



Articulación entre educación ambiental y educación científica: una mirada desde las competencias en sostenibilidad desarrolladas en la formación inicial docente

Articulation Between Environmental Education and Scientific Education: A Perspective From the Sustainability Competencies Developed in Initial Teacher Training

Felipe Karelovic Vargas¹ y Felipe Kong²

¹ Universidad de Chile

² Universidad Diego Portales (Chile)

Resumen

Este artículo aborda la asociación entre las controversias socio-científicas, así como las competencias clave para la sostenibilidad desde la educación en ciencias (EC) y la educación ambiental (EA), específicamente en la formación inicial docente (FID). Se propone que desde la articulación entre la EC y la EA también se obtienen nuevas oportunidades de investigación, siendo relevantes aquellas sobre los factores que afectan al desarrollo de las competencias claves de Wiek y sus colegas (2011). Para verificar lo propuesto se utilizaron metodologías cuantitativas que indagan en las concepciones de las controversias socio-científicas y en el grado relativo de despliegue de las competencias clave para la sostenibilidad. Para ello, se aplicó el cuestionario BIOHEAD-citizen y un test de caso de estudios evaluado con rúbricas a profesores y profesoras en formación respectivamente, con el fin de recopilar evidencia de las concepciones de controversias de temas variados y el grado relativo de desarrollo de las competencias en pensamiento sistémico, de estrategia y normativa. La asociación de ambos datos se realizó con modelos lineales, a partir del puntaje por competencia como variable dependiente. El mejor modelo obtenido presenta una explicación estadísticamente significativa del pensamiento sistémico por parte de dos sistemas de concepciones: socio-ambientalmente negativo y sociopolítico religioso; en cambio, para las otras dos competencias (estrategia y normativa) ninguna variable independiente resultaba en un modelo relevante. Estos resultados sugieren que las concepciones sí son importantes para el desarrollo de competencias clave, respaldando la importancia de una articulación entre la EC y la EA, cuyos alcances para la formación inicial docente son discutidos en el artículo.

Palabras clave: educación ambiental, educación científica, competencias en sostenibilidad, controversias socio-científicas

Correspondencia a:

Felipe Kong López
Facultad de Educación, Universidad Diego Portales
Vergara 210, Santiago, Chile
felipe.kong@udp.cl
ORCID: 0000-0002-6450-1627

© 2022 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN:0719-0409 DDI:203.262, Santiago, Chile doi: 10.7764/PEL.59.1.2022.8

Abstract

This paper addresses the association between socio-scientific controversies and key competencies in sustainability from science education (SE) and environmental education (EE), specifically in initial teacher training (ITT). It is suggested that new research opportunities are also obtained from the articulation between SE and EE, with those on the factors that affect the development of the key competencies outlined by Wiek et al. (2011) being particularly relevant. In order to verify this proposal, quantitative methodologies were used, which investigate the concepts of socio-scientific controversies and the relative degree of deployment of key competencies for sustainability. In order to achieve this, the BIOHEAD-citizen questionnaire and a case study test evaluated with rubrics were applied to trainee teachers to collect evidence of conceptions of controversies in various topics and the relative degree of development of three competencies, namely, systems-thinking, strategic, and normative competencies. The association of both sets of data was done with linear models, based on the score for each competency as a dependent variable. The best model obtained shows a statistically significant explanation of systems-thinking on the part of two systems of conceptions: socio-environmentally negative and socio-political religious; whereas for the other two competencies (strategic and normative) no independent variable resulted in a relevant model. These results suggest that conceptions are important for the development of key competencies, supporting the importance of a symbiotic relationship between SE and EE, the implications of which are discussed for ITT.

Keywords: environmental education, scientific education, sustainability competencies, socio-scientific controversies

Introducción

En 2019, más de once mil científicos alrededor del mundo firmaron la declaración que establece que nuestro planeta está enfrentando una emergencia climática (Ripple et al., 2019), con ínfimas posibilidades de ser controlada por factores no antropogénicos, es decir, aquellos que emerjan de los sistemas naturales (Santer et al., 2019). Sin embargo, el negacionismo del cambio climático antropogénico frente a esta situación ha tenido una creciente presencia en el debate público, lo cual es consecuencia de una mayor sensación de inseguridad y de menor confianza en los gobiernos, las industrias y los expertos (Smith, 2010). Esto, en parte, se debe a que los riesgos que enfrenta la sociedad son cada vez más atribuibles a la humanidad y menos a la naturaleza (Beck, 1992). Ante este panorama, es necesario buscar caminos que permitan redireccionar la educación científica (EC) y ambiental (EA), con el propósito de que la ciudadanía que habita en una sociedad del riesgo logre sobrellevar estas problemáticas socioambientales, como el cambio climático antropogénico y su negacionismo, para que se conduzcan exitosamente hacia escenarios más sostenibles.

Ahora bien, el reto está en determinar cómo deben ser estos cambios, considerando que los desafíos en sostenibilidad son problemas complejos (Murphy, 2012), pues no se puede especificar claramente el estado inicial, las operaciones posibles, ni el estado del objetivo (Colman, 2015). De acuerdo con ello, la aproximación común de la EA, que busca entregar información sobre medioambiente y promover ciertos comportamientos predeterminados amigables con el medioambiente, resulta insuficiente según los estudios que cuestionan su real impacto (Eilam & Trop, 2012; Braun & Dierkes, 2019). Asimismo, desde la perspectiva de los principales paradigmas pedagógicos actuales, aquello va en contra de la educación y sus fundamentos centrales (Jickling & Wals, 2008), pues se acerca más al adoctrinamiento que a la liberación de las personas y de las sociedades. En

reacción a ello, Wals y sus colegas (2014), sugieren enfocarse en cómo crear condiciones óptimas y mecanismos de soporte que permitan a la ciudadanía desarrollarse a sí misma ante los eventuales desafíos, lo que es más afín a los principios asociados a los cuatro pilares de la educación; tres de ellos (aprender a ser, aprender a conocer y aprender a hacer) son de un ámbito personal; en cambio, el cuarto (aprender a vivir juntos) hace referencia al ámbito social. Todos juntos proporcionan la base de lo que se podría llamar desarrollo humano, y aprendizaje permanente, considerados esenciales para la educación del siglo XXI en el informe Delors (1997) y discutidos en el informe *Repensar la educación: ¿Hacia un bien común universal?* redactado por la Unesco en 2015.

Argumentamos que el estudio de las concepciones de controversias socio-científicas en los programas de formación inicial docente permitiría explorar el desarrollo de las Competencias Clave en Investigación y Resolución de Problemas de Sostenibilidad (CCIRPS) (Wiek et al., 2011). Dada la existencia de sistemas de concepciones que obstaculizan el aprendizaje y que hay factores que influyen en el desarrollo de competencias, este artículo indaga sobre los sistemas de concepciones que posee un grupo de futuros profesores y profesoras como factores que se asocian a un mayor o menor nivel de desarrollo de las CCIRPS. Por lo tanto, se espera proponer algunas recomendaciones pedagógicas para la FID en EC-EA.

Fundamentación teórica

El enfoque más emancipatorio de la EA, que según lo planteado por Monroe (2012) es teóricamente comparable con la educación para la sostenibilidad, exige la necesidad de revisar los lineamientos educativos existentes declarados en la política educativa a nivel nacional, para así redireccionar la FID. En el sistema escolar chileno, la EA es un objetivo de aprendizaje transversal; no obstante, su implementación se limita a la realidad de cada establecimiento. En muchos casos, se vuelve responsabilidad del profesorado en ciencias naturales o sociales. Por un lado, esto es pragmático porque son quienes lideran el proceso de descubrimiento del medio ambiente, ya que sus propias materias parcialmente consideran la educación ambiental (Castro & Cifuentes, 2014), donde se puede promover no solo conocimiento sino también habilidades, actitudes y valores. Por otro lado, refuerza la noción de que la EA es una disciplina y materia más, invisibilizando su carácter interdisciplinario y holístico (Castillo-Retamal & Cordero-Tapia, 2019), para la que por cierto el profesorado, al menos en ciencias naturales, no está necesariamente preparado (Torres-Rivera et al., 2017).

