

Aplicación de un modelo educativo constructivista basado en evidencia empírica de la neurociencia y sus implicancias en la práctica docente

Sandra P. Araya-Crisóstomo^{1,2} y Mabel Urrutia^{*}

(1) Facultad de Educación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile (correo-e: maurritia@udec.cl)

(2) Facultad de Ciencias básicas, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile (correo-e: saraya@ucm.cl)

* Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Nov. 18, 2021; Aceptado Ene. 19, 2022; Versión final Mar. 19, 2022, Publicado Ago. 2022

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo investigar la aplicación de ejes pedagógicos de un modelo educativo constructivista, basado en evidencia neurocientífica, y de etapas de un ciclo didáctico constructivista en profesores de Chile. Se realizó una observación etnográfica a profesores de distintos niveles educativos del sistema escolar chileno, a través de la aplicación de pautas de observación. Se hace un análisis estadístico para identificar frecuencias de aplicación de ejes del modelo y de etapas del ciclo didáctico. Los resultados muestran que los ejes aplicados con mayor frecuencia fueron exploración auténtica, protagonismo del estudiante y grupos interactivos. Las etapas del ciclo didáctico realizadas con mayor frecuencia fueron iniciación, experimentación y sistematización. Los ejes menos aplicados fueron actividades motivantes y énfasis en el contexto. Las etapas del ciclo menos desarrolladas fueron metacognición y teorización. Se concluye que los ejes y etapas del ciclo menos aplicados dan cuenta de aspectos metodológicos de la práctica docente que no se han llevado a cabo íntegramente.

Palabras clave: modelo educativo; estrategias pedagógicas; neurociencia; práctica docente; ciclo didáctico

Educational model based on neuroscientific empirical evidence and its implications for in classroom teaching practice

Abstract

The primary objective of this study was to assess the application of pedagogical axes of a constructivist educational model based on neuroscientific evidence by using stages of a constructivist didactic cycle for teachers from Chile. Observation guidelines were applied to conduct an ethnographic observational assessment of teachers at different educational levels in the Chilean school system. Statistical analyses served to identify the application frequencies of the model's axes and the stages of the didactic cycle. The results showed that the most frequently applied axes were authentic exploration, student leadership, and interactive groups. The most frequently performed stages of the didactic cycle were initiation, experimentation, and systematization. In contrast, the least applied axes were motivating activities and context emphasis and the least developed stages of the cycle were metacognition and theorizing. It is concluded that the least applied axes and stages of the cycle account for teaching practice methodological aspects that are not completely implemented.

Keywords: educational model; pedagogical strategies; neuroscience; teaching practice; didactic cycle

INTRODUCCIÓN

La discusión actual sobre educación se ha centrado en el rol que cumplen los diversos actores del proceso educativo como: la familia, las escuelas, las autoridades, el estado y, en particular, los profesores. Es indiscutible la importancia del trabajo y calidad docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, producto del acompañamiento que estos realizan durante la etapa escolar de los estudiantes. Una enseñanza de calidad es fundamental para el aprendizaje de los alumnos, pero la calidad de los sistemas educativos no puede estar por sobre la calidad de sus profesores (Wilson, 2009). En las últimas décadas, el trabajo docente ha experimentado cambios profundos a causa de diversos procesos sociales (inmigración, interculturalidad, inclusión, entre otros) y científicos (auge tecnológico), los cuales demandan una mayor profesionalización por parte del docente. La educación actual busca promover un aprendizaje activo de los estudiantes desde lo cognitivo, ético y emocional, así como también facilitar la comprensión y aplicación de los conocimientos enseñados, capacitar a los estudiantes para valorar su propia cultura, formar para convertir a los jóvenes en ciudadanos activos y responsables, y preparar a los estudiantes para relacionarse con sus emociones y las de los demás y con su entorno (García, 2015). En este nuevo escenario, el profesor sigue teniendo un papel fundamental como facilitador en los procesos de aprendizaje de sus estudiantes, por tanto, una formación de calidad y sus futuras acciones en la práctica educativa son fundamentales en el proceso de mejora de la calidad en la educación.

Un docente efectivo diseña clases y actividades coherentes con los objetivos de aprendizaje que busca obtener, y crea secuencias que faciliten la adquisición de saberes y el desarrollo de habilidades. También utiliza estrategias metodológicas adecuadas al nivel de complejidad de cada contenido y a las características e ideas previas de sus alumnos (Stronge, 2007). Este ideal de profesor antes descrito parece lejano a la realidad chilena, en gran medida, porque la mayoría de los docentes no cuenta con las capacidades necesarias para estructurar, desde la mirada constructivista, secuencias de actividades y clases que favorezcan el aprendizaje. Lo anterior es preocupante, ya que el logro de mejores aprendizajes se vincula con la calidad del trabajo pedagógico en el aula y sus diversos elementos como la organización de la clase, la calidad de la interacción profesor-alumno o el uso del tiempo, entre otras.

Por las razones antes mencionadas, resulta de vital importancia poder avanzar en la investigación y fortalecimiento de la formación inicial y continua de los docentes chilenos, con especial énfasis en el conocimiento y aplicación de modelos de enseñanza innovadores y estrategias didácticas que permitan satisfacer las necesidades que surgen del nuevo rol docente en el contexto del paradigma constructivista en el cual se desarrolla el modelo educativo actual. El objetivo de este estudio es evaluar la aplicación de los principios educativos planteados por el modelo de Howard-Jones y de las etapas del ciclo didáctico constructivista, en las clases realizadas bajo este modelo neuroeducativo por parte de profesores de distintos niveles educativos de la Región del Bío-Bío, con el fin de poder avanzar en la investigación sobre el conocimiento y aplicación de modelos educativos constructivistas e innovadores, que permitan satisfacer las necesidades que surgen del nuevo rol docente.

OTROS ANTECEDENTES

Hay una serie de antecedentes adicionales que es necesario detallar para documentar en mejor forma este trabajo: i) Modelo constructivista como alternativa al modelo conductista; ii) Estructura de la clase y ciclos didácticos constructivistas; y iii) Formación inicial docente.

Modelo constructivista como alternativa al modelo conductista

Un modelo de enseñanza es un plan estructurado que se utiliza para orientar la enseñanza en las aulas (Ramos et al., 2021). Los modelos de enseñanza permiten a los profesores abordar los procesos de enseñanza y aprendizaje de diversas formas. A través de los modelos de enseñanza utilizados en cada clase, el profesor espera motivar a sus alumnos, resolver problemas planteados, proponer actividades didácticas y evaluar resultados de aprendizaje.

