vincula la investigación en neurociencias con una creciente comprensión de las respuestas humanas al entorno construido. Su objetivo es entender cómo el hábitat en el que el ser humano desarrolla sus actividades de vida diaria afecta a su salud física y mental, a su estado de ánimo y a su comportamiento¹². A su vez, es posible encontrar algunos fiables artículos académicos que se involucran de lleno en la interrelación de estas disciplinas (Pinzón Rueda, M., 2022; Montiel Vaquer, I., 2017).

En el análisis de la propuesta pedagógica del CESD, algunos de estos aspectos también parecen ser tenidos en cuenta, aunque no se mencionan de manera explícita.

De acuerdo con lo evaluado por Sergio Logares, la innovación pedagógica ha sido eficaz para promover el pensamiento crítico y cumplir con los objetivos fundacionales de la Institución. Según sus análisis, aunque solo hechos para el nivel inicial, la repercusión del cambio arquitectónico y la aplicación de la pedagogía para la comprensión han permitido crecer en número de matrícula, en número de egresados y en el nivel de conformidad que tienen los padres respecto del trato que reciben los chicos, de las propuestas que se ofrecen, de los eventos extracurriculares a los que se suman y de la conformación de una identidad de pertenencia a una Institución que tiene prestigio

¹² Tomado de <https://anfarch.org/about/mission>

porque es única y alcanza los más altos niveles de educación posible (Logares, Sobre la propuesta pedagógica del CESD en el nivel inicial, 2021).

Sus propósitos siguen por innovar, de a poco, en el nivel primario y, posteriormente, en la secundaria. Por ahora, solo pudo intervenir, aplicar y evaluar el nivel inicial.

En las actas institucionales de Evaluación del CESD, realizadas a principios del ciclo lectivo 2023, se puede observar:

La modificación edilicia realizada en el Nivel Inicial tuvo como objetivo generar mayor flexibilidad y facilitar las dinámicas propias del enfoque educativo con el cual se trabaja institucionalmente, la Enseñanza para la Comprensión. Si bien el edificio en sí no representaba un limitante a la hora de llevar adelante desempeños poco tradicionales, se partió de la idea de que esta modificación simplificaría la labor docente propiciando organizaciones alternativas, tomando como referencia los cuatro formatos que propone David Thornburg en su libro “From the Campfire to the Holodeck”: la fogata, el abrevadero, la caverna y la vida. Los seis espacios que conforman el nuevo Nivel Inicial, poseen características diferenciales que favorecen cada uno de estos formatos: gradas, mesas de trabajo con posibilidad de diferentes configuraciones, almohadones tipo puff, etc., por los que rotan los seis grupos. A su vez, los espacios se dividen mediante cortinas acústicas, permitiendo rápidamente la fusión de aulas, obteniendo espacios amplios apropiados para el trabajo conjunto de varias salas, exposiciones compartidas, actos, etc.

Habiendo ya transitado algunos meses desde la puesta en marcha de la nueva estructura, se realizó una entrevista abierta con las docentes intervinientes con el fin de evaluar su funcionamiento y analizar los ajustes necesarios. A continuación, se sintetizan las observaciones recogidas:

- Como los niños no poseen una sala propia sino que rotan por los diferentes espacios, sus mochilas deben almacenarse en casilleros ubicados en el espacio común. Si bien en los primeros días esta situación generaba desorientación en los más pequeños, rápidamente pudieron adaptarse a la rutina y ya no representa un inconveniente.
- Las cortinas acústicas no aíslan de manera tan efectiva, en comparación a una pared de mampostería, lo que en ocasiones origina ruidos que pasan de una sala a la otra. Es preciso que los docentes sean cuidadosos al evitar

un alto nivel de bullicio que pudiera ser un obstáculo para las salas contiguas. También es necesario graduar la potencia de los televisores y equipos de audio para que no superen un nivel razonable.

- La rotación por los distintos espacios no permite documentar los trabajos realizados por los niños en paneles o frisos. Esto resulta un inconveniente a la hora de retomar lo producido en la continuidad de un proyecto. Se va a analizar la construcción de paneles móviles o rotafolios, que faciliten este tipo de documentación y se puedan reusar al ser portátiles.
- La rotación por los espacios no permite crear un ambiente alfabetizador, más allá de los elementos básicos como las bandas alfabéticas. Se va a analizar la construcción de paneles en el espacio común del jardín, a fin de utilizar dicho soporte para este fin. Del mismo modo, estos paneles permitirán la muestra de trabajos de cada sala para que puedan ser apreciados por el resto de los niños.
- La organización al momento de distribuir los espacios generó en las primeras semanas algunas tensiones entre las salas, ya que debían negociar de acuerdo a las características de la actividad a llevar a cabo. La Directora estableció algunas pautas que facilitaron estos acuerdos, por ejemplo, que la rotación se produjese de manera diaria y no por bloques horarios. Esto también evitaría la desorientación de algunos niños, sobre todo los más pequeños.

En general, con el paso de las semanas, todo el plantel docente se fue adaptando a la nueva dinámica, y ya ha sido asumida como habitual. Se han aprovechado las funcionalidades previstas, por ejemplo, se han unificado espacios para la realización de exposiciones en un salón de grandes dimensiones, con la visita de las familias, significando de gran comodidad. Por otra parte, en ocasión en que una sala se encontraba en Educación Física en el patio de la escuela, la docente unificó su aula con el espacio vacío, permitiendo mayor soltura en una actividad que demandaba el desplazamiento intensivo de los niños.

No es pertinente (ni posible) evaluar en qué medida el nuevo espacio representa una modificación en los aprendizajes. Sin embargo, las familias manifestaron claramente su satisfacción, ya sea de manera explícita mediante mensajes directos, o indirectamente al compartir las publicaciones institucionales, haciendo partícipes a familiares y amigos resaltando el orgullo por la escuela a la que concurren sus hijos.

Finalmente, de manera objetiva se registró un incremento en la cantidad de alumnos, lo que permitió la apertura de una segunda división de la sala de 3 años al inicio de 2023. También es un indicador positivo la gran convocatoria de aspirantes en las reuniones informativas para 2024 en donde se explica el proyecto educativo de la institución, la anticipación en la matriculación de nuevos estudiantes en relación a períodos anteriores, e incluso la consulta por vacantes de niños a quienes aún les faltan dos años para ingresar al nivel.

Como conclusión, si bien la anterior estructura edilicia no representaba un obstáculo para el tipo de actividades que se llevan adelante en el jardín, la modificación ha sido recibida de manera excelente, tanto desde lo interno como por parte del público externo a la institución (Logares, 2023).

De esta evaluación, se pueden destacar los criterios tenidos en cuenta para aceptar la innovación educativa y fundamentarla. A su vez, se resaltan los aspectos dialógicos que se mantienen con otros sujetos escolares, como los docentes, la directora del nivel inicial y los padres.

Por otra parte, la evaluación postula que no se puede realizar una apreciación numérica del caso, ya que no es posible establecer pautas que midan la efectividad del mismo.

III.3. CONCLUSIONES PARCIALES

Considerar las neurociencias como una perspectiva de vanguardia en la innovación educativa, con enfoque en el desarrollo de las capacidades cognitivas y emocionales, brinda la oportunidad de establecer un paralelismo proyectivo acerca de cómo las nuevas estrategias pedagógicas encarnan una educación novedosa a partir de sus implicaciones concretas en el cerebro humano. Esto conlleva a una serie de transformaciones que contribuyen a la comprensión de los fundamentos neurobiológicos subyacentes al proceso de aprendizaje y a las estrategias de enseñanza que éstos implican. No obstante, para fundamentar su validez, resulta esencial examinar no solo el impacto inicial de esta propuesta, sino también el seguimiento a largo plazo de los resultados obtenidos y su influencia en el desempeño de los estudiantes.

Como se planteaba anteriormente, estudiar este caso de innovación educativa permite explorar los caminos y posibilidades que conlleva la reforma de un sistema que

se ha ido consagrando en el tiempo y por sus agentes; pero que requiere de un análisis y justificación complejos para dar respuestas más acertadas a las necesidades educativas de los jóvenes en la actualidad.

Aunque el caso analizado no corresponde a la implementación de las neurociencias en las escuelas, la cercanía con los postulados teóricos que se utilizaron para llevar adelante la innovación educativa en esta institución, lleva a pensar que las neurociencias tienen posibilidades efectivas de aplicación en las escuelas, pudiendo darse el famoso puente entre ambas disciplinas. Requiere, además de esfuerzos, personal docente capacitado, estructura edilicia amigable, modificaciones de los tiempos y de los espacios, focalización en las emociones, en la actividad del estudiante como generador de su propio proceso de aprendizaje, entre otros.

Con el análisis de este caso, no es posible llegar a conclusiones que satisfagan los objetivos del Trabajo aquí planteado. Sin embargo, ante la imposibilidad de obtener el estudio deseado, nos permite extrapolar e intuir cómo sería una institución educativa que aplique las neurociencias a la educación como una estrategia de innovación.

Dado lo anterior, se puede concluir -parcialmente- que este estudio solo representa una aproximación a la hipótesis planteada, si el puente entre neurociencias y educación se plantea como una estrategia de innovación educativa.

CAP. IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS HALLAZGOS

Este trabajo ha permitido profundizar en la relación entre las neurociencias y la educación, un vínculo que, siguiendo a Bruer, se ha establecido de manera firme e indiscutible. Aunque este puente puede parecer aún lejano y más teórico que práctico debido a la limitada oferta educativa que integra las neurociencias, es innegable que se han producido avances significativos a lo largo de la historia. Estos progresos han contribuido a la interrelación disciplinaria que fundamenta el análisis de la hipótesis propuesta en este estudio.

En suma, podemos suponer que las neurociencias se suman al campo educativo, como tantas otras disciplinas que cuestionan los métodos de enseñanza que aún se sostienen en la escuela tradicional. Métodos poco efectivos para el desarrollo integral de los estudiantes y de sus procesos de aprendizaje.

Repensar los parámetros de la escuela tradicional parece ser una necesidad que marcan los docentes en la actualidad. Retomando el cuestionamiento que se hace Marisa Díaz acerca de por qué las neurociencias brindan un tipo de solución a las necesidades educativas contemporáneas, hace pensar, más que en neurociencias y educación, en la necesidad de innovación educativa que tiene el sistema escolar (Díaz, 2023).

Profundizando en esto, es posible encontrar gran cantidad de literatura que aborda el debate acerca del *ocaso la escuela moderna* y sus rituales. François Dubet (2004) analiza cómo ha perdido vigencia el *programa institucional* de la escuela moderna. Cargado de utopías trascendentales (Narodowski, 1999), ha perdido la capacidad de seguir estableciendo lo que es el saber y la ignorancia, lo bueno, lo justo o lo sano. Como ha señalado Terigi (2007), desde hace algún tiempo, una secuencia de transformaciones en las culturas juveniles y en las perspectivas de incorporación en la educación, desafían las operaciones convencionales y la estructura típica de la escuela. La introducción de la posmodernidad y el auge de las tecnologías -y del internet-, ha colaborado en el fomento de un choque generacional entre la escuela, la política y la sociedad.

Este debate tiene vigencia actualmente, en medio de las profundas transformaciones socioeconómicas que vive la Argentina. Algunos autores incluso han afirmado que, inmersos en una cultura de la individualidad, propia del capitalismo y del

liberalismo preponderante, el sistema escolar está experimentando una crisis terminal. Como explica Diego M. Higuera Rubio (2010), desde la década de 1960, el término ‘crisis’ ha sido incorporado en el discurso educativo, dada la incapacidad para adaptarse a los cambios constantes de la sociedad industrial, para seguir otorgando una enseñanza sistemática y para integrar a la humanidad. Otros estudios recientes hablan, por ejemplo, de ‘la educación en tiempos de crisis’ (Fernández, 2001).

Esto se debe a que la pretensión de establecer una conexión directa entre la enseñanza y las teorías del aprendizaje ha sido ilusoria en muchos casos, ya que la educación tiene la función de transmitir culturas seleccionadas por la sociedad para la reproducción y conservación. Sin embargo, el aprendizaje escolar se ha vuelto descontextualizado y desnaturalizado, desvinculándose de las actividades sociales y generando en los alumnos esquemas y estrategias específicas para enfrentar las demandas escolares (Palamidessi & Gvartz, 1998).

Frente a este escenario, han surgido muchas ‘pedagogías alternativas’ que buscaron dar una solución, como se analizó en el cap. I.

La búsqueda de soluciones implica repensar la educación desde múltiples perspectivas y promover la innovación y la adaptación a las necesidades cambiantes de la sociedad y los estudiantes. Tal como lo hizo, por ejemplo, Mariana Maggio (2012) al plantear el concepto de *educación poderosa*¹³, las neurociencias tienen el potencial de ofrecer a la educación una innovación basada en el conocimiento del cerebro, las emociones y de todos los aspectos que se han desarrollado ampliamente a lo largo del Trabajo.

Basándose en las consideraciones presentadas por Silvina Gvartz y María Eugenia de Podestá (2010), se plantea que no es necesario aguardar a que los cambios sean instigados desde posiciones superiores. En cambio, al adoptar una perspectiva optimista, se reconoce la posibilidad de lograr cambios al recobrar y modernizar la concepción del docente y la institución escolar como protagonistas esenciales para el

¹³ La *educación poderosa* es un concepto desarrollado por Mariana Maggio en su obra *Enriquecer la enseñanza: los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad* (2012). La teoría se centra en una enseñanza situada, la conciencia epistemológica, la inmersión y la alteración y el enfoque en el estudiante, como ejes claves que plantea el texto. En consonancia con la idea que se quiere justificar en este Trabajo, la alusión al concepto busca promover una educación relevante y significativa para los estudiantes, que les permita adquirir habilidades y competencias que les sean útiles en su vida cotidiana.

progreso de las comunidades. Por consiguiente, la innovación debe ser respaldada tanto a nivel teórico en el plano argumentativo como en la operatividad y vida cotidiana de las escuelas como centros educativos. Este desafío es el que actualmente enfrentan las neurociencias.

Ya en el año 1986, Stephen Kemmis y Wilfred Carr abordaron de manera extensiva este tema en una obra de gran calidad, donde profundizan en las implicancias de las innovaciones educativas según tres enfoques propios de la educación: el enfoque técnico, el enfoque práctico y el enfoque crítico (*Becoming Critical. Education, Knowledge and Action Research*).

