

INVESTIGACIONES

Neuromitos de los profesores chilenos: orígenes y predictores*

Neuromyths among Chilean teachers: origins and predictors

Paulina Varas-Genestier^a, Roberto A. Ferreira^b

^a Universidad Católica de la Santísima Concepción
Correo electrónico: pvaras@magister.ucsc.cl

^b Universidad Católica de la Santísima Concepción
Correo electrónico: rferreira@ucsc.cl

RESUMEN

El presente estudio investigó la prevalencia de neuromitos y el conocimiento general de neurociencia de profesores chilenos. Se encuestó a 91 profesores de enseñanza básica y media de diferentes establecimientos. En línea con las investigaciones previas, los resultados demostraron que los profesores poseen cierto conocimiento general de neurociencia, pero también tienen muchas concepciones erróneas o neuromitos como los referentes a las metodologías VAK, Brain Gym® y la dominancia hemisférica. Los profesores que mostraron un alto conocimiento general de neurociencia también evidenciaron una mayor prevalencia de neuromitos, lo que indica que a medida que aprenden información verídica sobre el cerebro, también adquieren información errónea. Los únicos predictores significativos de neuromitos fueron la Lectura de revistas científicas populares y la Autoevaluación del conocimiento general de neurociencia. Discutimos estos predictores y el origen de los neuromitos más populares desde una perspectiva neurocientífica, con el fin de revelar la evidencia que refuta estas creencias.

Palabras clave: neurociencia, educación, profesores, neuromitos, Chile.

ABSTRACT

The present study investigated the prevalence of neuromyths and the general neuroscience knowledge of Chilean teachers. We surveyed 91 teachers working in primary and secondary education at different schools. Consistent with previous research, the results showed that teachers have some general knowledge of neuroscience, but also hold many misconceptions about the brain, the so called “neuromyths”, especially those associated with VAK methodologies, Brain Gym®, and hemispheric dominance. Teachers who reported higher general neuroscience knowledge also showed high prevalence of neuromyths, which indicates that as they learn real neuroscience knowledge, they also learn misconceptions. The only significant predictors of neuromyths were Reading popular scientific magazines and self-evaluation of neuroscience knowledge. We discussed these predictors and the origin of the most popular neuromyths from a neuroscientific perspective, in order to reveal the evidence that debunks these misconceptions.

Keywords: neuroscience, education, teachers, neuromyths, Chile.

* Este proyecto recibió apoyo del proyecto Fondecyt 11130678.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años hemos conocido sorprendentes avances de la neurociencia gracias principalmente al desarrollo de las técnicas de neuroimagen y de electroencefalografía (EEG) que entregan información de forma no invasiva sobre la actividad neuronal durante la ejecución de diferentes tareas cognitivas (Logothetis, 2008; Mather, Cacioppo, & Kanwisher, 2013). El desarrollo exponencial de la neurociencia ha dado pie para plantear posibles aplicaciones de esta disciplina en el ámbito de la educación. Por otra parte, es sabido que existe un gran interés de parte de los profesores en saber más sobre neurociencia y la aplicación de los hallazgos neurocientíficos en el aula. Este interés va más allá de los profesores como individuos, pues también alcanza las instituciones escolares y sistemas educativos en general de diversos países (Dekker, Lee, Howard-Jones, & Jolles, 2012). A nivel institucional, desde hace un tiempo en los países desarrollados se busca implementar metodologías que permitan mejorar los aprendizajes de los estudiantes con base en el conocimiento neurocientífico (Goswami, 2006). Sin embargo, los resultados de las investigaciones en el ámbito de la neurociencia han resultado difíciles de interpretar y/o aplicar directamente en la sala de clases. De hecho, existe actualmente una enorme dificultad de comunicación entre la neurociencia y la educación debido a la falta de un lenguaje común interdisciplinar (Ansari, Coch, & De Smedt, 2011; Devonshire & Dommett, 2010; The Royal Society, 2011). Esta falta de fluidez en la comunicación ha dado paso a una serie de malinterpretaciones o concepciones erróneas sobre el cerebro y su funcionamiento. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) hace más de una década advirtió sobre la presencia de los neuromitos en educación (Organisation for Economic Cooperation, and Development, 2002). Más recientemente, numerosos investigadores han advertido sobre su difusión en educación y de lo negativo de esta práctica, ya que deriva en una pérdida de tiempo y dinero que bien podrían emplearse en una formación verdaderamente neurocientífica de los docentes (Goswami, 2006; Sylvan & Christodoulou, 2010).

En el presente trabajo, se describe la prevalencia de neuromitos y el conocimiento general de neurociencia de profesores chilenos de diferentes especialidades. Por otra parte, con el uso de modelos lineales mixtos se evalúa una serie de predictores que nos permiten explicar tanto el conocimiento de neurociencia como la prevalencia de neuromitos que presentan los docentes.

2. MARCO TEÓRICO

La dificultad de transferir el conocimiento de neurociencia directamente a la sala de clases ha generado la aparición de una serie de neuromitos tales como “Usamos solo el 10% de nuestro cerebro” o “Los alumnos aprenden mejor si se les enseña de acuerdo a su estilo de aprendizaje”. Estas creencias erróneas sobre el cerebro son ampliamente aceptadas como hechos científicos por docentes de diferentes partes del mundo y tienen su origen principalmente en investigaciones científicas que han sido malinterpretadas o sobreestimadas en sus alcances (Howard-Jones, 2014). Por ejemplo, la idea de que un alumno aprende mejor si se le enseña de acuerdo a su estilo de aprendizaje favorito se origina a partir del hecho de que diferentes partes del cerebro se especializan en el

procesamiento de diferentes tipos de información (visual, auditiva, sensorial). Esto es efectivamente cierto, pero no implica que el aprendizaje deba ser unimodal y de acuerdo al estilo preferido de un individuo. En efecto, los estudios que se han llevado a cabo para someter a prueba esta hipótesis han demostrado que no hay relación entre preferencia de un estilo y rendimiento alcanzado durante el aprendizaje con dicha modalidad (Krätzig & Arbuthnott, 2006).

A pesar de la nula evidencia de que las metodologías supuestamente “basadas en el funcionamiento del cerebro” tengan resultados favorables, su conocimiento e incluso su aplicación en la sala de clases se han difundido ampliamente. De hecho, numerosas investigaciones llevadas a cabo en culturas muy disímiles unas de otras han mostrado resultados sorprendentemente parecidos con respecto a la creencia en neuromitos. Es así como en Europa, China y Latinoamérica los profesores presentan una alta prevalencia de creencias erróneas que abarcan diferentes tipos (Dekker et al., 2012a; Deligiannidi & Howard-Jones, 2015; Gleichgerrcht, Luttges, Salvarezza, & Campos, 2015; Karakus, Howard-Jones, & Jay, 2015; Pei, Howard-Jones, Zhang, Liu, & Jin, 2015; Tardif, Doudin, & Meylan, 2015). A modo de ejemplo, aquí presentamos algunos de los neuromitos más populares detectados entre los profesores, los cuales hacen referencia a estilos de aprendizaje, dominancia hemisférica, coordinación e integración de la función cerebral de los hemisferios, entre otros (ver Tabla 1).

