

¿QUÉ OPORTUNIDADES BRINDAN LOS CURRÍCULOS DE MATEMÁTICAS PARA EDUCAR EN SOSTENIBILIDAD?

What opportunities do mathematics curricula provide for sustainability education?

Vásquez, C.^a, Piñeiro, J. L.^b y García-Alonso, I.^c

^aPontificia Universidad Católica de Chile, ^bUniversidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, ^cUniversidad de La Laguna

Resumen

Este estudio analiza las orientaciones curriculares de Educación Matemática de Chile, México, Costa Rica y Colombia en relación con sus posibles vínculos con la Educación para el Desarrollo Sostenible o a su potencial desarrollo y las implicaciones que estas tienen sobre el conocimiento del profesor. Para ello, se ha realizado un análisis de contenido que examina el sentido que se otorga a la enseñanza y aprendizaje de la matemática que permitiría un desarrollo de las competencias clave de sostenibilidad. Los resultados muestran una enseñanza y aprendizaje de la matemática poco alineada con el desarrollo sostenible, con una baja presencia de las competencias clave de sostenibilidad. Estos resultados constituyen una hoja de ruta tanto para las instituciones formadoras de profesores como para otorgar un nuevo enfoque educativo que permita contribuir a educar en sostenibilidad en la Educación Primaria desde la Educación Matemática.

Palabras clave: educación para el desarrollo sostenible, objetivos de desarrollo sostenible, enfoque de desarrollo sostenible, conocimientos del profesorado, planes de estudio de matemáticas de primaria.

Abstract

This study analyses the Mathematics Education curricular guidelines of Chile, Mexico, Costa Rica and Colombia in relation to their possible links with Education for Sustainable Development or their potential development and the implications they have on teachers' knowledge. To this end, a content analysis has been carried out to examine the meaning given to the teaching and learning of mathematics that would enable the development of the key competences of sustainability. The results show that the teaching and learning of mathematics is poorly aligned with sustainable development, with a low presence of key sustainability competences. These results constitute a roadmap both for teacher training institutions and for providing a new educational approach to contribute to educating in sustainability in Primary Education through Mathematics Education.

Keywords: education for sustainable development, sustainable development goals, sustainable development approach, teacher knowledge, primary mathematics curricula.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el profesorado tiene el desafío de ser un agente de cambio en un mundo que se encuentra en medio de una crisis global, climática, sanitaria, ambiental y social sin precedentes. Este hecho nos

Vásquez, C., Piñeiro, J. L. y García-Alonso, I. (2022). ¿Qué oportunidades brindan los currículos de matemáticas para educar en sostenibilidad? En T. F. Blanco, C. Núñez-García, M. C. Cañadas y J. A. González-Calero (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXV* (pp. 569-577). SEIEM.

lleva a repensar la manera de educar en las distintas disciplinas y en todos los niveles educativos con el propósito de cambiar la manera de relacionarnos con nuestro entorno y el mundo. Es en esta dirección, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, en inglés) plantea la necesidad de fomentar una *Educación para el Desarrollo Sostenible* (EDS) en todos los niveles educativos. Esto sin duda es un desafío global que implica impulsar acciones prácticas para construir juntos un futuro mejor, que permita acabar con la pobreza, las desigualdades, y alcanzar la paz y la justicia, para proteger los derechos humanos y nuestro planeta (UNESCO, 2017). Por tanto, es imperativo que “todas las instituciones educativas -desde la educación preescolar hasta la superior y en la educación formal, no formal e informal- fomenten el desarrollo de competencias de sostenibilidad” (Cebrián et al., 2021, p. 2). Estas últimas entendidas como un conjunto de habilidades cognitivas, conocimientos prácticos, valores y actitudes que se deben movilizar en situaciones que involucran contextos relacionados con la sostenibilidad (Cebrián y Junyent, 2015). Pero ¿cómo podemos abordar este desafío en la clase de matemática de Educación Primaria? Sin duda no es una tarea fácil, pues requiere de una nueva manera de afrontar la enseñanza de las matemáticas, enfocada en una enseñanza en conexión con la sostenibilidad. De esta manera, se permitiría a los estudiantes alcanzar aprendizajes cognitivos, socioemocionales y conductuales específicos vinculados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y en especial, desarrollar competencias para la sostenibilidad (UNESCO, 2017). Un elemento clave en este proceso es el profesorado, sus conocimientos y competencias, pues estos “son agentes de cambio poderosos, que pueden dar con la respuesta educativa necesaria para alcanzar los ODS” (UNESCO, 2017, p. 51). Por tanto, la Educación Matemática y específicamente, la formación del profesorado es un terreno fértil para ayudar a crear conciencia, comprender, reflexionar y actuar en torno a uno de los desafíos más apremiantes del mundo actual: la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). Esto debido a que es un conocimiento crucial que todo ciudadano puede utilizar para contribuir en el desarrollo de una sociedad mejor, tanto en lo económico, como en lo social y lo medioambiental (Vásquez y García-Alonso, 2020). Así, abordar la formación del profesorado en concordancia con una EDS requiere investigar sobre los conocimientos que deben incorporar para ser competentes en la enseñanza de las matemáticas en conexión con la sostenibilidad. Esto se fundamenta en que las actividades que implemente el profesorado en el aula depende mucho de su conocimiento profesional (Ball et al., 2001) e impacta directamente en el aprendizaje de sus estudiantes (Hill et al., 2005).