El primer término, hace referencia a la importancia de analizar, revisar y valorar los planes y acciones de cambio en relación con criterios sociales e ideológicos. Es esencial evaluar si estos proyectos de innovación realmente contribuyen a promover una mayor equidad, libertad y justicia social en el ámbito educativo y más allá de él.

En segundo lugar, se plantea un criterio enfocado en la práctica educativa de los centros, involucrando a profesores y estudiantes. Este enfoque debe promover una reflexión profunda sobre el grado en que las iniciativas innovadoras posibilitan la creación de prácticas y experiencias educativas que sean de alta calidad, respeten los aspectos humanos y sean enriquecedoras desde una perspectiva profesional, tanto para los educadores como para los estudiantes.

En tercer lugar, hay que considerar un criterio que evalúe la eficacia y funcionalidad de manera crítica. Es necesario reflexionar y debatir sobre si los proyectos de cambio que implementamos son capaces de alcanzar los objetivos perseguidos y si están alineados con las necesidades y demandas de la sociedad en su conjunto.

Una adecuada conjunción y entrelazamiento de estos tres criterios puede brindar una forma de supervisión crítica sobre los procesos de innovación, asegurando que sean evaluados desde múltiples perspectivas y considerando tanto su eficacia, su impacto en la práctica educativa como sus implicaciones sociales e ideológicas.

Como se pudo ver en el análisis del caso, así como también en las propuestas de los especialistas entrevistados, la educación, por lo tanto, no solo es enseñar y aprender. Como plantean Mariano Palamidessi y Silvina Gvirtz,

[...] la situación de enseñar y de aprender no puede describirse satisfactoriamente por una díada (docente-alumno) ni por un triángulo (docente-alumno-contenido/saber), sino que supone la interacción de un aprendiz, de un docente, de contenidos culturales y de problemas en un contexto determinado (El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza, 1998, pág. 139)

Hay un nuevo mundo de variables, complejas y difíciles de acceder, que proponen hoy a la educación, un nuevo escenario de contenidos, experiencias, roles, significados, emociones, etc. Focalizar en las estrategias educativas que tengan en cuenta todos estos factores, exceden las responsabilidades estrictamente educativas y desde allí se abre una ventana para las neurociencias que buscan formar parte de la ‘economía escolar’.

En este sentido, actualmente hay informes de interesantes estudios de neurociencias que aportan significativamente a la educación contribuyendo a comprender, por ejemplo, cómo el cerebro procesa el lenguaje escrito y los números en el aprendizaje de la matemática, generando propuestas educativas novedosas en base a ello (Dehaene, 2016). También Manuel Carreiras ha investigado cómo la experiencia bilingüe puede influir en el proceso de aprendizaje de idiomas extranjeros (Aguasvivas & Carreiras, 2022) y ha investigado minuciosamente sobre las bases neuronales de la dislexia, a fin de adaptar efectivamente las técnicas de enseñanza para personas con tal condición (Carreiras, 2019-2022). Por su parte, Cecilia Calero ha explorado cómo se da el desarrollo de habilidades metacognitivas en niños y adultos (Salles, Ais, Semelman, Sigman, & Calero, 2016) así como también habilidades relacionadas con la geometría (Calero, Shalom, Spelke, & Sigman, 2019). Finalmente, se ha encontrado que María Luisa González-Gadea investigó los factores que influyen en la sensibilidad de los niños a la frecuencia de castigo durante tareas de toma de decisiones. Los resultados indican que los niños prefieren opciones con castigos menos frecuentes y esto se explica parcialmente por señales psicofisiológicas, la complejidad de la tarea y el desarrollo del control cognitivo (Gonzalez-Gadea, y otros, 2015). Es importante señalar que estos estudios contribuyen al ámbito educativo, pero no constituyen estrategias de enseñanza en sí mismos. Por lo tanto, se plantea la necesidad de que los docentes y pedagogos desarrollen estrategias de enseñanza específicas adaptadas a las realidades estudiadas.

Como se puede apreciar, aún con tales progresos, no está dado un diálogo interdisciplinar sino, más bien, un aporte para la educación. Teniendo en cuenta lo que se

analizó en el Capítulo I, la relación interdisciplinaria podría establecerse desde la identificación problemas comunes, en lugar de división de problemas según disciplinas, diseñando intervenciones que incluyan metodologías de base empírica en concordancia con la realidad educativa inmersa en las aulas. Por lo tanto, un desafío para lograrlo, sería desarrollar 'comprensiones compartidas' en términos de definiciones conceptuales y prácticas que puedan ser aplicables y transferibles en diversos entornos de investigación. Esto implicaría, en consonancia con lo que planteó Andrea Goldín (cap. II), la formación de educadores en diferentes áreas de las neurociencias, así como la formación para investigadores del área de neurociencia en teorías, metodologías y otros aspectos de la práctica educativa. Logrado esto, sería necesario apostar por la creación de un lenguaje común que permita la comunicación efectiva y la colaboración entre los diferentes campos de estudio, permitiendo traducir conceptos provenientes de un campo en términos del otro campo y/o generando constructos conceptuales comunes (Benarós, Lipina, Segretin, Hermida, & Colombo, 2010). En este sentido, se encontró un valioso estudio acerca de los procesos cognitivos y fisiológicos involucrados en la capacidad humana de comunicar conocimientos a través de la enseñanza. Los reconocidos autores de *The Cognitive Neuroscience of the Teacher–Student Interaction* (2013) plantean la idea de un 'Consortio del Cerebro Docente' para colaborar en investigaciones futuras y establecer puentes entre el laboratorio experimental y el aula (Battro, y otros).

Sin dejarse abatir por las resistencias que opone el sistema tradicional, es necesario dejar entrar a las escuelas el diálogo interdisciplinario, valiéndonos de éste para mejorar las prácticas docentes y la capacidad de dar respuestas al nuevo mundo que impone las tecnologías, la inteligencia artificial y, por supuesto, las neurociencias. Es bueno aclarar que, en este punto, tanto Antonio Battro como Alejandro Artopoulos, asocian el avance de las neurociencias a la educación, de la mano de la incorporación de las TIC en la escuela y sus consecuentes implementaciones. Para ellos, la adaptación que la escuela hace al mundo de la tecnología, tiene cercanía con la adaptación que podría establecerse entre los nuevos fundamentos de las neurociencias para ser aplicados en este ámbito. Si las neurociencias buscan aportar nuevos conocimientos acerca de cómo aprendemos, los entornos de aprendizaje y las funciones ejecutivas que se ponen en juego, las TIC serían esos recursos -atractivos y propios de nuestro tiempo- que las activan. Por lo tanto, podría deducirse que tal relación desemboca en lo que se denomina *didáctica*, o lo que algunos autores llaman, *neurodidáctica*. Teniendo en cuenta que este aspecto es

impulsor de propuestas de innovación educativa basada en cómo aprende el cerebro, se puede considerar como elemento de análisis en este Trabajo. Sin embargo, tal relación excede el alcance del mismo y podría considerarse como objeto de estudio de posteriores investigaciones.

Hoy, desde las neurociencias y la tecnología educativa, es posible llevar al aula una propuesta educativa reelaborada desde la multiplicidad, heterogeneidad, con actividades pensadas en función de los procesos mentales que intervienen en el sujeto que aprende. Las neurociencias de esta manera, contribuyen eficazmente a la utopía de la inclusión (Baquero, 2001).

Como bien postulaba Alejandro Artopoulos (Cap. II), es imposible negar el avance de las neurociencias y de todo lo que la tecnología ha impactado en la vida de las personas. Si lo negamos, solo pretendemos no ver eso que ya está entre nosotros y también en la escuela. Pretendemos no ocuparnos de ello, tal vez porque no sabemos cómo hacerlo. De esta manera, abrimos la puerta a que quienes tienen poder y control de las conductas sociales, nos manipulen sin que nos podamos dar cuenta. Nos manipulen para su conveniencia y según sus criterios, prejuicios e ideologías.

Trabajar desde la escuela con lo nuevo, animándonos a dejar de lado las seguridades consagradas por el sistema, puede permitir hacer una verdadera revolución. Una revolución que no tiene que ver con cambiar el sistema educativo, sino con los roles y funcionalidades de los actores, de los ritos y mecanismos, de los objetivos y esperanzas que hacen al sistema mismo. Es interesante entender que, por esta razón, Florencia Salvarezza decía que

tener conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro es un dominio que debería poder aportar; pero aportar no es que se tienen que cambiar las teorías pedagógicas (2023).

Dejar entrar las neurociencias a la escuela es, entonces, como planteaban Castorina y Baquero, acordar una transformación de la educación, basada en la interrelación con otras disciplinas que también se han preocupado por estudiar la cuestión del aprendizaje humano. Como se pudo ver en el Capítulo I, esto se dio en distintas ocasiones, con diferentes postulados científicos que tenían una incidencia significativa en el accionar educativo y en la transformación del sistema.

Por otro lado, están quienes presentan un fundado ‘recelo’ a la interacción entre ambas disciplinas. En una nota brindada por la doctora en educación Carina Kaplan, coincidía con lo que aquí planteó Artopoulos y, más precisamente, denuncia:

la ideología del cerebro y de los genes refuerza el efecto cuna al escindir el orden biológico del orden sociocultural; por lo cual auto-responsabiliza a los individuos por sus batallas ganadas o perdidas. Estas creencias les hacen muy mal a la escuela ya que reafirman ideas prejuiciosas de que hay quien "no nació para aprender" o "no le da la cabeza para el estudio" o "no está hecho para la universidad". La educación es precisamente una práctica cultural que intenta romper el vínculo entre origen social (y cualesquiera otras condiciones del sujeto) y destino. Los educadores tomamos el punto de partida de nuestros estudiantes no como veredictos condenatorios sino como desafíos de enseñanza. La escuela puede cambiar destinos. Dicho esto, es necesario meterse comprometidamente en el debate sobre el efecto del discurso de la neuromanía que se traslada acríticamente al campo educativo. No podemos pensar a nuestros estudiantes exclusivamente como cerebros que aprenden. No somos mentes sin tiempo epocal sino sujetos existenciales en camino de nuestra humanización (El furor por los discursos de las neurociencias, 2019).

Aun sosteniendo que las neurociencias subsisten como discurso -con alto contenido ideológico- en el ámbito educativo (Artopoulos, Kaplan), están provocando un cambio cualitativo en las prácticas docentes, desafiándolas y exigiendo su mejora. Sin embargo, se puede ver que este avance solo será alcanzable si se cuentan con educadores dispuestos a sumergirse en este ámbito de interacción, donde resulta esencial que dicha interacción sea objeto de estudio y verificación, en contraposición al trato mercantilista que muchas veces tiene (Goldín, 2023). La confusión que emerge debido a la presencia cercana de enfoques comerciales en este campo, conduce a una difuminación de límites, que son esenciales entre las definiciones en neurociencias y la naturaleza de los argumentos empleados. Esta carencia resulta en consecuencias serias para la dirección de la práctica educativa (Castorina, 2016).

No obstante, es esencial que los educadores se cuestionen y reflexionen acerca de por qué la ideología neoliberal del cerebro resulta tan atractiva, en contraposición al conocimiento científico del mismo. La implementación de este conocimiento en la práctica docente implica considerar todos los cuidados epistemológicos descriptos en el Capítulo I. Quizás, esta sea la razón por la cual Marisa Díaz y Alejandro Artopoulos se preguntaban: ¿A qué se debe este paradigma

neurocientífico que reduce al individuo a su cerebro? ¿Por qué es tan prevalente la necesidad de explicar lo social desde una perspectiva meramente biológica? Estas preguntas abren la puerta a un debate más amplio y profundo sobre el tema.

La deliberación que se abrió con las entrevistas realizadas a los especialistas tiene muchas aristas. Siguiendo con el planteo que inicialmente formuló Artopoulos, José Antonio Castorina (2016), en el dossier de la revista *Propuesta Educativa* N° 46, analiza qué significan y a qué apuntan los términos y frases que hoy hacen referencia a las neurociencias en el ámbito educativo. Las tesis de que el cerebro ‘piensa’ o ‘aprende’, o que es ‘esencialmente curioso, y debe serlo para sobrevivir’ son problemáticas desde el punto de vista filosófico, ontológico y, por ende, educativo. Frente a la manipulación ejercida por los medios y los grupos de poder y, de acuerdo con la crítica de Kaplan, tales discursos plantean problemas genuinamente filosóficos, que no se pueden resolver solo con una buena investigación empírica, o con una buena construcción teórica, sino examinando el contenido ontológico del planteo mismo. Si las neurociencias quieren efectivamente entrar en el campo de la educación, deben poder adaptar su lenguaje y lógica a este mundo de significados, donde no solo circulan procesos mentales, sino personas/humanos/individuos. De lo contrario, no estamos hablando de una verdadera interdisciplinariedad.

Al respecto de lo anterior, es interesante rastrear que Wittgenstein (1986), desde la filosofía analítica, había establecido: “Solo de un ser humano o de lo que se le asemeja se puede decir: tiene sensaciones, ve o es ciego; escucha o no; es consciente o inconsciente” (Investigaciones Filosóficas, pág. 237). Según el renombrado filósofo del Círculo de Viena, es crucial que el significado de las palabras sea inequívoco. En este sentido, resulta esencial evitar confundir al lector con la expresión ‘el cerebro toma decisiones’. En realidad, es la persona quien, ya sea de manera consciente o inconsciente, realiza una elección debido a su posesión de un cerebro, una esfera afectiva y una conexión con su propia historia y cultura, factores que permiten tal acción. Desde una perspectiva fenomenológica, también abordada en el primer capítulo, Ricoeur hizo hincapié en que no es válido transitar de un discurso centrado en neuronas hacia otro que trata pensamientos y acciones ligados a un cuerpo con el que mantenemos una relación de pertenencia (Changeux & Ricoeur, 2001).