El modelo tradicional de enseñanza conductista de transmisión-recepción, es tal vez el modelo más arraigado entre los profesores, pero también uno de los más cuestionados en el contexto educativo actual. A nivel de formación inicial de profesores, este modelo tradicional sigue siendo el más utilizado, ofreciendo prácticas rutinarias, con pocas iniciativas realmente innovadoras desde el punto de vista pedagógico. A partir de los estudios en psicología cognitiva, realizados por Jean Piaget en relación con el desarrollo genético de la inteligencia, se desarrolla un nuevo enfoque distinto al conductista, denominados enfoque constructivista, que hasta el día de hoy son el paradigma dominante en investigación cognoscitiva en educación (Sithara y Faiz, 2017).

El constructivismo es una teoría de aprendizaje que se enfoca en el sujeto que aprende, quien participa activamente en el proceso. Plantea que el conocimiento es una construcción del ser humano sobre su propia realidad y la de su entorno, que depende de dos aspectos: de los conocimientos previos que se tenga de la

información nueva y de la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto (Xu, 2019). Además, destaca la importancia de la interacción entre las personas y del entorno en la adquisición de conocimientos y habilidades (Cobb y Bowers, 1999), lo que Vigotsky define como “zona de desarrollo próximo” y que atribuye al docente un papel principal como facilitador del desarrollo de estructuras mentales en el alumno, para que éste pueda construir aprendizajes complejos (Gökçe, 2020).

El paradigma educativo constructivista se basa en los aportes de la psicología cognitiva sobre el aprendizaje humano y reconoce que el estudiante además de incorporar información, debe en paralelo aprender estrategias cognitivas que le permitan adquirir, recuperar y utilizar el conocimiento adquirido (Sithara y Faiz, 2017). Pese a la validación y amplia implementación que el modelo constructivista tiene a nivel educativo en el mundo, existen críticas al constructivismo clásico que se centran principalmente en que este enfoque ha llevado a extremos el aprendizaje por descubrimiento, el uso de contextos sociales y el abordaje pedagógico en base a situaciones complejas (Anderson et al., 2001). Otra perspectiva educativa es el aprendizaje basado en el cerebro o compatible con el cerebro, el cual se fundamenta en la investigación propia del cerebro para explicar los principios del aprendizaje, es decir, es un proceso que se basa en la implementación de estrategias prácticas sustentadas por principios derivados de la investigación del cerebro (Gülpinar, 2005).

Ahora bien, desde la neurociencia cognitiva, se ha podido establecer que el cerebro humano requiere de una mediación didáctica que facilite la incorporación de la información externa según su estructura cognitiva. Al respecto, Howard-Jones *et al.* (2016) plantea que la Neuroeducación busca, a partir de la información relacionada con la conducta (psicología cognitiva) y la biología (neurociencia), entender cómo los estudiantes aprenden. Sin embargo, también es claro en afirmar que, suponer que la neuroeducación es un puente directo a cómo enseñar es una idea equivocada y, más bien propone que dichos conocimientos sean transformados en intervenciones basadas en principios pedagógicos, y evaluados por medio de pruebas conductuales o marcadores neurales de manera experimental.

Los hallazgos de la psicología cognitiva han tenido repercusión y utilidad, especialmente en el diseño de nuevos modelos de enseñanza y en propuestas de estrategias didácticas y enfoques metodológicos innovadores basados en el procesamiento cerebral de la información. En particular, el constructivismo y la neurociencia cognitiva han considerado modelos que explican el funcionamiento de procesos mentales tales como las funciones ejecutivas (Goswami, 2004). Un ejemplo de ello es el modelo educativo desarrollado por Howard-Jones, en conjunto con investigadores de la red NeuroEducational, quienes han planteado un modelo de “niveles de acción” que busca, por una parte, comprender la relación cerebro-mente-comportamiento, y por otra, plantear interrelaciones entre metodologías de investigación educativa y la neurociencia que sean útiles en la investigación neuroeducativa (Howard-Jones, 2011). Este modelo plantea el aprendizaje como una construcción social, en donde el cerebro se modifica a través de las interacciones sociales que el estudiante establece con sus pares, construyendo vínculos y relaciones con los otros. El modelo se sustenta en dos principios: *la plasticidad cerebral* y *el aprendizaje como construcción social*. Además, propone cinco ejes fundamentales para el aprendizaje (Urrutia, 2016): una *exploración auténtica*, *actividades motivantes*, *grupos interactivos de trabajo*, *protagonismo del alumno* y *énfasis en el contexto* (Howard-Jones, 2011).

Estructura de la clase y ciclos didácticos constructivistas

La estructura habitual que se ha establecido para la realización de una clase, y que se basa en estos tres momentos: *inicio*, *desarrollo* y *cierre*, coincide con la estructura establecida por el Ministerio de Educación en Chile en sus documentos técnicos y en su sistema de evaluación docente, así como también con la estructura promovida en su mayoría por los *currícula* de carreras de pedagogía y, que tiene por objetivo distinguir la intención pedagógica de cada etapa de la clase. Sin embargo, este formato de organización de clases ha favorecido al modelo de transmisión-recepción, que concibe el rol del profesor como un simple transmisor de contenidos, y desconoce la forma en la que se construye el conocimiento y las relaciones sujeto/sujeto y sujeto contexto. Una estructura distinta a la tradicional de clases son los modelos o ciclos didácticos (o de aprendizaje) constructivistas, donde el profesor es un guía y los protagonistas son los estudiantes, quienes gracias a dinámicas grupales y estrategias didácticas contextualizadas adquieren los aprendizajes propuestos (Marzabal et al., 2015).

Un ciclo o modelo didáctico es un plan estructural o conjunto de principios educativos, que orienten al profesorado en los objetivos educativos y procesos de enseñanza-aprendizaje a desarrollar en la sala de clases. En el modelo o ciclo didáctico constructivista, se espera que el docente diseñe e implemente estrategias didácticas que promuevan la apropiación del conocimiento por parte del alumnado para que éste pueda usarlo en diversos contextos. Un ejemplo de ciclo de aprendizaje fundamentado en la teoría de aprendizaje constructivista es el planteado por Urrutia (2016), el cual se diferencia de otros ciclos por basar sus fundamentos en ejes provenientes desde la neuroeducación, específicamente, en los principios propuestos por el modelo educativo de Howard-Jones. Este ciclo didáctico considera 5 etapas: *iniciación* (cuyo objetivo es generar la motivación intrínseca del estudiante), *experimentación* (donde se realizan actividades en equipo con el fin de aplicar conceptos, teorías o procesos), *sistematización* (etapa en la cual los alumnos organizan el contenido y socializan sus experiencias), *metacognición* (la que por medio de alguna actividad,

permite al alumno darse cuenta del conocimiento aprendido), *teorización* (momento en el cual el profesor retroalimenta a los estudiantes y refuerza lo que no se logró aprender con claridad). La autora hace hincapié en que las elecciones de las estrategias didácticas utilizadas en cada etapa del ciclo de aprendizaje sean coherentes con los procesos cognitivos a desarrollar en el estudiante (Urrutia, 2016).