Considerando estos antecedentes, en este estudio nos centramos en indagar en las oportunidades que ofrecen los currículos de matemática para la Educación Primaria y las exigencias que estos implican al conocimiento del profesorado. Para la primera acción relativa a identificar qué oportunidades brindan los currículos de matemáticas para la Educación Primaria seleccionamos las directrices curriculares de Chile, México, Costa Rica y Colombia. La selección se hace teniendo en cuenta que son países de la región de América Latina y el Caribe miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), por tanto, adhieren a la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (UNESCO, 2015). Desde nuestra perspectiva, tener claridad respecto a las metas curriculares y su oportunidad para desarrollar competencias clave del desarrollo sostenible permitiría, en un segundo paso, dar luz acerca de los desafíos que esto supone al conocimiento que requiere el profesorado para fomentar la EDS. Además, contar con dicho análisis dará claridad respecto un campo de acción prioritario de la EDS para el 2030: el desarrollo de conocimientos y competencias en el profesorado para la consecución de los 17 ODS (figura 1) (Schweizer et al., 2019).



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: UNESCO (2017).

En este sentido, este trabajo en este estudio nos centramos en indagar en las oportunidades que ofrecen los currículos de matemática para la Educación Primaria de incorporar la EDS (enfoques y competencias claves) para discutir las exigencias que esto implica al conocimiento del profesorado.

LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA, EL CONOCIMIENTO DEL PROFESOR Y LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los docentes hoy tenemos el reto de llevar a cabo una enseñanza que permita responder a los desafíos del siglo XXI, sobre todo en asignaturas como matemática que en muchos casos se caracterizan por una enseñanza centrada en la resolución de ejercicios descontextualizados (Alsina, 2019). Este escenario exige que los profesores promuevan sus competencias profesionales y que éstas les permitan desarrollar en sus estudiantes lo que esperan las sociedades actuales. En este contexto, el conocimiento profesional del profesor se convierte en un elemento central. Desde el aporte de Shulman (1986), han surgido múltiples marcos que tratan de representar el conocimiento del profesor de matemáticas. Destacamos el trabajo de Carrillo y colaboradores (2018), referido al modelo del conocimiento especializado del profesor de matemática (MTSK), pues a diferencia de los otros marcos, hace explícito el conocimiento de procesos tan fundamentales como la resolución de problemas. Estos autores consideran en los docentes dos grandes áreas de conocimiento: conocimiento matemático y conocimiento didáctico del contenido, ambas imbricadas en las creencias que poseen los docentes y con subdominios específicos. Por tanto, se muestra como un constructo teórico útil pues permite identificar conocimientos relativos a la enseñanza de las matemáticas (Rojas et al., 2013). No obstante, estos modelos se ven desafiados frente a la EDS en el sentido de qué se necesita conocer y comprender, qué conocimientos implica llevar el currículo de matemáticas a las aulas y a la vez cumplir con las demandas de sostenibilidad. Así, además de desarrollar un conocimiento ligado a la matemática como objeto de enseñanza, las sociedades actuales abogan por enfocar la enseñanza hacia el desarrollo de competencias clave para la sostenibilidad que, por su naturaleza, conllevan la resolución de problemas que abordan temáticas diversas, con el propósito de “empoderar y equipar a las generaciones presentes y futuras para satisfacer sus necesidades mediante un enfoque equilibrado e integrado de las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible” (Leicht et al., 2018, p. 7). Si bien es cierto que aún no existe un marco común en relación con las competencias en materia de sostenibilidad (Cebrián et al., 2021), sí hay claridad respecto de cuáles son las competencias que los profesores deben desarrollar y poner práctica en los entornos educativos con sus estudiantes para transitar aun mundo sostenible. Así, de acuerdo con la UNESCO (2017, p. 10), se consideran las siguientes competencias clave para la sostenibilidad y que incluyen las competencias de: a) pensamiento sistémico; b) anticipación; c) normativa; d) estratégica; e) colaboración; f) de pensamiento crítico; g) de autoconciencia; y h) integrada de resolución de problemas.

