

INTEGRACIÓN INTERDISCIPLINARIA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL CURRÍCULO DE SECUNDARIA: ESTUDIO DE CASO EN EL CONTEXTO COLOMBIANO

Rosa Carolina Ayala-Calvo^{1*} y Libardo Andrés Ocampo-Cardona¹

¹Facultad de Estudios Sociales y Empresariales, Universidad Autónoma de Manizales, Antigua Estación del Ferrocarril, Manizales, Caldas, Colombia.

*rosac.ayalac@autonoma.edu.co

RESUMEN

Se realizó un estudio de caso múltiple con cuatro docentes de secundaria que trabajan en instituciones educativas públicas de Colombia, con el fin de analizar cómo los profesores de diferentes asignaturas enseñan los temas de Ciencias de la Tierra (CT) presentes en los currículos actuales. Los docentes participantes respondieron una encuesta cualitativa de 38 preguntas abiertas y realizaron un ejercicio de transversalidad. Los resultados obtenidos revelan que los temas relacionados con la Tierra y el universo, la meteorología y el medio ambiente son los más comúnmente enseñados, mostrando su relevancia a nivel de educación secundaria. En general, los docentes que orientan las áreas de Ciencias Naturales y Educación en CTSA (Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente) poseen una mayor claridad conceptual y abarcan más variedad de temas en CT. Aunque no se implementó directamente con un grupo de estudiantes, los docentes participantes demostraron tener una clara consciencia sobre la importancia de fortalecer la enseñanza de las CT en la educación básica secundaria y la necesidad de superar las barreras existentes para su integración, entre las que se incluyen la limitación de tiempo, la escasez de recursos y el desconocimiento sobre materiales educativos especializados. Se realizó una propuesta de tópicos en CT que contribuyen al desarrollo de las competencias en Ciencias Naturales y Sociales contempladas en los estándares nacionales y se hace un llamado a la comunidad geocientífica interesada en la promoción y educación de las CT a explorar estrategias de intervención y formación docente dirigidas a los profesores de educación secundaria con el fin de incentivar la integración interdisciplinaria de las CT en los currículos actuales y mejorar la calidad de su enseñanza en el país.

Palabras clave: Enseñanza en Ciencias de la Tierra, integración interdisciplinaria, propuesta curricular, estudio de caso.

ABSTRACT

A multiple case study was conducted on four middle-high school teachers in Colombian public schools to analyze how educators from different subject matter areas teach Earth Science (ES) topics under the current curriculum design. Participants answered a 38-open-question qualitative survey and carried out a transversality exercise. According to the results, the most common topics taught are those related to the Earth and the universe, meteorology, and the environment, revealing their importance in secondary education. Overall, Natural Sciences and STEM teachers have more conceptual clarity and introduce a broader range of topics. Although we did not implement any instrument in the student groups, all teachers expressed the importance of strengthening the ES teaching in secondary education and the need to overcome the existent barriers that hinder their practical application in the classroom, which include time constraints and the lack of resources and knowledge about specialized educational materials to support the instruction. We included a curricular proposal of ES topics that enhances the performance expectations consigned in the Natural and Social Sciences national standards. We encourage geoscientists and researchers in Earth Sciences Education (ESE) to explore interventional and formation strategies designed for school teachers to support the interdisciplinary integration of the ES in the curricula, improving the quality of the ESE in Colombia.

Keywords: Earth Sciences Education, interdisciplinary integration, curricular proposal, case study.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las Ciencias de la Tierra (CT) en la educación básica secundaria es crucial para que los estudiantes desarrollen habilidades científicas. Estas habilidades incluyen el pensamiento a gran escala y desde diferentes perspectivas temporales, la capacidad de sintetizar y generalizar, la abstracción, el pensamiento espacial de alto nivel, el pensamiento cíclico y el análisis de sistemas complejos (King, 2008; Orion, 2019). Es esencial que el ciudadano común posea un conocimiento adecuado de los sistemas terrestres para tomar decisiones informadas sobre los desafíos actuales que enfrenta la humanidad, como el cambio climático, la demanda de minerales estratégicos para el desarrollo tecnológico y las energías alternativas, la escasez de agua y la creciente exposición a riesgos por desastres naturales (Correa y Greco, 2017; Orion, 2019).

En Colombia, los contenidos relacionados con las CT a nivel de educación secundaria se encuentran en las propuestas curriculares de Ciencias Naturales y Sociales. Desde una perspectiva en educación integral, esto no sería un problema; sin embargo, en la educación secundaria y en especial en la educación media en Colombia (grados 10° y 11°) las Ciencias Naturales “se imparten como conocimientos aislados de Biología, Química y Física” (Claret *et al.*, 2019, p. 47), y en las Ciencias Sociales las CT se enfocan en el eje de relaciones espaciales y ambientales.

Los estándares de competencias en Ciencias Naturales, bajo los cuales se diseñan las mallas curriculares de los diferentes colegios, incluyen contenidos en CT aunque no presentan un eje temático definido para esta ciencia, como sí sucede con Biología, Química y Física (MEN, 2006). Por este motivo, en las instituciones educativas del país, los contenidos en CT suelen ser impartidos por docentes especializados en otras áreas del conocimiento y bajo currículos diseñados para disciplinas distintas. Esto genera algunos desafíos como la falta de seguimiento en la progresión de los aprendizajes, la omisión de temas para los cuales los docentes no están preparados o no les generan interés (Arias *et al.*, 2018), y dificultades para detectar concepciones alternativas en los estudiantes, así como para planificar lecciones o seleccionar estrategias de enseñanza adecuadas (Kind, 2009).