Una manera de avanzar con esta necesidad de mejorar los procesos de enseñanza de las ciencias y de la EA es aportando cambios clave a la redirección de la FID, generando las oportunidades para que el profesorado tenga la capacidad de articular la EA y la EC, tal como lo plantean Wals y sus colegas (2014). Esto solo es posible si, además de considerar a la EA como emancipadora, se considera a la educación en ciencias como aquella que enseña sobre “la naturaleza de la ciencia como una actividad humana, con el poder y las limitaciones del conocimiento científico (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2009). De esta manera, se visibiliza la dimensión social de la EA y se le facilita al profesorado en ciencias naturales, por una parte, liderar los procesos de enseñanza-aprendizaje y, por otra, desarrollar en su establecimiento condiciones para cumplir con la transversalidad de la EA, expresada en las dimensiones de los objetivos de aprendizaje transversales (OAT) y en los objetivos de aprendizaje (OA) de las diversas asignaturas. Sin embargo, a la fecha esto sigue siendo un desafío en materia de metodologías de enseñanza y de aprendizaje al interior del aula.

En el caso de la educación en ciencias, destaca la perspectiva crítica de la filosofía sobre ella (Bruguière et al., 2014), que indica que la educación en ciencias no debe ser desarrollada en términos de un nivel mínimo de alfabetización científica, sino con referencia a la necesidad de una transformación en la relación entre la comunidad científica y la ciudadanía. En este sentido, el estudiantado debe prepararse para enfrentar situaciones técnico-científicas de gran controversia social, en las cuales incluso habrá disputa con discursos pseudocientíficos, pero es

en esta preparación donde la educación en ciencias tradicional ha fallado. Sobre ello, Hodson (2011) argumenta que esto ocurre porque el enfoque conocido como ciencia, tecnología y sociedad promueve insuficientemente el pensamiento crítico. En cambio, la enseñanza mediante controversias socio-científicas, que involucra varios campos científicos y problematiza en torno a dilemas que tienen dimensiones sociales y científicas (Sadler, 2009), facilita integrar la enseñanza de la naturaleza de la ciencia con la argumentación y los juicios morales (Zeidler et al., 2005). Según Legardez y Simonneaux (2006), generar preguntas abiertas y problematizadoras que sacan a la luz las incertidumbres inherentes a los problemas complejos, tal como propone el enfoque de controversias socio-científicas, sería el camino más adecuado para la articulación con la EA.

De acuerdo con lo anterior, para Hodson (2011) es casi evidente que la mejor manera de aprender a enfrentar problemas complejos es mediante procesos de enseñanza-aprendizaje basados en controversias socio-científicas, siempre y cuando se cuente con niveles apropiados de apoyo y guía. Ahora bien, es inadecuado esperar que el profesorado en ciencias genere este tipo de propuestas sin una debida preparación en su formación, puesto que, aunque a veces las controversias socio-científicas sí son adaptadas para ser enseñadas en los establecimientos escolares, son de alguna manera neutralizadas al centrarse más en la enseñanza tradicional del contenido científico que subyace en la controversia misma (Simonneaux & Legardez, 2010). No obstante, las controversias socio-científicas tienen un rol importante en la educación de una sociedad del riesgo, pues son una apuesta por democratizar los procesos de evaluación que realizan los expertos sobre las innovaciones socio-científicas y cuya legitimidad es cuestionada en la esfera pública (Legardez & Simonneaux 2006). Estas situaciones de controversia y sus resultados son las que, en parte, han generado una mayor preocupación por los riesgos asociados a las soluciones técnico-científicas, debido a los problemas generados en el pasado (Beck, 1992). Esto influye negativamente en la transición hacia la sostenibilidad, ya que “puede socavar el honesto reconocimiento del hecho de que las soluciones son provisionales y requieren un ajuste continuo. En otras palabras, algunas de las innovaciones necesarias para lidiar con problemas complejos requieren una mentalidad más flexible con respecto al riesgo y la innovación” (Head, 2019, p. 192).

De este modo, proponemos que la articulación entre la EA y la EC sea mediante controversias socio-científicas asociadas con problemas complejos y se enfoque en las competencias profesionales del profesorado, definidas como un entramado funcional de conocimientos, habilidades y actitudes que mejore el desempeño en problemáticas, desafíos y oportunidades de sostenibilidad en la vida real (Rowe, 2007). En este sentido, es relevante el CCIRPS, ya que promueve capacidades que no se abordan en la educación tradicional escolar y universitaria, pero que son críticas para abordar problemas complejos sobre sostenibilidad (Wiek et al., 2011). Estas competencias son: (i) pensamiento sistémico; (ii) ético-normativa; (iii) anticipatoria; (iv) estratégica, e (v) interpersonal.

Este marco fue desarrollado y pensado para la educación superior en general, y sugerirla para la FID implica dos conflictos. Uno, que la formación es conducente principalmente para la práctica educativa, por lo que necesita orientaciones más específicas y distintas al resto de las disciplinas universitarias, para lo cual se han sugerido adaptaciones donde el profesorado debe formarse tanto en competencias como para preparar al educando (Archambault et al., 2013). Segundo, que es un marco para educación superior y no para niveles inferiores, lo que nos parece una perspectiva limitada. Las competencias se desarrollan continuamente, como sugiere la idea de educación permanente, por lo que deberían abordarse también en la educación escolar, para que así el futuro profesorado tenga un grado de familiarización con el desarrollo de competencias. Asimismo, es imperativo que se desarrollen tempranamente, ya que esperar a que ello ocurra solo en la educación superior es ingenuo, más aún si no está claro cómo se transmiten, ya que “pueden aprenderse, pero difícilmente pueden enseñarse” (Wiek & Lang, 2016 en Hilser, 2016). Por lo tanto, son primordiales las investigaciones tanto sobre la enseñanza de las CCIRPS como sobre las condiciones que facilitan su aprendizaje. En la primera área, los estudios son escasos, pero han aumentado en el tiempo (Hilser, 2016), lo cual no ha ocurrido en la segunda (Remington-Doucette et al., 2013).

En vista de esto, sugerimos que las concepciones del profesorado sobre controversias socio-científicas inciden en el aprendizaje de las CCIRPS y, por lo tanto, también son elementos relevantes para considerar en la FID. A nuestro conocimiento, no existen estudios sobre factores del aprendizaje de competencias en sostenibilidad, lo que es preocupante. Conocer dichas concepciones permite evaluar el nivel de controversia, puesto que es importante tener grados de tensión para asegurar que el tema sea pedagógicamente significativo (Zeidler et al., 2019). En este sentido, se puede suponer que son un reflejo del estado de ciertos aspectos de las CCIRPS; por ejemplo, un nivel mayor de pensamiento sistémico se asociaría con no estar de acuerdo con concepciones reduccionistas como el determinismo genético de los genios musicales. Si existen conflictos cognitivos que no siempre mejoran la enseñanza (Zohar & Aharon-Kravetsky, 2005), también pueden existir sistemas de concepciones que obstaculicen ciertos aprendizajes (Astolfi & Péterfalvi, 1993 en Clément, 2010). Bajo el mismo ejemplo, una influencia fuerte del reduccionismo conlleva una actitud desalentadora para pensar sistémicamente la controversia, ya que reforzar la creencia reduccionista implica ver el sistema desde una perspectiva científica desactualizada.

Clément (2010) plantea que las concepciones se pueden analizar como una interacción entre tres polos: el conocimiento científico actual (K), los sistemas de valores (V), y las prácticas sociales (P). El modelo KVP propone que, para investigar la concepción de un tema específico en didáctica de las ciencias, se toman elementos de la teoría psicosocial de las representaciones sociales (Moscovici, 2003). Un uso intenso de esta propuesta lo realizó el proyecto BIOHEAD-Citizen con el objetivo de entender cómo la educación sobre salud, ambiente y biología puede promover una ciudadanía más preparada, considerando tanto dimensiones cognitivas como variables socioafectivas y sociodemográficas, con la expectativa de aclarar los desafíos que la educación debe abordar para reforzar una sociedad basada en el conocimiento (Carvalho & Clément, 2007). Para ello, el proyecto tomó dos líneas de investigación, una sobre el análisis de los textos escolares y otra para identificar las concepciones de los docentes, tanto en formación como en servicio.