En concreto, la UNESCO, a través de su programa de acción mundial para el desarrollo sostenible, establece cuatro enfoques a considerar al momento de distinguir elementos básicos para su puesta en marcha. Lo anterior con el fin de desarrollar estudiantes alfabetizados en sostenibilidad, es decir, “empoderados para tomar decisiones conscientes y actuar responsablemente en aras de la integridad ambiental, la viabilidad económica y una sociedad justa para generaciones presentes y futura” (UNESCO, 2017, p. 7). Entendemos que la EDS desarrollada tiene un enfoque integrador cuando presenta una perspectiva holística que integra diversos aspectos de la sostenibilidad. Esto tiene lugar cuando la enseñanza se dirige al conocimiento de los factores que promueven la sostenibilidad desde diferentes perspectivas, económica, medioambiental y social, por ejemplo. Pero no sólo se lleva a cabo la descripción sino el análisis de su interrelación para comprender las razones que contribuyen en la sostenibilidad. El enfoque de la EDS crítico centra su atención en el pensamiento crítico con el que cuestiona el paradigma dominante, como pueden ser los modelos de producción-consumo o energía-bienestar, por ejemplo, y a través de la toma de conciencia promueve alternativas en sintonía con los ODS. El tercer enfoque, transformador, está próximo a los anteriores, pero en este caso tiene una mirada más pragmática y busca la transformación real y la responsabilidad y capacitación para lograr cambios en los estilos de vida, valores, empresas, ... con objeto de lograr la sostenibilidad. Finalmente, el enfoque contextual centra la enseñanza en el estudio de las implicaciones que tiene el contexto sobre la sostenibilidad. No existe un modelo de sostenibilidad universal y cada lugar y cada comunidad podrá aproximarse al desarrollo de los ODS de forma distinta y adaptada a los recursos naturales y necesidades que posea. El enfoque contextual pone en valor lo que está a nuestro alcance para promover las competencias en sostenibilidad.

MÉTODO

Para identificar qué aspectos de las competencias claves se encuentran presentes en los currículos de Educación Primaria y cómo desafían al conocimiento del profesor, en este estudio utilizamos un enfoque cualitativo no interactivo (Hernández et al., 2014), en el sentido que se analizan documentos curriculares. Además, es importante señalar el carácter descriptivo, desprendido del análisis de contenido (Rico y Fernández-Cano, 2013).

La muestra está compuesta por las orientaciones curriculares para educación primaria (1º a 6º grado) oficiales publicadas por organizaciones gubernamentales de los cuatro países de la región de América Latina y el Caribe miembros de la OECD (OECD, 2021): México (Secretaría de Educación Pública, 2017), Chile (Ministerio de Educación, 2012), Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 2006, 2017) y Costa Rica (Ministerio de Educación Pública, 2012). En el caso de las guías curriculares de Colombia se utilizaron dos documentos: el documento del 2006 para analizar los enfoques presentes en el currículo, y el documento del 2017 para analizar los objetivos de aprendizaje y su relación con las competencias clave. Dado que nuestro objetivo es identificar el potencial de los currículos para desarrollar la EDS y, en segundo lugar, identificar los requerimientos que dichos documentos realizan a profesores de la manera más amplia posible, el procedimiento de muestreo fue diseñado para obtener riqueza, profundidad y calidad de la información mediante un *muestreo de casos tipo* (Hernández et al., 2014). Desde nuestra perspectiva, al seleccionar países de la región de América Latina y el Caribe miembros de la OCDE, nos aseguramos de que adhieren a la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (UNESCO, 2015) y, por tanto, son representativos de la información que se quiere analizar.