Desde la perspectiva de Castorina, podría surgir una confusión intelectual al afirmar que los procesos neuronales constituyen tanto una necesidad como una condición suficiente para el aprendizaje. Aunque indudablemente son necesarios, no pueden considerarse como una única base suficiente para el logro de la enseñanza y el aprendizaje. Esto se debe a que no operan de manera aislada y no excluyen otras condiciones requeridas, tales como el entorno institucional en el cual se desarrolla la actividad educativa. Según el autor, la situación actual de esta interconexión sigue revelando una marcada desconexión epistemológica entre el nivel de exploración en neurociencias y el nivel educativo, especialmente en el ámbito del aprendizaje. Estos dos niveles mantienen distintos lenguajes, sistemas lógicos y ámbitos de estudio, lo cual obstaculiza la consecución de los objetivos previstos (La relación problemática entre neurociencias y educación. Condiciones y análisis crítico, 2016).

Cuando Bruer presentó la analogía del puente en 1994, ya había subrayado la importancia de abordar el problema educativo considerando sus propias complejidades, llevando a cabo investigaciones en paralelo con otras disciplinas y adoptando sus aportes. En otras palabras, el autor ya había planteado la necesidad de emprender investigaciones interdisciplinarias que abarcaran múltiples niveles de análisis y que fueran pertinentes para los procesos educativos (Castorina, 2016).

Para concretar la visión propuesta por Battro acerca de la creación de una disciplina emergente denominada *neuroeducación*, es fundamental establecer una conexión significativa entre las neurociencias y el ámbito educativo. Esta unión se sigue manteniendo problemática en la actualidad -quizás en menor nivel que cuando Bruer lo planteó-, distante en posibilidades efectivas de realización y compleja respecto de los esfuerzos que hay que aunar para llevarla a cabo.

A su vez, como se evidenció en la perspectiva de Marisa Díaz (cap. II), es innegable que la educación y sus modelos se encuentran en una fase de crisis. La emergencia de un nuevo paradigma basado en las neurociencias resalta la imperativa necesidad de transformación que enfrenta el sistema educativo actual. Siguiendo la premisa de Thomas Kuhn (1991), la crisis de un modelo y la emergencia de nuevos paradigmas son condiciones esenciales para lo que él denominó una *revolución científica* (La estructura de las revoluciones científicas). La *neuroeducación* ha venido siguiendo las etapas descritas para establecerse como un nuevo paradigma que guíe los cambios

en la educación en un futuro cercano y apremiante. En este conflicto de paradigmas, las ideologías, los miedos al cambio y las zonas de confort que el sistema mismo ha instaurado, desempeñan un papel significativo en la lucha por mejorar las prácticas educativas.

Este Trabajo, sin la intención de agotar el tema, busca ofrecer un estudio comprensivo que pueda servir como punto de partida para futuras investigaciones doctorales. Se plantea que las neurociencias poseen un potencial considerable para impulsar la evolución y la redefinición de los aspectos más esenciales de la educación. A través de la comprensión de cómo funciona el cerebro, se puede adaptar las estrategias pedagógicas necesarias y diseñar ambientes de aprendizaje que promuevan un desarrollo óptimo de los estudiantes. Además, la aplicación de las neurociencias en la educación puede ayudar a identificar y abordar de manera más efectiva las dificultades de aprendizaje en aquellos estudiantes que así lo requieran. Sin embargo, teniendo en cuenta las críticas analizadas, es importante seguir insistiendo que las neurociencias y la educación deben trabajar en colaboración, generando una verdadera interdisciplinariedad.

A modo de cierre y como corolarios de todo lo que se ha investigado y abordado en este Trabajo, se proponen algunos puntos clave que permitirían llevar los aportes de las neurociencias a las aulas, transformando la capacidad educativa del sistema a través de la implementación de ciertos recursos -que se describen a continuación- para docentes, estudiantes, equipos directivos y escuelas, en sus componentes *topológicos* así como también *topográficos*¹⁴.

En primer lugar, si se quiere apostar por una pedagogía basada en las neurociencias, sería importante incorporar un organismo -descentralizado- que estudie y verifique las características pedagógicas de una Institución Educativa que proponga un enfoque neuroeducativo a la sociedad. Tal organismo debería funcionar al estilo de lo que hace la CONEAU con las universidades, enmarcando los resultados de una evaluación externa en 4 o 5 criterios/nombres/términos que resulten claros para la sociedad, como se implementó, hace muy poco, con el etiquetado frontal de los alimentos.

¹⁴ En Huergo & Morawicki (2004), se describe que el componente topográfico hace alusión a los espacios escolares y sus distribuciones, de acuerdo a las funciones de cada uno. Por su parte, el componente topológico, se refiere al sentido que los espacios tienen para los sujetos que en ellos circulan y establecen diversos tipos de encuentros, donde se ejercen roles, poder, liderazgo, políticas, etc.

Tales resultados deben remitir a características pedagógicas fundamentadas desde lo educativo, lo psicológico, lo neurocientífico, etc.; teniendo en cuenta las disciplinas científicas que efectivamente inciden en el acto educativo.

Finalmente, este organismo debería promover una evaluación constante de resultados, que sean medidos según estándares elaborados en nuestro país y para las características contextuales de cada región. Estándares que no marquen lo que no se alcanza, sino que promuevan la superación constante de los mismos, año tras año.

En segundo lugar, resulta fundamental abordar el desarrollo del aprendizaje socioemocional. Este enfoque abarca los mecanismos mediante los cuales los niños adquieren y utilizan de manera eficaz los saberes, actitudes y aptitudes esenciales para comprender y gestionar sus emociones, demostrar empatía hacia los demás, establecer relaciones constructivas y tomar decisiones conscientes y responsables. Siguiendo las recomendaciones de los especialistas entrevistados, es importante tener en cuenta este factor para lograr un efectivo aprendizaje. En *Nuevos desafíos en la escuela: aportes de la psicología cognitiva y la neurociencia* (2018), se presentan una serie de directrices a llevar adelante, tales como armar un plan articulado entre contenidos específicos de cada materia y el ejercicio de habilidades socio-emocionales, garantizando un aprendizaje gradual y andamiado de los mismos; centrarse en habilidades fundamentales tales como la autoconciencia, la conciencia del otro, la autogestión de las emociones, de los pensamientos y del comportamiento en general (Andrés, Canet Juric, Vernucci, & Galli).

Como se analizó con Rosler y Goldín y en consonancia con una gran cantidad de especialistas en el tema, la gestión de las emociones es un aspecto crucial en el proceso de aprendizaje. Según estudios de la psicología cognitiva¹⁵, las emociones pueden activar procesos que facilitan o dificultan la concentración, la memoria y el procesamiento de la información. Como educadores, es importante orientar a los estudiantes para que desarrollen la capacidad de manejar diversas situaciones de manera consciente. Al aprender a regular sus emociones, los estudiantes pueden establecer un intervalo entre el evento desencadenante y su reacción, evitando respuestas impulsivas al estímulo inicial.

¹⁵ Puede consultarse nociones y estudios de este tema en María Eugenia De Podestá, y otros (2014), *El cerebro que aprende: una mirada a la educación desde las neurociencias*, cap. 6.

Además, es fundamental crear ambientes emocionales que favorezcan el aprendizaje. Un ambiente emocionalmente agradable puede estimular la liberación de neurotransmisores que facilitan el aprendizaje, como la dopamina y la serotonina. Estos neurotransmisores juegan un papel crucial en la motivación, la atención y la consolidación de la memoria, elementos esenciales para el aprendizaje efectivo.

El objetivo es instruir a los estudiantes en la habilidad de dar respuestas reflexivas en lugar de meras reacciones instintivas, sabiendo que siempre hay recursos internos disponibles para manejar situaciones que pueden desestabilizarlos emocionalmente. En este sentido, la educación emocional no solo se trata de enseñar a los estudiantes a manejar sus emociones, sino también de crear un ambiente de aprendizaje que sea emocionalmente enriquecedor y propicio para el aprendizaje.

Dentro de las estrategias destacadas para abordar este desafío, se encuentra el enfoque del *Mindfulness*. Esta técnica implica entrenarse para tomar conciencia de las propias sensaciones, emociones y pensamientos, buscando liberarlos de la influencia del lenguaje y, por ende, de los prejuicios y limitaciones impuestas por categorías y conceptos. Concentrarse en escuchar el canto de los pájaros, saborear la comida, sentir la textura del suelo bajo los pies al caminar, percibir las manos agarrando el volante o la escoba, las sensaciones en los diferentes órganos del cuerpo; estas acciones pueden brindar a los estudiantes la oportunidad de establecer nuevas conexiones entre los contenidos y la realidad concreta. Por su parte, existen investigaciones que sugieren que esta práctica fomenta la disminución del estrés, la habilidad para realizar múltiples tareas, la hiperactividad y la falta de concentración. De este modo, la vivencia plena del momento presente proporciona un alivio de las preocupaciones, carece de juicios y resulta gratamente absorbente (Andrés, Canet Juric, Vernucci, & Galli, 2018).

La epistemología que subyace en el *mindfulness* es una epistemología constructivista y de la complejidad en la que cada sujeto se da cuenta –vivencia su propia experiencia. Ese darse cuenta, ese vivenciar, puede ser diferente en diferentes momentos, aunque las sensaciones, emociones o pensamientos pudiesen ser los mismos (Andrés, Canet Juric, Vernucci, & Galli, 2018, pág. 12).

En *Escuelas que meditan. Cómo programar mindfulness en los centros educativos* (2019), puede encontrarse un amplio desarrollo sobre los estudios y resultados

obtenidos en aspectos académicos tanto como cognitivos, así como también de efectos positivos sobre la salud física que tiene la práctica regular del *mindfulness* en las escuelas.

Por otro lado, para trabajar las habilidades socioemocionales, es necesario incluirlas en la planificación escolar, teniendo en cuenta conceptos y terminología específica, prácticas y ejercitación concreta, vinculación entre los saberes que se vienen desarrollando y las capacidades que se persiguen como objetivos, etc. Hay numerosas capacitaciones docentes en este sentido.

Siguiendo los planteos de Lorena Canet-Juric (2018), es necesario trabajar en el aula las habilidades de empatía, de tolerancia a lo diverso y opuesto a lo propio, la comunicación asertiva, la negociación de los conflictos de forma constructivista, la escucha activa, la cooperación y la evaluación realista de las consecuencias de las acciones propias, entre otras.

Como Rosler, Goldín y Salvarezza postularon, la motivación resulta fundamental para llevar adelante el aprendizaje. Una variedad de estrategias pedagógicas puede estimular el cerebro y captar su atención, siempre que introduzcan novedad y cambio. Para esto, puede hacerse uso de estrategias pedagógicas tales como los conflictos cognitivos, metáforas y ejercicios predictivos por parte de los docentes, hasta cambios regulares en el entorno físico del aula que brinden un estímulo visual adecuado, así como la adopción de diversas metodologías para fomentar un aprendizaje activo en lugar del enfoque pasivo tradicional de absorción de información por parte de los estudiantes.

El docente que forma habilidades socio-emocionales puede habilitar espacios y tiempos para moverse libremente, propiciando el redireccionamiento de las energías y un cambio ambiental dentro de las posibilidades que la escuela tolere. Dentro de este *ambiente educativo*, es importante resaltar los logros y éxitos de los estudiantes, más que corregir las conductas no deseadas. Muchas veces es mejor evitar confrontaciones con los estudiantes, sumando posibilidades de autoreflexión a partir de la mirada, del gesto silencioso y de la confianza en el otro. Para esto, es fundamental que el docente trabaje su propia habilidad emocional y que se convierta en su propio interlocutor ante las situaciones que manifiestan impotencia, vulnerabilidad y enojo (Andrés, Canet Juric, Vernucci, & Galli, 2018).

La evaluación de la propuesta no solo requiere visualizar efectos biológicos o académicos, sino también considerar los cambios madurativos alcanzados, los procesos dialógicos generados y el clima institucional que, paulatinamente, se irá transformando.

Para que esto se convierta en un componente de una propuesta institucional sólida, es esencial que todos los actores educativos se comprometan y contribuyan al cambio cualitativo, cada uno desde su propio papel y responsabilidades. Sería altamente beneficioso incluso lograr una sincronización entre el entorno familiar y la escuela en la misma dirección. Una manera de incorporar a la familia en este proceso sería a través de la promoción de reuniones participativas, la emisión de cartas de agradecimiento, extendiendo invitaciones para presenciar clases abiertas y proporcionando orientaciones concretas sobre cómo los padres pueden apoyar el desarrollo de las habilidades de sus hijos (Andrés, Canet Juric, Vernucci, & Galli, 2018).

En tercer lugar, es esencial considerar la cuestión de los tiempos atencionales en el ámbito educativo. Este aspecto fue analizado por los especialistas consultados en el segundo capítulo, concluyendo en que se debía examinar la posibilidad de acortar la duración de las clases para mantener el interés de los estudiantes y evitar la saturación de contenidos.

La literatura académica y los datos experimentales proporcionados por el Laboratorio de Cronobiología que lidera Diego Golombek en la Universidad Nacional de Quilmes, proporciona evidencia sólida de que el tiempo, en sus diversas escalas, tiene un impacto profundo en los procesos de memoria y aprendizaje. Los ritmos biológicos experimentan variaciones relacionadas a las rutinas diarias y hasta con los cambios estacionales, lo que puede ser explorado desde enfoques conductuales y fisiológicos.

Surge entonces el concepto de *cronoeducación*, que involucra aspectos temporales como los horarios, los ciclos diarios, semanales y estacionales. Las modificaciones en los horarios escolares no solo afectan la fisiología de los estudiantes, sino que también repercute directamente en su rendimiento académico (Golombek, *Cronoeducación: Un tiempo para sembrar, un tiempo para cosechar, un tiempo para aprender*, 2012).

Es importante señalar que la investigación sobre los ritmos propios de los procesos biológicos -denominados *circadianos*-, no están influenciados únicamente por factores culturales o sociales, sino que también tienen raíces fisiológicas y genéticas. Por

esta razón, es crucial reconocer que la atención es un recurso que se debe cuidar y ayudar en su desarrollo.