Los investigadores del proyecto construyeron, tradujeron y validaron un cuestionario basado en el modelo KVP, en donde los temas fueron escogidos por los autores considerando que serían potenciales controversias socio-científicas, tales como:

- Política y sociedad: visiones políticas, sexismo, secularismo, religión.
- Determinismo genético: comportamiento humano, diferencias intergrupales (etnia) organismos genéticamente modificados (GMO).
- Evolución: conocimiento y creacionismo.
- Educación sexual: según edad mínima del educando por tema, roles de la escuela y de los profesionales en salud, aceptación del aborto.
- Educación en salud: modelo biomédico (centrado en enfermedades) e integral (centrado en el bienestar).
- Ecología y EA: antropomorfismo, contaminación y destrucción del hábitat, actitudes hacia la naturaleza y el medio ambiente, conservación.

Cabe destacar que lo relativo a ciertos temas, pese a que puedan parecer evidentes para algunos sectores de la sociedad, no lo son para otros, por lo que son estos en los que la educación en ciencias es más crítica, sin perder la perspectiva de que se debe formar a toda la ciudadanía para afrontar estas cuestiones, pues en realidad, al ser preguntas tan complejas el debate siempre puede, y debe, reabrirse (Zeidler et al. 2019).

El resultado actual de la línea del proyecto enfocada en el profesorado fue la aplicación del cuestionario en a lo menos 24 países; más de ocho mil profesores (en formación y en ejercicio de diversas disciplinas y ciclos escolares) lo respondieron, aunque no ha sido aplicado en Chile. Puesto que el proyecto lleva una considerable cantidad de años en uso, la literatura en torno a sus resultados es amplia, por lo que presentaremos una breve revisión de los hallazgos relevantes para esta investigación.

En cuanto a concepciones sobre el origen del humano (creacionismo y evolución), Clément y sus colegas (2012) encontraron una correlación positiva entre concepciones creacionistas y el determinismo genético, lo que, a su vez, demostró una correlación entre las concepciones creacionistas y las visiones políticas más autoritarias y no secularistas. Esta relación también estaba cruzada por una mayor práctica religiosa y creencias en deidades, lo que no es sorprendente. En otro artículo, Clément y sus colaboradores (2010) mostraron que el tamaño del efecto de la disciplina del docente (ciencias naturales vs. lenguaje) en concepciones evolucionistas es muy bajo, excepto en ciertos países.

Respecto de la educación sexual y en salud, Jourdan y sus colegas (2012) evaluaron las concepciones en torno a dos modelos de salud: el biomédico, centrado en la ausencia de enfermedades (con una mirada más negativa de la salud), en contraste con el integral, centrado en un sentido multidimensional de bienestar. No se reportan hallazgos en cuanto a interacciones con otras concepciones, pero sí con la especialidad del profesorado en ciencias. Quienes enseñaban en el ciclo básico tenían concepciones más integrales de la educación en salud, a diferencia de los docentes de educación secundaria que tenían una concepción más cercana al modelo biomédico. Consiguientemente, las concepciones de la educación en salud estaban más bien influenciadas por la visión del docente sobre su rol educativo en general, ya que es una perspectiva extendida que el profesorado de biología está centrado en la enseñanza del conocimiento científico, dejando de lado el resto de las dimensiones de la salud.

Por último, sobre naturaleza y EA, Munoz y sus colaboradores (2009) confirmaron la estructura bidimensional del modelo de los dos principales valores ambientales (Bogner & Wiseman, 1999), siendo uno de valores por la preservación tanto de la naturaleza como del ambiente y el otro, de valores utilitaristas, o sea de preferencias por la explotación de los recursos naturales. Luego, al ver las interacciones con visiones políticas, el análisis sugirió que quienes se ubican más en el eje utilitarista reportaban concepciones cercanas al liberalismo económico. Paralelamente, Clément y Caravita (2011) encontraron que la dimensión utilitarista se asociaba con el determinismo genético de las diferencias de género y entre etnias, lo que sugiere que el utilitarismo es parte de una concepción antropocéntrica. De este modo, aplicando el modelo KVP, observamos que el polo K se orienta a conocimientos científicamente obsoletos, y el eje V a valores alejados del respeto a la diversidad. Por su parte, respecto del eje preservacionista, Munoz y sus colegas (2009) reportaron que este se encontraba fuertemente relacionado con una concepción política progresista, asociada a una activa participación en actividades ambientales a nivel individual o vecinal.

En la revisión de la literatura presentada anteriormente, se halló que la formación docente es un factor discriminante entre distintas concepciones, pues se asociaban positivamente con concepciones evolucionistas e integrales de la salud. Por ende, el conocimiento puro o disciplinar (por ejemplo, de biología), no necesariamente actualiza concepciones científicamente obsoletas o mejora las asociadas con la discriminación, sino que pueden ser otros factores vinculados a la formación o labor docente, por ejemplo, los procesos de práctica reflexiva y la teoría constructivista de la educación como pilar importante de los paradigmas educativos actuales.

El objetivo general de este artículo es explorar las interacciones entre las concepciones del profesorado en formación en ciencias sobre los temas del cuestionario BIOHEAD y el grado relativo de desarrollo de las CCIRPS, con el propósito de entregar lineamientos pedagógicos a la FID en EA y en EC. Específicamente, analizaremos las

concepciones de estudiantes de pedagogía básica según los instrumentos de medición (BIOHEAD y CCIRPS); determinaremos el grado relativo de desarrollo de las CCIRPS, y estableceremos asociaciones entre las concepciones y el grado relativo de desarrollo de las CCIRPS.

Marco metodológico

Descripción de la muestra

Se aplicó un cuestionario en cinco universidades de Santiago de Chile. Como indica la tabla 1, participaron 120 estudiantes de los programas de pedagogía general básica con una trayectoria de entre tres a siete semestres ya cursados. Sobre la muestra, cabe destacar que la composición de los sujetos es un poco homogénea en cuanto a género, pues solo uno de cada ocho se identificó con el género masculino, proporción que por cierto es representativa de la realidad nacional, ya que 87% del profesorado en educación básica es femenino (Ramírez, 2016). Asimismo, aunque el rango etario es de 18 a 52 años, la gran mayoría (90%) tiene a lo más 23 años.

Por otro lado, el grupo de muestreo es bastante heterogéneo en cuanto a afiliación, ya que el número de sujetos de dos de las universidades participantes casi dobla al resto de muestra total. A medida que aumentan los años de estudio, disminuye el número de sujetos, según lo que señalan los indicadores de retención propios de una trayectoria universitaria. Al mismo tiempo, la disciplinas o menciones en la que se estaban especializando variaban en combinaciones de dos, siendo la más común Lenguaje y Matemática (39%), aunque la mayoría aún no estudiaba su especialidad (41%). Las menciones en Lenguaje y Ciencias Sociales o Matemáticas y Naturales eran minoritarias (7% y 5%, respectivamente), al igual que la mención solo en Matemáticas (3%) y solo en Lenguaje (5%).

Tabla 1
Número de encuestados por año de estudio y universidad

Universidades	2°	3°	4°	Total
San Sebastián	6	12	-	18
Santiago de Chile	4	4	5	13
Católica Silva Henríquez	15	4	-	19
Diego Portales	32	-	-	32
Alberto Hurtado	-	21	17	38
Total	57	41	22	120

Fuente: Elaboración propia.

El cuestionario, realizado para el proyecto BIOHEAD-Citizen mencionado anteriormente, consiste en 181 ítems, de los cuales 40 son sobre variables sociodemográficas (edad, disciplina, año de estudio, género, entre otros), y el resto son tipo Likert con 4 o 5 niveles, salvo algunas que son de selección múltiple. Se tabularon los resultados acordes con el sistema de codificación propio del cuestionario. Luego, como aquellos ítems que pudiesen ser controversiales son de interés principal, se procedió a ver el nivel de consenso entre todos los sujetos mediante el índice de consenso-disenso de Tastle y Wierman (2006). Dado que la visualización de la distribución del consenso sugiere una distribución bimodal, se utilizaron análisis de modelos mixtos (Scrucca et al., 2016) que permitieron aislar dos clases. Posteriormente, se transformaron los datos a variables indicadoras, de tal manera que cada ítem se extendió a tantas variables binarias como niveles tenga su escala. Como esto

amplifica la cantidad de variables, se utilizó el algoritmo CorEx, ya que sus autores han demostrado que puede manejar datos con más variables por muestras (Ver Steeg & Galstyan, 2015). El resultado son variables latentes que agrupan a las respuestas por ítems, por lo que se utiliza la cantidad de variables latentes que alcanza el máximo valor de dependencia total extraída.