El procedimiento de selección de las unidades de análisis implicó dos enfoques. En el primero se realizaron dos acciones: a) identificar la sección de cada documento donde se establecen los fines generales de la asignatura para la etapa de educación primaria; y b) identificar los objetivos que establecen los aprendizajes para cada nivel de Educación Primaria. Para el primero de ellos, se utilizaron dos tipos

de unidades de análisis de manera conjunta, sintácticas y temáticas, con el propósito de mejorar la fiabilidad. Así, las unidades de análisis fueron las frases y oraciones que se refieren explícitamente a los términos que comprenden los enfoques para la EDS y sus competencias clave. Con respecto a la identificación de objetivos, se establecieron los contenidos propuestos por el currículo y se organizaron según el nivel al que correspondían y al eje matemático al que aludían (Números y operaciones, Geometría, Medida, Álgebra y Estadística y Probabilidad). Tales análisis requieren una regla de numeración que los oriente. Aplicamos la regla de la presencia (Bardin, 1996), ya que la presencia/ausencia es significativa para nuestro objetivo de describir un tipo específico de conocimiento en su totalidad.

RESULTADOS

Enfoques de enseñanza

El análisis a los enfoques que están presentes en los respectivos currículos arroja que el enfoque que mayor presencia tiene en los diferentes documentos es *contextual*, con frases como que en la asignatura “lo que se pretende es el desarrollo de mayores capacidades del ciudadano para enfrentarse a los retos del mundo del que forma parte” (Ministerio de Educación Pública, 2012, p. 11). Por su parte, el enfoque que menor presencia tiene es el *transformador*, con alusiones como que “la Educación Matemática que se brinde en las aulas escolares debe encontrar su significado general en el desarrollo de las capacidades de los individuos para intervenir de una mejor manera en la vida” (Ministerio de Educación Pública, 2012, p. 13). Asimismo, los resultados dan cuenta que cada lineamiento curricular tiene focos diferentes. Por ejemplo, los documentos de Colombia y Chile focalizan en el enfoque *contextual*, mientras que los documentos de Costa Rica y México se centran en los enfoques *críticos y contextual*.

Competencias claves para la sostenibilidad

A partir del análisis de los documentos curriculares de los cuatro países se observa que no se hace mención explícita a las competencias clave para la sostenibilidad. No obstante, se debe considerar que estos documentos curriculares no fueron diseñados bajo dicha lógica. Desde esta perspectiva, lo que si es posible identificar son los objetivos de aprendizaje que en su implementación muestran la capacidad de promover potencialmente el desarrollo de competencias clave para la sostenibilidad. Por ejemplo, observemos el siguiente objetivo de aprendizaje para el 5° grado del currículo de Colombia: “Formula preguntas que requieren comparar dos grupos de datos, para lo cual recolecta, organiza y usa tablas de frecuencia, gráficos de barras, circulares, de línea, entre otros. Analiza la información presentada y comunica los resultados” (Ministerio de Educación Nacional, 2017, p. 42). En él no es posible identificar una competencia clave para la sostenibilidad de manera explícita. No obstante, el proceso de un ciclo de investigación estadístico implica necesariamente desarrollar un aprendizaje de manera colectiva entre los estudiantes, ya sea desarrollando los instrumentos, recogiendo los datos, analizando o compartiéndolos con la comunidad. Además, esto permite visualizar que este proceso se puede desarrollar en contextos locales enfocados a conseguir soluciones sostenibles a problemas reales, logrando así contribuir al desarrollo de, al menos, las siguientes competencias clave: pensamiento sistémico, normativa, estratégica, colaborativa, pensamiento crítico y resolución de problemas.