Formación inicial docente

La calidad de la labor docente en Chile se mide de manera indirecta en términos de los resultados que los estudiantes obtienen en pruebas estandarizadas como SIMCE (Sistema Nacional de Evaluación de la Calidad de la Educación) PISA (Programme for International Student Assessment) o TIMMS (Tendencias en el Estudio Internacional de Matemática y Ciencias). Al respecto, los últimos resultados PISA indican que en Chile la mayoría de los estudiantes en el área de lenguaje no alcanzan las competencias básicas que les permitirán aprender e integrarse a la comunidad, en tanto que en matemáticas y ciencias un gran porcentaje no han desarrollado competencias mínimas en esas áreas (Agencia de Calidad de la Educación, 2019). Estos bajos resultados de los estudiantes en pruebas estandarizadas evidencian la falta de efectividad en el trabajo pedagógico y debilidades en la formación inicial de profesores.

Respecto al último punto, la formación inicial docente en Chile, durante los últimos años, ha sido objeto de diversos estudios, centrados en el análisis de políticas de formación docente, en la calidad de las instituciones que forman profesores, pero por sobre todo en los procesos de formación de formadores (Avalos, 2014). Un ejemplo de ello es el análisis que las universidades realizan año a año, sobre los resultados que sus estudiantes de pedagogía obtienen en la Evaluación Nacional Diagnóstica, con el fin de mejorar sus procesos de formación de profesores. Algunos de los resultados de estas pruebas dan cuenta que los futuros profesores tienen debilidades en el diseño e implementación de experiencias pedagógicas contextualizadas, en la aplicación de métodos de evaluación para observar el progreso de sus estudiantes, en la vinculación entre la formación pedagógica y la de especialidad, entre otras (MINEDUC, 2019). Pese a la existencia de mediciones externas, falta mejorar en sistemas de seguimiento y evaluación internos de los programas de formación, así como también la formación en neurociencia cognitiva y educación emocional de los futuros docentes, dada la relevancia que se ha evidenciado en los últimos años en relación con el estudio de la neurociencia y las emociones y su importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la interacción con otros individuos (Sigman et al., 2014).

Para alcanzar mejoras en los procesos de enseñanza-aprendizaje, en los resultados de aprendizajes de los estudiantes chilenos, es imprescindible una formación inicial y continua que forme profesores capacitados en métodos de enseñanza y metodologías metacognitivas que promueva el desarrollo de competencias y habilidades de pensamiento crítico, reflexión y metacognición. Modelos innovadores de enseñanza de tipo constructivista como los basados en evidencia neurocientífica, que incorporan una educación emocional, son ejemplo de ello y un camino a seguir para aumentar los niveles de aprendizaje, promover la convivencia y cooperación, con el fin de mejorar la calidad de la educación de nuestros estudiantes. De acuerdo a la literatura presentada, surgen ciertas interrogantes relacionadas con el conocimiento de modelos educativos constructivistas basados en evidencia empírica de la neurociencia, ¿De qué manera se incorpora la evidencia empírica basada en la neuroeducación como un elemento que ayude a mejorar los procesos de aprendizaje? ¿Cómo se refleja en las prácticas pedagógicas de los docentes en el aula, la incorporación de la evidencia neurocientífica?, ¿Cómo se aplica la metodología constructivista en el aula de clases? ¿Cómo se aplican las etapas del ciclo didáctico en el aula? ¿Cuáles son las estrategias participativas que más favorecen el aprendizaje en los estudiantes al trabajar con un modelo basado en evidencia neurocientífica?.

El objetivo de este estudio es investigar sobre la aplicación de los ejes pedagógicos de un modelo educativo basado en neurociencia y las etapas de un ciclo didáctico constructivista, por parte de profesores de la Regiones del Bío-Bío y del Maule, Chile, con el fin de poder avanzar en la investigación sobre el conocimiento y aplicación de modelos constructivistas innovadores, que permitan satisfacer las necesidades que surgen del nuevo rol docente. Nuestra hipótesis plantea que es posible incorporar evidencia neurocientífica a través de la aplicación de un modelo educativo y un ciclo didáctico constructivista, para la mejora de la práctica docente y de los procesos de aprendizaje.

METODOLOGÍA

El enfoque de investigación se enmarcó en un estudio descriptivo, transversal y comparativo. Es descriptivo porque busca caracterizar el fenómeno a estudiar, es transversal pues recolecta información en un solo momento (en un tiempo único) y es comparativo porque busca establecer diferencias entre las variables a estudiar.

Muestra

Participó un total de 20 profesores (18 mujeres y 2 hombres) de educación primaria (12 docentes), secundaria (6 docentes) y educación superior (2 docentes), de distintos establecimientos educacionales de las Regiones de Bío-Bío y Maule, Chile. Los profesores participantes cursaron el Diploma en Neurociencia Aplicada a la

Educación de la Facultad de Educación de la Universidad de Concepción, un perfeccionamiento docente de 150 horas que les permitió aplicar metodologías innovadoras en el aula, de acuerdo a los principios del modelo basado en neurociencia de Howard-Jones.

Procedimiento

Los docentes de la muestra recibieron formación en neurociencia, de acuerdo a evidencias empíricas vinculadas al aprendizaje y el modelaje del ciclo didáctico de corte constructivista con estrategias participativas. Como evaluación final del Diploma, se solicitó a los docentes grabar una clase en su contexto educativo, donde aplicaran el modelo constructivista basado en neurociencia de Howard-Jones y las etapas del ciclo didáctico constructivista. Para fines del presente estudio, se solicitó a los docentes participantes (previa firma de sus consentimientos informados) la planificación de su clase y el video de su clase grabada. Con el fin de obtener evidencia sobre la aplicación de los principios educativos planteados por el modelo de Howard-Jones y las etapas de un ciclo didáctico constructivista, se realizó un trabajo de observación etnográfica de los videos de los 20 profesores participantes a través de la aplicación de pautas de observación construidas en base a la bibliografía consultada y que posteriormente fueron validadas por expertos. Debido al problema de accesibilidad de la muestra y su consiguiente limitación para establecer un grupo control, se optó por analizar las planificaciones de clases antes y después de la retroalimentación por parte de la profesora a cargo del Diploma y se pudo constatar que, las planificaciones antes de la retroalimentación en su mayoría seguían el modelo conductista, es decir, clases que no promueven las emociones positivas en sus estudiantes, con uso de recursos poco motivadores y sin contextualización de los contenidos a enseñar, clases poco participativas, individualistas, en que el centro del aprendizaje está en el profesor. La prevalencia del modelo educativo conductista en las clases de los docentes participantes previo al curso de Diploma es consistente con diversos estudios que plantean que el modelo conductista sigue siendo el más preponderante en Chile (Vaillant, 2016).