Tabla 1. Los neuromitos más populares en el estudio de Dekker et al. (2012)

Neuromitos de profesores de Holanda y el Reino Unido	Porcentaje de creencia
Los estudiantes aprenden mejor cuando reciben información a través de su estilo de aprendizaje dominante (ej.: auditivo, visual, kinestésico).	93 %
La diferencia en la dominancia hemisférica (hemisferio izquierdo, hemisferio derecho) puede explicar en parte las diferencias individuales entre aprendices.	91 %
Sesiones cortas de ejercicios de coordinación pueden mejorar la integración de la función cerebral de los hemisferios (izquierdo y derecho).	88 %
El ejercicio físico que involucra la coordinación de habilidades motoras y perceptivas puede mejorar la alfabetización.	78 %
Un ambiente con mucha estimulación mejora el desarrollo del cerebro de los preescolares.	95 %
Los niños están menos atentos después de consumir bebidas o alimentos azucarados.	57 %
Se ha comprobado científicamente que los suplementos de ácidos grasos (omega-3 y omega-6) tienen un efecto positivo en el logro académico.	69 %

Es preciso recalcar que si bien existen similitudes notables entre los neuromitos que los profesores de diferentes países creen o asumen como conocimiento neurocientífico, existen también algunas diferencias sutiles entre las naciones encuestadas. Por ejemplo, en el estudio de Dekker et al. (2012) se reveló que los profesores en el Reino Unido y Holanda creen mayormente en neuromitos asociados a los estilos de aprendizaje o metodologías VAK (visual, auditivo y kinestésico), metodología Brain Gym© (Educational Kinesiology Foundation, 2016) y la dominancia hemisférica como explicación a las diferencias individuales. En el caso de los profesores de escuela de Portugal, los resultados demostraron que los docentes en ese país tendían a creer en neuromitos relacionados con la metodología VAK y en la dominancia hemisférica, pero a diferencia de los profesores holandeses o británicos, los portugueses también creían en neuromitos relacionados con las inteligencias múltiples (Rodrigues Rato, Abreu, & Castro-Caldas, 2013). En otro estudio que se llevó a cabo con profesores griegos, Deligiannidi y Howard-Jones (2015) encontraron que los neuromitos más comunes eran la creencia en la dominancia hemisférica y la efectividad de la metodología VAK. Además, descubrieron que los profesores griegos, producto de una fuerte influencia de la cultura cristiano-ortodoxa, consideran que la relación entre la mente y el aprendizaje está muy relacionada con el alma y la fe, como un reflejo de la imagen de Dios.

En la misma línea de las investigaciones presentadas anteriormente, Tardif et al. (2015) realizó un estudio acerca de la creencia en neuromitos de profesores y estudiantes de pedagogía en la región francófona de Suiza, con el fin de indagar en las diferencias culturales relacionadas con el lenguaje y el nivel de experiencia. Los resultados demostraron que los tres grupos estudiados creían en la dominancia hemisférica y en la dominancia de un modalidad de aprendizaje (visual, auditivo, kinestésico), pero muy pocos participantes estaban familiarizados con la metodología Brain Gym©. Esto podría deberse a que estos programas no están disponible o no son promocionados de la misma manera en todos los países.

La similitud que existe entre los profesores de países europeos es en cierta forma esperable, ya que comparten una cultura común. Por lo tanto, resulta necesario examinar más a fondo qué ocurre en culturas más distantes. En un estudio reciente llevado a cabo en la región oriental de China, Pei et al. (2015) se propusieron encuestar a un gran número de profesores de enseñanza básica y media con el fin de identificar el grado de prevalencia de neuromitos entre ellos. Los resultados revelaron que muchos de los neuromitos comunes en los países europeos también estaban presentes en China; por ejemplo, la enseñanza de acuerdo al estilo de aprendizaje, la dominancia hemisférica, y la idea de que usamos solo el 10 % del cerebro. Además, encontraron que los profesores chinos se mostraban muy entusiastas con respecto a la utilización de ejercicios de coordinación y percepción motoras para mejorar la integración hemisférica y el aprendizaje de la lecto-escritura, respectivamente, lo que es similar a los hallazgos de Dekker et al. (2012) en el Reino Unido y Holanda y de Deligiannidi y Howard-Jones (2015) en Grecia. Cabe mencionar que a diferencia de los profesores europeos, los docentes chinos no tenían conocimiento de la metodología Brain Gym©, por lo que la creencia en neuromitos en China debería estar dada por otros factores.

Las principales diferencias que se encontraron entre los profesores chinos y los europeos se dieron en el plano de la atención y las emociones. Los profesores orientales, en un mayor porcentaje que los profesores británicos, creen que para aprender algo es absolutamente necesario poner atención y que los procesos emocionales interrumpen los procesos de razonamiento. De acuerdo a los autores del estudio, esto refleja diferencias

culturales profundas entre Oriente y Occidente, ya que mientras en Occidente se valora, por ejemplo, el poder hacer varias tareas al mismo tiempo, en Oriente se cree que es mejor hacer solo una cosa a la vez.

Después de revisar estudios en diferentes regiones del mundo, es preciso dar una mirada al contexto latinoamericano. Herculano-Houze (2002) llevó a cabo la primera encuesta en Latinoamérica, particularmente en Brasil, con el fin de conocer cuánto sabía la gente en general sobre el cerebro. Los resultados de este trabajo mostraron la aparición de creencias erróneas que aún se mantienen como unas de las más populares y de manera prácticamente universal (p. ej., utilizamos solo el 10 % de nuestro cerebro). En otro estudio más reciente llevado a cabo en varios países de Latinoamérica, en especial Argentina, Chile y Perú, Gleichgerrcht et al. (2015) evaluaron las creencias en neuromitos de profesores de enseñanza básica, media y superior. Los resultados de esta investigación mostraron nuevamente una alta prevalencia de neuromitos en los profesores, con algunas diferencias dependiendo del país: Perú fue el país con menor conocimiento general de neurociencia y mayor cantidad de neuromitos, pero no hubo diferencias entre los demás países. Por otra parte, los profesores que leían revistas populares de ciencia y que habían tenido acceso a materiales relacionados con este tema presentaron un mejor conocimiento general de neurociencia, pero el efecto de estos factores en los neuromitos era poco notorio. La edad y la experiencia en docencia no resultaron ser factores importantes para reducir el nivel de creencia en neuromitos y finalmente se encontró una débil correlación negativa entre conocimiento general de neurociencia y creencia en neuromitos. Los hallazgos de estos investigadores en gran medida se asemejan a los encontrados en diferentes países de Europa (Dekker et al., 2012; Deligiannidi & Howard-Jones, 2015; Karakus et al., 2015) y en China (Pei et al., 2015).

Si bien en la investigación de Gleichgerrcht et al. (2015) se abordó la situación de los neuromitos en diversos países de Latinoamérica, los autores no especifican en qué regiones de cada país se tomaron las muestras. Es posible que exista una gran variación entre los profesores que viven en zonas urbanas y rurales o en la capital versus ciudades más pequeñas de regiones. Por otra parte, resultaría interesante saber si hay otras variables que podrían explicar los neuromitos en el aula, además de las planteadas por estos investigadores, como el interés en la neurociencia educacional, la capacitación en neurociencia, el desempeño docente y el nivel de seguridad en responder que tienen los participantes. Finalmente, esta investigación si bien presenta los neuromitos más frecuentes en tres países de Latinoamérica, no explica el origen de cada uno de ellos ni entrega suficiente información neurocientífica que permita refutar estas creencias erróneas.