Si pensamos en este tipo de escenarios combinados, en donde los límites del tiempo y del espacio se ven alterados, el Aprendizaje Basado en Proyectos resulta una propuesta sumamente interesante. Brenda Magide (2021) presenta la estrategia como una metodología que estructura la estrategia de enseñanza mediante la implementación de proyectos en grupos estudiantiles. A partir de interrogantes relevantes, problemas desafiantes o cuestiones por abordar, los alumnos se sumergen en un proceso investigativo caracterizado por su autonomía y colaboración activa. El propósito esencial es explorar, adquirir conocimiento y lograr una comprensión más profunda del entorno real. Desde la visión de Perrenoud (2000), los proyectos no se limitan a simples ejercicios escolares, sino que plantean auténticos retos a resolver que derivan en la adquisición de competencias. Por lo tanto, se conciben como actividades complejas y significativas, en las cuales cada acción tiene una finalidad a mediano plazo, motivando a los estudiantes a aplicar sus habilidades a través del proceso. Coincidentemente, Díaz Barriga (2006) sostiene que el proyecto implica un aprendizaje principalmente experiencial, dado que el aprendizaje surge del hacer y reflexionar sobre dicho hacer en contextos auténticos y situados.

Finalmente, como sugirió Salvarezza (2023), en consonancia con otros investigadores en neurociencias, resultaría muy efectivo alternar materias de índole práctica con materias de índole teórica. En consonancia, se ha demostrado que la práctica regular de ejercicio físico tiene un impacto positivo en la plasticidad sináptica (Maureira Cid, 2018).

Además, el ejercicio físico puede promover el desarrollo de neurotransmisores esenciales para diversas funciones cognitivas. Por ejemplo, la noradrenalina, que juega un papel crucial en la regulación del estado de alerta y la atención; la serotonina, que regula el estado de ánimo, el sueño, el apetito y la función cognitiva; y la dopamina, asociada con el placer, la recompensa, la motivación y el movimiento (Maureira Cid, 2018).

Siguiendo con los corolarios que se pueden sacar a partir del concepto de *cronoeducación* y todo lo estudiado en ello, en cuarto lugar, se ve la necesidad de cuidar la higiene del sueño y la alimentación. Como señalaron Battro, Rosler y Goldín en el

capítulo II, y Golombek en el capítulo III, resulta fundamental recuperar los buenos hábitos de cuidado del descanso, así como también los de una buena alimentación, que reduzca el consumo de productos ultraprocesados y altos en contenidos de materia grasa, para favorecer, en cambio, el consumo de aquellos alimentos ricos en proteínas, grasas insaturadas y de fácil digestión.

Battro ve la necesidad de prestarle más atención a las necesidades del sueño y el descanso, en una sociedad que alienta el estado de vigilia casi permanentemente (Battro A. , *Neuroeducación: el cerebro en la escuela*, 2011). A su vez, Rosler había insertado el concepto de privación crónica del sueño, al referirse a los problemas actuales que acarrea el hecho de no dormir y de no dormir bien (Rosler, 2023). Ante esto, Golombek (2021) y Goldín (2022, 2023), analizan la importancia del sueño para la reestructuración sináptica, puesto que, durante el mismo, no solo se establecen nuevas conexiones neuronales, sino que también, otras se destruyen y/o cambian. Su modificación condiciona la conducta del individuo y su desarrollo.

A su vez, enseñar a descansar bien, resulta beneficioso para el rendimiento escolar. Como dice Battro en *Neuroeducación: El cerebro en la escuela* (2011),

el sueño ocupa gran parte de la vida humana y tiene dos estados que se suceden en el adulto sano cada 90 a 100 minutos y se miden entre otras manifestaciones por la existencia o no de movimientos oculares rápidos MOR (REM, *rapid eye movements*) (pág. 12).

En el sueño REM, que se logra aproximadamente después de los primeros 90 minutos de haberse dormido y sin la presencia de luces LED, los procesos de reparación entran en juego, es decir, los diversos procesos metabólicos y cognitivos del ser humano. Por esa razón, como explican los autores mencionados, una deuda con el sueño, podría acarrear, además del mal rendimiento escolar, problemas de salud tales como obesidad y diabetes (Goldín, *Neurociencia en la escuela: guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje*, 2022).

La organización de los horarios de las clases escolares establece un pacto social que involucra a estudiantes, docentes, progenitores y autoridades. Si bien modificar estos horarios en beneficio de los jóvenes es una propuesta clara, su ejecución se torna un desafío debido a las incompatibilidades que conlleva con los horarios de transporte, empleo y otros compromisos relacionados a lo mismo. No obstante, se presentan

alternativas viables, como la optimización del entorno lumínico, que favorece la activación del estado de vigilia. Cabe destacar que existen estudios que muestran que, con solo una hora posterior al inicio de las clases, incide favorablemente en el rendimiento estudiantil. Por lo tanto, es importante que los docentes, puedan adicionalmente a los contenidos, promover la educación referente a aspectos cronobiológicos, especialmente en lo que respecta al ciclo de sueño-vigilia, sus requerimientos y consecuencias (Golombek, *Cronoeducación: Un tiempo para sembrar, un tiempo para cosechar, un tiempo para aprender*, 2012).

Por otro lado, junto con el sueño, Andrea Goldín (2023) plantea la necesidad de mejorar la alimentación, de cara al buen rendimiento cognitivo de las personas. En su libro *Neurociencia en la escuela: guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje* (2022), explica que

El cerebro es un órgano que utiliza energía todo el tiempo. En particular, gasta en la síntesis de proteínas y lípidos, el mantenimiento y reparación celular, el metabolismo de los neurotransmisores y la regulación del metabolismo celular, entre otros procesos (pág. 218).

Por otro lado, la hidratación también juega un papel crucial. La falta de consumo de agua puede afectar la atención y la motivación, lo cual subraya su importancia prioritaria. Por lo tanto, es fundamental educar acerca de la importancia de ingerir agua en lugar de otros líquidos. Se enfatiza el consumo de agua pura, sin aditivos como jugos o edulcorantes, excluyendo bebidas gaseosas. El agua no solo promueve la circulación sanguínea, oxigenando de manera más eficaz el cerebro, sino que también facilita la absorción óptima de nutrientes esenciales (Guillén, 2017).

En este sentido, es interesante notar que los estudios que relacionan neurociencias, con educación y pobreza, muestran que una deficiente alimentación, junto a otras situaciones de vulnerabilidad, tienen incidencia en los bajos cocientes de desarrollo, de inteligencia verbal y rendimiento, en trastornos del aprendizaje, tasas de ausentismo escolar, repetición de cursos y los años de escolaridad completados. Por lo tanto, es necesario una intervención institucional más compleja cuando se presentan este tipo de situaciones (Lipina, y otros, 2012).

En quinto lugar, las neurociencias pueden ayudar a comprender los mecanismos cerebrales que participan en la integración de las TIC en la escuela.

Recientemente, Santiago Bilinkis, reconocido emprendedor y tecnólogo argentino, ha denunciado que los videojuegos utilizan la mecánica de recompensa intermitente y variable, provocando una atractiva adicción, debido a la imprevisibilidad y la expectativa de obtener una recompensa valiosa, tal como ocurre con los juegos de casino (Bilinkis, 2019). En consecuencia, se trata de comprender cómo los nuevos escenarios de enseñanza que integren las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) pueden superar el sentido con el que las usan los estudiantes -y adultos- comúnmente y contribuir eficazmente a la construcción del pensamiento crítico, al cuidado de la salud y la conciencia personal y colectiva de la clase. A medida que el individuo se desarrolla, se encuentra en una mejor posición para elegir las condiciones de su vida, liberándose de ciertas limitaciones de sistema y adquiriendo grados de libertad (Rodríguez Santos, 2009).

Como planteaba Artopoulos en el capítulo II, incorporar a la escuela aquellos recursos que ya forman parte de las vidas de los jóvenes actualmente, puede otorgar nuevos significados y abrir nuevos caminos de liberación. Una liberación que trata de hacer consciente los efectos del desarrollo tecnológico, promoviendo la autonomía y la democracia. Resuenan, en este punto, los postulados de la *Pedagogía del Oprimido* (1970) de Freire.

Como se explica en *Tecnología Educativa: del complemento a la incorporación* (2022),

La incorporación de las TIC en las aulas ha abierto un enorme campo de conflicto, opciones y tensiones que dependen de los contextos específicos de cada escuela. Es necesario tener en cuenta que los cambios también afectan a la forma en que se producen y se distribuyen los contenidos y, por lo tanto, a todo lo que se planifica y se espera trabajar con ellos. Tales cambios deberían producir un entorno de aprendizaje más inclusivo y relajado, con menores demandas curriculares y en conjunto con un encuadre institucional que posibilite los caminos de conocimiento que se abren con el uso de medios digitales (Simes, 2022).

Actualmente, existen interesantes propuestas que integran las TIC, las neurociencias y la educación. Combinando el conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro con el uso de la tecnología en el ámbito educativo, buscan facilitar a los docentes información sobre cómo el cerebro se relaciona con el aprendizaje y cómo aprovechar las TIC en el aula. Entre ellas podemos encontrar:

- Gamificación: Juegos educativos basados en TIC estimulan la atención, la memoria y la motivación (*Kahoot!, Minecraft Educativo*).
- Realidad virtual y aumentada: Estas tecnologías ofrecen experiencias inmersivas que activan múltiples áreas cerebrales (*Google Expeditions, Anatomía en RA*).
- Aprendizaje adaptativo: Plataformas que ajustan el contenido según el progreso del estudiante (*Duolingo, GeoGebra*).

En sexto lugar, si la intención es mejorar el sistema educativo basándose en el conocimiento del cerebro, será apropiado tener en cuenta que la búsqueda de significado es innata y está intrínsecamente vinculada con la búsqueda de sentido en nuestras vidas. Los sentidos están estrechamente conectados con nuestras emociones y son influidos por las interacciones sociales que experimentamos en los entornos educativos. Para lograr esto, se pueden desarrollar una serie de enfoques pedagógicos con el objetivo de mejorar la educación, siguiendo principios neurobiológicos tales como la mediación cognitiva y metacognitiva, la colaboración interactiva, la promoción de aprendizajes significativos, el fomento de la autoestima, el diseño estructurado del entorno de aprendizaje y la potenciación de la memoria (García Moreno & Sanhueza, 2008).

Se trata de propiciar la metacognición, que es la habilidad de reconocer cómo se aprendió lo que se aprendió, asociándolo a determinadas características que marcaron influencia, como las emociones que se experimentaron al resolver determinado problema, a la motivación que se ejerció para alcanzar un objetivo, etc. Basta recordar el concepto de ‘memoria episódica’ del que habló Rosler en el capítulo II.

Estimular el uso de estrategias concretas, reflexionar sobre el cómo, acompañar a los estudiantes para que a buscar el conocimiento y a comprender cómo conviene hacerlo en cada caso ayudará, también, a que puedan guardarlo mejor (Goldín, Neurociencia en la escuela: guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje, 2022, pág. 135)

Se pueden proponer, para esto, preguntas guías en las cuales los estudiantes planteen qué es lo que saben acerca de un tema, o cómo piensan que se puede abordar determinada situación. A su vez, el uso del portafolio o bitácora de aprendizaje, promueve la reflexión, el análisis crítico y la autoevaluación. Cabe destacar que todas estas

capacidades, están relacionadas con la autorregulación del aprendizaje. En relación a esto, Zimmerman (2001), asegura que la autorregulación es un proceso se trabaja la autoeficacia y actividad por parte del sujeto, favoreciendo el desarrollo de la autoestima, por lo cual también implica trabajar emociones y motivaciones puestas en juego en la tarea de aprender.

En séptimo lugar, hay que repensar la evaluación. La evaluación se orienta hacia el apoyo del proceso de aprendizaje, ya que es el método más eficaz para asistir a los estudiantes en su desarrollo académico y en la valoración de sus habilidades personales. Para lograr esto, la evaluación debe dejar de ser una actividad independiente del proceso educativo y convertirse en una parte integrada en la actividad escolar, incorporándose verdaderamente al proceso de enseñanza y aprendizaje. A esto Rebeca Anijovich (2019) llamó la *evaluación formativa*. Algunos ejemplos de estos métodos podrían ser los siguientes¹⁶:

- Actividades prácticas que buscan promover la capacidad de juicio autónomo, la habilidad para disentir y discrepar, y la capacidad de encontrar soluciones personales a problemas.
- Exámenes de aprendizaje con el objetivo de verificar si los estudiantes comprenden y aplican los conceptos esenciales de cada tema. Estos instrumentos capturan tanto la organización de los conocimientos como su estructura interna, alentando el uso de herramientas como mapas conceptuales y rúbricas.
- Trabajos de investigación que tienen como meta la exploración y el análisis. Se valora la solidez de los argumentos, la coherencia, la habilidad de reflexión crítica, el uso de fuentes bibliográficas adecuadas, el uso preciso del lenguaje y la presentación general.
- La autoevaluación por parte de los estudiantes como enfoque formativo, fomentando la responsabilidad y la reflexión sobre el proceso de aprendizaje.

¹⁶ Tomados de Navacerrada, C. L., & Mateos, S. (2018). *Neurodidáctica en el aula: transformando la educación*. Revista Iberoamericana de Educación, 78(1), 7-8.

- El portafolio, que recoge diversos trabajos y actividades realizados por el estudiante a lo largo del curso.
- Las rúbricas, que proporcionan pautas claras sobre lo que se espera y, al mismo tiempo, guían el proceso de aprendizaje a través del análisis de los errores.
- El diario de aprendizaje, un instrumento que fomenta la metacognición en los estudiantes. Cada estudiante reflexiona sobre lo que ha aprendido, las dificultades enfrentadas y las áreas en las que puede mejorar.
- Criterios de evaluación, que definen qué aspectos serán evaluados y qué indicadores se utilizarán. La transparencia y la coparticipación en la construcción de los criterios que se tendrán en cuenta para evaluar, implican que los estudiantes adquieran una comprensión clara de lo que se considerará correcto.

En el contexto de lo evaluativo, resultan de especial importancia, las retroalimentaciones o *feedback* que el docente puede hacer al estudiante. Como dice Melina Furman (2021),

nos beneficiamos cuando alguien nos ayuda a ver en qué necesitamos mejorar y nos muestra o da pistas sobre cómo podemos hacerlo distinto. Y también nos sirve que nos ayuden a darnos cuenta de qué estamos haciendo bien, para generar la plataforma de autoconfianza necesaria a fin de seguir trabajando en las partes difíciles (Enseñar distinto, pág. 135).