Elaboración de Instrumentos

El primer instrumento elaborado fue la *Pauta de observación de clases para la aplicación de principios de un modelo educativo basado en neurociencia*, diseñada en función de los ejes fundamentales para el aprendizaje planteados por Howard-Jones (H-J) los cuales son: *exploración auténtica, actividades motivantes, grupos interactivos de trabajo, protagonismo del alumno y énfasis en el contexto* (Howard-Jones, 2011). La pauta de observación busca observar las conductas de los profesores durante el desarrollo de su clase, pero también observar el comportamiento de los estudiantes como grupo, frente a la clase de cada profesor. Es importante señalar que la pauta se basó en varios criterios presentes en el Marco para la buena enseñanza como, por ejemplo, los del dominio B (creación de un ambiente propicio para el aprendizaje) y C (enseñanza para el aprendizaje de todos los estudiantes). El marco para la buena enseñanza es un instrumento guía para los docentes chilenos, ya que identifica prácticas docentes fundamentales para generar un aprendizaje de calidad en los estudiantes e indica lo que el docente debe saber y debe abordar tanto en la sala de clases como en su comunidad escolar. Una vez elaborado el instrumento se hizo una validación de contenido por parte de especialistas en el área de educación. El instrumento consta de 21 conductas a observar tanto en el profesor como en sus estudiantes. Del total de conductas a observar, 5 tenían relación con el eje de H-J “exploración auténtica”, 4 con el eje de H-J “actividades motivantes”, 4 con el eje de H-J “grupos interactivos de trabajo”, 4 con el eje “protagonismo del alumno” y 4 con el eje “énfasis en el contexto”. Para cada una de las conductas a observar, existían 4 criterios de evaluación en relación con que tan frecuentemente aplicaba cada una de las conductas en su clase. Los criterios de evaluación y su puntuación se presentan a continuación: siempre (4 puntos), generalmente (3 puntos), ocasionalmente (2 puntos), casi nunca (1 punto).

El segundo instrumento elaborado fue la *Pauta de observación de clases para aplicación de las etapas del ciclo didáctico constructivista basado en neurociencia*. La construcción de esta pauta de observación se realizó en base a la teoría de aprendizaje constructivista planteado por Urrutia (2016), el cual considera 5 etapas: *iniciación, experimentación, sistematización, metacognición y teorización*. Al igual que en la pauta de observación de los ejes del modelo basado en neurociencia, esta pauta de observación del ciclo didáctico también busca observar las conductas de los profesores durante el desarrollo de su clase y a la vez el comportamiento que tienen los estudiantes como grupo, frente a la clase de cada profesor. Además, cabe señalar que la pauta se basó en varios criterios presentes en el Marco para la buena enseñanza, instrumento que identifica buenas prácticas docentes para generar un aprendizaje de calidad en los estudiantes. Una vez elaborado el instrumento se hizo una validación de contenido por parte de especialistas en el área de educación y didáctica. El instrumento consta de 19 conductas a observar, tanto en el profesor como en sus estudiantes. Del total de conductas a observar, 4 tenían relación con la etapa del ciclo didáctico “iniciación”, 4 con la etapa “experimentación”, 4 con la etapa “sistematización”, 4 con la etapa “metacognición” y 3 con la etapa “teorización”. Para cada una de las conductas a observar, existían 4 criterios de evaluación en relación con que tan frecuentemente aplicaba cada una de las conductas en su clase. Los criterios de evaluación y su puntuación se presentan a continuación: siempre (4 puntos), generalmente (3 puntos), ocasionalmente (2 puntos), casi nunca (1 punto).

Análisis de los datos

Con el fin de analizar los datos cuantitativamente, se otorgó puntaje a cada una de las categorías de evaluación de las pautas de observación y se obtuvo un puntaje total para las conductas de cada profesor y de sus estudiantes y posteriormente se transformó ese puntaje a porcentaje. Luego, estos valores fueron ingresados a una base de datos en el programa SPSS Statistics 26, para su análisis estadístico con el fin de determinar las frecuencias en relación con la presencia de los ejes de aprendizaje y principios del modelo de Howard-Jones y etapas del ciclo didáctico constructivista, además de establecer diferencias estadísticamente significativas entre ejes y etapas de aprendizaje educativos presentes en las prácticas de profesores.

RESULTADOS

A continuación, se presentan y analizan los resultados del análisis descriptivo y análisis inferencial del presente estudio.

Análisis descriptivo de resultados para ejes del modelo de H-J

En primera instancia se realizó un análisis descriptivo de los resultados obtenidos, a partir de las pautas de observación (Tabla 1). Respecto a los ejes del modelo de H-J, la media para la aplicación de ejes del modelo educativo para el grupo de profesores muestran que el eje o dimensión que tiene los porcentajes promedio de logro más altos son *protagonismo del estudiante* (media= 70.5) y *exploración auténtica* (media= 67.25), en tanto que el eje que tiene el menor porcentaje promedio de logro es *énfasis en el contexto* con una media de 36.0. Para el caso del grupo de estudiantes, las dimensiones con más altos porcentajes promedio de logro son *exploración auténtica* (media= 69.5) y *grupos interactivos* (media=67.6), mientras que la dimensión con menor porcentaje de logro fue *énfasis en el contexto* con una media de 35.7. En cuanto a la aplicación de las etapas del ciclo didáctico constructivista, tanto para las conductas de los docentes como para el de sus estudiantes, los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos Ejes modelo H-J para profesores y sus estudiantes

Ejes o Dimensiones	Grupo	Media de Porcentaje	Desviación estándar
Exploración auténtica (EA)	Conducta profesores	67,25	14,82
	Conducta estudiantes	69,50	15,12
Actividades motivantes (AM)	Conducta profesores	53,30	13,60
	Conducta estudiantes	48,20	13,52
Grupos interactivos (GI)	Conducta profesores	61,85	17,06
	Conducta estudiantes	67,55	14,64
Protagonismo del estudiante (PE)	Conducta profesores	70,50	12,18
	Conducta estudiantes	62,35	14,44
Énfasis en el contexto (EC)	Conducta profesores	36,00	13,59
	Conducta estudiantes	35,65	13,32

Tabla 2. Estadísticos descriptivos etapas ciclo didáctico constructivista para profesores y estudiantes

Etapas	Grupo	Media de porcentaje	Desviación estándar
Iniciacion (IN)	Conducta profesores	68,25	17,98
	Conducta estudiantes	58,20	16,93
Experimentacion (EXP)	Conducta profesores	68,90	17,08
	Conducta estudiantes	59,80	15,39
Sistematizacion (SIS)	Conducta profesores	66,05	16,24
	Conducta estudiantes	57,90	16,46
Metacognicion (MET)	Conducta profesores	51,25	14,35
	Conducta estudiantes	42,95	15,94
Teorizacion (TEO)	Conducta profesores	45,40	18,61
	Conducta estudiantes	39,70	17,46

Los resultados muestran que para el grupo de profesores las etapas con más altos porcentajes promedios son las de *iniciación* y *experimentación* con medias de 68.3 % y 68.9 %, respectivamente, y la que obtuvo el menor porcentaje promedio fue la etapa de *teorización* con 45.4%. En el grupo de los estudiantes, las etapas con mayor porcentaje son también *iniciación* (media= 68.3) y *experimentación* (media=68.9), mientras que la etapa con menor porcentaje promedio fue *teorización* con una media de 39.7.