3. EL PRESENTE ESTUDIO

En este estudio se investigó el conocimiento general de neurociencia y la creencia en neuromitos de profesores chilenos egresados de diferentes universidades y que actualmente trabajan en la Quinta y Octava regiones de Chile. Por otra parte, en esta investigación se buscó explicar el conocimiento general de neurociencia y la prevalencia de neuromitos a través de una serie de predictores que incluía algunos ya estudiados anteriormente y otros inéditos: Nivel en que enseñan los profesores (NE), Capacitación en neurociencia (CN), Lectura de revistas científicas populares (LRCP); Edad; Interés en la aplicación de la neurociencia en

la educación (IANE); Autoevaluación del conocimiento general de neurociencia (ACGN); Autoevaluación del desempeño general como profesor (ADG) y Seguridad en responder la encuesta (SRE) que aplicamos. A diferencia de las investigaciones anteriores, en este trabajo utilizamos modelos mixtos lineales para evaluar de mejor forma la contribución de los predictores a explicar tanto el conocimiento de neurociencia como la prevalencia de neuromitos. Por otra parte, se ofrece una descripción exhaustiva de cada uno de los neuromitos más populares y se entregan antecedentes de la neurociencia para explicar sus orígenes y refutar su aplicación en el aula.

3.1 MÉTODOS Y MATERIALES

3.1.1 *Participantes*

La muestra total fue de 91 profesores de establecimientos educacionales con distintos sistemas de financiamiento, siendo un 38,5% (n=35) del sector Subvencionado, 31% (n=28) Particular, 25% (n=23) Municipal y un 5,5% (n=5) que declaró estar sin trabajo o no indicó el tipo de establecimiento educacional en que trabajaba.

3.1.2 *Instrumento*

Se utilizó una encuesta que contenía dos secciones. En la primera, se encontraban algunas preguntas sociodemográficas referentes a factores como edad, título, nivel educativo en que se desempeñaban los participantes (educación parvularia, básica, media o superior), etc. Se incluyeron también preguntas sobre el nivel de interés en neurociencia educacional, conocimiento sobre programas que dicen estar basados en neurociencia, autoevaluación del conocimiento de neurociencia, lectura de revistas científicas y participación en capacitaciones de neurociencia, entre otras. La segunda parte correspondía a una traducción de la encuesta utilizada por Dekker et al. (2012), que incluye 12 declaraciones correspondientes a neuromitos y 20 afirmaciones sobre conocimiento general del cerebro.

3.1.3 *Procedimiento*

A través de diferentes universidades y colegios se contactó a los profesores para que participaran en la investigación, la que se presentó como un estudio que buscaba describir el conocimiento de los profesores sobre neurociencia y su aplicación en la sala de clases, sin hacer mención al concepto de neuromito. Aquellos profesores que decidieron participar en el estudio recibieron un correo electrónico con un enlace que contenía la encuesta, donde se hacía explícito que antes de comenzar debían leer el consentimiento informado y pinchar la opción “Sí, acepto” si estaban de acuerdo con participar. Después de aceptar participar, la primera sección de la encuesta se hacía visible donde se mostraba una serie de preguntas referentes a información sociodemográfica. Después de responder estas preguntas, debían pinchar la opción “Continuar” para acceder a la segunda parte que incluía la encuesta utilizada por Dekker et al. (2012) en una versión traducida al español. Los participantes debían leer las instrucciones y responder cada una de las preguntas seleccionando las opciones “Si” o “No” estoy de acuerdo. En total, la aplicación de la encuesta tomó alrededor de 15 minutos.

3.2 RESULTADOS

El análisis de datos se llevó a cabo con el uso del programa R (R Core Team, 2015). En primer lugar, se presenta la estadística descriptiva referente a los profesores, incluyendo las principales variables de interés. Debido a la gran variación en la prevalencia de neuromitos en los estudios anteriores (Dekker et al., 2012; Gleichgerrcht et al., 2015; Tardif et al., 2015), en el presente trabajo decidimos enfocarnos principalmente en los siete neuromitos más populares en la investigación de Dekker et al. y que han producido resultados similares en investigaciones posteriores. Este enfoque nos ha permitido obtener mayor poder estadístico producto de una mejor consistencia en la respuesta de los participantes. Los análisis inferenciales incluyeron la aplicación de modelos mixtos lineales generalizados con el fin de evaluar en qué medida las variables o predictores del estudio podían explicar la prevalencia de neuromitos y el conocimiento general sobre neurociencia de los profesores. El último análisis se enfocó en la posible correlación entre creencia en neuromitos y conocimiento general sobre neurociencia.

Los profesores que participaron en el estudio tenían un promedio de edad de 32,6 años (con un rango de 23-63 años) y contaban con 8 años de experiencia laboral. Treinta y tres de ellos (36,3 %) ejercían en Enseñanza Básica, 35 (38,5 %) en Enseñanza Media, 15 (16,4 %) en Educación Parvularia y 8 (8,8 %) en Educación Superior. De estos profesores, 62 (68 %) declararon no leer revistas científicas populares, mientras el resto afirmó que sí lo hacía. Por otra parte, 26 (29 %) de ellos expresaron que habían recibido algún tipo de capacitación en relación a las neurociencias, mientras que el porcentaje restante señaló no haber recibido nunca una capacitación. Además de la información anterior, los profesores entregaron información, mediante una escala Likert de 1-7, sobre otros factores adicionales que podrían predecir la aparición de neuromitos. Los participantes revelaron que el conocimiento que ellos creían tener sobre las neurociencias alcanzaba 3,01 puntos; mientras que el nivel de seguridad en responder las preguntas sobre neuromitos y conocimiento general de neurociencias fue de 4,65 en promedio. Por otra parte, el interés en las neurociencias que declararon tener los profesores alcanzó 5,95 y la evaluación de su desempeño global como docente llegó a 5,22.

3.2.1 Prevalencia de neuromitos

En general los profesores mostraron una gran tendencia a creer en neuromitos, ya que clasificaron como verdaderas 83,7% de las afirmaciones correspondientes a los 7 neuromitos más populares en Dekker et al. (2012). Ver Tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de respuestas incorrectas de los profesores chilenos en los 7 neuromitos más populares de acuerdo a (Dekker et al., 2012)

Neuromitos	Porcentaje de creencia
Los estudiantes aprenden mejor cuando reciben información a través de su estilo de aprendizaje dominante (ej.: auditivo, visual, kinestésico).	91 %
La diferencia en la dominancia hemisférica (cerebro izquierdo, cerebro derecho) puede explicar en parte las diferencias individuales entre aprendices.	86 %
Sesiones cortas de ejercicios de coordinación pueden mejorar la integración de la función cerebral de los hemisferios (izquierdo y derecho).	90 %
El ejercicio físico que involucra la coordinación de habilidades motoras y perceptivas puede mejorar la alfabetización.	86 %
Un ambiente con mucha estimulación mejora el desarrollo del cerebro de los preescolares.	91 %
Los niños están menos atentos después de consumir bebidas o alimentos azucarados.	58 %
Se ha comprobado científicamente que los suplementos de ácidos grasos (omega-3 y omega-6) tienen un efecto positivo en el logro académico.	86 %

Además de la prevalencia de neuromitos, analizamos el efecto de los principales factores con la utilización de modelos mixtos lineales generalizados que permiten tratar los participantes e ítems como efectos aleatorios (Baayen, Davidson, & Bates, 2008). Los análisis se llevaron a cabo con la utilización del paquete lme4 versión 1.1-7 (Bates, Maechler, Bolker, & Walker, 2015) en la versión 3.1.1. del programa R (R Core Team, 2015). Con el fin de modelar los datos adecuadamente, seguimos la estructura de análisis sugerida por Barr, Levy, Scheepers y Tily (2013) que parte por incluir todas las variables o predictores relevantes en el modelo hasta alcanzar un modelo óptimo que incluya solamente las variables que muestran efectos significativos. Elegimos este tipo de modelo estadístico en desmedro de otros como ANOVAs o regresión lineal, ya que permite tomar en consideración las variaciones entre participantes y estímulos, además de modelar variables categóricas y continuas de manera conjunta. El paquete lmerTest versión 2.0-26 se utilizó para obtener los valores referentes al Alfa de Cronbach y entregar claridad y precisión con respecto a la significancia estadística.