El objetivo radica en reconocer los progresos en comparación con los rendimientos y trabajos previos, conectando los comentarios del docente con los objetivos de aprendizaje. Esto permite que los estudiantes comprendan en qué medida y de qué manera están logrando esos objetivos. Este enfoque de retroalimentación desempeña un papel crucial en la motivación de los aprendizajes, ya que también es un factor que influye en la autoestima de los estudiantes al valorar su labor (Anijovich, 2019).

Dado su impacto en el ámbito emocional y subjetivo del estudiante, es esencial prestar una atención especial en la práctica de ofrecer *retroalimentación*. En algunas ocasiones, ciertos comentarios pueden afectar la sensibilidad del joven y llevar a la disminución de su disposición para llevar a cabo tareas. Además, se debe tener en

cuenta que la retroalimentación debe estar directamente vinculada al proceso de reorganización sináptica ya que, de lo contrario, carecería de efectividad. Por este motivo, podría ser beneficioso solicitar a los estudiantes que seleccionen un área para mejorar y presenten una versión revisada del trabajo o tarea en cuestión. También se podría plantear que respondan por escrito a dos de los comentarios que recibieron, o considerar alguna variante que los motive a actuar en función de las retroalimentaciones proporcionadas (Furman, 2021).

En octavo lugar, apostar por una cultura escolar que supere la tradicional idea de estar en clases en silencio, copiando y resolviendo actividades. Una escuela que se permita tener estudiantes entusiasmados por responder, por participar, por moverse y pensar. Pasillos cargados de jóvenes que están haciendo un recreo mental, que se distienden mientras se preparan para volver al aula, sin la necesidad de estar todos juntos, al mismo tiempo, en un recreo preestablecido escolarmente. Recreos que cuenten con actividades lúdicas guiadas y acompañadas por el docente y/o preceptor, relacionando las dinámicas con valores sociales y/o con los contenidos que se estuvieron desarrollando hasta ese momento.

Es importante resaltar el valor del juego en esta perspectiva. La gamificación educativa traslada la esencia del juego al entorno educativo, con el propósito de estimular y evocar emociones en los estudiantes, con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje. Esta metodología se fundamenta en el currículo educativo para idear una estrategia que integre elementos del juego, enmarcados en los conocimientos que deben comprenderse y asimilarse.

El juego, como un mecanismo innato genéticamente, despierta la curiosidad y brinda placer, permitiéndonos adquirir competencias esenciales para la vida, las cuales están en armonía con la naturaleza social del ser humano. La integración del aspecto lúdico en el aula ha sido demostrada como crucial para el aprendizaje de los estudiantes (Forés i Miravalles, Lligoiz Vázquez, & Torre Mañas, 2009). Esto se debe a que:

- Proporciona satisfacción. A través del juego, el estudiante experimenta, explora, comete errores y corrige, todo de manera natural y disfrutando del proceso.

- Estimula la curiosidad y la creatividad. Mediante el juego, el estudiante descubre nuevas oportunidades y se enfrenta a decisiones que requieren discernimiento, lo que lo impulsa a innovar y a ser más creativo.
- Construye autoconfianza. El feedback obtenido durante el juego motiva al estudiante a persistir y afrontar nuevos desafíos. Esto mejora su autoestima, su sentido de pertenencia al grupo y contribuye a desarrollar resiliencia.
- Funciona como un canal de expresión emocional. Durante el juego, el estudiante asume un rol activo y se expresa libremente, mostrando sus emociones de manera genuina.
- Fomenta la socialización. Todos los juegos tienen reglas que deben conocerse y respetarse, lo cual contribuye a internalizar normas de comportamiento social.
- Estimula el desarrollo físico, cognitivo y socioemocional. Diferentes tipos de juegos ejercitan distintas funciones, y cuando los niños juegan e interactúan en actividades grupales, su salud y desarrollo cerebral se ven beneficiados.

A su vez, el auge de los juegos digitales, no son intrínsecamente buenos ni malos. Su valor depende del contexto familiar, social y cultural en el que se utilicen. Por lo tanto, es fundamental seleccionarlos con criterio y emplearlos con moderación.

En este contexto, *Mate Marote* es una plataforma online de videojuegos de libre acceso inspirados en conocimientos de las neurociencias cognitivas que buscan evaluar y estimular de forma entretenida el desarrollo de las funciones ejecutivas en niños. Creada por Andrea Goldín, Verónica Nin y Alejandra Carboni, la propuesta busca dar cuenta de cómo, a través de juegos computarizados, se pueden mejorar algunos aspectos de las funciones ejecutivas. Según los estudios que realizaron las autoras, estos efectos se trasladaron en mejores rendimientos en lengua y matemática para aquellos niños que menos asistían a clase (Nin, Goldin, & Carboni, 2018).

Para integrar el juego en las aulas, hay que salir del enfoque de escuela tradicional. El desarrollo de enfoques alternativos, como actividades cooperativas, conexiones del aprendizaje con situaciones reales, la implementación del juego como

herramienta pedagógica y la inclusión de elementos artísticos y recursos visuales como videos, pueden demandar más tiempo que las clases convencionales, pero sin duda generarán una respuesta más positiva al proceso educativo propuesto (Aula Abierta, 2020).

Existen diversas formas de gamificar las clases, tratando de incorporar desafíos, etapas, objetivos y recompensas. Puede incluirse el uso de juegos o videojuegos que no son inherentemente educativos y transformarlos en recursos de aprendizaje, o bien emplear aplicaciones y juegos específicamente diseñados para enseñar conceptos particulares. Asimismo, es posible aplicar la gamificación en todo el proceso educativo o bien reservarla para la evaluación o momentos específicos (Aula Abierta, 2020).

Siguiendo la línea anterior, como noveno corolario y, en consonancia con lo planteado por Rosler y Goldín en el capítulo II, es necesario espaciar los aprendizajes. Según el médico y divulgador, el cerebro necesita tiempo para procesar y aprender la nueva información y le cuesta mucha energía hacerlo. Por esta razón, Goldín (2022), aconseja:

Lo mejor que podemos hacer como docentes con el propósito de educar para el futuro es espaciar lo más posible los momentos de aprendizaje. Una buena manera consiste en fomentar el repaso del contenido visto varias clases antes por medio de tareas o ejercicios. Otra posibilidad es mezclar el contenido de distintas unidades, en lugar de dictar toda una unidad junta. Como vemos, se pueden pensar distintas estrategias para utilizar el mismo material que ya tenemos preparado, pero jugando con el tiempo. Por ejemplo, si proponen a los estudiantes que discutan un tema en grupos, ¡elijan uno que hayan visto la semana anterior o en otra unidad del libro! (Neurociencia en la escuela: guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje, pág. 196).

Finalmente, como último corolario, se puede inferir que aceptar la incorporación de las neurociencias a la educación favorece, en última instancia, la especialización de la educación como disciplina científica. Disciplina caracterizada históricamente por su necesidad de colaboración multifactorial, en la cual se requiere habilidad para generar un diálogo interdisciplinario fecundo y eficaz. Así pues, la pedagogía dialoga con la psicología, con la política, el derecho, la antropología, la matemática, la tecnología, entre muchas otras; constituyendo nuevos paradigmas

interdisciplinarios tales como los CTS¹⁷ y los STEM¹⁸. La neuroeducación podría considerarse dentro del conjunto de paradigmas educativos emergentes que ponen esta habilidad epistémica en consideración.

El análisis de estos hallazgos revela una serie de intenciones fundamentales que buscan ofrecer al sistema educativo un modo correcto de integración de las neurociencias, valorando sus aportes pero, también, sosteniendo los límites epistemológicos necesarios para su validación dentro del contexto pedagógico. Estas intenciones, cuidadosamente trazadas, convergen en una visión integral y progresista para la educación del siglo XXI. A medida que se puede profundizar en la esencia de estas intenciones, se hace evidente que su alcance trasciende el ámbito de la educación tradicional y se extiende hacia un enfoque multidimensional que abarca desde la pedagogía hasta la salud emocional y la colaboración interdisciplinaria.

La primera intención que surge, entonces, es la promoción de la integración de las neurociencias en la educación como un paradigma innovador. Esta perspectiva reconoce el potencial transformador de las neurociencias al ofrecer nuevas perspectivas sobre cómo los estudiantes aprenden y se desarrollan. La educación deja de ser un proceso unidireccional y pasa a ser una experiencia dinámica que se adapta a las complejas interacciones cerebrales y emocionales de los estudiantes. En este sentido, las neurociencias se convierten en una herramienta esencial para nutrir la innovación educativa y romper con enfoques estáticos que ya no se ajustan a las necesidades cambiantes de la sociedad.

En paralelo, se destaca la importancia de cuestionar la influencia de la ideología neoliberal del cerebro en la educación. Este llamado a la reflexión crítica resalta la necesidad de examinar cuidadosamente los discursos dominantes que pueden enmarcar

¹⁷ ‘CTS’ son las siglas de ‘Ciencia, Tecnología y Sociedad’. Se trata de una disciplina que surge de la necesidad de entender cómo la tecnología y la ciencia afectan a la sociedad y cómo la sociedad influye en el desarrollo de la tecnología y la ciencia. En el ámbito educativo, CTS es tanto un campo de estudio e investigación como una propuesta educativa innovadora de carácter general. Su principal finalidad es la formación de valores que haga posible una mayor participación ciudadana responsable en el control de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología.

¹⁸ STEM proviene de las siglas en inglés ‘Science (ciencia), Technology (tecnología), Engineering (ingeniería) y Mathematics (matemáticas)’. Es un método cuyo enfoque educativo se basa en estas cuatro disciplinas y emplea un aprendizaje interdisciplinario basado en situaciones y problemas reales. Su utilidad radica en promover la integración de estas disciplinas de manera interdisciplinaria, fomentando habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración.

la comprensión de las neurociencias en la educación. La percepción del cerebro como una entidad meramente funcional, sujeto a optimización y resultados cuantificables, se ve desafiada por una visión que busca humanizar la educación y considerar al estudiante como un ser completo y en proceso de desarrollo emocional y existencial.

CONCLUSIONES FINALES

Retomando el objetivo general de este Trabajo, que es analizar los aportes de las neurociencias a la educación, así como los criterios epistemológicos para la evaluación de su validez y alcance; se puede contemplar que el recorrido temático justifica la hipótesis planteada: es posible incorporar los conocimientos de las neurociencias a la educación, como propuesta de innovación educativa.

El Capítulo I aborda la necesidad de establecer parámetros de interdisciplinariedad entre las neurociencias y la educación, destacando los principales aportes de reconocidos expositores que abordan el tema. Se presentan diversos estudios y autores que han trabajado la relación entre las neurociencias y la educación, desde diferentes perspectivas.

Las principales discusiones que se presentan en este capítulo son:

- La necesidad de establecer un diálogo entre las neurociencias y la educación, para lograr una interrelación disciplinaria que permita mejorar el aprendizaje y las estrategias de enseñanza.

- La dificultad de aplicar los conocimientos de las neurociencias en la educación, debido a que éstos suelen ser muy complejos y requieren de un alto grado de especialización.

- La falta de consenso en la comunidad científica sobre qué aspectos de las neurociencias son los que realmente pueden ser útiles para mejorar la educación.

- La necesidad de establecer criterios rigurosos para la evaluación de los aportes de las neurociencias en la educación, para evitar caer en el reduccionismo o el determinismo biológico.

En el Capítulo II se expone la relación entre las neurociencias y la educación, así como los principales conceptos y posicionamientos elaborados por reconocidos especialistas en estos campos.

La metodología de investigación empleada en esta sección es el análisis de discurso de las entrevistas realizadas a los especialistas. A través de las entrevistas, se van explicitando los criterios que cada experto tiene en cuenta para la elaboración de la

interdisciplina entre las neurociencias y la educación. De esta forma, se busca conocer de primera mano los conocimientos y la experiencia de los expertos en el campo.

Los temas abordados en el mencionado apartado son:

- Los conceptos básicos de las neurociencias y de la educación.
- Las relaciones entre la neurociencia y la educación.
- El papel de las emociones y la motivación en el aprendizaje.
- Los efectos del estrés en el aprendizaje.
- La importancia del sueño en el aprendizaje.
- Los efectos de la nutrición y el ejercicio físico en el aprendizaje.
- Los aportes de las neurociencias para la intervención educativa.
- Las implicaciones éticas y sociales de la aplicación de las neurociencias en la educación.

El Capítulo III del Trabajo presenta un caso de aplicación de una propuesta de innovación educativa que permite proyectar las posibilidades de práctica efectiva que tienen las neurociencias en la educación. Se detalla la intervención diseñada y se describen los resultados obtenidos de la experiencia educativa innovadora. La metodología empleada en esta sección es principalmente el estudio de caso y la observación participante.

En este sentido, el caso que se presenta en el Capítulo III es solo un ejemplo particular, que permite intuir cómo una estrategia de innovación educativa puede ser aplicada particularmente en una Institución y cuáles son los logros posibles por obtener. Sin embargo, no se logra generalizar los resultados de este caso para concluir acerca de la implementación de los aportes de las neurociencias en la educación en general, debido a que el caso no pertenece estrictamente al campo aquí planteado.

El Capítulo IV tiene como objetivo presentar una interpretación de los datos obtenidos en el trabajo, analizando ciertas discusiones, a fin de establecer las posibilidades que pueden ofrecer las conexiones entre las neurociencias y la educación.

En esta sección, se hace un análisis detallado de los hallazgos teóricos y prácticos obtenidos en los capítulos anteriores. A través de este análisis, se identifican las

principales tendencias e ideas presentes en los datos y se realizan una serie de conexiones, formulados en diez corolarios. Entre ellos se destaca:

- Las posibilidades que ofrecen las neurociencias para el diseño de programas educativos que se adapten a las necesidades de los estudiantes para favorecer el proceso de aprendizaje y enriquecer las estrategias de enseñanza.

- La importancia que tienen las emociones en el proceso de aprendizaje. Las neurociencias permiten conocer los procesos cognitivos y emocionales del aprendizaje, lo que puede permitir una mejor comprensión de los estudiantes y una mejora en su bienestar emocional.

- La necesidad de la formación y capacitación de los profesores en el ámbito de las neurociencias y su interrelación con la educación.