Desde tal posicionamiento, a partir de la codificación y la frecuencia de las unidades de análisis es posible identificar intensidades diferentes de aproximación hacia las distintas competencias en los documentos curriculares (tabla 1). A nivel general se observa que la resolución de problemas es la que goza de una mayor aproximación, pues gran parte de los objetivos de aprendizaje se centra en aplicar conceptos y/o propiedades matemáticas a la resolución de problemas provenientes de contextos cotidianos o bien que emergen desde la matemática. Tal es el caso del siguiente objetivo de aprendizaje

definido para 3º grado del currículo de Chile: “Resolver problemas rutinarios en contextos cotidianos, que incluyan dinero e involucren las cuatro operaciones (no combinadas)” (Mineduc, 2012, p. 108). Al igual que en el caso anterior, en este objetivo de aprendizaje no se evidencia de manera explícita una competencia clave para la sostenibilidad. Sin embargo, dicho objetivo está centrado en la resolución de problemas, y si se contextualiza en entornos cotidianos vinculados a problemáticas locales que incluyan las cuatro operaciones básicas y el uso del dinero, se situaría en el desarrollo de la competencia de resolución de problemas; se podría gatillar una aproximación a la resolución de problemas, que conlleven a una educación financiera en el entorno familiar, por ejemplo, como un contexto para educar a los estudiantes en sostenibilidad.

En cambio, a partir de la tabla 1, se observa que, en los currículos de Colombia, Chile y México, no hay objetivos de aprendizaje que permitan aproximarse a la competencia de autoconciencia. Mientras que, en el currículo de Costa Rica, se muestra con potencial para detonar la competencia de autoconciencia, concretamente el objetivo de aprendizaje propuesto para el 6º grado: “Utilizar probabilidades para favorecer la toma de decisiones” (Ministerio de Educación Pública, 2012 p. 261). Así, este objetivo de aprendizaje, contextualizando el cálculo de probabilidades en situaciones reales que aborden problemáticas con sentido para los estudiantes, puede favorecer, a partir de los datos utilizados, la reflexión en torno a dichas problemáticas, y en cómo las acciones personales pueden influir en la comunidad, y cambiar (incidir) en la probabilidad de ocurrencia de un determinado suceso o evento.

Si realizamos el análisis por país de los resultados obtenidos en los documentos curriculares, observamos que, en el caso de Colombia, en el que se analizaron 67 objetivos de aprendizaje propuestos para la asignatura de matemática, se constata que la totalidad de los objetivos de aprendizaje tienen potencial para promover la competencia de resolución de problemas y, aunque algo menor, también las competencias normativa y estratégica. Mientras que, las competencias que presentan una menor cantidad de objetivos de aprendizaje que potencialmente las puedan promover son las competencias de colaboración y de anticipación.

Tabla 1. Distribución de las competencias de sostenibilidad según país.

| Competencias de sostenibilidad | Chile (n = 146) | México (n = 84) | Costa Rica (n = 377) | Colombia (n = 67) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Pensamiento sistémico | 25% | 50% | 56% | 42% |
| Anticipación | 27% | 31% | 6% | 36% |
| Normativa | 92% | 92% | 93% | 91% |
| Estratégica | 78% | 58% | 81% | 76% |
| Colaboración | 5% | 8% | 2% | 12% |
| Pensamiento crítico | 41% | 30% | 47% | 60% |
| Autoconciencia | 0% | 0% | 1% | 0% |
| Resolución de problemas | 100% | 99% | 81% | 100% |