En el primer modelo estadístico, ingresamos todos los predictores relevantes que podrían explicar la prevalencia de neuromitos en los profesores. Este modelo incluyó los siguientes predictores: NE (Educación Parvularia, Enseñanza Básica, Enseñanza Media, Educación Superior), CN (con y sin capacitación en neurociencia), LRCP (sí o no), Edad, IANE (1-7), ACGN (1-7), ADG (1-7) y SRE (1-7). En esta instancia se buscó eliminar los predictores que menos contribuían a explicar la prevalencia de neuromitos antes de utilizar los modelos definitivos que incluyeran solo los predictores más fuertes. Debido a la baja

contribución de los predictores NE, Edad y ADG; se procedió a eliminarlos y a ejecutar un nuevo modelo. En esta nueva instancia, otros dos predictores - CN ($p > 0,5$) y IANE ($p > 0,3$) - fueron removidos del análisis, debido a su pobre contribución.

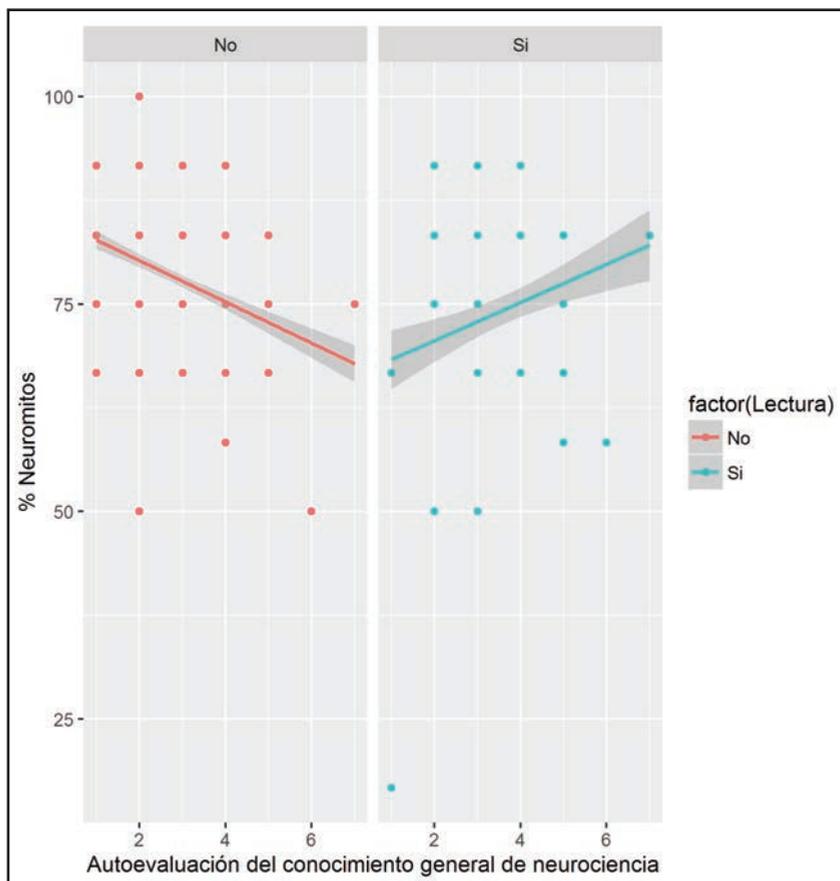
En un tercer nivel de aplicación de modelos, eliminamos el predictor SRE, ya que no alcanzó a contribuir ni de manera marginal a explicar la prevalencia de neuromitos. En el modelo final solo los predictores LRCP y ACGN fueron incluidos en el análisis, debido a que contribuían significativamente a explicar la aparición de neuromitos. Además de los efectos principales de estas dos variables, introdujimos una interacción entre ellas, ya que el modelo con interacciones se ajustó mejor a los datos que el modelo sin interacciones ($p = 0,008$), lo que se determinó utilizando la función *anova* en R que permite comparar el grado en que los modelos se ajustan a los datos mediante un test de Chi-cuadrado. Los resultados del modelo definitivo mostraron que tanto la Lectura de revistas científicas populares (LRCP) ($p = 0,003$) como el conocimiento que los profesores dicen tener sobre la neurociencia (ACGN) ($p = 0,0002$) predicen significativamente la aparición de neuromitos. Por otra parte, se encontró una interacción significativa entre los predictores ($p = 0,01$). Con el fin de explorar esta interacción, decidimos utilizar dos nuevos modelos para cada nivel de la variable LRCP (Sí y No) con la variable ACGN como el único predictor de neuromitos. El modelo que se aplicó a la base de datos de profesores que sí leían revistas científicas populares mostró que ACGN no tenía ningún poder predictivo ($p = 0,73$). Sin embargo, el modelo aplicado al set de datos de los profesores que no leía revistas, mostró que la variable ACGN predecía de manera altamente significativa la detección de neuromitos ($p = 0,00002$), lo que significa que en los que no leen revistas, declarar mayor conocimiento significa también detectar más neuromitos (ver Tabla 3 y Figura 1).

Tabla 3. Análisis de los predictores de neuromitos. Coeficientes de efectos principales y de interacción, error estándar (ES) y valores de significancia

	Estimación	ES	Valor <i>t</i>	Significancia (valor <i>p</i>)
Intercepto	1,04	0,06	16,02	0,000
LRCP	-0,31	0,10	3,10	0,002
ACGN	-0,06	0,02	3,85	0,000
LRCP x ACGN	0,07	0,03	2,63	0,010
<i>Evaluación de la interacción</i>				
<i>LRCP (Sí)</i>				
Intercepto	0,73	0,12	6,03	0,000
ACGN	0,01	0,03	0,35	0,730
<i>LRCP (No)</i>				
Intercepto	1,04	0,05	17,68	0,000
ACGN	-0,06	0,01	-4,63	0,000

Nota. LRCP, Lectura de revistas científicas populares; ACGN, Autoevaluación del conocimiento general de neurociencia; ES, error estándar.

Figura 1. Porcentaje de neuromitos y autoevaluación del conocimiento general de neurociencia de acuerdo al factor Lectura de revistas científicas populares (LRCP)



3.2.2 Conocimiento general de Neurociencia

Los profesores respondieron de manera correcta al 71,4% de las afirmaciones que hacían referencia a conocimiento general de neurociencia. Las afirmaciones que más conocían fueron a) La capacidad mental es hereditaria y no puede modificarse por influencia del ambiente ni de la experiencia, b) Existen períodos sensibles en la infancia durante los cuales es más fácil aprender, y c) El cerebro deja de funcionar mientras dormimos; mientras que las más difíciles resultaron a) El cerebro de los niños es más grande que el de las niñas, b) El hemisferio izquierdo del cerebro siempre funciona junto con el hemisferio derecho, y c) El consumo regular de café reduce la capacidad de atención (ver Tabla 4).