El siguiente paso es determinar el grado relativo de desarrollo de CCIRPS. Con respecto a ello, es indispensable indicar que para este instrumento aún existe la necesidad de establecer metodologías de evaluación válidas (Cebrián et al., 2020). Específicamente, las evaluaciones mediante casos de estudio son una aproximación prometedora y cada vez más usada en EA (Scholz et al., 2006). Convenientemente, Remington-Doucette y sus colegas (2012) construyeron una prueba evaluada con rúbricas para determinar el grado relativo de desarrollo de las CCIRPS: pensamiento sistémico (PS), normativo y estratégico.

Considerando lo anterior, y siguiendo la línea de trabajo de Remington-Doucette y sus colaboradores (2012), en PS se evaluó la habilidad para identificar y priorizar desafíos mediante los dominios económicos, ambientales y sociales, así como la habilidad de identificar los valores pertinentes a un desafío en sostenibilidad. Sobre las otras competencias, el foco de análisis estuvo en los aspectos que les son similares, por lo que su operacionalización conjunta fue bajo el constructo resolución de conflictos (RC). Asimismo, se evaluaron la habilidad para identificar potenciales conflictos entre las prioridades necesarias para resolver el desafío, y aquella para imaginar estrategias realistas que resuelvan los conflictos anteriores. El producto final fue un test que consiste en la lectura de casos de estudio para responder preguntas de respuestas abiertas y una rúbrica con cinco criterios en total, con una escala de 0 (no hay) a 4 (excepcional).

Para utilizar el test descrito fue necesario traducir la totalidad del cuestionario y adaptar la rúbrica. De este modo, la adaptación fue necesaria porque los criterios no eran aplicables sin un listado inaccesible de posibles respuestas correctas. Así, se reconstruyeron los criterios analíticamente, considerando las esferas de la sostenibilidad, una revisión en profundidad del caso de estudio y del artículo de Remington-Doucette y sus colegas (2012). La rúbrica fue sometida a validación por expertos y evaluación piloto. Los criterios de PS evalúan: (1) dificultades identificadas por dimensión de la sostenibilidad; (2) la priorización de las dificultades de manera interrelacionada, y (3) la identificación de valores. En RC se evalúan: (1) los *tradeoffs* de valores por beneficios propuestos; (2) la identificación de conflictos que conlleva resolver las dificultades anteriores, (3) y las recomendaciones propuestas para resolver los conflictos. Cabe destacar que, para cada criterio, se evalúan cantidades según calidad de las respuestas.

La evaluación final de las muestras fue dialogando en pares hasta concordar con el puntaje, lo que no presentó mayor dificultad. Obtenidos los puntajes, se probaron las correlaciones de Kendall entre todos los criterios corrigiendo por la tasa de falsos positivos. Luego, el puntaje final para ambos constructos se estableció como el promedio de los tres criterios correspondientes a cada constructo y se probó la correlación de Pearson. Se descartó el cálculo de estadísticas psicométricas clásicas como el alfa de Cronbach, puesto que no solo se ha sugerido su desuso por sus falencias (Sijtsma, 2009; Revelle, 2018), sino también porque sus supuestos no son posibles en el constructo de una competencia. Precisamente, los ítems deben medir la misma y única variable latente, en donde la covarianza entre ítems es constante a través de todos los pares de ítems, lo que en la práctica representa un supuesto poco realista (Sijtsma, 2009), más aún con las competencias, que son un entramado de habilidades, conocimientos y actitudes.

Con las variables latentes de las concepciones, el puntaje de las competencias se somete al análisis de regresión final, suponiendo que el modelo más plausible estadísticamente implica el uso de predictores que son significativos teóricamente. Por lo tanto, el puntaje por competencia serán variables dependientes, mientras que las variables latentes de concepciones serían las independientes, junto a las variables anteriores. La selección del modelo de regresión lineal fue con el criterio de información bayesiano (BIC), mediante una búsqueda exhaustiva entre todas

las combinaciones posibles de variables independientes e interacciones de segundo orden (coeficiente específico para el producto solo de dos predictores). Adicionalmente, se realizan test estadísticos complementarios para ver si no se rechazan las hipótesis asociadas con los supuestos de la regresión lineal: normalidad y heterocedasticidad de los residuales (pruebas de Shapiro-Wilk y Brausch-Pagan, respectivamente), predictores sin multicolinealidad (determinando el factor de inflación de la varianza), y correlación con los residuales. Así, se probó (con Kruskal-Wallis) que estos últimos difieren entre los grupos de las covariables sobre años de formación y universidad, con el fin de evaluar si el efecto marginal de las covariables persiste en la variable dependiente, ya que la muestra puede tener un nivel relevante de dependencia. En ese caso, se repetiría la etapa de regresión para utilizar modelos mixtos y resolver el problema de la no-independencia.

Finalmente, el protocolo de muestreo consistió en aplicar por cohortes de cursos, en un bloque de clases que era facilitado por el/la docente a cargo del curso. Para ello se consideró que el universo muestral serán las y los estudiantes de pedagogía general básica de diversas casas de estudios en la Región Metropolitana. La selección de la muestra es no probabilística (Martínez-Mesa et al., 2016), pues la conveniencia es el principal factor para elegir universidades, y el esfuerzo de muestreo era bastante acotado, porque se realizó solo durante octubre de 2018. Otro factor era la intencionalidad, debido a que se busca muestrear universidades de contexto diverso y con mallas curriculares que contemplen al menos dos asignaturas de ciencias, con tal de analizar sus respectivas estrategias didácticas.

Resultados y discusión

Análisis del cuestionario BIOHEAD

Respecto del consenso, el valor va de 0% a 100% (completo disenso y consenso, respectivamente). En general, hay un ligero consenso entre todos los ítems, pues la media es aproximadamente 61% (DE=14%). La observación del histograma de la figura 1 muestra que la distribución empírica del consenso no se acerca a ninguna función pura de distribución, aunque los dos picos (cerca de 0,5 y 0,7 de la abscisa) sugieren una distribución mixta. Probamos cinco modelos de distribución basados en la distribución gaussiana; uno no mixto (modelo nulo) y dos de dos o tres componentes de mezcla: uno se restringe a que los componentes tengan varianzas iguales y el otro, no. Se seleccionó el modelo de dos componentes de mezcla de varianzas iguales, ya que tenía la mejor bondad de ajuste. Estos componentes de la mezcla se consideran como subtipos de los datos (Scrucca et al., 2016), entonces los de valores más bajos y altos se interpretaron como ítems en disenso y en consenso, respectivamente (figura 1).