Análisis inferencial de datos para ejes de modelo de H-J

Antes de hacer el análisis inferencial, fue necesario realizar pruebas de normalidad a las muestras de datos, es decir, a los resultados de las pautas de observación que evaluaron tanto las conductas de profesores como las de sus estudiantes. En el caso de la muestra de las conductas de profesores, los datos sobre aplicación de ejes del modelo basado en neurociencia de H-J, la prueba de normalidad dio como resultado que los datos no provienen de una distribución normal (Shapiro-Wilks= 0.966, $p < 0.01$). En consecuencia, se aplicaron a los datos pruebas no paramétricas, específicamente el test para muestras relacionadas de Friedman y comparación post hoc de Wilcoxon. Respecto a la muestra de profesores, para las dimensiones del modelo de H-J, el test para muestras relacionadas (Tabla 3) muestra que existen diferencias significativas entre las dimensiones EA y AM ($z = -3.543$, $p < 0.01$), EA y EC ($z = -3.884$, $p < 0.01$), AM y GI ($z = -2.071$, $p < 0.05$), AM y PE ($z = -3.433$; $p < 0.01$), AM y EC ($z = -3.208$, $p < 0.01$), PE y GI ($z = -2.201$, $p < 0.05$), GI y EC ($z = -3.389$, $p < 0.01$) y PE y EC ($z = -3.935$, $p < 0.01$). No se obtuvo diferencia significativa entre las dimensiones EA y PE ($z = -0.946$; $p > 0.05$), y entre EA y GI ($z = -1.438$; $p > 0.05$).

Tabla 3. Prueba no paramétrica dimensiones del modelo de H-J para profesores

	EA - AM	EA - GI	EA - PE	EA - EC	AM - GI	AM - PE	AM - EC	PE - GI	GI - EC	PE - EC
Z	-3.543	-1.438	-0.946	-3.884	-2.071	-3.433	-3.208	-2.201	-3.389	-3.935
Valor p	0.000	0.150	0.344	0.000	0.038	0.001	0.001	0.028	0.001	0.000

Para la muestra de los estudiantes, la prueba de normalidad dio cuenta de que los datos no se distribuyen de manera normal para los ejes del modelo de H-J (Shapiro-Wilks= 0.968, $p < 0.05$), por tanto, también se aplicaron test estadísticos no paramétricos, particularmente el test para muestras relacionadas de Friedman y comparación post hoc de Wilcoxon. En cuanto a la muestra de estudiantes, para las dimensiones del modelo de H-J (Tabla 4), se obtuvo diferencias significativas entre las dimensiones EA y AM ($Z = -3.826$, $P < 0.01$), EA y PE ($z = -1.811$, $p < 0.05$), EA y EC ($z = -3.883$, $P < 0.01$), AM y GI ($z = -3.412$, $P < 0.01$), AM y PE ($z = -3.034$, $p < 0.01$), AM y EC ($z = -3.100$, $p < 0.01$), GI y EC ($z = -3.683$, $p < 0.01$), PE y EC ($z = -3.895$, $p < 0.01$). No se obtuvo diferencia significativa entre las dimensiones de *grupos interactivos* (GI) y *protagonismo del estudiante* (PE) y entre *exploración auténtica* (EA) ($z = -1.454$; $p > 0.05$), y *grupos interactivos* (GI) ($z = -0.786$; $p > 0.05$).

Tabla 4. Prueba no paramétrica dimensiones del modelo de H-J para estudiantes

	EA - AM	EA - GI	EA - PE	EA - EC	AM - GI	AM - PE	AM - EC	PE - GI	GI - EC	PE - EC
Z	-3.826	-0.786	-1.811	-3.883	-3.412	-3.034	-3.100	-1.454	-3.683	-3.895
Valor p	0.000	0.432	0.070	0.000	0.001	0.002	0.002	0.146	0.000	0.000

Análisis inferencial de datos para etapas del ciclo didáctico constructivista

En el mismo grupo de profesores, pero ahora para las etapas del ciclo didáctico constructivista (Tabla 5), la prueba de normalidad dio como resultado que los datos no provienen de una distribución normal (Shapiro-Wilks= 0.038, $p < 0.05$). Por esta razón, se aplicó la prueba no paramétrica para muestras relacionadas de Friedman y comparación post hoc de Wilcoxon, el cual mostró que existe diferencia significativa entre IN y MET ($z = -3.044$; $p < 0.01$), IN y TEO ($z = -3.527$; $p < 0.01$), EX y MET ($z = -3.531$; $p < 0.01$), EX y TEO ($z = -3.624$; $p < 0.01$), SIS y MET ($z = -3.385$; $p < 0.01$) y entre SIS y TEO ($z = -3.163$; $p < 0.01$).

Tabla 5. Prueba no paramétrica etapas del ciclo didáctico para profesores

	IN - EX	IN - SIS	IN - MET	IN - TEO	SIS - EX	EX - MET	EX - TEO	SIS - MET	SIS - TEO	TEO - MET
Z	-0.808	-0.261	-3.044	-3.527	-0.702	-3.531	-3.624	-3.385	-3.163	-1.551
Valor p	0.419	0.794	0.002	0.000	0.483	0.000	0.000	0.001	0.002	0.121

Para las etapas del ciclo didáctico constructivista del grupo de estudiantes (Tabla 6), la prueba de normalidad concluyó que los datos no provienen de una distribución normal (Shapiro-Wilks= 0.956, $p < 0.01$) y entonces, se aplicó el test no paramétrico para muestras relacionadas de Friedman y la prueba post hoc de Wilcoxon, la cual dio como resultado que existen diferencias estadísticamente significativas entre IN y MET ($z = -2.899$; $p < 0.01$), IN y TEO ($z = -2.904$; $p < 0.01$), EX y MET ($z = -3.826$; $p < 0.01$), EX y TEO ($z = -3.637$; $p < 0.01$), SIS y MET ($z = -3.282$; $p < 0.01$) y entre SIS y TEO ($z = -3.243$; $p < 0.01$).