Tabla 4. Número de respuestas correctas e incorrectas para afirmaciones acerca del cerebro y su funcionamiento

Afirmaciones	Incorrecta	Correcta
Utilizamos nuestro cerebro 24 horas al día.	6	85
El cerebro de niños y niñas se desarrolla al mismo ritmo.	34	57
El desarrollo del cerebro termina antes de que los estudiantes lleguen a la enseñanza media.	20	71
La información se almacena en una red de células distribuidas en todo el cerebro.	15	76
El aprendizaje no se produce por la generación de nuevas células cerebrales.	46	45
El aprendizaje ocurre por la modificación de las conexiones neuronales del cerebro.	10	81
El logro académico puede verse afectado por no tomar desayuno.	14	77
El desarrollo normal del cerebro humano involucra la pérdida y generación de células cerebrales.	18	73
La capacidad mental es hereditaria y no puede modificarse por influencia del ambiente ni de la experiencia.	4	87
El ejercicio físico vigoroso puede mejorar el desempeño mental.	28	63
El ritmo circadiano (“reloj biológico”) cambia durante la adolescencia, razón por la cual los estudiantes están más cansados durante las primeras horas de clase de la mañana.	25	66
El consumo regular de cafeína reduce la capacidad de atención.	55	36
El reforzamiento constante de ciertos procesos mentales puede cambiar la forma y estructura de ciertas partes del cerebro.	23	68
Cada estudiante muestra preferencia por una manera específica de recibir información (ej.: visual, auditiva, kinestésica).	5	86
La producción de nuevas conexiones cerebrales puede continuar hasta una edad avanzada.	18	73
El cerebro de los niños es más grande que el de las niñas.	82	9
Existen períodos sensibles en la infancia durante los cuales es más fácil aprender.	3	88
El cerebro deja de funcionar mientras dormimos.	3	88
Cuando se daña un área del cerebro, alguna otra área puede asumir su función	45	46
El hemisferio izquierdo del cerebro siempre funciona junto con el hemisferio derecho.	67	24

El análisis sobre el conocimiento de neurociencia siguió un patrón similar al empleado para detectar los predictores de neuromitos. De esta forma, comenzamos con un modelo amplio que incluía los mismos predictores que en el apartado anterior. Después de la aplicación del primer modelo solo quedaron los predictores Edad, Interés y Seguridad, ya que se aproximaban más al valor de significancia ($p < 0.05$). El siguiente modelo incluyó solo estos tres predictores y el análisis mostró que ninguno de ellos predecía significativamente el conocimiento de neurociencia; tan solo el predictor *Interés* se aproximó marginalmente al valor alfa de 0,05 ($p = 0.07$). Finalmente, se utilizó un tercer modelo solo utilizando el predictor *Interés*, el cual resultó significativo. Al comparar el modelo 2 y el modelo 3, utilizando la función *anova* en R, se encontró que el último modelo se ajustó mejor a los datos (ver Tabla 5 y Figura 2).

Tabla 5. Análisis del conocimiento general de neurociencia. Coeficientes de efectos principales y de interacción, error estándar (ES) y valores de significancia

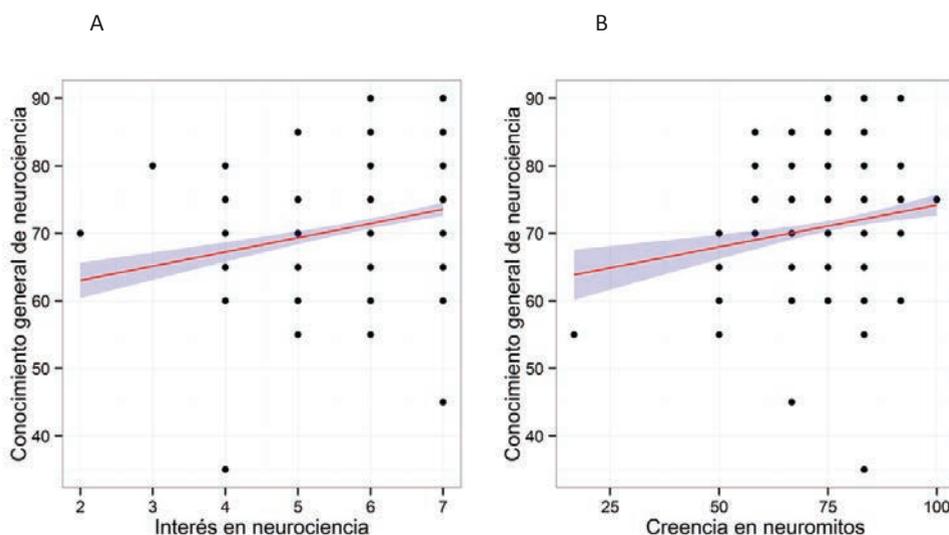
	Estimación	ES	Valor <i>t</i>	Significancia (valor <i>p</i>)
<i>Modelo 2</i>				
Intercepto	0,59	0,08	7,09	0,000
Edad	-0,00	0,00	-0,85	0,397
Interés	0,02	0,01	1,84	0,068
Seguridad	0,01	0,01	1,20	0,234
<i>Modelo 3</i>				
Intercepto	0,58	0,08	7,74	0,000
Interés	0,02	0,01	2,40	0,018

Nota: ES, error estándar

3.2.3 Correlación entre prevalencia de neuromitos y conocimiento general de neurociencias

Además de evaluar el nivel predictivo de las variables anteriores, decidimos examinar en qué medida el porcentaje de prevalencia de neuromitos general se correlacionaba con el porcentaje de respuestas correctas en las preguntas sobre conocimiento general de neurociencia. Este análisis demostró una correlación altamente positiva entre los factores, $r(89) = 0,16$, $p < 0,001$. (Ver Figura 2).

Figura 2. Relación entre conocimiento general de neurociencia e interés en neurociencia (A).
Relación entre conocimiento general de neurociencia y creencia en neuromitos (B).



4. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo indagar sobre la prevalencia de neuromitos y el conocimiento general de neurociencia de profesores chilenos en ejercicio egresados de universidades de regiones y de diversas especialidades. Además de identificar la existencia de neuromitos y evaluar el conocimiento general de neurociencia, en este trabajo utilizamos una serie de predictores, algunos de ellos inéditos, con el fin de explicar estas variables. A diferencia de otros estudios, utilizamos modelos lineales mixtos que permiten establecer con mayor precisión qué predictores contribuyen a explicar tanto el conocimiento de neurociencia como los neuromitos. Por otra parte, en esta investigación abordamos cada uno de los neuromitos más comunes y explicamos su origen desde la neurociencia, además de ser el primer trabajo en español sobre la prevalencia de neuromitos en Chile. En primer lugar, discutimos los resultados referentes al conocimiento general de neurociencia de los profesores y finalmente abordamos los resultados sobre la prevalencia de neuromitos y los factores que contribuyen a este fenómeno.