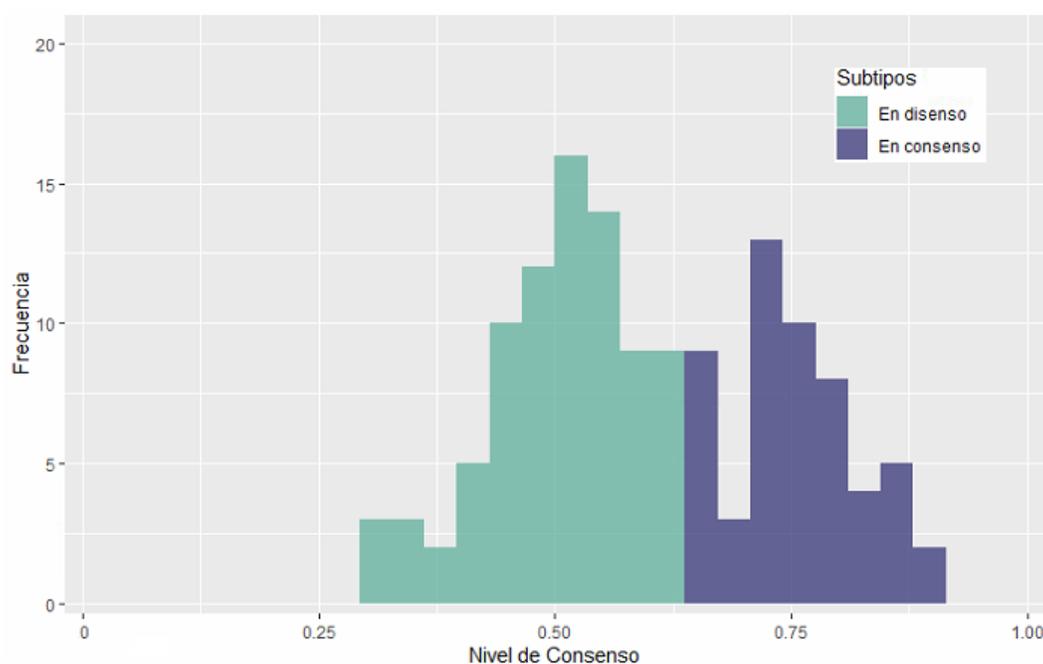


Figura 1. Histograma del índice de consenso en los ítems del cuestionario de concepciones

Fuente: Elaboración propia.

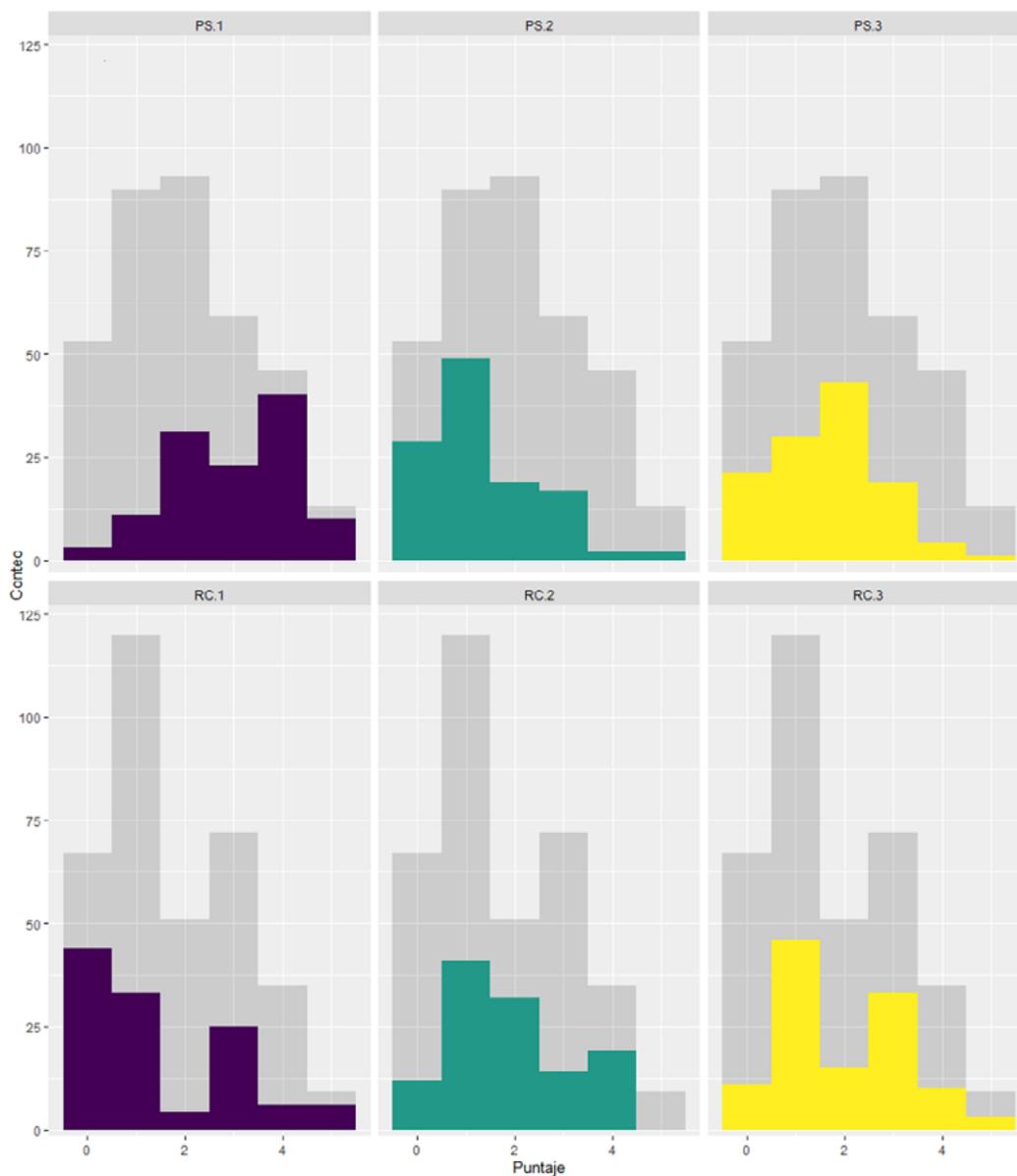
Se siguió solo con el subtipo en disenso. Está compuesto por 71 ítems, con un consenso menor a 63% y tiene una media de 50% (DE=8%); es decir, la mayoría está entre un ligero disenso y consenso. Resumidamente, los ítems tratan de medio ambiente (20 ítems), por ejemplo: los caracoles pueden sentir alegría; política y sociedad (16), como por ejemplo religión y política deberían estar separadas; determinismo genético (12), por ejemplo, los clones de Mozart serían todos excelentes músicos; creacionismo y evolución (11), como por ejemplo el nivel de importancia de Dios en la evolución; educación en salud y sexual (5), por ejemplo: la edad en la que se debería enseñar sobre el placer sexual; OGM (4), por ejemplo, los GMO ayudarán a disminuir el hambre mundial, y aceptabilidad del aborto (3), por ejemplo, cuando una pareja sufre graves problemas financieros.

La transformación a variables indicadoras por respuesta dejó una matriz de 300 variables que se agruparon en 11 variables latentes con CorEx. Su explicación sería extensa y está fuera de los límites de este artículo, por lo que se prosigue con las competencias. Sin embargo, las variables latentes asociadas con las competencias se describirán posteriormente.

Análisis de las competencias

El puntaje de cada criterio de pensamiento sistémico se muestra en la figura 2. En general, los puntajes son medianamente bajos, salvo para el primer criterio, donde se observa el mayor puntaje. No obstante, la menor frecuencia en los puntos 5 (identifica una o más dificultades válidas por dimensión: económica, ambiental y social) y 3 (identifica varias dificultades válidas en dos dimensiones) en comparación con los puntos 4 (identifica una dificultad válida en todas las dimensiones) y 2 (identifica en dos dimensiones una dificultad válida), indican que hay menor probabilidad de identificar más desafíos en menos dimensiones que menos desafíos en más dimensiones, lo que permite inferir que hay una habilidad más superficial en este aspecto del pensamiento sistémico o una comprensión poco profunda de la interrelación entre los sistemas humanos y ecológicos (Remington-Doucette et al., 2012). En ambos criterios restantes destaca una cantidad evidente de cero puntos, lo que sugiere que fue común en la muestra una capacidad nula de desplegar estos aspectos del PS. Las correlaciones entre el primer y

segundo criterio no son significativas ($t=,11$; $p^*>,2$) lo que permite descartar que la identificación de dificultades fuese uno de los principales límites en su priorización. Entonces, se identifica un bajo nivel de habilidades específicas del constructo, que se asocian al análisis de sistema complejos. De hecho, 64% no demostró esta habilidad, ya que fueron evaluados a lo más con un punto, y desde los dos puntos se considera que se realizó una priorización interrelacionada de las dificultades. En el tercer criterio hubo una leve mejoría del desempeño, que podría explicarse con un nivel más bajo de la taxonomía de Bloom (utilizada constantemente en la formación inicial docente para la planificación de clases) que el segundo criterio, lo que explicaría las diferencias. No obstante, que el pensamiento sistémico se despliegue menos en la identificación de valores sugiere un desarrollo menor de la capacidad de integrar múltiples perspectivas, lo que es básico para el desempeño en PS en el marco CCIRPS (Wiek et al., 2011).