Tabla 6. Prueba no paramétrica etapas del ciclo didáctico para estudiantes

	IN - EX	IN - SIS	IN - MET	IN - TEO	SIS - EX	EX - MET	EX - TEO	SIS - MET	SIS - TEO	TEO - MET
Z	-0.416	-0.470	-2.899	-2.904	-0.491	-3.826	-3.637	-3.282	-3.243	-1.134
Valor p	0.677	0.962	0.004	0.004	0.623	0.000	0.000	0.001	0.001	0.257

DISCUSIÓN

El hecho de que tanto para profesores como para estudiantes la dimensión con uno de los porcentajes de logro más altos logrados después de la capacitación en neurociencias sea *exploración auténtica* da cuenta que, en su mayoría, los docentes lograron diseñar actividades de aprendizaje vivenciales con sentido y significado, a partir del desarrollo y puesta en práctica de habilidades propias de la cognición como la plasticidad cerebral, la cual es dependiente de la experiencia y permite a un organismo aprender sobre las características particulares del entorno gracias a que el desarrollo del cerebro es sensible a nuevas experiencias y cambios en el ambiente (Greenough, 1988), en consecuencia, es fundamental para un aprendizaje significativo, estimular cognitivamente nuestro cerebro por ejemplo, con actividades de aprendizaje nuevas y desafiantes.

También obtuvo un alto porcentaje en el grupo de profesores la dimensión *protagonismo del estudiante*, lo que significa que, en general, los docentes, bajo este modelo, planificaron actividades que buscan desarrollar la autonomía y la creación de ideas propias por parte del estudiante, lo que promueve sus emociones positivas, y en consecuencia mejora su motivación intrínseca. En particular, la motivación, es una de las preocupaciones actuales en el ámbito escolar, ya que muchos de los problemas de aprendizaje de los estudiantes, pasan por la falta de motivación del estudiantado, en específico, por la motivación intrínseca, la cual se basa en factores internos como la curiosidad, el desafío, la autodeterminación y el esfuerzo. En ese sentido, el estudio confirma lo planteado por la neurociencia cognitiva sobre la importancia de promover emociones positivas para facilitar el aprendizaje y la memoria de los discentes, dado que estas mantienen la curiosidad y motivación del que aprende (Araya-Pizarro y Pastén 2020).

Para el caso del grupo de estudiantes, una dimensión con alto porcentaje promedio de logro fue *grupos interactivos*, es decir, existe una visión positiva por parte de los estudiantes sobre el desarrollo de actividades grupales que promueven el trabajo colaborativo y activan nuestro cerebro social, en particular a las neuronas espejo, un tipo de neuronas que participan en procesos de interacción social, específicamente cuando un individuo observa una acción similar realizada por otro par y que son fundamentales para el desarrollo de la empatía (Ledezma et al, 2016). Este resultado coincide con lo planteado en otras investigaciones (Rodríguez-Oramas et al., 2021), quienes señalan que el trabajo en grupos es una alternativa beneficiosa para el desarrollo de una educación emocional exitosa, ya que mejora el clima de aula, generando entornos de aprendizaje enriquecidos en los que el/la estudiante presenta menores niveles de estrés. Un clima de aula positivo influye principalmente en los procesos de metacognición del aprendizaje.

Respecto a la dimensión del modelo con menor porcentaje de logro, en ambos grupos (profesores y estudiantes) correspondió a *énfasis en el contexto*, lo que refleja que los profesores participantes no organizan dentro de sus clases elementos de contexto, cognitivos y emocionales con el fin de dar significado a los nuevos conocimientos (Howard-Jones, 2011), lo cual afecta la memoria a largo plazo, ya que esta es contextual, es decir, imprime la información junto con la información visual, auditiva y sensorial experimentada en el momento de incorporar un conocimiento nuevo (Magrini, 2021). Desde la didáctica, esta contextualización se realiza gracias a la aplicación de diversas metodologías de aprendizaje denominadas metodologías activas o participativas entre las que destacan: *metodología basada en proyectos, aprendizaje basado en modelización, aprendizaje basado en indagación, aprendizaje y servicio*. El principal problema está en que a nivel universitario y de formación de profesores, la metodología más utilizada por los formadores de formadores sigue siendo la clase magistral y las metodologías activas son poco utilizadas o se aplican de manera incompleta o equivocada (Crisol-Moya et al., 2020), lo que impacta luego en el uso y aplicación de estas metodologías a nivel de práctica docente.

Es importante señalar que varias de las características propias de las dimensiones del modelo de H-J están presentes en el nuevo Marco para la Buena Enseñanza (MBE) presentado el año 2021 y que entrará en vigencia a partir del año 2022. Lo anterior es de suma importancia, ya que implica que dentro del nuevo marco que define la educación escolar en el país, se incorporarán ámbitos como: el desarrollo socioemocional de los estudiantes o la contextualización a través de la formación ciudadana, ambos basados en evidencia empírica de la neurociencia cognitiva, y que han permitido fortalecer la implementación del modelo constructivista como opción educativa en la práctica docente. Para el caso de los profesores participantes, es probable que su paso por el perfeccionamiento del Diploma, haya contribuido a comprender mejor lo que ocurre en nuestros cerebros cuando aprendemos, además de respaldar prácticas educativas a través de un sustento empírico.

Para el caso de las etapas del ciclo didáctico constructivista, en ambos grupos las etapas con puntaje más alto fueron iniciación y experimentación. Estos resultados coinciden con lo realizado por Marzabal et al., (2015), quienes tras analizar el proceso de apropiación de un modelo didáctico basado en el ciclo constructivista determinaron que una de las etapas que mejor desarrollaban los docentes era el comienzo de la clase, donde se identifican las ideas iniciales y los estudiantes exploran los nuevos contenidos, es decir, actividades que se encuentran dentro de la primera parte de una clase constructivista. Ahora bien, el éxito de los ciclos didácticos constructivistas y sus diferentes etapas, depende en gran medida de las estrategias didácticas utilizadas en cada etapa, las que adquieren un rol central y donde el profesor actúa como un facilitador de dinámicas grupales y contextualizadas.

En cuanto a la etapa con menor apropiación por parte de los docentes, es decir, la etapa de *teorización*, los resultados evidencian que los profesores participantes no lograron retroalimentar a sus estudiantes y reforzar lo que no se logró aprender con claridad. Una de las posibles causas a esta falta de retroalimentación se observa en el estudio de Contreras y Zuñiga (2019), quienes concluyen que las concepciones que los docentes tienen sobre retroalimentación y teorización, son como una corrección de tarea y/o especificación de aprendizaje no logrado. Estas concepciones respecto del proceso de retroalimentación, dan cuenta de una falta de formación de los docentes en estas temáticas, pero también implica una falta de formación en el cómo realizar esta retroalimentación, es decir, en el uso de metodologías activas durante las distintas etapas de un ciclo didáctico.