4.1. CONOCIMIENTO GENERAL DE NEUROCIENCIA

En general, los resultados demostraron que los profesores chilenos respondieron de manera correcta a un 71,4% de las afirmaciones sobre conocimiento general de neurociencias, lo que es muy similar al porcentaje obtenido en el Reino Unido y Holanda (Dekker et al., 2012) y superior a los resultados sobre Latinoamérica (Gleichgerrcht, Luttges, Salvarezza, & Campos, 2015). De estos datos se desprende, además, que las afirmaciones con respecto a la anatomía y el funcionamiento del cerebro tuvieron un mayor grado de dificultad, mientras

que aquellas relacionadas con situaciones cotidianas como los ejercicios, el desayuno, el desarrollo y el aprendizaje resultaron menos demandantes. Un patrón similar se observó en el estudio sobre Latinoamérica y cuyos resultados fueron atribuidos al hecho de que los profesores normalmente aprenden este tipo de conocimiento mediante la observación directa en la sala de clase (Gleichgerrcht et al., 2015). En general, esto confirma que el grado y tipo de conocimiento general de neurociencia es estable en diferentes profesores, ya sea de Europa, Latinoamérica o en este caso de regiones específicas de Chile.

Para entender de qué depende o qué factores permiten explicar el conocimiento general de neurociencia, evaluamos una serie de predictores: Nivel en que enseñan los profesores (NE), Capacitación en neurociencia (CN), Lectura de revistas científicas populares (LRCP), Edad, Interés en la aplicación de la neurociencia en la educación (IANE), Autoevaluación del conocimiento general de neurociencia (ACGN); Autoevaluación del desempeño general como profesor (ADG) y Seguridad en responder la encuesta (SRE). De estos predictores, solo IANE tuvo un efecto cercano al valor Alfa establecido ($p = 0.05$), lo que significa que no existe claridad con respecto a los factores que influyen en la adquisición del conocimiento general de neurociencia por parte de los profesores. En estudios previos, se encontró que este conocimiento variaba de acuerdo a si los participantes leían o no revistas científicas populares (LRCP), con mayor conocimiento para los lectores (Dekker, Lee, Howard-Jones, & Jolles, 2012). Es probable que en el caso de Chile, las revistas científicas a las cuales tienen acceso los profesores no tengan información tan actualizada, pues la gran parte de la información de neurociencia se encuentra en inglés y la mayoría de los profesores chilenos no lee normalmente en inglés.

Por otra parte, se encontró una relación positiva entre prevalencia de neuromitos y conocimiento general de neurociencia, lo que significa que a mayor conocimiento de neurociencia mayor es la creencia en neuromitos, en línea con algunas investigaciones previas (p. ej., Dekker et al., 2012). Esta relación puede parecer extraña, pues podríamos pensar que a medida que un profesor aprende sobre neurociencia sus creencias erróneas sobre esta disciplina disminuyen. Sin embargo, la correlación positiva puede deberse a que mientras buscan información sobre neurociencia, al mismo tiempo encuentra información falsa y los profesores no son capaces de discriminar debido a una falta de literacidad científica. Por otra parte, se sabe que la información rectificadora que normalmente sucede a la presentación de un neuromito en vez de erradicar la creencia errónea genera el efecto contrario, ya que los individuos recuerdan la información errónea como si fuera verdadera. Este efecto se conoce ampliamente en psicología cognitiva y se denomina el efecto *backfire* (Peter & Koch, 2016; Skurnik, Yoon, Park, & Schwarz, 2005). De esta forma, es posible que este efecto ocurra también cuando los profesores reciben capacitaciones o lean información en internet.

4.2. PREVALENCIA DE NEUROMITOS

En general, los resultados demostraron que los profesores chilenos que participaron en este estudio presentaron una alta prevalencia de neuromitos, la cual alcanzó un 87% en el caso de los 7 neuromitos más populares (Dekker et al., (2012). Estos resultados están en línea con los encontrados por Gleichgerrcht et al. (2015) en los diferentes países de Latinoamérica que encuestaron, lo que confirma que los profesores chilenos, en este caso de Universidades de regiones, tienen una alta prevalencia de neuromitos.

En general, los neuromitos que más influencia tienen en los profesores son los asociados a las metodologías VAK que clasifican a los individuos en visuales, auditivos y kinestésicos (Geake, 2008) o de acuerdo a su dominancia hemisférica (Springer & Deutsch, 1998). Por otra parte, los neuromitos que tiene relación con la existencia de períodos críticos para el aprendizaje o los ambientes enriquecidos también predominan (Bruer, 1999), además de los asociados al programa Brain Gym® o gimnasia cerebral (Educational Kinesiology Foundation, 2016). En este contexto, enfocamos nuestro esfuerzo en explicar y revocar algunos de estos neuromitos. En el caso de los mitos VAK, no existe ninguna evidencia científica de que el estilo de aprendizaje tenga relación con el desempeño (Krätzig & Arbutnott, 2006; Pashler, McDaniel, Rohrer, & Bjork, 2008; Rohrer & Pashler, 2012). Es más la evidencia demuestra que es más bien lo contrario (Massa & Mayer, 2006), y que se sabe que la información se recuerda de mejor forma si se adquiere con más de una modalidad (Gellevij, Meij, Jong, & Pieters, 2002; Paivio, 1991). Por otra parte, se ha demostrado que durante el aprendizaje el cerebro debe integrar diferentes tipos de información y no solo de una modalidad o estilo de aprendizaje (Ferreira, Göbel, Hymers, & Ellis, 2015). Es probable que en Chile este neuromito goce de gran popularidad porque incluso desde el Ministerio de Educación se exige a los establecimientos identificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes, con el fin de planificar actividades adecuadas para cada estilo y facilitar el aprendizaje de los estudiantes (Ministerio de Educación de Chile, 2015). Si bien la idea de utilizar diversos estilos es positiva, ir más allá y pensar que se debe utilizar un estilo distinto dependiendo del alumno es algo que no tiene sustento empírico.

Otros dos neuromitos que resultaron tener una alta prevalencia fueron los relacionados con los períodos críticos para el aprendizaje y los ambientes enriquecidos. Se desconoce con exactitud por qué su presencia como parte de las creencias de los profesores chilenos es tan poderosa. Lo cierto es que no existen períodos tan claramente determinados contrariamente a lo que se pensaba anteriormente (Hübener & Bonhoeffer, 2014). Por otra parte, el cerebro no termina de desarrollarse sino hasta el final de la adolescencia, lo que genera diversos períodos de alta sensibilidad para el aprendizaje como la poda sináptica y la mielinización (Howard-Jones, 2010). Además, se sabe que el hipocampo, una zona subcortical que tiene un rol fundamental en la creación de nuevas memorias, mantiene la capacidad de generar nueva neuronas (neurogenesis), lo que facilita el aprendizaje en adultos de cualquier edad (Bartsch, 2012). A menudo el neuromito sobre los períodos críticos viene acompañado del neuromito que señala que los ambientes enriquecidos son mejores para el aprendizaje. Es muy lógico pensar que un ambiente enriquecido es mejor para el aprendizaje que un ambiente empobrecido. El problema es que la evidencia para apoyar esta idea viene de estudios con ratas donde ambiente enriquecido significa un ambiente cercano a lo normal que viven en estos animales en su ambiente natural mientras un ambiente empobrecido significa la aislación completa (Greenough & Volkmar, 1973). Es probable que al igual que en Estados Unidos esta interpretación errónea se haya promovido en Chile a través de la prensa y haya alcanzado las aulas sin siquiera saber que la evidencia no viene de estudios con seres humanos.