No obstante, debido al carácter holístico y multidisciplinario de las CT, es posible establecer relaciones y abordarlas eficazmente en conjunto con otras disciplinas. Estudios en la enseñanza de las CT integradas con la Biología, la Física y la Química (King y Kennett, 2002; Plotnick *et al.*, 2009), las Ciencias Sociales (Lacreau, 2015), o en el contexto de la educación en ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA; Correa y Greco, 2017), han demostrado que las aproximaciones interdisciplinarias facilitan conexiones más profundas y aprendizajes más significativos en los estudiantes, en comparación con enfoques basados en disciplinas aisladas y conocimientos fragmentados. Esto se debe a que los problemas reales abordados por la ciencia suelen ser multidisciplinarios (Correa y Greco, 2017).

Para esta investigación se realizó un estudio de caso múltiple con la colaboración de cuatro docentes de secundaria que trabajan en instituciones educativas públicas de Colombia, con el objetivo de analizar sus concepciones acerca de las CT, los temas que abordan en el aula, los materiales educativos que utilizan y las dificultades que enfrentan en la enseñanza de estas ciencias. Los resultados de este

estudio buscan ofrecer herramientas que incentiven la integración interdisciplinaria de las CT dentro de los currículos actuales y, de este modo, contribuir a mejorar la calidad de la educación de las CT en Colombia.

METODOLOGÍA

Esta investigación fue realizada bajo el diseño de estudio de caso múltiple con un enfoque cualitativo-descriptivo (Yin, 2014). Claret *et al.* (2019), a partir del análisis documental, resaltaron la crisis en la enseñanza de las CT y la necesidad de incluirlas y trabajarlas con mayor profundidad en las aulas colombianas. Para este estudio se consideró pertinente realizar un análisis cualitativo-descriptivo con el fin de entender mejor cómo se realiza esta enseñanza desde diversas asignaturas y qué se puede hacer para incrementar su integración interdisciplinaria, teniendo presente que ésta se encuentra influenciada por contextos y perspectivas diferentes de cada uno de los docentes. Con este fin, se analizó el trabajo de cuatro docentes de instituciones educativas públicas de diferentes municipios de Colombia que orientan asignaturas de Ciencias Naturales y Sociales en grados 6°-11° (Tabla 1). Por motivos de confidencialidad, los nombres de los docentes fueron eliminados y en su lugar se identifican con el nombre del municipio donde laboran.

Tabla 1. Docentes participantes en el estudio de caso

	Heliconia	Bogotá	Macanal	Medellín
Profesión	Licenciado en Biología	Licenciado en Matemáticas y Física	Físico	Historiadora
Años de experiencia	7 años	5 años	4 años	8 años
Asignatura que orienta	Biología, Química y Física en grados 6°-11°	Física en grados 7°-11°	Biología en grado 6° y Física en grados 6°-11°	Ciencias Sociales, Políticas y Económicas en los grados 6°, 7°, 10° y 11°

Para obtener la información necesaria se aplicó como instrumento inicial una encuesta cualitativa que nos permitió tener un panorama acerca del pensamiento docente y de las prácticas en torno a la enseñanza de las CT. En la encuesta de 38 preguntas, los profesores respondieron preguntas abiertas respecto a las CT: la percepción, las relaciones y la aplicabilidad de las CT en sus respectivas áreas de estudio. También seleccionaron los temas en CT que imparten actualmente y los temas de mayor interés para ellos y sus estudiantes. Mencionaron los recursos educativos y las estrategias que utilizan para enseñarlos, evaluaron el estado de la enseñanza actual, propusieron ideas para integrar estas ciencias desde su asignatura y expusieron los retos y dificultades que conlleva enseñar un tópico fuera del área de experiencia, así como aspectos del contexto educativo en el cual se desempeñan. Los detalles de las preguntas de la encuesta y las respuestas de los docentes se pueden consultar en Ayala (2024).

Posteriormente, se realizó un ejercicio con los docentes para transversalizar un tema geológico de interés nacional y que a pesar de su importancia no se encuentra contemplado en la propuesta curricular de secundaria en Colombia. Se seleccionó el volcán Nevado del Ruiz, el cual experimentó actividad durante el año 2023 y tiene una historia notable en el país, ya que la erupción de 1985 se posicionó como una de las más mortales a nivel mundial debido al desconocimiento de la población acerca de la actividad del volcán y la poca difusión de los estudios de riesgo realizados por expertos en los meses previos a la tragedia.

En la primera parte del ejercicio se desarrolla una situación hipotética donde el profesor debe responder las preguntas que los estudiantes hacen en torno a los volcanes, tales como: ¿Qué es un volcán? ¿Se puede predecir una erupción? ¿Todos los volcanes son iguales? ¿En Colombia hay más volcanes? ¿De qué depende que haya volcanes en ciertas zonas específicas? ¿Por qué la gente vive cerca de zonas de riesgo volcánico? Estas preguntas permiten explorar conceptos acerca de los volcanes que van más allá del conocimiento científico y relacionan este tema con la geografía de Colombia, la tectónica de placas y los procesos a gran escala, fenómenos físicos, amenazas naturales, evolución de las poblaciones en torno a los recursos naturales, entre otros, y fueron tomadas de guías educativas especializadas en educación básica primaria y secundaria (D'Elia *et al.*, 2021).

En la segunda parte, se les compartió a los docentes un gráfico en donde se relaciona este tópico específico con diferentes áreas de las ciencias (Figura 1) y se les preguntó cuáles de estos temas podrían enseñar en su asignatura para que los estudiantes conozcan más de este volcán al mismo tiempo que realizan conexiones con su asignatura teniendo en cuenta los objetivos de aprendizaje contemplados en su malla curricular, las estrategias que usarían y las dificultades que identifican para abordar estos temas.