En ese sentido, es relevante que las estrategias didácticas utilizadas en cada etapa del ciclo de aprendizaje sean coherentes con los procesos cognitivos a desarrollar en el estudiante (Urrutia, 2016). Otra posible respuesta a la dificultad en la aplicación de las etapas finales del ciclo constructivista (metacognición y teorización) es la visión de constructivismo clásico que muchos profesores tienen arraigada en su práctica docente. Al respecto, Dehaene (2019) plantea que la concepción de que los estudiantes deben participar de manera activa en su propio aprendizaje, no debe confundirse con el constructivismo clásico o con los métodos de aprendizaje por descubrimiento, los que resultan muy atractivos, pero que se ha demostrado que no son eficaces para el aprendizaje de los estudiantes. Esto significa que, la idea de dejar que los/las estudiantes descubran por su cuenta los conocimientos y construyan su propio saber con la libertad de explorar parece innovadora, pero en la práctica se ha demostrado su poco valor pedagógico (Kirschner y Van Merriënboer, 2013), por tanto, es fundamental una práctica activa y motivada por parte del estudiante, pero acompañado por un docente que contribuye con un entorno de aprendizaje enriquecido, estructurado y con significado.

Análisis inferencial de datos para ejes de modelo de H-J

Dentro de las dimensiones analizadas, tanto para el grupo de profesores como de estudiantes, destaca la diferencia entre la dimensión *exploración auténtica* que es mayor a las dimensiones de *actividades motivantes* y *énfasis en el contexto*. Esto significa que, si bien los docentes participantes planifican actividades para promover aprendizajes vivenciales, estas carecen de una adecuada contextualización que permita imprimir de significado los nuevos aprendizajes en la memoria a largo plazo y en su mayoría no potencian la motivación intrínseca de sus estudiantes. A esto se suma la diferencia que se presenta entre la dimensión *énfasis en el contexto* que es menor a las dimensiones *grupos interactivos* y *protagonismo del estudiante*, lo que implica que, pese a que los docentes realizan actividades grupales para activar los mecanismos de aprendizaje propios del cerebro social, estas no necesariamente se plantean a partir de un contexto cercano para el estudiante, por tanto, en ocasiones carecen de sentido y solo activan la memoria de trabajo o memoria a corto plazo.

En cuanto a la motivación, esta es fundamental, ya que activa el mecanismo de la atención en nuestro cerebro y permite extraer información de los registros sensoriales transfiriéndola a la memoria a corto plazo (Morris, 2005). Respecto a las ventajas que presenta un aprendizaje contextualizado, estas radican en dos principales aspectos: el primero es que los estudiantes pueden construir conocimiento con significado y pueden aplicarlo a otras situaciones mediante la memoria a largo plazo cuando se requiera, gracias a la acción de la memoria

a corto plazo y, el segundo aspecto dice relación con que un aprendizaje contextualizado gatilla emociones positivas en los estudiantes, lo que los lleva a involucrarse en su aprendizaje, promover el trabajo cooperativo y utilizar herramientas didácticas para aprender de forma activa e interactiva (Sanmartí y Márquez, 2017).

Análisis inferencial de datos para etapas del ciclo

Tanto para docentes como para estudiantes, las diferencias entre etapas fueron las mismas y una de las más interesantes es la que se da entre las etapas de *iniciación* y *experimentación*, cuyos porcentajes fueron mayores a las etapas de *metacognición* y *teorización*. A la luz de los resultados es claro que los docentes tienen un mejor desempeño en los primeros momentos de una clase, donde a través de diferentes metodologías logran activar los conocimientos previos y plantear experiencias que conecten a sus estudiantes con el fenómeno a estudiar. Sin embargo, no ocurre lo mismo al llevar a cabo las etapas de metacognición y teorización, las cuales se desarrollan en la segunda mitad de la clase. Una de las posibles causas de estos resultados es el ciclo didáctico tradicional con solo 3 fases de desarrollo: *Inicio, desarrollo y cierre*, donde no se profundiza en otras fases más complejas que requieren de una atención sostenida. En este plano, cuando no se elaboran estrategias de participación concretas para las fases de metacognición y teorización, falla la red de procesamiento de la información de la memoria a largo plazo (codificación, almacenamiento y recuperación de información) y, en consecuencia, no se produce una metacognición efectiva (Dehaene, 2019).

Una estrategia para mejorar el proceso de metacognición es lo que se conoce como *retrieval practise* o práctica de recuperación, que consiste en evaluar de manera periódica los conocimientos adquiridos. En este sentido, planificar actividades que alternen los aprendizajes, con evaluaciones formativas que busquen el repaso de los contenidos, permite mantener la atención y motivación de los estudiantes, a la vez que potencia la memoria y el aprendizaje a largo plazo, gracias a una retroalimentación efectiva por parte del docente (Barenberg y Stephan Dutke, 2019).

Por esta razón, es fundamental que las instituciones de educación superior promuevan cambios en sus mallas curriculares e incluyan la perspectiva constructivista sustentada por la evidencia empírica de la neurociencia cognitiva. Lamentablemente, la mayoría de los programas de formación inicial docente, no introduce este tipo de conocimiento a nivel curricular y más bien se centran en una formación conductista-aplicacionista donde todo se reduce a la transmisión de conceptos desde la teoría a la práctica, sin un análisis crítico y reflexión conjunta. Esto trae como consecuencia dificultades al momento de ejercer su profesión y regular estrategias de enseñanza respecto a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. En cambio, la incorporación en la formación de profesores, de herramientas pedagógicas que promueven la reflexión y la metacognición favorecerá la práctica pedagógica y mejorará la calidad de la educación. En el caso de modelos de enseñanza basados en evidencia neurocientífica, la neuroeducación debe establecerse oficialmente en los currículos de formación de profesores, además de promoverla como parte de los conocimientos a entregar en programas de diplomado, maestrías o doctorados en educación.

Finalmente, nos parece importante destacar que en agosto de 2021, el Centro de perfeccionamiento, experimentación e investigaciones pedagógicas (CPEIP) del Ministerio de Educación de Chile presentó el nuevo Marco para la Buena Enseñanza (MBE), documento que en esta última versión incorpora varios de las características presentes en el modelo de Howard-Jones. En particular, los criterios de los dominios B (creación de un ambiente propicio para el aprendizaje) y C (enseñanza para el aprendizaje de todos los estudiantes) presentan elementos de los distintos ejes o dimensiones del modelo, lo cual es de suma relevancia, en primer lugar, porque da un valor agregado al modelo de Howard-Jones, ya que al estar incorporados varios de sus elementos al MBE, potenciará aspectos esenciales del ejercicio docente y, en segundo lugar, porque refleja la necesidad de las instituciones de educación superior de incorporar en sus mallas de estudio de Pedagogías, conocimientos respecto a modelos pedagógicos innovadores basados en evidencia neurociencia y psicología cognitiva.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio y de su discusión, y a partir de la comparación con resultados de otros autores y del análisis presentado, se pueden extraer las siguientes conclusiones : 1) resulta efectivo implementar modelos constructivistas basados en evidencia empírica de la neurociencia, ya que a través de su aplicación, los docentes reflexionan e incorporan en su quehacer pedagógico elementos fundamentales como las emociones, el contexto y la exploración auténtica, 2) el modelo educativo en estudio pareciera adelantarse a las innovaciones realizadas al MBE, que busca involucrar a sus estudiantes en tareas cognitivamente desafiantes, promover el bienestar emocional de sus estudiantes y potenciar la contextualización a través de la formación ciudadana, razón por la cual este modelo se convierte en una alternativa de interés para poner en práctica en el sistema escolar chileno, 3) la adquisición de competencias