Los otros neuromitos que resultaron ser populares fueron los promocionados por el programa Brain Gym® o Gimnasia Cerebral y los referentes a la dominancia hemisférica. Esta última concepción errónea del cerebro humano se encuentra fuertemente arraigada en el ámbito de la educación y prueba de ello es el hecho de que incluso existen libros que incentivan a los profesores a identificar la dominancia hemisférica de sus alumnos, con

el fin de llevar a cabo las clases de mejor forma (Hoffman, 2003). Es común encontrar sitios de Internet donde se lee que las personas lógicas, metódicas y analíticas utilizan más el hemisferio izquierdo del cerebro y aquellas que son creativas y artísticas utilizan más el hemisferio derecho (p. ej., Te Interesa, 2013). Lo cierto es que estos planteamientos no tienen ningún apoyo neurocientífico, puesto que no se ha encontrado evidencia de que los individuos utilicen más un hemisferio que otro. De hecho, Nielsen, Zielinski, Ferguson, Lainhart y Anderson (2013) llevaron a cabo un estudio a gran escala donde evaluaron el funcionamiento del cerebro de más de 1.000 participantes, y demostraron que no existen individuos que utilizan más un hemisferio que el otro, debido a que tienen ciertas habilidades más desarrolladas que otras. Si bien es cierto que algunas zonas en cada uno de los hemisferios se especializan en tareas distintas, ambos hemisferios están fuertemente interconectados a través del cuerpo caloso y muestran alta conectividad durante el procesamiento de cualquier estímulo, gracias a los tractos de sustancia blanca que permiten su comunicación (Bitan, Lifshitz, Breznitz, & Booth, 2010; Jahanshad et al., 2011). En resumen, no existe evidencia de que haya dominancia de un hemisferio por sobre otro y además los hemisferios no trabajan en tareas de manera aislada sino que realizan cada tarea en conjunto.

En el caso del programa Brain Gym® o Gimnasia Cerebral (Educational Kinesiology Foundation, 2016) promueve una serie de neuromitos entre ellos, la dominancia hemisférica. Este programa está presente en al menos 80 países y es ampliamente conocido gracias a la publicidad que ha obtenido por parte de la prensa en general y a la difusión que los mismos usuarios hacen de él. A través de un sitio web (<http://www.braingym.org/>), ofrece talleres que preparan a los profesores en la aplicación de la gimnasia cerebral, que en líneas generales plantea que los problemas de aprendizaje radican en la falta de coordinación de las diferentes partes del cerebro y del cuerpo, lo que impide que los individuos aprendan correctamente (Dennison & Dennison, 1989). Bajo esta justificación, el programa proporciona una serie de actividades tendientes a reeducar la mente y el cuerpo con el fin de aprender de manera más eficiente (Educational Kinesiology Foundation, 2016). Los planteamientos sobre la lateralidad, enfoque, y centralización parecen intuitivos para cualquier docente que no tenga una formación neurocientífica y que busque exasperadamente encontrar nuevas formas para mejorar su desempeño en el aula. Sin embargo, lo cierto es que las promesas de Brain Gym® no tienen ninguna base científica; es más, están completamente alejadas del conocimiento que se tiene sobre el cerebro humano en la actualidad (Hyatt, 2007) y parecen tener un fin netamente comercial. Determinar el origen de la alta prevalencia en la creencia de estos neuromitos resulta complejo, ya que en Chile el programa Brain Gym® no está muy popularizado. Sin embargo, en Educación Especial o Diferencial, por ejemplo, se utilizan métodos similares para intervención educativa en niños con dislexia, probablemente asociado a los primeros hallazgos sobre dislexia del desarrollo y dislexia adquirida, ya que en algunas investigaciones se hizo la asociación entre dislexia y problemas motores, por lo que se desarrollaron programas de intervención que incluían ejercicios de coordinación viso-motora para mejorar la conexión entre hemisferios (Guardiola, 2001).

Con el fin de entender los factores que están involucrados en la prevalencia de neuromitos, utilizamos modelos mixtos lineales con una serie de predictores como se explicó anteriormente. De todos los factores que incluimos en los modelos estadísticos, los únicos que ayudaron a explicar la prevalencia de neuromitos fueron la lectura de revistas científicas populares (LRCP) y el conocimiento que los profesores dicen tener

sobre neurociencia (ACGN). Sin embargo, es importante mencionar que se encontró una interacción entre estos factores y que al examinar este efecto se evidenció que solo el grupo que no leía revistas científicas mostraba una relación negativa entre porcentaje de neuromitos y ACGN. Esto significa que a mayor conocimiento que declararon tener aquellos profesores que no leían revistas científicas populares, mejor fue su rendimiento en la identificación de neuromitos. Uno de los predictores que sorprendentemente no resultó ser significativo fue la capacitación en neurociencia (CN). Es probable que esta variable no tenga un poder predictivo sobre los neuromitos, pues las capacitaciones en neurociencia que toman los profesores no necesariamente son de neurociencia y más bien representan información pseudocientífica. De esta forma, es probable que muchos de los profesores reciban capacitaciones que refuerzan sus neuromitos, lo que incluso se ha comprobado en países con un mayor desarrollo que Chile. Por ejemplo, en Suiza, Tardif, Doudin y Meylan (2015) se percataron que las capacitaciones que los profesores cursan en la Universidad incluyen una alta proporción de neuromitos. La gran prevalencia de estas creencias en los profesores chilenos también puede explicarse por la formación predominantemente humanista y no científica que reciben estos profesionales, la cual prioriza el desarrollo de áreas relacionadas con la psicología social, la filosofía y la antropología, en desmedro de las ciencias naturales (Cofré, Camacho, Galaz, Jiménez, & Santibáñez, 2010).

Sin perjuicio de lo anterior, un punto a destacar en este estudio es que los profesores tienen un gran interés en la neurociencia y responden relativamente bien a las preguntas sobre conocimiento general en esta disciplina independiente de si leen o no revistas científicas populares. Esto podría implicar que los profesores, motivados por un fuerte interés en neurociencia, intentan acceder a información a través de diversas fuentes, pero durante la búsqueda encuentran tanto información verídica de neurociencia como neuromitos (Coch & Ansari, 2009; Dekker et al., 2012; Pickering & Howard-Jones, 2007).

5. CONCLUSIONES

A través de esta investigación, se encontró que los profesores en Chile, independiente de su área de especialización o del nivel educativo en que desempeñan su labor, tienen dificultades para discriminar neuromitos de información científica. Esta situación nos debería preocupar y llevarnos a pensar cuál es el camino correcto para dejar atrás las creencias erróneas en educación. Al menos una parte de la respuesta a esta pregunta radica en poder continuar con investigaciones que generen divulgación científica, con la realización de programas o capacitaciones que enseñen realmente a los docentes y estudiantes de pedagogía a diferenciar la neurociencia de los neuromitos. Actualmente, los profesores acceden a programas de neurociencia de corta duración que no sabemos si son sobre neurociencia o comunican información que reafirma sus creencias erróneas. La capacitación de docentes en ejercicio, hasta ahora, ha resultado no ser efectiva; sin embargo, distinto es el caso de los estudiantes de pedagogía, quienes tienen cursos de neurociencia como parte de su formación universitaria. Se ha comprobado que los alumnos que tienen cursos de neurociencia sí mejoran tanto en conocimiento de neurociencia como en identificación de neuromitos (Tardif et al., 2015). En esta misma línea, los estudiantes de pedagogía que reciben formación general de ciencias (biología) son capaces de identificar más neuromitos que aquellos estudiantes que no reciben formación en esa área (Dündar & Gündüz, 2016).