Nota: en gris es el conteo acumulado por constructo y no el promedio.

Figura 2. Frecuencia de puntajes por criterio

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los puntajes de los criterios en resolución de conflictos (RC), son en general más bajos que en PS (figura 1). En el primer criterio se encontró el peor desempeño, prácticamente a lo más hubo una proposición de *tradeoff*; lo que indica una baja demostración de competencia normativa, pues faltaría la capacidad de idear un escenario futuro más sostenible (trazando lo que se ganará en la negociación) y de pensar qué aspectos del presente se deben tratar para una transición hacia ese escenario (precisando los valores que se conceden). Desde luego, para proponer de quién se recibirá lo que se propone ganar se necesita un suficiente despliegue estratégico, ya que permite reconocer de manera realista las barreras al cambio y cómo superarlas (Remington-Doucette et al., 2012). Sobre estos dos últimos puntos se tratan el segundo y tercer criterio, respectivamente. Ambos tuvieron un mejor desempeño, aunque no más que intermedio. La correlación entre ambos es (la única) significativa ($t=,33$; $p^* < ,001$), lo que es esperable considerando que reconocer exitosamente las barreras es inherente a poder superarlas. Los conflictos entre prioridades son barreras potenciales para la transición a escenarios sostenibles y son inevitables no solo porque involucran problemas complejos (retorcidos), sino también por la ambigüedad de la sostenibilidad (Schlottmann, 2008).

La distribución de ambos constructos se asimila a la distribución normal, y el puntaje para PS suele ser ligeramente mayor que el de RC (figura 3). Como se observa en el gráfico de dispersión, PS y RC tienen una correlación positiva medianamente pequeña ($t=,21$; $p < ,05$). Esto se debe a que algunas preguntas de RC se basaban en algunas respuestas previas en PS, y por ello no es sorprendente este resultado. Adicionalmente, las tres competencias son teóricamente interrelacionadas e interdependientes (Wiek et al., 2011).

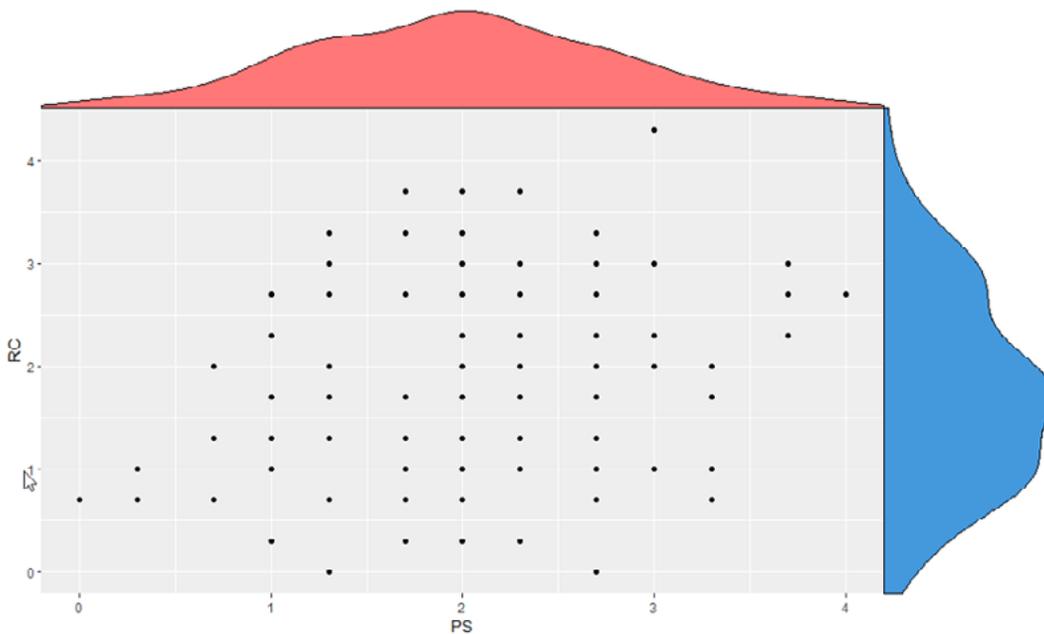


Figura 3. Gráfico de dispersión entre PS y RC, con densidades del puntaje total horizontal y verticalmente, respectivamente

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de regresión lineal

Respecto a PS, la mejor regresión lineal fue con la segunda y quinta variable latente, además de su interacción. El modelo explica una porción pequeña de la varianza y es significativo ($\text{adj-R}^2 = ,13$; $p < ,001$), al igual que el intercepto y los tres predictores ($p < ,001$; $p < ,01$; $p < ,05$; $p < ,05$, respectivamente), siendo los efectos de estos últimos

negativos, pequeños y muy similares (alrededor de un β estandarizado de ,24). En cuanto a los supuestos, todas las pruebas asociadas fallaron en rechazar las hipótesis que los sustentan, y aunque ninguna de las covariables tuvo un efecto significativo sobre los residuales, se probaron modelos mixtos con universidad y años de carreras como efectos aleatorios, pero fueron descartados por las pruebas de razón de verosimilitud. En cuanto a RC, ninguna variable latente o covariable mejoraba la regresión en comparación con el modelo nulo.

Las respuestas que se agrupan en la segunda variable latente son actitudes hacia el medio ambiente negativas y concepciones utilitaristas. También hay visiones políticas, en completo desacuerdo con políticas públicas progresistas, y completa confianza en la seguridad privada. Las respuestas agrupadas sobre salud se asocian a su concepción como ausencia de enfermedades, y no creen que la educación en salud mejore el comportamiento del estudiantado en el entorno escolar, siendo congruente con el modelo biomédico. Asimismo, hay respuestas a preguntas con las que se buscaba aislar el polo K, aunque las interacciones con el polo V son inevitables. Son respuestas relativamente correctas estar desacuerdo con que el chimpancé debería estar en el género *Homo* dada su alta similitud genética con el humano, aunque puede asociarse con antropocentrismo, pues este se relaciona con las concepciones del ambiente negativas y utilitaristas, al igual que menos visiones progresistas (Munoz et al., 2009; Clément & Caravita, 2011). La muy baja importancia de los virus en la evolución es una respuesta con conocimiento científico desactualizado, que puede relacionarse con concepciones antropocéntricas puesto que estas ponen por encima al ser humano, entendiendo la evolución como la sobrevivencia del más fuerte y desconociendo la complejidad del fenómeno evolutivo. En suma, este grupo de respuestas lo nombramos arbitrariamente como un sistema de concepciones socio-ambientalmente negativas.

En la quinta variable hay respuestas de creencia y práctica en una religión, además de estar ligeramente en contra del secularismo en la política y en la ciencia. Por supuesto, hay respuestas creacionistas, ya que se responde que Dios es importante en la evolución de las especies y, específicamente, del humano. Aunque no se niega la evolución y parece armonizarse con la religión, sí se asocia con menos conocimiento de la evolución, al darle poca importancia a factores como los transposones y el azar. También está la concepción de que los OGM son contra natura, lo que podría ser influencia de la religión en perspectivas bioéticas. En cuanto al aborto, aun cuando las respuestas no están fuertemente en contra, sí están las respuestas a favor y tienen pesos negativos, entonces hay una desprobación media del aborto más libre (prefiriendo un límite menor de semanas en gestación y considerándolo inaceptable en casos de problemas económicos de los progenitores). Las respuestas sobre salud indican una concepción positiva, la que podría relacionarse con la religión, pues también promueve los comportamientos que son adecuados a sus normas. Respecto de temas políticos, hay visiones que son reflejo de la realidad social actual, ya que se tiene una leve desconfianza en la salud y en la educación pública, además de una preferencia por la toma de decisiones con base en la democracia representativa en vez de directa. Las respuestas respecto del ambiente son entre actitudes neutras y ligera despreocupación del tema. Finalmente, como en este grupo predomina la religión en temas sociales y políticos, se considera como un sistema de concepciones sociopolítico religioso.