por parte de los docentes que cursaron el Diploma en Neurociencia aplicada a la Educación, permitió que los profesores desarrollaran clases de tipo constructivistas, ya que aunque en los documentos oficiales el sistema educativo chileno se declare constructivista, en la práctica esto no se lleva a cabo del todo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el proyecto Fondecip 180008 y por ANID/PIA/Fondos Basales para Centros de Excelencia FB0003.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Las pautas de observación pueden ser obtenidas de la autora de correspondencia: saraya@ucm.cl

REFERENCIAS

- Anderson, J. R., Reder, L. M., y Simon, H. A., Educación: el constructivismo radical y la psicología cognitiva, *Estudios públicos*, 81, 89-128 (2001)
- Agencia de Calidad de la Educación, PISA 2018 Entrega de resultados, competencia lectora, matemática y científica en estudiantes de 15 años en Chile, Ministerio de Educación, <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/9286> (2019)
- Araya-Pizarro, S. C., y Espinoza, L., Aportes desde las neurociencias para la comprensión de los procesos de aprendizaje en los contextos educativos, <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.312>, *Propósitos y Representaciones*, 8(1), e312 (2021).
- Ávalos, B., La formación inicial docente en Chile: tensiones entre políticas de apoyo y control, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052014000200002>, *Estudios Pedagógicos*, 40(especial), 11-28 (2014)
- Barenberg, J., y Dutke, S., Testing and metacognition: retrieval practise effects on metacognitive monitoring in learning from text, DOI: 10.1080/09658211.2018.1506481, *Memory*, 27(3), 269-279 (2019)
- Cobb, P., y Bowers, J., Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice, <https://doi.org/10.3102/0013189X028002004>, *Educational Researcher*, 28(2), 4-15 (1999)
- Contreras, G., y Zúñiga, C., Prácticas y concepciones de retroalimentación en formación inicial docente 1, <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945192953>, *Educação e Pesquisa*, 45, 1-22 (2019)
- Crisol-Moya, E., Romero-López, M., y Caurcel-Cara, M., Active methodologies in higher education: perception and opinion as evaluated by professors and their students in the teaching-learning process, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01703>, *Frontiers in Psychology*, 11, 1703 (2020).
- Dehaene, S., ¿Cómo aprendemos?: Los cuatro pilares con los que la educación puede potenciar los talentos de nuestro cerebro, 1ª Ed., 1-455, Siglo XXI Editores, Buenos Aires, Argentina (2019).
- García, M., La educación actual: retos para el profesorado, *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, ISSN-e 1982-5587, 10(4), 1199-1211 (2015)
- Gökçe, D., A review of flipped classroom and cooperative learning method within the context of Vygotsky theory, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01157>, *Frontiers in Psychology*, 11, 1157 (2020)
- Goswami, U., Neuroscience, education and special education, <https://doi.org/10.1111/j.0952-3383.2004.00352.x>, *British Journal of Educational Psychology*, 74(1), 1-14 (2004)
- Greenough, W. T., Plasticity of synapse structure and pattern in the cerebral cortex, *Cerebral Cortex, Development and Maturation of Cerebral Cortex*, 7, 391-440 (1988)
- Gülpinar, M. A., The Principles of Brain-Based Learning and Constructivist Models in Education, *Educational Sciences: Theory & Practice*, 5(2), 299-306 (2005)
- Howard-Jones, P., Varma, S., y otros cinco autores, The principles and practices of educational neuroscience: comment on bowers, *Psychological Review*, ISSN 0033-295X, 123(5), 620-627 (2016)
- Howard-Jones, P., A multiperspective approach to neuroeducational research, <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00703.x>, *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 24-30 (2011)
- Kirschner, P. A., Van Merriënboer, J. J. G., Do learners really know best? Urban legends in education, DOI: 10.1080/00461520.2013.804395, *Educational Psychologist*, 48(3), 169-183 (2013)
- Marzábal, A., Rocha, A., y Toledo, B., Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias-parte 2: proceso de apropiación de un modelo didáctico basado en el ciclo constructivista del aprendizaje, <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.006>, *Educación Química*, 26(3), 212-223 (2015)
- MINEDUC., Resultados nacionales, Evaluación Nacional Diagnóstica de la formación inicial docente 2018, Ministerio de Educación-CPEIP (2019)

- Morris, Ch., Maisto, A., 13ª Edición, 1-744, Psicología, Pearson, ISBN: 6074423148, Ciudad de México, México, (2005).
- Rodríguez-Oramas, A., Alvarez, P., Ramis-Salas, M., y Ruiz-Eugenio, L., The impact of evidence-based dialogic training of special education teachers on the creation of more inclusive and interactive learning environments, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.641426>, *Frontiers in Psychology*, 12, 586 (2021)
- Sanmarti, N., y Márquez, C., Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción, <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>, *Apice*, 1(1), 3-16 (2017)
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., y Ribeiro, S., Neuroscience and education: prime time to build the bridge, <https://doi.org/10.1038/nn.3672>, *Nature Neuroscience*, 17(4), 497-502 (2014)
- Sithara, F., y Faiz, M., Constructivist teaching/learning theory and participatory teaching methods, <https://doi.org/10.5430/jct.v6n1p110>, *Journal of Curriculum and Teaching*, 6(1), 110-122 (2017)
- Stronge, J., Ward, T., Tucker, P., y Hindman, J., What is the relationship between teacher quality and student achievement? An Exploratory Study, <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9053-z>, *J Pers Eval Educ*, 20, 165–184 (2007)
- Urrutia, M., Ciclo Didáctico basado en el Modelo de Howard-Jones [Material de clase], Texto creativo, Universidad de Concepción, Concepción (2016)
- Vaillant, D., Trabajo colaborativo y nuevos escenarios para el desarrollo profesional docente, *Revista Docencia*, 60, 5-13, (2016).
- Wilson, S., Teacher Quality, Education Policy White Paper, National Academy of Education (NJ1), <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED531145.pdf> (2009)
- Xu, F., Towards a rational constructivist theory of cognitive development, <https://doi.org/10.1037/rev0000153>, *Psychological Review*, 126(6), 841–864 (2019)