RESULTADOS

A continuación se describirán diferentes aspectos relacionados con la enseñanza de las CT de acuerdo con las respuestas de los docentes estudiados en los dos instrumentos analizados. Por su extensión, no se adjuntan todos los instrumentos resueltos, pero se incluyen algunas de las respuestas de los docentes extraídas textualmente (identificadas en *italica y comillas*).

Concepto de los profesores acerca de las Ciencias de la Tierra y relaciones con sus respectivas asignaturas

Los docentes Heliconia, Macanal y Medellín tienen una visión más acorde con los sistemas terrestres, mientras que la definición del docente Bogotá se asemeja más al estudio de la geósfera, sin incluir los otros sistemas:

- **Heliconia:** “Es el conjunto de conocimientos que estudian el planeta, desde su formación, sus cambios, transformaciones y cómo va evolucionando en relación con el universo”.
- **Macanal:** “Las CT son aquellas que se encargan del estudio de los elementos que componen la litósfera, la biósfera y la hidrósfera, así como los fenómenos asociados a estas”.
- **Bogotá:** “Es la ciencia donde se realiza el estudio de los componentes y comportamientos de los diferentes elementos que conforman el suelo y el interior de la Tierra”.
- **Medellín:** “Es el estudio del origen y evolución del planeta Tierra y de todo lo que hay en él, en especial de la función que tienen cada una de sus capas internas y externas para el normal desarrollo del planeta”.



Figura 1. Ideas de temas asociados al Volcán Nevado del Ruiz (VNR), en el Parque Nacional Natural (PNN) Los Nevados en Colombia, que pueden ser abordados en diferentes áreas de estudio.

La manera como relacionan las CT con sus asignaturas varía según el área de experticia de cada docente. Para el profesor Heliconia las CT ayudan a entender las relaciones entre los diferentes sistemas: “Desde las ciencias naturales estudiamos los seres vivos y cómo son sus relaciones con el entorno, la materia y sus transformaciones, además de las leyes que rigen el universo, esto involucra al planeta como parte de un conjunto de conocimientos implícitos en la comprensión de la vida tal cual la conocemos”. Para él las CT son importantes para enriquecer su práctica de aula ya que orienta el área de Ciencias Naturales, pero considera que no es necesario que profesionales de cualquier área aprendan CT, ya que le da un enfoque a la obtención de conocimientos científicos sin tener en cuenta sus aplicaciones en la toma de decisiones a nivel de sociedad.

El profesor Macanal considera que la física es fundamental para entender las CT, ya que “los múltiples fenómenos que surgen y que se estudian en las CT encuentran sus herramientas fundamentales en los conceptos trabajados en la Física”. Para este docente es crucial comprender los procesos y fenómenos en las CT pues permiten “fortalecer las experiencias significativas llevadas al aula, al igual que el desarrollo de conocimientos a partir de experiencias contextuales guiadas en el aula”. Considera también que los conceptos básicos de CT deben hacer parte de la alfabetización científica: “Las CT pese a no ser tan reconocidas, tienen una gran influencia en muchos campos de la actualidad, es por esto que se hace necesario que todos reconozcamos estas ciencias como un conocimiento necesario para comprender el mundo que nos rodea”.

El profesor Bogotá, quien también enseña en el área de Física, considera que es importante para él aprender sobre las CT para “valorar nuestro lugar de vida, entender el comportamiento de fenómenos naturales que surgen desde lo profundo de la Tierra, y la conformación de nuestro suelo”; y para promover en sus estudiantes “la necesidad de usar los recursos hídricos y minerales de manera sostenible y responsable, y aprender cómo proteger la biodiversidad”.

La profesora Medellín identifica al ser humano como componente activo y transformador de los sistemas terrestres: “En el caso de las CT, ayudan a entender cómo los seres humanos evolucionaron según el entorno en que habitaron, pero también cómo el hombre ayudó en la transformación del planeta”. Considera que las CT son importantes para todos los ciudadanos, sin importar su profesión: “El reconocimiento y comprensión de nuestro entorno físico puede ayudarnos a vivir mejor en él, a cuidarlo, a protegerlo y utilizarlo en provecho de todos. Aprender a convivir con nuestro entorno (físico y social) es una competencia ciudadana que se debe desarrollar desde cualquier edad, profesión o ciencia, porque permite asumir un compromiso social con la humanidad y el planeta desde el presente y hacia el futuro”. Considera que aunque los temas en CT se han relegado principalmente al campo de las Ciencias Naturales, se deben integrar con las Ciencias Sociales por las razones expuestas anteriormente.

Temas de interés en Ciencias de la Tierra

Los temas de mayor interés para los estudiantes, según los profesores, incluyen el universo, el sistema solar, la energía renovable, la contaminación ambiental, los recursos hídricos y el cambio climático. Sin embargo, los profesores manifiestan que hay limitantes de tiempo y progresión en los aprendizajes: “En los planes de área no hay continuidad en las temáticas, ni tiempo y mucho menos interdisciplinariedad de las áreas o los conocimientos que permita entender estos cambios desde la realidad” (Medellín).