Desde esta perspectiva, el constructo de pensamiento sistémico evaluado se relaciona negativamente con ambos sistemas de concepciones, socio-ambientalmente negativo y sociopolítico religioso, donde en conjunto tienen un efecto sinérgico sobre PS. Estos resultados indican que los sistemas solo dificultan el desempeño en PS, no que lo facilitan, por lo que no serían parte del entramado de la competencia en pensamiento sistémico, sino que los valores y las prácticas sociales de cada sistema de concepciones reemplazan a aquellos componentes de los aspectos actitudinales de un mejor despliegue del pensamiento sistémico. La ausencia de descubrimientos sobre factores que favorezcan el pensamiento sistémico puede deberse a que no se considera una actividad cognitiva intuitiva (Hung, 2008), y para ella se necesita formación, especialmente en conocimiento básico de dinámica de

sistemas (Wiek et al., 2011). El constructo RC no tuvo una asociación relevante en nuestros resultados. Esto se puede entender como que los aspectos evaluados de ambas competencias involucradas, normativa y estratégica, no tienen actitudes o conocimientos que se reflejen en las controversias.

En consecuencia, aunque nuestra investigación tiene limitaciones respecto de una muestra relativamente pequeña, diseños experimental y estadístico exploratorios (no causales), uso de constructos y pruebas (todavía) no tratables psicométricamente, se logró cumplir los objetivos planteados; asimismo, nuestros resultados sugieren que sí hay sistemas de concepciones que se asocian con un menor nivel de desarrollo de la competencia en pensamiento sistémico del marco CCIRPS, es decir, se puede inferir que nuestros datos son un sustento a la hipótesis planteada.

Discusión y conclusiones

Según la evidencia obtenida, y considerando las limitaciones de una investigación con este tipo de metodología, es posible argumentar y concluir una serie de ideas y nuevos conocimientos en el campo educativo. La primera conclusión tiene que ver con la evidente articulación entre la EC y la EA; en términos simples, una educación contemporánea y acorde con el actual escenario socio-científico implica ineludiblemente un proceso de enseñanza y aprendizaje de la EA. Asimismo, la entrega de valores y representaciones propias de la EA favorecen naturalmente el desarrollo de competencias científicas. En este sentido es importante utilizar la relación ya declarada para erradicar de los sistemas educativos interpretaciones lineales de los problemas; como se observó en los resultados, un número importante de las variables y categorías revisadas incluyen una mirada poco profunda, donde las causas y consecuencias se encuentran próximas en el tiempo y el espacio. Sin embargo, hay situaciones en las que las causas y los efectos no tienen conexiones tan evidentes, por lo que sería recomendable promover el aprendizaje en la competencia de pensamiento sistémico en la formación del profesorado y así favorecer representaciones cíclicas y más profundas. En este sentido, se recomienda el uso de temas controversiales para el desarrollo del pensamiento sistémico y la resolución reflexiva de conflictos.

Otro aspecto importante que emerge del análisis de los resultados es la función pedagógica del futuro profesorado y la necesidad de ser conscientes del rol ideológico que realizan con su actividad docente. Por acción u omisión interfieren en un sistema socio-natural que sigue invisibilizando los problemas complejos que el mundo atraviesa. Se propone, entonces, una enseñanza curricular que ponga en el centro la crítica de modos de producción y de consumo que destruyen la naturaleza y empobrecen a millones de seres humanos, y contribuye a que la catástrofe ecológica y social se reproduzca. Por otra parte, y tal como se revisó en los resultados, faltaría la capacidad de idear escenarios de futuro más sostenible. En ese sentido, se recomienda sumar la dimensión prospectiva en EA-EC en la formación inicial docente que tenga que ver con la capacidad de incorporar nuevos enfoques que consideren la dimensión de futuro en el ámbito de la investigación y docencia, como lo que propone Kong (2015) respecto de la necesidad de una educación (científica y ambiental) profunda y actual, que debiese tener la capacidad de incorporar la creatividad como un acto reflexivo a su quehacer, que dote de herramientas a los docentes para mirar la globalidad de los fenómenos del mundo considerando siempre a la sostenibilidad como un espacio de acción que construye futuro.

El desarrollo de competencias profesionales en la FID tiene un carácter complejo y dinámico. Asume principios como el trabajo coordinado y colaborativo entre los equipos de entidades de educación superior que forman docentes y que deben ser congruentes con los actuales estándares de la FID en Chile. Se reconoce la importancia de formar futuros docentes que valoren, respeten y enseñen acerca del medio ambiente con una mirada crítica, sistémica y capaz de resolver pedagógicamente problemas controversiales. Lo anterior es un espacio de diálogo disciplinar en el que convergen una diversidad de culturas institucionales. De este modo, dicho trabajo colaborativo permitiría la

emergencia de conocimiento disciplinar y supra-disciplinar que ha de permitir abordar las relaciones propuestas en este artículo. En consecuencia, vemos a la universidad y sus respectivos programas de FID como una oportunidad para reflexionar y profundizar en el propio concepto de competencia (Bautista et al., 2003) y como un espacio de formación desde donde se pueda afrontar los retos de la sostenibilidad. La FID requiere de un cambio no solo en la cultura docente (Lozano-García et al., 2008), sino que también en las propias instituciones de enseñanza superior (Martínez & Esteban, 2005), de manera tal de afrontar los nuevos fenómenos que afectan al ser humano y al planeta. En el aprendizaje de competencias orientadas a la EC-EA, es relevante la existencia de un compromiso institucional y la implicación y percepción del profesorado como actores claves en la inclusión de criterios y enfoques ambientalizados en sus respectivos programas docentes (Corney & Reid, 2007). En consecuencia, los resultados de esta investigación permitirán en un futuro avanzar en el diseño de un modelo curricular que contribuya al desarrollo de competencias científicas y ambientales en la formación universitaria en general, requiriendo insumos aportados por este artículo para avanzar en un marco formativo que facilite el diseño de nuevas metodologías didácticas que impulsen mecanismos que mejoren el desarrollo de competencias clave en sostenibilidad.

Agradecimientos: A Pierre Clément por la facilitación del cuestionario BIOHEAD-Citizen y a las facultades que facilitaron la aplicación de instrumentos a sus alumnos.

El artículo original fue recibido el 22 de mayo de 2020

El artículo revisado fue recibido el 14 de octubre de 2020

El artículo fue aceptado el 9 de noviembre de 2020

Referencias

- Archambault, L., Warren, A., & Hartwell, L. (2013). Preparing Future Educators: Sustainability Education Framework for Teachers (SEFT). En R. McBride, & M. Searson (Eds.), *Proceedings of SITE 2013 – Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 174-179). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/primary/p/48088>
- Bautista, J. M., Gata, M., & Mora, B. (2003). La construcción del espacio europeo de la educación superior: entre el reto y la resistencia. *Revista Aula Abierta*, (82), 173-189. <http://hdl.handle.net/10272/11289>
- Beck, U. (1992). *Risk society: Towards a new modernity*. Londres.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1999). Toward measuring adolescent environmental perception. *European Psychologist*, 4(3), 139–151. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.4.3.139>
- Braun, T., & Dierkes, P. (2019). Evaluating three dimensions of environmental knowledge and their impact on behaviour. *Research in Science Education*, 49(5), 1347-1365. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9658-7>
- Bruguière, C., Tiberghien, A., & Clément, P. (Eds.). (2014). *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Carvalho, G.S., & Clément, P. (2007). Construction and validation of the instruments to compare teachers' conceptions and school textbooks of 19 countries: the European Biohead-Citizen project. *Artículo presentado en CONGRÈS AREF, Association des enseignants chercheurs en Sciences de l'éducation*, Strasbourg, Francia.
- Castillo-Retamal, F., & Cordero-Tapia, F. (2019). La educación ambiental en la formación de profesores en Chile. *UC Maule*, (56), 9-28. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.56.9>
- Castro, L., & Cifuentes, P. (2014). Marco Normativo de la educación ambiental. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/21096/7/BCN%20Marco%20Normativo%20de%20la%20Educacion%20Ambiental_2014_final.pdf