Por su parte, en el currículo de Chile se analizaron 146 objetivos de aprendizaje. En ellos se identifica potencial para desarrollar, principalmente, las mismas competencias que en Colombia. Mientras que las competencias con un porcentaje de alusión menor corresponden a la competencia de colaboración y pensamiento sistémico. En el caso de México, se analizaron los 84 objetivos de aprendizaje propuestos en sus documentos curriculares que se deben abordar en la asignatura de matemática. Los resultados a nivel general (tabla 1), muestran que tales objetivos de aprendizaje cuentan con potencial

para aproximarse al desarrollo de todas las competencias de resolución de problemas y anticipación. En este caso, la competencia estratégica tiene menos objetivos de aprendizaje que la aluden que en los países mencionados anteriormente. Finalmente, en el caso del documento curricular de Costa Rica, se analizaron 377 objetivos de aprendizaje definidos para la asignatura de matemática. Se evidencia, a nivel global, potencial para detonar, en mayor medida, las competencias clave para la sostenibilidad normativa, estratégica y de resolución de problemas. Además, es en el único currículo analizado en el que se encuentran objetivos de aprendizaje con potencial para promover la competencia de autoconciencia, tal y como señalamos antes. Cabe destacar de este país, comparado con los tres anteriores, que la competencia de resolución de problemas no es la que presenta mayor cantidad de objetivos de aprendizaje relacionados.

DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de este estudio se han analizado los currículos de cuatro países iberoamericanos con doble objetivo: analizar el enfoque de enseñanza en sostenibilidad que predomina y, la potencialidad de los objetivos de aprendizaje para desarrollar las competencias clave en sostenibilidad. Como consecuencia directa del resultado de estos dos estudios, y utilizando el modelo de conocimiento del profesor (MTSK), se puede describir el conocimiento del profesor necesario para poder orientar su enseñanza hacia una EDS, a partir de los currículos estudiados. Globalmente, se observa que los resultados en los cuatro currículos han sido muy semejantes, y para todos se puede afirmar que no son currículos orientados al desarrollo pleno de una EDS.

Del primer objetivo, relacionado con los enfoques de la EDS en los currículos analizados, observamos que, aunque se pueden extraer alusiones a todos los enfoques de los currículos analizados, el enfoque contextual ha sido el predominante. Esto es coherente con unos currículos que se hallen situados en su entorno y que pretendan desarrollar un conocimiento anclado en la contextualización de la matemática. Seguidamente, el enfoque transformador es minoritario en tres países estudiados, salvo en Chile, siendo en este país el enfoque integrador el minoritario. En el desarrollo de una EDS parece necesario avanzar hacia una visión más pragmática que busca la transformación real de los estilos de vida, hacia la alfabetización en sostenibilidad (Stibbe, 2009). En Chile existe esta visión pragmática pero no se fomenta el enfoque holístico, que ofrezca una realidad con sus elementos conectados. Desde la perspectiva del conocimiento del profesor observamos que es necesario que los profesores incorporen un conocimiento de la estructura matemática (KSM) y de las características del aprendizaje (KFLM), que les capacite para el desarrollo de los enfoques menos presentes en el currículo. Pues si se pretende promover la EDS y debido a que no son enfoques predominantes en los currículos este conocimiento debe incorporarse a la formación inicial o continua del profesor (Ball et al., 2015). Sólo de esta manera serán capaces de promover estos enfoques. Lo que es coherente con otras investigaciones que ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar una formación específica en los docentes acerca de la EDS (Vásquez y García-Alonso, 2020).

Del análisis de las competencias clave en sostenibilidad y su alusión en los objetivos de aprendizajes presentes en los currículos estudiados, hemos podido observar que los ejes de contenido de estadística y probabilidad, así como el de números y operaciones son los que poseen mayor cantidad de objetivos relacionables con las competencias clave para la sostenibilidad. En el otro extremo se encuentran los demás ejes, con un comportamiento similar entre los diferentes currículos estudiados. Esto apunta a que, de nuevo, queda en manos del docente y de su capacidad para conectar con las competencias clave de sostenibilidad, cuando el currículo no lo facilita. Destaca por su ausencia o muy poca presencia, la competencia clave en autoconciencia. Esto es significativo pues no se alude desde los currículos a aspectos relacionados con la responsabilidad de las decisiones que llevan a cabo los futuros ciudadanos

sobre nuestro entorno, que es de especial relevancia en la formación en sostenibilidad. Y a esta se añaden dos competencias con poca presencia, como son la competencia de colaboración y normativa. Este vacío que aparece con estas competencias se debe suplir con formación del docente en el conocimiento relacionado con ellas, según el modelo MTSK: de las características del aprendizaje de las matemáticas (KFLM), de la estructura matemática (KSM) y de la práctica matemática (KPM).