Con respecto a los temas que han sido enseñados por los docentes durante sus años de práctica en las aulas de secundaria se encuentran:

- **La Tierra y el universo.** Los temas relacionados con el origen y composición del universo y del sistema solar, así como los diferentes movimientos planetarios y astronómicos que causan las estaciones, eclipses y fases lunares. Sólo los docentes Heliconia y Medellín mencionaron además el tema de la estructura interna de la Tierra.
- **Sistemas terrestres.** Aunque todos han enseñado acerca del origen de la vida y la evolución de las especies, sólo los docentes Heliconia y Macanal abordan las relaciones entre la biósfera y otros sistemas terrestres. Los recursos hídricos, el ciclo del agua y del carbono sólo han sido enseñados por el profesor Heliconia.
- **Geología.** El docente Heliconia, al orientar asignaturas de Química, incluye el tema de los minerales y la distribución de los elementos químicos en la Tierra. El docente Macanal reporta haber enseñado acerca de la tectónica de placas y los procesos de formación de montañas, fallas geológicas y rasgos geográficos, mientras que la docente Medellín se enfoca sólo en la caracterización de los rasgos geográficos. Los volcanes, tsunamis y terremotos y su relación con procesos de liberación de energía han sido abordados por los docentes Heliconia y Macanal. El profesor Bogotá ha explicado acerca de los movimientos de ondas en diferentes materiales y su relación con los terremotos.
- **Meteorología.** Es común entre todos los profesores enseñar temas básicos acerca del tiempo, el clima, las zonas climáticas y las corrientes atmosféricas.
- **Ciencias Ambientales/Sostenibilidad.** Los temas del cambio climático, las energías renovables y la contaminación ambiental han sido enseñados por los docentes Heliconia, Bogotá y Macanal. En general, todos los docentes contemplan el desarrollo de la humanidad en torno a la disponibilidad o explotación de recursos naturales, pero sólo el profesor Heliconia incluye los riesgos naturales.

Estrategias y materiales educativos utilizados para la enseñanza en Ciencias de la Tierra

Los recursos educativos más comunes que usan los cuatro profesores analizados para abordar los temas descritos en el apartado anterior son el libro de texto/guías del curso, videos y páginas de internet. Ninguno de los cuatro docentes conoce material educativo especializado en Ciencias de la Tierra.

El profesor Heliconia es el único de los docentes analizados que tomó cursos previos en Ciencias de la Tierra durante su formación docente y los incluye regularmente en su práctica de aula. También realiza proyectos transversales en la parte ambiental en donde se articulan problemáticas generales desde diferentes asignaturas. Entre sus prácticas habituales se encuentran la cartografía social, los debates, el uso de imágenes para la argumentación y herramientas interactivas. En el segundo instrumento muestra claridad conceptual aunque tiene sólo un conocimiento general de la temática de los volcanes y considera que puede conectar fácilmente este tema con su área de estudio, concentrándola en conceptos como las placas tectónicas, el origen de la Tierra, estados de la materia, temperatura, energía y contaminación ambiental. Sin embargo, manifiesta que no existen suficientes recursos educativos para realizar actividades de campo/laboratorio y en general tiene poca interacción con docentes de otras disciplinas para llevar a cabo este tipo de actividades.

El profesor Bogotá incluye en sus prácticas docentes numerosas actividades didácticas (maquetas, mapas conceptuales, resúmenes, carteleras, construcción de instrumentos de medición) en combinación con actividades como conversatorios, entrevistas e investigaciones. En el segundo instrumento propone la construcción de un sismógrafo casero e interacción con personas que trabajen con volcanes o vivan en una zona de alta actividad volcánica. Considera que puede enseñar sobre los volcanes, relacionándolos con explicaciones desde la Física: “Temperatura, energías, densidades, estados de la materia, movimientos, ondas, termodinámica, instrumentos de medición, análisis de gráficas de movimiento vs tiempo, fuerzas, transferencia de calor, efectos de la variación de temperatura, fluidos, presión, magnitudes físicas e historia alrededor de la geología”. Su conocimiento acerca de los volcanes es limitado, y manifiesta no tener en general mucho conocimiento acerca de las CT, lo que le dificulta evaluar si los recursos utilizados poseen buena calidad científica.

El profesor Macanal se siente seguro con su conocimiento general de los temas de CT que enseña, y debido a que en su asignatura se aplica la educación en CTSA, suele integrar conocimientos de múltiples áreas de estudio con un fuerte componente de aprendizaje centrado en el estudiante para el desarrollo de sus actividades en el aula. Para este docente, “a partir de ejemplos gráficos del fenómeno natural y de las discusiones temáticas con el docente se pueden utilizar recursos que propicien el aprendizaje activo a través de la experimentación e incluso la proposición, con proyectos escolares para dar cuenta del dominio y comprensión del fenómeno en cuestión”.

En el segundo instrumento, el profesor Macanal muestra una conexión clara del tema propuesto con su asignatura y conocimiento acerca de la progresión de los aprendizajes durante toda la secundaria, ya que orienta la asignatura de Física-CTSA en todos los grados de secundaria: “Para abordar el tema en grados sextos y séptimos, se establecen los temas de formación terrestre y movimientos tectónicos; en grados octavos y novenos, es posible abordar la temática con base en la dinámica de fluidos y fuentes de energía, y por último en grados décimos y décimo primeros, se profundiza en la Dinámica con el estudio de fuerzas y energía lo que permite establecer la relación con la energía potencial, cinética y térmica propia de este fenómeno natural, además de las ondas y oscilaciones presentes en los sismos de esta temática”.

La profesora Medellín utiliza ejercicios prácticos y actividades como maquetas, dibujos, modelos, cuentos, mapas e infografías, entre otros. También incluye el componente de Ciencias Sociales proponiendo por ejemplo el análisis de políticas públicas en torno a la prevención de desastres, cartografía social, identificación de zonas de riesgo en el área donde se encuentra ubicada la institución educativa y el impacto de la desinformación en los medios de comunicación.