- La necesidad de realizar investigaciones más profundas y amplias en el campo de las neurociencias y su relación con la educación, para poder llegar a conclusiones más sólidas acerca de las posibilidades que ofrece esta interdisciplina.

Se concluye, de esta manera que, dados los desafíos que presenta esta problemática y las limitaciones con las que cuenta el presente Trabajo, la hipótesis se alcanza bajo el supuesto de que las neurociencias aportan a la educación al modo de fuerza de innovación, desde un diálogo interdisciplinario estrictamente.

V.1. LIMITACIONES

El diálogo entre las neurociencias y la educación es un campo de estudio en constante evolución y expansión. Aunque este Trabajo ha logrado abordar una variedad representativa de perfiles de expertos en la materia, es importante reconocer que la muestra no es exhaustiva. La selección de los expertos se realizó en base a criterios específicos, lo que podría limitar la representatividad de las conclusiones obtenidas a partir de la información proporcionada. Por lo tanto, se debe tener precaución al generalizar los resultados obtenidos en las entrevistas (Creswell, 2014).

Además, aunque este Trabajo ha buscado esbozar las principales conexiones y aportes de la interdisciplinariedad entre las neurociencias y la educación, la relación entre ambas disciplinas es muy amplia y compleja. Se requieren estudios adicionales que

profundicen en aspectos específicos de esta relación para poder ofrecer una comprensión más completa y rigurosa (Ansari & Coch, 2006).

Por otro lado, se eligió intencionadamente posicionarse desde el ámbito de la educación y plantear desde allí la interrelación con las neurociencias. Por lo tanto, ciertas variables específicas de las neurociencias pueden representar un factor de confusión. En este sentido, es importante continuar investigando y explorando los aportes de las neurociencias a la educación, para poder identificar en detalle los factores que pueden influir y cómo hacer uso de ellos en beneficio del aprendizaje (Bruer, 1997).

Con respecto a la necesidad de realizar investigaciones empíricas para comprobar la hipótesis planteada, es fundamental contar con estudios rigurosos que permitan verificar la efectividad de las intervenciones educativas basadas en los aportes de las neurociencias. De esta forma, se podrán obtener resultados más concretos e informados de la eficacia de dichas intervenciones (Goswami, 2006).

En conclusión, aunque la investigación desarrollada proporciona importantes aportes teóricos y conceptuales acerca de la interdisciplinariedad entre las neurociencias y la educación, es necesario continuar profundizando en la materia para completar la comprensión de la misma y comprobar la efectividad de dichas intervenciones en el aprendizaje de los estudiantes.

V.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y RELEVANCIA

Como se ha planteado, es necesario que el diálogo interdisciplinario entre neurociencias y educación se plantee de manera efectiva. Bajo esta realidad, se encuentra que, al modo de innovación educativa, las neurociencias enriquecer y transformar estrategias de enseñanza y mejorar los procesos de aprendizaje, adaptando el sistema educativo a las demandas actuales y con los actuales recursos de análisis con que se dispone.

Las neurociencias aportan una comprensión cada vez más profunda del funcionamiento cerebral y de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje. Este conocimiento puede enriquecer las prácticas pedagógicas existentes al proporcionar una base científica para ellas. Sin embargo, con este argumento, es crucial entender que las

neurociencias no deben considerarse como un reemplazo de la pedagogía tradicional, sino como un complemento que puede mejorar su efectividad y relevancia.

Desde la perspectiva de los expertos en educación, el diálogo entre las neurociencias y la educación puede generar tanto resistencia como entusiasmo. Por un lado, la introducción de nuevos enfoques basados en hallazgos neurocientíficos puede desafiar las prácticas establecidas y suscitar dudas sobre su aplicabilidad en el contexto educativo. Por otro lado, existe un impulso entre quienes buscan renovar el sistema educativo, reconociendo el potencial de las neurociencias para mejorar la enseñanza y favorecer el aprendizaje.

Vale aclarar, entonces que, desde la óptica de la educación, las neurociencias son parte de un impulso de innovación. La innovación educativa es un concepto que ha sido definido por varios pedagogos. Según Carbonell (2001), la innovación educativa se define como

una serie de intervenciones, decisiones y procesos, con cierto grado de intencionalidad y sistematización, que tratan de modificar actitudes, ideas, culturas, contenidos, modelos y prácticas pedagógicas (p. 18).

Además, el mismo autor destaca algunos elementos, componentes y objetivos del proceso de innovación educativa, entre los que se pueden citar¹⁹:

1. El cambio y la innovación son experiencias personales que adquieren un significado particular en la práctica, ya que esta debe atender tanto los intereses colectivos como los individuales.

2. La innovación permite establecer relaciones significativas entre distintos saberes de manera progresiva para ir adquiriendo una perspectiva más elaborada y compleja de la realidad.

3. La innovación trata de convertir las escuelas en lugares más democráticos, atractivos y estimulantes.

4. La innovación trata de provocar la reflexión teórica sobre las vivencias, experiencias e interacciones del aula.

¹⁹ Adaptación realizada a partir de Carbonell, J (2001) La aventura de innovar: el cambio en la escuela. Madrid: Morata.

5. La innovación rompe con la clásica escisión entre concepción y ejecución, una división propia del mundo del trabajo y muy arraigada en la escuela mediante el saber del experto y el "no saber" del profesorado, mero aplicador de las propuestas y recetas que le dictan.

6. La innovación amplía el ámbito de autonomía pedagógica —que no socioeconómica— de los centros y del profesorado.

Podemos entender así que la innovación educativa implica un conjunto de acciones intencionales y sistemáticas que buscan modificar aspectos de la práctica educativa con el objetivo de mejorar y avanzar en la formación de los estudiantes. Estas intervenciones deben considerar tanto los intereses colectivos como los individuales, establecer relaciones significantes entre distintos saberes, fomentar la reflexión teórica y promover la autonomía pedagógica.

En otro importante desarrollo del tema, José Félix Angulo Rasco (1994) se pregunta “¿qué es una innovación? ¿qué relación guarda con el cambio?” (pág. 357). Haciendo un importante recorrido bibliográfico e interpretativo, el autor concluye en que la innovación educativa contempla cambios en tres dimensiones básicas: la dimensión organizativa, que incluye cambios en los procesos, estructuras y relaciones en la escuela y en otras instituciones educativas; la dimensión didáctica, que supone la transformación de la metodología y estrategias pedagógicas utilizadas en el aula; y la dimensión curricular, que implica cambios en los objetivos, contenidos y evaluación del currículo educativo.

Por tanto, la innovación educativa se entiende como un proceso complejo, multidimensional e interdependiente que tiene por objeto mejorar la calidad del proceso educativo y los resultados del aprendizaje. Sin embargo, se debe hacer consciente que la implementación de una innovación educativa no supone la mera aplicación directa de la misma, sino que es un proceso organizativo y social que implica interacciones entre el proyecto educativo y los ambientes educativos en los que se pretende implantar. Por tanto, la implementación de una innovación también es un proceso complejo y sujeto a variación, modificación y transformación en su uso.

Siguiendo los planteos en esta materia, podemos considerar los siguientes niveles de concreción curricular: la innovación educativa puede manifestarse en la adaptación de los planes y programas de estudio a las características específicas de los

alumnos, la inclusión de metodologías activas y participativas, el uso de recursos tecnológicos, la promoción de la creatividad y el pensamiento crítico, entre otros aspectos.

La innovación educativa no solo implica cambios en la estructura curricular, sino también en la forma en que se desarrollan las clases, se evalúa el aprendizaje y se fomenta la autonomía de los estudiantes.

Entre las tendencias en innovación educativa actualmente se encuentran la gamificación, la pedagogía inversa y el aprendizaje colaborativo.

De esta manera, se puede visualizar con esta perspectiva por qué los educadores entienden que los aportes de las neurociencias constituyen fuerzas que impulsan la innovación.

Aun así, en este Trabajo se infiere que el alcance de los mismos se limita a ayudar y justificar las estrategias de enseñanza que educadores ya tienen, haciendo lo que ya hacen, pero mejor. En este sentido, quienes optan por no considerar a las neurociencias como parte de la innovación educativa, se pueden preguntar: ¿puede una escuela adoptar una pedagogía basada íntegramente en las neurociencias?

A fin de responder este planteo y, haciendo un recorrido final por los aportes y desafíos que este Trabajo ofrece, creemos que es importante pensar la educación como un campo multidisciplinario que se beneficia de una variedad de enfoques y perspectivas. Las neurociencias pueden proporcionar valiosos conocimientos sobre cómo los estudiantes aprenden y cómo se puede mejorar la enseñanza. Sin embargo, la educación también debe tener en cuenta factores sociales, culturales, emocionales y otros aspectos que las neurociencias pueden no abordar completamente.

Además, aunque las neurociencias pueden fundamentar las prácticas educativas, la aplicación directa de los hallazgos neurocientíficos en el aula puede ser desafiante. Los hallazgos de las neurociencias a menudo se basan en investigaciones realizadas en entornos controlados que pueden no reflejar completamente la complejidad y la diversidad de las aulas reales.

Por lo tanto, aunque las neurociencias pueden jugar un papel importante en este sentido, es poco probable que una escuela base su pedagogía íntegramente en las neurociencias. Más bien, las neurociencias son una de las muchas bases de conocimiento que los expertos en educación pueden utilizar y, en última instancia, a partir de la misma,

generar estrategias de innovación educativa. Tal vez por esta razón no se ha podido encontrar un estudio de caso específico en la materia.

En suma, creemos que es crucial promover un enfoque integrado que valore tanto la experiencia acumulada en educación como los avances científicos proporcionados por las neurociencias. La colaboración entre educadores y neurocientíficos puede facilitar la incorporación de los hallazgos científicos en prácticas pedagógicas efectivas y relevantes. Esta colaboración también puede identificar áreas de investigación prioritarias y comunes, que respondan a las necesidades específicas de educadores y estudiantes.

Es importante, entonces, destacar que el diálogo entre las neurociencias y la educación debe basarse en el respeto mutuo y la comprensión de las particularidades de cada disciplina. A partir de allí, se podrá construir un puente de colaboración y diálogo, desde nuevos conceptos y metodologías en común (Benarós, Lipina, Segretin, Hermida, & Colombo, 2010). Sin esto, las neurociencias no deben imponer sus métodos a la educación, ni esta última debe adoptar los hallazgos neurocientíficos de manera acrítica.

La promoción de la colaboración interdisciplinaria y la reflexión crítica se erigen como una columna vertebral en la implementación de una pedagogía enriquecida con los aportes de las neurociencias. Como se pudo observar, hay un fuerte mercado que ‘vende’ a las neurociencias como ‘la’ solución y ‘la’ alternativa que se impone frente a la crisis de la educación tradicional.

De esta manera, con criterios epistemológicos claros y habiendo sido instruidos en una verdadera interdisciplinariedad, la educación ya no es la responsabilidad exclusiva de los educadores, sino que se convierte en un esfuerzo colectivo que involucra a científicos, académicos, formuladores de políticas, familias y, por supuesto, a los propios estudiantes. Esta colaboración dinámica y diversa se traduce en un enfoque educativo complejo, capaz de abordar de manera integral las necesidades de los jóvenes de hoy.

En definitiva, la evolución educativa impulsada por las neurociencias requiere una reflexión profunda y un compromiso continuo con el desarrollo y la implementación de enfoques innovadores, epistémicos y éticos. A medida que nos encontramos en un mundo en constante cambio, debemos cruzar puentes hacia nuevos campos disciplinares

y establecer conexiones que nos permitan abordar de manera efectiva los desafíos y las oportunidades de la educación del siglo XXI.

ANEXO A: BREVE RESUMEN DE LA TRAYECTORIA DE CADA ESPECIALISTA ENTREVISTADO

ANTONIO BATTRO



Figura 15: Imagen tomada de <https://www.pas.va/en/academicians/ordinary/battro.html>

Nació el 06/02/1936. Premio Konex 1986. Doctor en Psicología Experimental (Universidad de París, 1961) y en Medicina (UBA, 1985). Trabajó en el Centro Internacional de Epistemología Genética de Ginebra. Director Asociado de la Escuela Práctica de Altos Estudios en el Laboratorio de Psicología Experimental y Comparada de París (1979). Obtuvo las Becas *Guggenheim*, *Fulbright* y *Eisenhower*. *Visiting Professor* de la Universidad de Harvard (2002-03). Consultor internacional de instituciones educativas y empresas en temas de educación y rehabilitación. Miembro de la Pontificia Academia de Ciencias, Jefe de Educación de la Fundación OLPC y Presidente de IMBES. Miembro de la Academia Nacional de Educación. Estudia la aplicación de las nuevas tecnologías informáticas en el desarrollo de las capacidades neurocognitivas. Algunas de sus publicaciones: *Dictionnaire D'Épistémologie Génétique* (1966), *Computación y aprendizaje especial* (1986), *La educación digital* (1998) y *The educated brain* (2000) con K. Fischer y P. Léna. Primer Premio Nacional de Ciencias, Psicología y Educación (1970) y el Premio Mira y López en Río de Janeiro (1979).

Ha sido uno de los primeros en introducir las herramientas de la computación en la enseñanza de personas discapacitadas en la Argentina, Uruguay y Brasil. Se dedica a la aplicación de las nuevas tecnologías informáticas en el desarrollo de las capacidades neurocognitivas (Academia Nacional de Educación, s.f.).

ANDREA GOLDÍN | <https://www.linkedin.com/in/andrea-goldin/>



Figura 16: Imagen tomada de <https://www.lanacion.com.ar/opinion/andrea-goldin-desde-las-neurociencias-no-hay-casos-perdidos-nunca-es-tarde-para-aprender-nid23102022/>

Licenciada en Ciencias Biológicas y Doctora en Ciencias Fisiológicas (UBA) y tiene un Diploma Superior en Educación y nuevas tecnologías (Flacso). Desde hace más de dos décadas se especializa en neurociencias; en particular, en ciencias cognitivas. Es investigadora adjunta del CONICET en el Laboratorio de Neurociencia (UTDT). Es miembro de la comisión directiva de Expedición Ciencia, es investigadora asociada del Centro para la Evaluación de Políticas basadas en Evidencia (CEPE), forma parte de la red de expertos en Ciencias del comportamiento de la Unidad de Ciencias del comportamiento y políticas públicas del Poder Ejecutivo Nacional (Argentina) y es parte del *Chair of Science for Education* (UNESCO). Es autora de más de una veintena de trabajos científicos, publicados en prestigiosas revistas internacionales, y ha dictado conferencias en varios países. Ha ganado el Premio Innovadores menores de 35 años (MIT) y actualmente es *Fellow de Learning Sciences Exchange* (*Jacobs Foundation* y *New America*). Es activa comunicadora de las ciencias y autora de *Neurociencia en la escuela. Guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje* (Siglo XXI editores). Es profesora de Neurociencias en nivel de grado y posgrado en varias universidades nacionales e internacionales (UDESA, s.f.).