El estudio presentado ha profundizado en el conocimiento del profesorado y las competencias necesarias para el desarrollo de los ODS en las aulas (Schweizer et al., 2019). Por un lado, ofrece información acerca de los ejes de contenido matemático que facilitan la promoción de las competencias clave en sostenibilidad. Esto ayudará en la construcción de futuras actividades matemáticas encaminadas a construir ciudadanos competentes en sostenibilidad. Y, por otro lado, determina un marco de formación de los futuros profesores incidiendo en aquellos conocimientos que, según el modelo MTSK, son necesarios para el desarrollo de una EDS en el aula. La universidad debe ser el centro de desarrollo de los ciudadanos que liderarán el planeta en el futuro y, tratándose de futuros docentes, la responsabilidad es aún mayor, pues deben poseer la capacidad de promover y consolidar las competencias clave del resto de los ciudadanos. La EDS es fundamental para lograr ciudadanos comprometidos con los ODS en el siglo XXI. Los docentes y formadores de futuros docentes somos los responsables en primera instancia, pues cada uno en su área de actuación, debe lograr docentes con capacidad de cambio social y formar ciudadanos competentes en sostenibilidad.

Agradecimientos

Trabajo desarrollado en el marco del FONDECYT N° 1200356 financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) de Chile.

Referencias

- Alsina, Á. (2019). *Itinerarios didácticos para la enseñanza de las matemáticas (6-12 años)*. Graó.
- Aznar, P., Martínez-Agut, M. P., Palacios, B., Piñero, A. y Ull, M. A. (2011). Introducing sustainability into university curricula: An indicator and baseline survey of the views of university teachers at the University of Valencia. *Environmental Education Research*, 17(2), 145-166.
- Ball, D. L., Lubienski, S. T. y Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. En V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 433-456). AERA.
- Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido (2a ed.)*. Akal.
- Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, A., Ribeiro, M. y Muñoz-Catalán, M. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253.
- Cebrián, G., Junyent, M. y Mulà, I. (2021). Current practices and future pathways towards competencies in education for sustainable development. *Sustainability*, 13, 8733.
- Cebrián, G. y Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability*, 7, 2768-2786.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6th ed.)*. McGraw-Hill.
- Hill, H. C., Rowan, B. y Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42, 371-406.

- Leicht, A., Heiss, J. y Byun, W. J. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO.
- Ministerio de Educación. (2012). *Bases curriculares educación básica*. Unidad Curriculum y Evaluación.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden*. Autor.
- Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Derechos básicos de aprendizaje. Matemáticas*. Autor.
- Ministerio de Educación Pública (2012). *Programa de estudio de matemáticas*. Autor.
- OECD. (2021). *OECD welcomes Costa Rica as its 38th Member*.
- Rico, L. y Fernández-Cano, A. (2013). Análisis didáctico y metodología de investigación. En L. Rico, J. L. Lupiáñez y M. Molina (Eds.), *Análisis didáctico en educación matemática. Metodología de investigación, formación de profesores e innovación curricular* (pp. 1-22). Comares.
- Rojas, N., Flores, P. y Carrillo, J. (2013). Caracterización del conocimiento matemático para la enseñanza de los números racionales. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 4, 47-64.
- Schweizer, C., Di Giulio, A. y Burkhardt-Holm, P. (2019). Scientific support for redesigning a higher-education curriculum on Sustainability. *Sustainability*, 11, 6035.
- Secretaría de Educación Pública. (2017). *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica*. Autor.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14.
- UNESCO (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*; UNESCO.
- UNESCO (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*; UNESCO.
- Vásquez, C., Seckel, M. J. Y Alsina, Á. (2020). Belief system of future teachers on education for sustainable development in math classes. *Uniciencia*, 34, 1-15.
- Wals, A. E. J. (2015). *Más allá de dudas no razonables. Educación y aprendizaje para la sostenibilidad socioecológica en el Antropoceno*. Universidad de Wageningen.
- Vásquez, C., García-Alonso, I. (2020). La educación estadística para el desarrollo sostenible en la formación del profesorado. *Profesorado*, 24, 125-147.