En el segundo instrumento, no sólo responde las preguntas conceptuales acerca de los volcanes, sino que las expande hacia su área, explicando temas como el trabajo de un volcanólogo, el aporte del Servicio Geológico Colombiano a la vigilancia de los volcanes del país, la relación de los volcanes con otras áreas de las Ciencias Sociales y la importancia del monitoreo y evaluación de riesgos naturales para la seguridad de todos los habitantes. También adecúa el tema a su contexto educativo: “Identificar por medio de un croquis, mapa o cartografía social los principales riesgos en los alrededores del colegio con ayuda de los estudiantes, para que ellos tomen conciencia y propongan soluciones reales que se puedan aplicar con la ayuda de la comunidad o la institución”.

Retos y dificultades que enfrentan los docentes en la enseñanza de temas de Ciencias de la Tierra

Uno de los mayores retos se encuentra en la falta de cursos enfocados en CT durante la formación profesional de los docentes, lo que ocasiona inseguridades en el abordaje de contenidos en CT: “Aunque personalmente me gusta el tema desde la geografía, lo social y económico, siento que como profesora me hacen falta bases científicas que me cuesta entender desde las ciencias naturales y exactas” (Medellín). Durante el desarrollo del segundo instrumento, los profesores también tienen respuestas incompletas y presentan errores conceptuales. Como se mencionó anteriormente, sólo el docente Heliconia tuvo cursos universitarios enfocados en CT.

Todos consideran que la educación en CT a nivel de secundaria en Colombia es en general baja. Sin embargo, la integración de conocimientos de diversas áreas de estudio también es un reto para todos los docentes, incluso para aquellos con mayor nivel de conocimiento en temas de CT, como en el caso de los profesores Heliconia y Macanal. En múltiples ocasiones manifiestan falta de tiempo, recursos y espacios institucionales para abordar temas transversales a su disciplina. “Sólo dispongo de una hora a la semana para enseñar mi asignatura” (Bogotá). “Los currículos de muchas instituciones están desactualizados o tienen una marcada diferencia entre cuál es el campo de las Ciencias Sociales y las Ciencias Naturales y Exactas” (Medellín). “Faltan recursos, siento que (la responsabilidad) recae mucho en el profesor” (Heliconia).

Existen también en general dificultades para identificar una progresión en los aprendizajes de las CT. Sólo el profesor Macanal muestra mayor facilidad para definir diferentes estrategias y objetivos por grado, ya que es el único docente de su área en el colegio y enseña en todos los grados de secundaria.

Entre las principales dificultades que han observado en sus estudiantes se encuentran la lectura de mapas, la conversión de magnitudes, el imaginar procesos que ocurren en escalas muy grandes de tiempo, el concepto de un planeta dinámico, ideas religiosas que los estudiantes intentan conciliar con las explicaciones científicas y dificultades en la conexión o aplicación de contenidos provenientes de diferentes áreas de estudio.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, una barrera para una integración más activa de las CT es la creencia de que su utilidad se limita a una mejor comprensión de los fenómenos naturales. El ejercicio de transversalidad mostró cómo un tema que usualmente se relaciona con las Ciencias Naturales fue una herramienta para que la profesora de Ciencias Sociales (Medellín) hablara de temas sociales como la desinformación de los medios, el papel de las instituciones gubernamentales en el monitoreo de riesgos y la generación de planes de emergencia, la labor de distintos profesionales, aspectos económicos asociados a los volcanes, cómo la ciencia aporta al bienestar de la comunidad y otros. Los temas ambientales y de sostenibilidad también proveen ejemplos excelentes para desarrollar temas sociales y de formación ciudadana con miras hacia el futuro, así como el pensamiento crítico y la toma consciente de decisiones (Correa y Greco, 2017; Lacreau, 2015).

Los docentes reconocen que la integración de tópicos de CT en su disciplina ayuda a generar aprendizajes más significativos y experiencias contextualizadas en los temas propios de sus asignaturas.

Abordar temas de CT también contribuye a desarrollar en los estudiantes diversas habilidades de pensamiento espacial (al analizar cómo se ven los objetos y estructuras tridimensionalmente); temporal (mediante el análisis de diversos fenómenos que pueden ocurrir inmediatamente, como los derrumbes, o procesos que tardan cientos o miles de millones de años); cíclico (ciclo del agua, ciclo del carbono) y de sistemas complejos (ya que involucran procesos físicos, químicos y biológicos que se interrelacionan; King, 2008). Orion (2019) también enfatiza el efecto positivo de las actividades de campo y laboratorio en el desarrollo de habilidades científicas y sociales en los estudiantes.

Los resultados anteriores muestran que, si bien las CT no poseen una identidad propia en los currículos del país, las propuestas curriculares contemplan varios temas y los docentes manifiestan la necesidad de fortalecer su enseñanza a nivel de básica secundaria. Con el fin de incentivar la inclusión de temas de CT, se realizó un análisis de los estándares de competencias a nivel de secundaria (MEN, 2006) y una propuesta de los tópicos de CT que permiten desarrollar dichas competencias desde los ejes temáticos relacionados con el entorno biológico, químico y físico para todos los grados de secundaria (Tablas 2, 3 y 4), así como de las competencias sociales y ciudadanas (Tabla 5).