ROBERTO ROSLER | <https://www.linkedin.com/in/roberto-rosler>

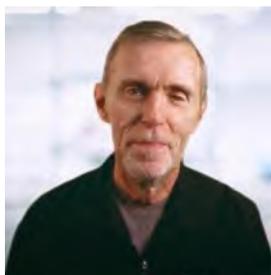


Figura 17: Imagen tomada de <https://asociacioneducar.com/beneficios-de-la-siesta>

Médico Neurocirujano.

Director del Diplomado Universitario de Capacitación Docente en Neurociencias (Universidad Abiertas Interamericana) y del Curso Universitario de Neurosicoeducador (Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Buenos Aires). Autor y coautor de más de 40 publicaciones científicas. Galardonado por la Academia Nacional de Medicina con el premio Bernardino Rivadavia (2016) al mejor trabajo original e inédito realizado en la República Argentina orientado a la "Investigación de la etiología o el tratamiento del cáncer" por su experiencia original sobre radiocirugía fraccionada en tumores cerebrales. Profesor Titular de Neurofisiología, Carrera de Psicopedagogía, Pontificia Universidad Católica de Buenos Aires. Profesor Titular de Neurociencias I y Neurociencias II, Carrera de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Buenos Aires. Docente Adscrito a la Cátedra, Departamento de Neurocirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires. Coordinador y Profesor de Neuroanatomía, Maestría en Neuropsicología, Instituto Universitario Hospital Italiano. Profesor de Introducción a la Neuropsicología, Maestría en Neuropsicología, Instituto Universitario Hospital Italiano. Profesor de Neurofisiología, Maestría en Neuropsicología, Instituto Universitario Hospital Italiano. Director académico del Curso Universitario de Neurosicoeducador, Secretarí a de Extensión Universitaria, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires. Director del Curso Universitario de Neurociencias para Educadores, Secretaría de Extensión Universitaria, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires. Director del Diplomado Universitario de Capacitación Docente en Neurociencias, Universidad Abierta Interamericana. Profesor del Diplomado en Neuroaprendizaje, Universidad de Madero. Profesor de Aprendizaje y Neurociencias, postítulo de Actualización Docente, Instituto Las Nieves. Miembro Titular de la Asociación Médica Argentina. Miembro Titular (por concurso) de la Asociación Argentina de Neurocirugía. Miembro Titular del Colegio Argentino de Neurocirugía. (AEC, s.f.)

FLORENCIA SALVAREZZA | <https://www.linkedin.com/in/florencia-salvarezza>



Figura 18: Imagen tomada de <https://www.infobae.com/educacion/2023/06/11/florencia-salvarezza-todos-los-chicos-pueden-aprender-a-leer-en-primer-grado/>

Florencia Salvarezza es directora del Instituto de Neurociencias y Educación de la Fundación INECO (Instituto de Neurología Cognitiva. Argentina). Licenciada en Letras, con especialización en Lingüística con una larga carrera como docente en departamentos de Lingüística de Universidades en Argentina y Bélgica, como profesora adjunta de cátedra de Psicología Evolutiva en Argentina y como *visiting scholar* en el departamento de lingüística del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en USA entre muchas otras responsabilidades.

Es especialista clínica en trastornos específicos del lenguaje y su relación con los trastornos del espectro autista, la dislexia y los trastornos cognitivos atípicos. Directora del Departamento de Lenguaje de INECO y coordinadora de la Clínica de Dislexia y del Programa de Tratamiento de la Tartamudez a lo largo de la vida. Es consultora para el gobierno de Argentina en un momento en el que este analiza cambios de fondo en el Sistema Educativo. Realiza formaciones, charlas y conferencias para docentes, directivos escolares en foros nacionales e internacionales en las áreas de lenguaje y comunicación infantil y en el área de la neurociencia aplicada a la educación (IntegraTek, s.f.).

MARISA DÍAZ



Figura 19: Captura de pantalla de la grabación de la entrevista

Marisa Díaz es profesora en Ciencias de la Educación. Fue docente en instituciones educativas de nivel medio y superior de La Rioja. Fue directora de Planeamiento, secretaria de Educación y ministra de Educación de la Pcia. de La Rioja. A nivel nacional, fue Coordinadora del Área de Formación Docente, directora de Desarrollo Institucional en el Instituto Nacional de Formación Docente (INFoD), directora nacional de Gestión Educativa, Subsecretaria de Planeamiento Educativo y secretaria Académica de la Universidad Pedagógica Nacional (UNIPe). También fue Secretaría General del Consejo Federal y ejerció el cargo de secretaria de Educación de la Nación hasta el año 2021, asumiendo los grandes desafíos y las demandas que presentó la pandemia del COVID 19 en los años 2020 y 2021 a nivel educativo. Actualmente es asesora del Ministerio de Educación de la Pcia. de La Rioja y tiene a cargo la organización del Observatorio de Políticas Educativas del mismo Ministerio (Nueva Rioja, s.f.).

ALEJANDRO ARTOPOULOS | <https://www.linkedin.com/in/alejandro-artopoulos>



Figura 20: Imagen tomada de <https://www.lanacion.com.ar/autor/alejandro-artopoulos-2370/>

Es investigador del CONICET y director Académico del Centro de Innovación Pedagógica (UdeSA). Profesor de Tecnología y Cambio Educativo (UdeSA). Miembro de la Carrera de Investigador de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC). Sociólogo de la Universidad de Buenos Aires (UBA), Máster en Gestión de la Tecnología (UBA). Profesor Invitado en UBA, FLACSO, UNICEN, UNQ, UdelaR (Uruguay) y Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Fue Consejero Asesor de Conectar Igualdad, consultor UNESCO, BID, PNUD, INTEL, AACREA, Samsung, OIT, Ministerios de Educación y Ciencia, Tecnología e Innovación productiva. Especializado en Sociología Digital, se interesa en la plataformización del desarrollo, las tecnopedagogías y el pensamiento computacional aplicado.

ANEXO B: GUÍA DE PREGUNTAS USADAS EN LAS ENTREVISTAS

- ¿De qué manera usted se ha involucrado en el dialogo entre neurociencias y educación?
- ¿Cómo usted cree que se da el aporte que hacen las neurociencias a la educación en este tiempo? ¿Qué novedad traen?
- ¿Qué pilares cree usted que son fundamentales para tener en cuenta cómo aprende el cerebro y sobre todo en la diagramación de una clase?
- ¿Cómo se puede pensar una escuela en estos términos? ¿Conoce proyectos educativos o instituciones que se basen explícitamente en las neurociencias para formular su pedagogía?
- ¿Qué se necesita actualmente para construir el puente entre neurociencias y educación? ¿Es viable?
- ¿Usted cree que el marketing que hay sobre las neurociencias y la escuela obstaculiza el dialogo interdisciplinario?
- ¿Qué otros obstáculos visualizan para generar la interrelación?

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hexágono original de Gardner en la obra <i>The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution</i> , Basic Books, Inc., Publishers, New York, 1987, pág. 37	7
Figura 2: Molde de cera en ventrículos de un cerebro bovino (1508). Se observan los resultados del experimento realizado por Leonardo Da Vinci (<i>The brain c.1508-9</i>).	13
Figura 3: Ilustración del cerebro correspondiente a la segunda edición de la <i>Fábrica</i> de Vesalio (1555), en la que se muestra la localización de la glándula pineal (L), justo en el centro de la cavidad craneal. Tomada de López-Muñoz, F., Rubio, G., Molina, J. D., & Alamo, C. (2012).	13
Figura 4: Situación anatómica de la glándula pineal, según los planteamientos de Descartes y la interpretación del ilustrador Florent Schuyl (figura XXXIV de <i>De Homine</i> , 1662).	14
Figura 5: La neurona piramidal de la corteza cerebral (1904), de Santiago Ramón y Cajal.	16
Figura 6: Foto de las llaves del pensamiento con las que trabajan los niños.	69
Figura 7: Espacio de La Caverna: Busca la internalización del conocimiento o la experiencia. El espacio está equipado con sillones tipo “puffs” y es ideal para la tarea solitaria, la reflexión y la intromisión, adecuado para momentos en que se realizan lecturas.	69
Figura 8: Espacio del Pozo de Agua: Donde se aprende de los compañeros. El espacio se configura por mesas de cuarto de círculo que se pueden unir formando diferentes diseños para el trabajo en parejas, grupal o general, ideal para el trabajo entre pares y el diálogo.	70
Figura 9: Espacio de La Fogata: Un entorno asimétrico en donde uno habla mientras otros escuchan. El espacio está conformado por gradas, lo que facilita la atención cuando un docente explica, lee un cuento al grupo, o un estudiante muestra su producción.	70
Figura 10: Foto de un aula donde las mesas se arman con diferentes configuraciones y todo se coloca a la altura de los niños.	70
Figura 11: Foto en la que se puede ver cómo hay cortinas que permiten separar ambientes y aislar sonidos o abrirse y comunicar espacios.	71
Figura 12: Foto de todos espacios comunicados	71
Figura 13: Sala preparada para ver videos y películas largas	71

Figura 14: Foto del pasillo principal donde hay un lugar para dejar las cosas de cada uno. También se puede observar que hay una puerta para los niños y otra para los adultos.....	71
Figura 15: Imagen tomada de https://www.pas.va/en/academicians/ordinary/battro.html	112
Figura 16: Imagen tomada de https://www.lanacion.com.ar/opinion/andrea-goldin-desde-las-neurociencias-no-hay-casos-perdidos-nunca-es-tarde-para-aprender-nid23102022/	113
Figura 17: Imagen tomada de https://asociacioneducar.com/beneficios-de-la-siesta	114
Figura 18: Imagen tomada de https://www.infobae.com/educacion/2023/06/11/florencia-salvarezza-todos-los-chicos-pueden-aprender-a-leer-en-primer-grado/	115
Figura 19: Captura de pantalla de la grabación de la entrevista	116
Figura 20: Imagen tomada de https://www.lanacion.com.ar/autor/alejandro-artopoulos-2370/	117

REFERENCIAS

- Academia Nacional de Educación.* (s.f.). Obtenido de <http://www.acaedu.edu.ar/index.php/institucional/miembros/11-miembros-de-numero/36-dr-antonio-battro>
- AEC. (s.f.). Obtenido de <https://asociacioneducar.com/staff>
- Aguasvivas, J., & Carreiras, M. (2022). Bilingualism, Foreign Language Learning, and Cognition: Insights for Education. En M. Alves, R. Ekuni, M. Hermida, & J. Valle-Lisboa (Edits.), *Cognitive Sciences and Education in Non-WEIRD Populations* (págs. 153–168).
- Alonso, J. (2018). *Historia del cerebro*. Salamanca: Almuzara.
- Andrés, M. L., Canet Juric, L., Vernucci, S., & Galli, J. I. (2018). *Nuevos desafíos en la escuela: aportes de la psicología cognitiva y la neurociencia*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Angulo Rasco, J. F. (1994). Innovación, Cambio y Reforma: Algunas Ideas para Analizar lo que está Ocurriendo. En J. F. Angulo Rasco, & N. Blanco, *Teoría y Desarrollo del Currículum*. Malaga: Ediciones Aljibe.
- Anijovich, R. (2019). *Orientaciones para la formación docente y el trabajo en el aula: retroalimentación formativa*. Chile: Summa.
- Ansari, D., & Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 146–151.
- Artopoulos, A. (27 de febrero de 2023). Entrevista a Alejandro Artopoulos sobre neurociencias y educación. (J. I. Simes, Entrevistador) Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1P-TA3BRh2923hoKMKAaNpQHhsG3v9rBe/view?usp=sharing>
- Aula Abierta. (28 de mayo de 2020). *La importancia del juego para el aprendizaje*. Obtenido de Aula Abierta de la UNVM: <https://aulaabierta.info/gamificacion-la-importancia-del-juego-a-la-hora-de-aprender/>
- Baquero, R. (2001). La educabilidad bajo sospecha. *Cuaderno de Pedagogía Rosario*(9).
- Battro, A. (2007). Homo Educabilis: A neurocognitive approach. *What is our real knowledge about the human being?*, 46-60. Obtenido de <https://www.pas.va/content/dam/casinapioiv/pas/pdf-volumi/scripta-varia/sv109/sv109-battro.pdf>
- Battro, A. (2011). Neuroeducación: el cerebro en la escuela. En S. Lipina, & M. Sigman, *La Pizarra de Babel. Puentes entre las neurociencias, psicología y educación* (págs. 25-70). Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Battro, A. (7 de enero de 2023). Entrevista a Antonio Battro sobre la neurociencias y educación. (J. I. Simes, Entrevistador) Obtenido de

<https://drive.google.com/file/d/1IafO5Bk5AbH2-V315b7PbJMfbLRUvZmx/view?usp=sharing>

- Battro, A. M., Calero, C. I., Goldin, A. P., Holper, L., Pezzatti, L., Shalóm, D. E., & Sigman, M. (2013). The Cognitive Neuroscience of the Teacher–Student Interaction. *Mind, Brain, and Education*, 7(3), 177-181.
- Battro, A., & Cardinali, D. (1996). *Más cerebro en la educación*. Buenos Aires: La Nación.
- Bello, S. C., Valero, L. E., & Rincón, C. F. (2019). Funcionamiento ejecutivo por áreas asociado a tipos de lateralidad en universitarios. *Neurología Argentina*, 11(4), 192-201. doi:10.1016/j.neuarg.2019.08.004
- Benarós, S., Lipina, S., Segretin, M., Hermida, M., & Colombo, J. (2010). Neurociencia y educación: hacia la construcción de puentes interactivos. *Rev. Neurol*(50), 179-86. Obtenido de https://www.academia.edu/3111386/Neurociencia_y_educaci%C3%B3n_hacia_la_construcci%C3%B3n_de_puentes_interactivos
- Beorlegui, C. (2007). Filosofía de la mente: visión panorámica y situación actual. *Realidad: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*(111), 121-160.
- Bilinkis, S. (2019). *Guía para sobrevivir al presente: Atrapados en la era digital*. Penguin Random House Grupo Editorial Argentina.
- Blanco, C. (2014). *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Bowers, J. S. (2016). The Practical and Principled Problems with Educational Neuroscience. *Psychological Review*, 123(5), 600-612.
- Bruer, J. (1997). Neuroscience and the Brain: A Bridge Too Far. *Educational Researcher*, 8. Obtenido de https://www.jsmf.org/about/j/education_and_brain.pdf
- Bruer, J. (2016). Neuroeducación: un panorama desde el puente. *Propuesta educativa*, 46, 14-25. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1995-77852016000200003&lng=es&tlng=es
- Bruer, J. (2016). Where Is Educational Neuroscience? *Educational Neuroscience*, 1, 1-12. doi:10.1177/2377616115618036
- Buckingham, D. (2008). Alfabetizaciones en medios digitales. Un enfoque alternativo del uso de la tecnología en la educación. En D. Buckingham, *Más allá de la tecnología. Aprendizaje infantil en la era de la cultura digital*. Buenos Aires: Manantial.
- Calero, C., Shalom, D., Spelke, E., & Sigman, M. (2019). Language, gesture, and judgment: Children's paths to abstract geometry. *Journal of Experimental Child Psychology*, 177, 70-85.