Por esto, es urgente que las universidades del país que imparten carreras de pedagogía, reformulen sus mallas curriculares para lograr la inclusión de cursos de neurociencia como parte de la oferta académica de las facultades de educación. Hasta ahora, instituciones educacionales de diferentes países han pagado costosas capacitaciones para los profesores que lamentablemente han estado basadas en neuromitos o con una pobre interpretación de hechos científicos reales (Dekker & Jolles, 2015; Goswami, 2006; Tardif et al., 2015). Es necesario entonces educar a los futuros profesores en el conocimiento de neurociencia para evitar la situación actual y tener profesionales más capaces de discriminar la información de neurociencia de la pseudociencia. En síntesis, para disminuir la brecha que existe entre neurociencia y educación es necesario generar cambios a nivel de instituciones, realizar más investigaciones en neurociencia educacional y generar métodos para contrarrestar las falsas creencias que hoy predominan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansari, D., Coch, D., & De Smedt, B. (2011). Connecting education and cognitive neuroscience: Where will the journey take us? *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 37–42.
- Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59(4), 390–412.
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255–278.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version, 1(7).
- Bitan, T., Lifshitz, A., Breznitz, Z., & Booth, J. R. (2010). Bidirectional connectivity between hemispheres occurs at multiple levels in language processing but depends on sex. *The Journal of Neuroscience*, 30(35), 11576–11585.
- Bruer, J. T. (1999). *The myth of the first three years: A new understanding of early brain development and lifelong learning*. New York, NY: Simon and Schuster.
- Coch, D., & Ansari, D. (2009). Thinking about mechanisms is crucial to connecting neuroscience and education. *Cortex*, 45(4), 546–547.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., & Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 279-293.
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P. A., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3(OCT), 1–8.
- Deligiannidi, K., & Howard-Jones, P. A. (2015). The neuroscience literacy of teachers in Greece. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 3909–3915.
- Dennison, P. E., & Dennison, G. E. (1989). *Brain Gym: Teacher's Edition*. Ventura, CA: Edu Kinesthetics.
- Devonshire, I. M., & Dommett, E. J. (2010). Neuroscience: viable applications in education? *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 16(4), 349–356.
- Educational Kinesiology Foundation. (2016). The Official Brain Gym Website. Recuperado el 25 de septiembre de 2016 desde <http://www.braingym.org/>.
- Ferreira, R. A., Göbel, S. M., Hymers, M., & Ellis, A. W. (2015). The neural correlates of semantic richness: Evidence from an fMRI study of word learning. *Brain and Language*, 143, 69–80.
- Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123–133.
- Gellevij, M., Meij, H. V. D., Jong, T. D., & Pieters, J. (2002). Multimodal versus unimodal instruction

- in a complex learning context. *The Journal of Experimental Education*, 70(3), 215–239.
- Gleichgerricht, E., Luttges, B. L., Salvarezza, F., & Campos, A. L. (2015). Educational neuromyths among teachers in Latin America. *International Mind, Brain and Education Society*, 9(3), 170–178.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature Reviews. Neuroscience*, 7(5), 406–411.
- Greenough, W. T., & Volkmar, F. R. (1973). Pattern of dendritic branching in occipital cortex of rats reared in complex environments. *Experimental Neurology*, 40(2), 491–504.
- Guardiola, J. G. (2001). The evolution of research on dyslexia. *Anuario de Psicología*, 32(1), 3–30.
- Herculano-Houzel, S. (2002). Do you know your brain? A survey on public neuroscience literacy at the closing of the decade of the brain. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 8(2), 98–110.
- Hoffman, E. (2003). *Introducing Children to...: Their Amazing Brains v. 1: Their Amazing Brains Vol 1*. Middlewich: Learn to Learn.
- Howard-Jones, P. A. (2010). *Introducing neuroeducational research: Neuroscience, Education and the Brain from contexts to practice*. Abingdon: Routledge.
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817–824.
- Hübener, M., & Bonhoeffer, T. (2014). Neuronal plasticity: Beyond the critical period. *Cell*, 159(4), 727–737.
- Jahanshad, N., Aganj, I., Lenglet, C., Joshi, A., Jin, Y., Barysheva, M., ... Thompson, P. M. (2011). Sex differences in the human connectome: 4-Tesla high angular resolution diffusion imaging (HARDI) tractography in 234 young adult twins. In *2011 IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro* (pp. 939–943).
- Karakus, O., Howard-Jones, P. A., & Jay, T. (2015). Primary and secondary school teachers' knowledge and misconceptions about the brain in Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 1933–1940.
- Krätzig, G. P., & Arbutnott, K. D. (2006). Perceptual learning style and learning proficiency: A test of the hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 238–246.
- Logothetis, N. K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453(7197), 869–878.
- Massa, L. J., & Mayer, R. E. (2006). Testing the ATI hypothesis: Should multimedia instruction accommodate verbalizer-visualizer cognitive style? *Learning and Individual Differences*, 16(4), 321–335.
- Mather, M., Cacioppo, J. T., & Kanwisher, N. (2013). How fMRI can inform cognitive theories. *Perspectives on Psychological Science*, 8(1), 108–113.
- Ministerio de Educación de Chile. (2015). *Diversificación de la enseñanza* (Decreto No. 83). Santiago, Chile: División de Educación General, Unidad de Currículum.
- Nielsen, J. A., Zielinski, B. A., Ferguson, M. A., Lainhart, J. E., & Anderson, J. S. (2013). An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging. *PLOS ONE*, 8(8), e71275.
- Organisation for Economic Cooperation, and Development. (2002). *Understanding the brain: Towards a new learning science*. Paris: OECD.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 45(3), 255–287.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105–119.
- Pei, X., Howard-Jones, P. A., Zhang, S., Liu, X., & Jin, Y. (2015). Teachers' understanding about the brain in East China. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 3681–3688.
- Peter, C., & Koch, T. (2016). When debunking scientific myths fails (and when it does not) The

- backfire effect in the context of journalistic coverage and immediate judgments as prevention strategy. *Science Communication*, 38(1), 3–25.
- Pickering, S. J., & Howard-Jones, P. (2007). Educators' views on the role of neuroscience in Education: Findings from a study of UK and international perspectives. *Mind, Brain, and Education*, 1(3), 109–113.
- R Core Team. (2015). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rodrigues Rato, J., Abreu, A. M., & Castro-Caldas, A. (2013). Neuromyths in education: What is fact and what is fiction for Portuguese teachers? *Educational Research*, 55(4), 441–453.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2012). Learning styles: where's the evidence? *Medical Education*, 46(7), 634–635.
- Skurnik, I., Yoon, C., Park, D. C., & Schwarz, N. (2005). How warnings about false claims become recommendations. *Journal of Consumer Research*, 31(4), 713–724.
- Springer, S. P., & Deutsch, G. (1998). *Left brain, right brain: Perspectives from cognitive neuroscience, 5th ed* (Vol. xiii). New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Sylvan, L. J., & Christodoulou, J. A. (2010). Understanding the role of neuroscience in brain based products: A guide for educators and consumers. *Mind, Brain, and Education*, 4(1), 1–7.
- Tardif, E., Doudin, P. A., & Meylan, N. (2015). Neuromyths among teachers and student teachers. *Mind, Brain, and Education*, 9(1), 50–59.
- Te Interesa (2013). La parte derecha del cerebro es creativa, mientras que la izquierda es más lógica. Recuperado el 15 de octubre de 2016 desde http://www.teinteresa.es/ciencia/derecha-cerebro-creativa-izquierda-logica_0_866315262.html.
- The Royal Society, T. R. (2011). *Brain Waves Module 2: Neuroscience: implications for education and lifelong learning*. *Brain* (1st ed., Vol. 44). London.