Tabla 2. Estándares de competencias para la educación Colombiana – Manejo de conocimientos propios de las Ciencias Naturales (Grados 6° y 7°)

Competencias por área que transversalizan las Ciencias de la Tierra	Temas en Ciencias de la Tierra que se pueden abordar
Entorno vivo	
Explico el origen del universo y de la vida a partir de varias teorías.	Origen y formación del universo y del sistema solar. Primeros organismos en la Tierra, cianobacterias y estromatolitos.
Caracterizo ecosistemas y analizo el equilibrio dinámico entre sus poblaciones.	Rol de la biosfera en los sistemas terrestres, ecosistemas en cavernas. Cambio climático y sus efectos en los ecosistemas.
Propongo explicaciones sobre la diversidad biológica teniendo en cuenta el movimiento de placas tectónicas y las características climáticas.	Interacciones biosfera-geósfera-atmósfera.
Formulo hipótesis sobre las causas de extinción de un grupo taxonómico.	Extinciones masivas en la historia geológica y posibles causas.
Justifico la importancia del agua en el sostenimiento de la vida.	Interacciones entre biosfera e hidrósfera.
Describo y relaciono los ciclos del agua, de algunos elementos y de la energía en los ecosistemas.	Ciclos del agua, de las rocas, del carbono.
Explico la función del suelo como depósito de nutrientes.	Suelos, erosión y meteorización.
Entorno físico	
Verifico la acción de fuerzas electrostáticas y magnéticas y explico su relación con la carga eléctrica.	Tormentas eléctricas, truenos y relámpagos.
Explico cómo un número limitado de elementos hace posible la diversidad de la materia conocida.	Composición de las estrellas y origen de los elementos químicos en el universo, minerales de uso común.
Explico el desarrollo de modelos de organización de los elementos químicos.	Elementos nativos y minerales de uso común.
Comparo masa, peso y densidad de diferentes materiales mediante experimentos.	Densidad de diferentes tipos de rocas y minerales, densidad y diferenciación planetaria-estructura interna de la Tierra.
Relaciono masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar.	Elementos del sistema solar, los planetas y sus características.
Explico las consecuencias del movimiento de las placas tectónicas sobre la corteza de la Tierra.	Placas tectónicas, volcanes, terremotos, formación de cadenas montañosas, el Cinturón de Fuego.
Ciencia/Tecnología/Sociedad	
Anализo el potencial de los recursos naturales de mi entorno para la obtención de energía e indico sus posibles usos.	Energías renovables, no renovables, combustibles fósiles, recursos naturales, relaciones entre los humanos y los sistemas terrestres (desarrollo sostenible, contaminación ambiental).
Identifico recursos renovables y no renovables y los peligros a los que están expuestos debido al desarrollo de los grupos humanos.	
Justifico la importancia del recurso hídrico en el surgimiento y desarrollo de comunidades humanas.	Hidrósfera-recursos hídricos y su distribución en la superficie terrestre.
Identifico factores de contaminación en mi entorno y sus implicaciones para la salud.	Contaminación ambiental, desarrollo sostenible, relaciones entre los humanos y los sistemas terrestres.
Indago sobre los adelantos científicos y tecnológicos que han hecho posible la exploración del universo.	Geología planetaria, elementos del sistema solar.
Indago acerca del uso industrial de microorganismos que habitan en ambientes extremos.	Organismos extremófilos y relación con el estudio de la vida primitiva en la Tierra.

Tabla 3. Estándares de competencias para la educación Colombiana – Manejo de conocimientos propios de las Ciencias Naturales (Grados 8° y 9°)	
Competencias por área que transversalizan las Ciencias de la Tierra	Temas en Ciencias de la Tierra que se pueden abordar
Entorno vivo	
Formulo hipótesis acerca del origen y evolución de un grupo de organismos.	Los fósiles y su importancia para estudiar la evolución de la vida. La explosión cámbrica, los primeros organismos terrestres.
Establezco relaciones entre el clima en las diferentes eras geológicas y las adaptaciones de los seres vivos.	Evolución de los ecosistemas en el tiempo geológico, registro fósil.
Entorno físico	
Comparo masa, peso, cantidad de sustancia y densidad de diferentes materiales.	Densidad de diferentes tipos de rocas y minerales, gases disueltos en el magma vs densidad y viscosidad.
Establezco relaciones entre energía interna de un sistema termodinámico, trabajo y transferencia de energía térmica; las expreso matemáticamente.	El Sol como fuente de energía, el efecto invernadero, la convección del manto y la energía interna de la Tierra, volcanismo.
Relaciono las diversas formas de transferencia de energía térmica con la formación de vientos.	Convección atmosférica, frentes meteorológicos.
Establezco relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas.	Ondas costeras (reflexión y refracción), tsunamis.
Explico el principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación.	Ondas sísmicas y terremotos.
Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.	Efecto del albedo en la temperatura.
Ciencia/Tecnología/Sociedad/Ambiente	
Establezco la importancia de mantener la biodiversidad para estimular el desarrollo del país.	Desarrollo sostenible, biodiversidad de ecosistemas: páramos, manglares, selva.
Describo procesos físicos y químicos de la contaminación atmosférica.	Combustibles fósiles, gases contaminantes de la atmósfera, calidad del aire, huella del carbono, gestión ambiental.