- Carbonell, J. (2001). *La aventura de innovar: el cambio en la escuela*. Madrid: MORATA.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming Critical. Education, Knowledge and Action Research*. Londres: Falmer.
- Carreiras, M. (2019-2022). *DYSTHAL. Dyslexia and the thalamus: Integrating anatomy and function in a mechanistic account of the reading brain*. Barcelona: “la Caixa” Foundation.
- Castorina, J. A. (2016). La relación problemática entre neurociencias y educación. Condiciones y análisis crítico. *Propuesta Educativa*, 46, 26-41. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4030/403049783004.pdf>
- CESD. (s.f.). *Facebook*. Obtenido de https://www.facebook.com/cesdcordoba/about_details?locale=es_LA
- Changeux, J. P. (1985). *El hombre neuronal*. Madrid: Espasa.
- Changeux, J., & Ricoeur, P. (2001). *La naturaleza y la norma*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Corredor, K., & Cárdenas, F. (2017). Neuro- ‘lo que sea’: inicio y auge de una pseudociencia para el siglo XXI. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 49(2). Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-latinoamericana-psicologia-205-articulo-neuro-lo-que-sea-inicio-auge-S0120053417300171>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (4th ed. ed.). California: SAGE.
- Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático: Cómo nacen, viven y a veces mueren los números en nuestra mente*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Díaz Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada. Vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Díaz, M. (2023 de febrero de 2023). Entrevista a Marisa Díaz sobre Neurociencias y Educación. (J. I. Simes, Entrevistador) Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1P8KvX4svpQhDsQYtdVp7GC1nChP-jtsW/view?usp=sharing>
- Dubet, F. (2004). ¿Mutaciones institucionales y/o neoliberalismo? En E. Tenti, *Gobernabilidad de los sistemas educativos en América Latina*. (págs. 15-43). Buenos Aires: IIPE-UNESCO.
- Edelenbosch, R. K. (2015). Brain-Based Learning and Educational Neuroscience: Boundary Work. *Mind, Brain and Education*, 9(1), 40-49.
- Fernández, M. (2001). *Educación en tiempos inciertos*. Madrid: Morata.
- Fischer, K. W. (2010). The future of educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 4(2), 68-80.

- Forés i Miravalles, A., Ligoiz Vázquez, M., & Torre Mañas, M. E. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: Aprender desde, en y para la vida* (1. ed. en lengua castellana ed.). Barcelona: Editorial UOC.
- Forés, A., & Ligoiz, M. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: aprender desde, en y para la vida*. Barcelona: UOC.
- Freire, P. (1970). *Pedagogía del Oprimido*. Siglo XXI Editores.
- Fuentes Canosa, A., & Collado Ruano, J. (2019). Fundamentos epistemológicos transdisciplinarios de educación y neurociencia. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*(26), 83-113. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441857903002>
- Furman, M. (2021). *Enseñar distinto*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno editores.
- Gago Galvagno, L. G., & Elgier, Á. M. (2018). Trazando puentes entre las neurociencias y la educación. Aportes, límites y caminos futuros en el campo educativo. *Psicogente*, 21(40), 476-494.
- García Moreno, L., & Sanhueza, C. (2008). Psicobiología y neurociencia en la formación pedagógica. *Revista de Psicología y Educación*, 149-161.
- Geake, J. (2005). Educational neuroscience and neuroscientific education: in search of a mutual middle way. *Research Intelligence*, 92(1), 10-13.
- Goldín, A. (2022). *Neurociencia en la escuela: guía amigable (y sin bla bla) para entender cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje*. Buenos Aires: Siglo XXI editores.
- Goldín, A. (26 de enero de 2023). Entrevista a Andrea Goldín sobre Neurociencias y Educación. (J. I. Simes, Entrevistador) Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1NgzMCcVZ-uYt0pTC_vCL7ZE8ijyAYY7h/view?usp=sharing
- Golombek, D. (2011). *Cavernas y Palacios: en busca de la conciencia en el cerebro*. Buenos Aires : Siglo XXI editores.
- Golombek, D. (2012). Cronoeducación: Un tiempo para sembrar, un tiempo para cosechar, un tiempo para aprender. En M. Sigman, & S. Lipina, *La pizarra de Babel: puentes entre neurociencia, psicología y educación* (págs. 171-182). Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Libros del Zorzal.
- Golombek, D. (29 de marzo de 2021). Diego Golombek: dormir para aprender. (Aula Abierta, Entrevistador) Universidad Nacional de Villa María.
- González Leandri, R. (2018). Dilemas de la educación patriótica y la cohesión social argentina, comienzos del siglo xx. *Estudios Sociales*(57), 137-159.
- Gonzalez-Gadea, M. L., Scheres, A., Tobon, C. A., Damm, J., Baez, S., Huepe, D., . . . Ibañez, A. (2015). Stop saying that it is wrong! Psychophysiological, cognitive, and metacognitive markers of children's sensitivity to punishment. *PLoS One*, 10(7), e0133683. Obtenido de

<https://pdfs.semanticscholar.org/1d08/55a648d05ff82b53038b28eb9b85bd9123af.pdf>

- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature reviews neuroscience*, 5, 406-413.
- Guillén, J. (2017). *Neuroeducación en el aula. De la teoría a la práctica*. Barcelona: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Gvirtz, S., & de Podestá, M. E. (2010). *Mejorar la escuela: acerca de la gestión y la enseñanza*. Buenos Aires: Granica.
- Harvard. (s.f.). *Project Zero*. Obtenido de <http://www.pz.harvard.edu/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW HILL INTERAMERICMA EDITORES.
- Higuera Rubio, D. M. (2010). El declive de la escuela moderna y sus rituales: ¿hay lugar para la memoria del pasado reciente en Argentina? *Práxis Educativa*, 5(2), 149-160.
- Huergo, J., & Morawicki, K. (2004). *Re-leer la escuela para re-escribirla*. Obtenido de Dirección de Educación Superior de la DGCyE de la provincia de Buenos Aires: <http://educacion.sanjuan.edu.ar/LinkClick.aspx?fileticket=ggCbOSGFxK4%3D&tabid=646>
- IntegraTek*. (s.f.). Obtenido de <https://integratek.es/curriculum-floencia-salvarezza/>
- Kuhn, T. (1991). *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Kvale, S. (2011). *Las Entrevistas en Investigación Cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Lipina, S. J., Hermida, M. J., Segretin, M. S., Prats, L., Frachia, C., & Colombo, J. A. (2012). Investigación en pobreza infantil desde perspectivas neurocognitivas. En M. Sigman, & S. Lipina, *La pizarra de Babel: puentes entre neurociencia, psicología y educación* (págs. 275-300). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Lipina, S., & Sigman, M. (2011). *La pizarra de Babel: puentes entre neurociencia, psicología y educación*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Logares, S. (10 de Noviembre de 2021). Sobre la propuesta pedagógica del CESD en el nivel inicial. (J. I. Simes, Entrevistador)
- Logares, S. (2023). *Evaluación de los cambios aplicados en el nivel inicial*. Córdoba: Centro Educativo Santo Domingo.
- López, L. (2019). *Escuelas que meditan. Cómo programar mindfulness en los centros educativos*. Bilbao: Desclée de Brouwer.

- López-Muñoz, F., Rubio, G., Molina, J. D., & Alamo, C. (2012). The pineal gland as physical tool of the soul faculties: A persistent historical connection. *Neurología*, 27(3), 161-168.
- Maggio, M. (2012). *Enriquecer la enseñanza: los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad*. Buenos Aires: Paidós.
- Magide, B. (2021 de febrero de 2021). *El ABC del ABP*. Obtenido de Educ.ar: <https://www.educ.ar/recursos/155741/el-abc-del-abp>
- Maureira Cid, F. (2018). Plasticidad sináptica, BDNF y ejercicio físico. *Revista Digital de Educación Física*, 40, 83-94.
- Montiel Vaquer, I. (2017). Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al estado de la cuestión. *Revista Doctorado UMH*, 3(2). Obtenido de <https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/641/992>
- Narodowski, M. (1999). *Después de clase: Desencantos y desafíos de la escuela actual*. Buenos Aires: Ediciones Novedades Educativas.
- Navacerrada, C. L., & Mateos, S. (2018). Neurodidáctica en el aula: transformando la educación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78(1), 7-8.
- Nin, V., Goldin, A. P., & Carboni, A. (2018). Mate Marote: videogames to stimulate the development of cognitive processes. *IEEE-RITA*, 14(1), 1-10.
- Nueva Rioja. (s.f.). Obtenido de <https://nuevarioja.com.ar/politica/marisa-diaz-es-secretaria-de-educacion-de-la-nacion.htm#:~:text=D%C3%ADaz%20es%20profesora%20en%20Ciencias,y%20Ministra%20de%20Educaci%C3%B3n%20provincial>.
- Palamidessi, M., & Gvirtz, S. (1998). *El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza*. Buenos Aires: Aique.
- Perrenoud, P. (2000). *Aprender en la escuela a través de proyectos: ¿por qué?, ¿cómo?* Facultad de Psicología y de Ciencias de la Educación.: Universidad de Ginebra.
- Pinzón Rueda, M. (2022). La neuroarquitectura y los escenarios educativos incluyentes. *Limaq*, 97-115. doi:<https://doi.org/10.26439/limaq2022.n009.5442>
- Piovani, J. (2007). La entrevista en profundidad. En A. Marradi, N. Archenti, & J. Piovani, *Metodología de las Ciencias Sociales*. Buenos Aires: Emecé.
- Puebla, R., & Talma, M. P. (2011). Educación y neurociencias: La conexión que hace falta. *Estudios pedagógicos*, 37(2), 379-388. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052011000200023>
- Rodríguez Santos, F. (2009). Educación y neurociencia. *Psicología Educativa*(15), 27-38.
- Román, F., & Poenitz, V. (2018). La neurociencia aplicada a la educación: aportes, desafíos y oportunidades en América Latina. *Revista Latinoamericana de Educación Infantil*, 7(1), 88-93.

- Rosler, R. (10 de enero de 2023). Entrevista a Roberto Rosler sobre neurociencias y educación. (J. I. Simes, Entrevistador) Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1NGqc865k29HktWJl3HtLbfoGGr1XOe-/view?usp=sharing>
- Salles, A., Ais, J., Semelman, M., Sigman, M., & Calero, C. (2016). The metacognitive abilities of children and adults. *Cognitive Development, 40*, 101-110.
- Salvarezza, F. (13 de febrero de 2023). Entrevista a Florencia Salvarezza sobre neurociencias y educación. (J. I. Simes, Entrevistador) Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1OTMI4W0gycEz1K0QBYG_MZ0s-p2qE_qZ/view?usp=sharing
- Santos, J. A. (2022). *Pedagogía freireana y neurociencia educacional: un diálogo posible*. Brasilia: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rbeped/a/fTckDr3WjnjMDy4Hs4q43Qs/?format=pdf>
- Schaeffer, J.-M. (2009). *El fin de la excepción humana* (Vol. 1 ed.). Buenos Aires: FCE.
- Sigman, M. (marzo de 25 de 2020). Mariano Sigman: la Neurociencia como ejercicio de comprensión del otro. (J. Guillén, Entrevistador) Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=pmih_8LF18A&ab_channel=AulaAbierta
- Simes, J. (2022). Tecnología Educativa: del complemento a la incorporación. *Miradas en Foco*, 5-13. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1CzUoK0isUwgy1-dKE2IWsZiKTt5ExUpj/view>
- Small, G. (2009). *El cerebro digital. Cómo las nuevas tecnologías están cambiando nuestra mente*. Barcelona: Urano.
- Terigi, F. (2007). Los desafíos que plantean las trayectorias escolares. *III Foro Latinoamericano de Educación: Jóvenes y docentes. La escuela secundaria en el mundo de hoy*.
- Terigi, F. (2011). Ante la propuesta de “nuevos formatos”: elucidación conceptual. *Quehacer educativo*.
- Thornburg, D. (2014). *From the Campfire to the Holodeck*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Tyack, D., & Cuban, L. (2001). *En busca de la utopía: un siglo de reformas de las escuelas públicas*. México: FCE.
- UDESA. (s.f.). Obtenido de <https://udesa.edu.ar/cuerpo-docente/andrea-goldin>
- Varela, F. (2002). *El fenómeno de la vida*. España: Dolmen.
- Wittgenstein, L. (1986). *Investigaciones Filosóficas*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Zimmerman, B. (2001). Becoming a Self-Regulated Learner. *Theory into Practice, 41*(2), 64-70.