- Cebrián, G., Junyent, M., & Mula, I. (2020). Competencies in Education for Sustainable Development: Emerging Teaching and Research Developments. *Sustainability*, (12)2, 579. <https://doi.org/10.3390/su12020579>
- Clément, P. (2010). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. *Skholé: cahiers de la recherche et du développement, Marseille: IUFM de l'académie d'Aix-Marseille*, 16, 55- 70. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024972/>
- Clément, P., & Caravita, S. (2011). Diversity of teachers' conceptions related to environment and human rights. A survey in 24 countries. In *ESERA 2011 Conference: Science Learning and Citizenship* (pp.42-48). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01054209/>
- Clément, P., Quessada, M. P., & Castéra, J. (2012). Creationism and innatism of teachers in 26 countries. *Science & Technology Education for Development, Citizenship and Social Justice* (IOSTE-14), 1(1). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01026102/>
- Clément, P., Quessada, M. P., Munoz, F., Laurent, C., Valente, A., & Carvalho, G. S. (2010). Creationist conceptions of primary and secondary school teachers in nineteen countries. En M. F. Tasar & G. Cakmakci (Eds.). *Contemporary Science Education Research: International Perspectives* (pp. 447-452). Pegem Akademi.
- Colman, A. M. (2015). *A dictionary of psychology*. Oxford Quick Reference.
- Corney, G., & Reid, A. (2007). Student teachers' learning about subject matter and pedagogy in education for sustainable development. *Environmental Education Research*, 13(1), 33-54. <https://doi.org/10.1080/13504620601122632>
- Delors, J. (1997) *Learning: The Treasure Within*. Unesco. http://www.unesco.org/education/pdf/15_62.pdf
- Eilam, E., & Trop, T. (2012). Environmental attitudes and environmental behavior—which is the horse and which is the cart? *Sustainability*, 4(9), 2210-2246. <https://doi.org/10.3390/su4092210>
- Head, B. W. (2019). Forty years of wicked problems literature: forging closer links to policy studies. *Policy and Society*, 38(2), 180-197. <https://doi.org/10.1080/14494035.2018.1488797>
- Hilser, S. (2016). *Key Competencies to Action Transdisciplinary Learning of Key Competencies for Sustainability* (Tesis de maestría en Estudios de Medio Ambiente y Ciencia de la Sustentabilidad, Lund University). <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8894125>
- Hodson, D. (2011). *Looking to the future – building a curriculum for social activism*. Sense Publishers.
- Hung, W. (2008), Enhancing systems-thinking skills with modeling. *British Journal of Educational Technology*, 39(6), 1099-1120. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00791.x>
- Jickling, B., & Wals, A. E. (2008). Globalization and environmental education: Looking beyond sustainable development. *Journal of curriculum studies*, 40(1), 1-21. <https://doi.org/10.1080/00220270701684667>
- Jourdan, D., Pironom, J., Berger, D., & Carvalho, G. (2012). Factors influencing teachers' views of health and health education: A study in 15 countries. *Health Education Journal*, 72(6), 660–672. <https://doi.org/10.1177/0017896912459821>
- Kong, F. (2015). *La construcción de escenarios de futuro como aportación didáctica y metodológica para una educación ambiental creativa, global y sostenible. El caso de un grupo de estudiantes de Barcelona y Santiago de Chile*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Legardez, A., & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité – Enseigner les questions vives*. ESF.
- Lozano-García, F. J., Gándara, G., Perrni, O., Manzano, M., Hernández, D. E., & Huisingh, D. (2008). Capacity building: a course on sustainable development to educate the educators. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3), 257-281. <https://doi.org/10.1108/14676370810885880>
- Martínez, M., & Esteban, F. (2005). Una propuesta de formación ciudadana para el EEES. *Revista Española de Pedagogía*, 230, 63-83. <https://www.jstor.org/stable/23765794>
- Martínez-Mesa, J., González-Chica, D. A., Duquia, R. P., Bonamigo, R. R., & Bastos, J. L. (2016). Sampling: how to select participants in my research study? *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 91(3), 326–330. <https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20165254>
- Monroe, M. C. (2012). The co-evolution of ESD and EE. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(1), 43-47. <https://doi.org/10.1177/097340821100600110>
- Moscovici, S. (2003). *La conciencia social y su historia. Representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles*. Gedisa.

- Munoz, F., Bogner, F., Clement, P., & Carvalho, G. S. (2009). Teachers' conceptions of nature and environment in 16 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 407-413. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.007>
- Murphy, R. (2012). Sustainability: A wicked problem. *Sociologica*, 6(2). <https://doi.org/10.2383/38274>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2009). *PISA 2009 Assessment Framework - Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/44455820.pdf>
- Ramírez, N. (2016, Julio 18). ¿Cuáles son las carreras dominadas por los hombres y las mujeres y qué sueldos reciben? *emol.com*. <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2016/07/18/812706/>
- Remington-Doucette, S. M., Hiller Connell, K. Y., Armstrong, C. M., & Musgrove, S. L. (2013). Assessing sustainability education in a transdisciplinary undergraduate course focused on real-world problem solving. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 14(4), 404 -433. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2012-0001>
- Revelle, W. (2018.). psych: Procedures for Personality and Psychological Research [Software].
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., Moomaw, W. R., & Grandcolas, P. (2019). World scientists' warning of a climate emergency. *BioScience*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088/5610806>
- Rowe, D. (2007) Education for a sustainable future. *Science*, 317(5836), 323-324. <http://www.wjsmith.faculty.unlv.edu/smithtest/UNIVERSITYSUSTAINABILITY.pdf>
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
- Santer, B. D., Bonfils, C. J., Fu, Q., Fyfe, J. C., Hegerl, G. C., Mears, C., & Zou, C. Z. (2019). Celebrating the anniversary of three key events in climate change science. *Nature Climate Change*, 9(3), 180-182. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0424-x>
- Schlottmann, C. (2008). Educational ethics and the DESD: considering trade-offs. *Theory and Research in Education*, 6(2), 207-219. <https://doi.org/10.1177/1477878508091113>
- Scholz, R. W., Lang, D. J., Wiek, A., & Stauffacher, M. (2006) Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning: historical framework and theory. *International Journal in Sustainability in Higher Education*, 7(3), 226-251. <https://doi.org/10.1108/14676370610677829>
- Scrucca, L., Fop, M., Murphy, T. B., & Raftery, A. E. (2016) mclust 5: clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models. *The R Journal*, 8(1), 289-317. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5096736/>
- Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha. *Psychometrika*, 74(1), 107-120. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11336-008-9101-0.pdf>
- Simonneaux, J., & Legardez, A. (2010). The epistemological and didactical challenges involved in teaching socially acute questions. The example of globalization. *JSSE-Journal of Social Science Education*, 9(4), 24-35. <https://doi.org/10.4119/jsse-539>
- Smith, T. C. (2010). Denialism: How Irrational Thinking Hinders Scientific Progress, Harms the Planet, and Threatens Our Lives. *Emerging Infectious Diseases*, 16(4), 749-750. <https://doi.org/10.3201/eid1604.091710>
- Tastle, W. J., & Wierman, M. J. (2006). An information theoretic measure for the evaluation of ordinal scale data. *Behavior Research Methods*, 38(3), 487-494. <https://doi.org/10.3758/BF03192803>
- Torres-Rivera, L. B., Benavides-Peña, J. E., Vollouta, L., José, C., Contreras, N., & Rafaela, E. (2017). Presencia de una Educación Ambiental basada en conocimiento, actitudes y prácticas en la enseñanza de las ciencias naturales en establecimientos municipales de la ciudad de Los Ángeles, Chile. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(3), 311-323. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052017000300018>
- Ver Steeg, G., & Galstyan, A. (2015) Maximally Informative Hierarchical Representations of High-Dimensional Data. En *Proceedings of the 18th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS)* (pp. 1004-1012). PMLR.
- Wals, A. E., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2014). Convergence between science and environmental education. *Science*, 344(6184), 583-584. <https://doi.org/10.1126/science.1250515>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011) Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203-218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>

- Zeidler, D. L., Herman, B. C. & Sadler, T. D. (2019) New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0008-7>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socio-scientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>
- Zohar, A., & Aharon-Kravetsky S. (2005) Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of research in science teaching*, 42(7), 829-855. <https://doi.org/10.1002/tea.20075>