Tabla 4. Estándares de competencias para la educación Colombiana – Manejo de conocimientos propios de las Ciencias Naturales (Grados 10° y 11°)	
Competencias por área que transversalizan las Ciencias de la Tierra	Temas en Ciencias de la Tierra que se pueden abordar
Procesos biológicos	
Busco ejemplos de principios termodinámicos en algunos ecosistemas.	El Sol como fuente de energía, interacción entre esferas terrestres, ciclos del agua y del carbono, corrientes oceánicas.
Relaciono los ciclos del agua y de los elementos con la energía de los ecosistemas.	
Procesos químicos	
Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza.	Formación de cristales en la naturaleza.
Identifico cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente.	Meteorización química.
Verifico el efecto de presión y temperatura en los cambios químicos.	Metamorfismo y enfriamiento de cuerpos magmáticos.
Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo.	Dataciones radiométricas y decaimiento radioactivo - Descifrando la edad de la Tierra y el sistema solar.
Procesos físicos	
Explico el comportamiento de fluidos en movimiento y en reposo.	Fluidos hidrotermales, dinámica de fluidos en el manto.
Establezco relaciones entre campo gravitacional y electrostático y entre campo eléctrico y magnético.	Campo magnético terrestre, cambios de polaridad magnética y registro en las rocas (magnetización remanente), auroras boreales.
Ciencia/Tecnología/Sociedad/Ambiente	
Analizo el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos.	Combustibles fósiles, energías alternativas, minerales estratégicos.

Tabla 5. Estándares de competencias para la educación Colombiana – Currículo de Ciencias Sociales y competencias ciudadanas

Competencias por área que transversalizan las Ciencias de la Tierra		Temas en Ciencias de la Tierra que se pueden abordar
Grados 6° y 7°	Manejo de conocimientos propios de las Ciencias Sociales: Relaciones espaciales y ambientales	
	Reconozco características de la Tierra que la hacen un planeta vivo..	Interacción entre esferas terrestres, relaciones de la Tierra con el sistema solar.
	Utilizo coordenadas, convenciones y escalas para trabajar con mapas y planos de representación.	Latitud/longitud, mapas topográficos, curvas de nivel, mapas meteorológicos.
	Establezco relaciones entre la ubicación geoespacial y las características climáticas del entorno de diferentes culturas.	Tiempo y clima, zonas climáticas.
	Describo las características que permiten dividir a Colombia en regiones naturales.	Climas y microclimas.
	Compromisos sociales y competencias ciudadanas	
	Asumo una posición crítica frente al deterioro del medio ambiente y participo en su protección.	Ciencias ambientales, desarrollo sostenible.
	Reconozco que los seres vivos y el medio ambiente son un recurso único e irrepetible que merece mi respeto y consideración.	Ciencias ambientales, desarrollo sostenible, páramos de Colombia y su importancia.
Preveo las consecuencias que pueden tener, sobre mí y sobre los demás, las diversas alternativas de acción propuestas frente a una decisión colectiva.	Geoética, desarrollo sostenible, riesgos naturales.	
Grados 8° y 9°	Manejo de conocimientos propios de las Ciencias Sociales: Relaciones espaciales y ambientales	
	Describo las principales características físicas de los diversos ecosistemas.	Climas y microclimas, manglares y páramos de Colombia.
	Explico la manera como el medio ambiente influye en el tipo de organización social y económica que se da en las regiones de Colombia.	Riesgos naturales, relaciones entre el ser humano y los sistemas terrestres.
	Comparo las maneras como distintas comunidades, etnias y culturas se han relacionado económicamente con el medio ambiente en Colombia a lo largo de la historia (pesca de subienda, cultivo en terrazas).	Riesgos naturales, relaciones entre el ser humano y los sistemas terrestres, recursos naturales.
	Compromisos sociales y competencias ciudadanas	
	Asumo una posición crítica frente al deterioro del medio ambiente y participo en su protección.	Ciencias ambientales, desarrollo sostenible.
Conozco y uso estrategias creativas para generar opciones frente a decisiones colectivas.	Riesgos naturales, desarrollo sostenible.	
Grados 10° y 11°	Manejo de conocimientos propios de las Ciencias Sociales: Relaciones espaciales y ambientales	
	Explico y evalúo el impacto del desarrollo industrial y tecnológico sobre el medio ambiente y el ser humano.	Calentamiento global, recursos minerales, desarrollo sostenible.
	Analizo críticamente los factores que ponen en riesgo el derecho del ser humano a una alimentación sana y suficiente (uso de la tierra, desertización, transgénicos).	Erosión, suelos.
	Compromisos sociales y competencias ciudadanas	
	Analizo críticamente las decisiones, acciones u omisiones que se toman en el ámbito nacional o internacional y que pueden generar conflictos o afectar los derechos humanos.	Uso y distribución de los recursos naturales, minerales estratégicos.
	Comprendo la importancia de la defensa del medio ambiente, tanto en el nivel local como global, y participo en iniciativas a su favor.	Ciencias ambientales.
Analizo críticamente la influencia de los medios de comunicación en la vida de las personas y de las comunidades.	Geoética, riesgos naturales y organismos de control, la tragedia de Armero.	

Si bien la mayoría de los docentes aprendieron durante su práctica los temas de CT que enseñan de acuerdo con el plan curricular, para hacerlo requieren de materiales científicamente adecuados, lo cual no siempre sucede con los libros de texto que se usan en los colegios públicos, no sólo en Colombia, sino en varios países del mundo (King, 2008). En la actualidad existen diversos materiales educativos en CT de acceso gratuito, en idioma español, creados por profesionales en Ciencias de la Tierra y diseñados para la enseñanza a niveles de básica primaria y secundaria, como por ejemplo las guías educativas de *Earth Learning Idea* - versión en español (ESTA, 2024), la colección de libros "Experimentos simples para entender una Tierra complicada" (UNAM, 2021) y guías educativas especializadas en volcanes (D'Elia *et al.*, 2021), ciclo del agua (Assarat *et al.*, 2007) y riesgos y desastres naturales (Wilgenbus *et al.*, 2019).

Como se mencionó anteriormente, ninguno de los docentes participantes conoce material educativo especializado en Ciencias de la Tierra, haciendo necesario fortalecer los canales de comunicación entre la comunidad geocientífica y las instituciones educativas.

CONCLUSIONES

Tanto para los docentes de educación secundaria como para la comunidad geocientífica en general es claro que existe una brecha educativa a nivel de las Ciencias de la Tierra. Para reducirla, se requiere que los docentes adquieran conciencia acerca de la utilidad de las aproximaciones interdisciplinarias que involucren las CT para contribuir en el desarrollo de habilidades científicas, cognitivas y sociales de los estudiantes y en el impacto social de un adecuado conocimiento en CT.

Durante esta investigación se pudieron reconocer algunos de los temas de mayor interés y abordaje en las aulas de secundaria, entre los que se encuentran la Tierra y el universo, la meteorología y las ciencias ambientales. El análisis de los estándares de competencias nos permitió también proponer otros tópicos en CT que fomentan el desarrollo de los conocimientos indicados en los ejes temáticos de Biología, Química, Física y Ciencias Sociales. Sin embargo, puesto que es un estudio de caso, se requiere una investigación más extensa que involucre un gran número de docentes e instituciones para tener un panorama más completo acerca de los temas en CT que necesitan mayor refuerzo a nivel de formación docente, permitiendo así la integración efectiva de las CT con las asignaturas que se enseñan actualmente.

Existe una preocupante falta de conocimiento entre los profesores de educación básica acerca de materiales educativos de apoyo diseñados por profesionales especializados en el área de las CT. En el caso nacional, donde los temas en CT son orientados por docentes con otras áreas de experticia, es vital reforzar el trabajo de múltiples geocientíficos e investigadores en la educación de las CT para establecer canales de difusión y comunicación, así como para implementar escenarios pedagógicos que permitan una integración activa de las CT en las aulas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento de manera muy especial a los profesores participantes: "Heliconia", "Bogotá", "Macanal" y "Medellín"; al equipo docente y administrativo del Programa de Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales y a los profesores Ana Milena López y Francisco Ruiz por sus valiosos comentarios durante la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Arias, D., Bonan B. y Gonçalves P.W. (2018). Propuestas de formación docente para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en Argentina. *Terræ Didactica*, 14(4), 355-362.
- Assarat, O., Orion, N., Menajem, O., Yarden, A., Ronen, D. y Lemcoff, J. (2007). El Planeta Azul: El ciclo del agua en los sistemas terrestres – versión en español. Instituto Weizmann de Ciencia. <https://stwww1.weizmann.ac.il/geogroup/?p=458>
- Ayala, R.C. (2024). El CDC en Ciencias de la Tierra: Estudio de caso en cuatro docentes de educación básica secundaria y media en instituciones educativas públicas de Colombia. Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Manizales.
- Claret, A., Villa, L.Y. y Méndez-Duque, J. (2019). La propuesta curricular de Ciencias de la Tierra en Colombia. En: Hernández, M. (Ed.), *Geociencias en la educación primaria y secundaria*. (Vol. I: Realidades y Oportunidades en Latinoamérica y el Caribe, pp. 42-51). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Correa, L. R. y Greco, R. (2017). La integración de temas geocientíficos para la educación en ciencias, tecnología, sociedad y medioambiente: una propuesta para el aprendizaje significativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(2), 168-175.
- D'Elia, L., Carrera, J., Carrera, J., López, L., D'Abramo, S., González, M., Moyano, D., Fortunato, D., Liotta, K., Pompei, J., Massenzio, A., Morote, M., Bilmes, A., Redigonda, J., Mendicino, J., Albarrán, K., Funes, D. y Cuevas, C. (2021). Conociendo los volcanes: Guía didáctica para la enseñanza y aprendizaje del volcanismo, su relación con el ecosistema y el ser humano. Universidad Nacional de La Plata. *Andamios, Serie Materiales 7*. En Memoria Académica.
- Earth Sciences Teachers Association (20 de Junio de 2024). *Earth Learning Idea: Innovative, Earth-related teaching ideas* (Spanish). https://www.earthlearningidea.com/Indices/contents_Spanish.html
- Kind, V. (2009). A conflict in your head: An exploration of trainee science teachers' subject matter knowledge development and its impact on teacher self-confidence. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1529-1562.
- King, C. (2008). Geoscience education: an overview. *Studies in Science Education*, 44 (2), 187-222.
- King, C. y Kennett, P. (2002). Earth science contexts for teaching physics. Part 1: Why teach physics in an Earth science context?. *Physics Education*, 37 (6), 467-469.
- Lacreau, H. (2015). Geociencias para la formación ciudadana. XIV Congreso Geológico Chileno-Actas, 469-472.
- Ministerio de Educación Nacional (2006). Estándares básicos de competencias. Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- Orion, N. (2019). The future challenge of Earth science education research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research* 1(3), 1-8.

- Plotnick, R.E., Varelas, M. y Fan, Q. (2009). An Integrated Earth Science, Astronomy, and Physics Course for Elementary Education Majors. *Journal of Geoscience Education*, 57 (2), 152-158.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2021). Experimentos simples para entender una Tierra complicada: Los libros de la serie. Centro de Geociencias, Universidad Autónoma de México. <https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/serie/>
- Wilgenbus, D., Faure, C. y Schick, O. (2018). Cuando la Tierra ruge: proyecto de educación en riesgos en la educación básica. Guía del Profesor (Español). Le Pommier. https://fondation-lamap.org/sites/default/files/pdf_res_int/cuando-la-tierra-ruge-es.pdf
- Yin, R. (2014). *Case study research: Design and methods*. (5ª ed.). Sage.

Manuscrito recibido: 25 de junio de 2024

Manuscrito corregido recibido: 23 de septiembre de 2024

Manuscrito aceptado: 12 de noviembre de 2024