



Universidad Santo Tomás

Decanatura de Ciencias Sociales y Educación

Facultad de Educación

Doctorado en Educación

Orientaciones Didácticas Transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales  
y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá

Bogotá D.C. junio de 2025



Universidad Santo Tomás

Decanatura de Ciencias Sociales y Educación

Facultad de Educación

Doctorado en Educación

Orientaciones Didácticas Transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales  
y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá

Mónica Marcela Peña Cárdenas

Tesis para optar al título de doctora en Educación

Directora

Dra. Nelly Yolanda Céspedes Guevara

Bogotá D.C. junio de 2025

Tesis aprobada por:

Directora de tesis

---

Dra. Nelly Yolanda Céspedes Guevara

Jurados

Jurado institucional:

---

Dra. Rosa Nidia Tuay Sigua

Jurado nacional:

---

Dra. Emma Beatriz Montero Corredor

Jurado internacional:

---

Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda

## Dedicatoria

*Esta tesis está dedicada a mi amada Antonella, quien en 6 años me ha enseñado mucho más de lo aprendido en 32 años. Eres mi mayor tesoro y cada día me inspiras a ser mejor. Tu valentía y determinación son un ejemplo de fortaleza y amor.*

*A Martha, mi mamita querida, por enseñarme a luchar por mis sueños y por ser mi guía, cuyo amor incondicional ha sido el cimiento de mi existencia. Tus enseñanzas y sacrificios han moldeado la persona que soy, y por ello te estaré eternamente agradecida.*

*A Héctor, mi padre, cuyo incansable esfuerzo y dedicación han sido la luz que guía mi camino.*

*A los tres gracias por ser mi razón de ser y por llenar mi vida de amor y esperanza.*

## **Agradecimientos**

A Dios por la oportunidad de culminar un logro más de formación profesional y permitirme con sus bendiciones hacer realidad otro sueño.

A las comunidades educativas de las instituciones participantes de la ciudad de Bogotá, porque su compromiso y su colaboración han sido fundamentales para enriquecer esta investigación, siempre con el objetivo de transformar nuestras prácticas pedagógicas e intentar aportar a la sociedad a través de la educación.

A la Dra. Nelly Yolanda Céspedes por su invaluable orientación, paciencia y dedicación. Su experiencia y consejos han sido esenciales para la realización de este trabajo: infinitas gracias. También, a cada uno de los docentes por su gran apoyo, su buena disposición y por contribuir a mi formación con su conocimiento.

A mis amigos por su comprensión y apoyo durante los momentos de desafío y por animarme a seguir cuando las dificultades parecían no tener fin.

Finalmente, a mis familiares por todo su amor, paciencia y apoyo en todos los momentos de mi vida y por su incondicionalidad en cada una de las etapas de este proceso.

¡Este logro también es de ustedes!

## Tabla de contenido

Introducción .....	15
Capítulo I. Problema de investigación .....	20
Descripción del problema de investigación .....	20
Formulación del problema .....	25
Objetivos .....	27
Objetivo general.....	27
Objetivos específicos .....	27
Justificación temática .....	27
Capítulo II. Estado del arte .....	32
Contexto internacional .....	33
Contexto nacional y local.....	37
Capítulo III. Marco conceptual y teórico.....	45
Marco conceptual .....	46
Disciplinariedad.....	46
Transdisciplinariedad.....	52
Pensamiento complejo .....	66
Aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas.....	68
Orientaciones didácticas .....	80
Marco teórico .....	88
Transdisciplinariedad y complejidad: fundamentos para una educación integral y contextualizada .....	88
Planteamientos de carácter conceptual propio de la problemática transdisciplinar .....	94
El calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua .....	95
El ciclo del agua y su papel en la regulación del clima .....	101
Impacto del calentamiento global en la evaporación y la condensación .....	102
Cambios en los patrones de precipitación y su impacto en la disponibilidad de agua .....	104
Derretimiento de glaciares y reducción de hielos perennes.....	105
Sequías y escasez de agua dulce .....	106
Impacto en los ecosistemas acuáticos y terrestres .....	107

Medidas de mitigación y adaptación .....	108
Capítulo IV. Metodología de la investigación .....	112
Contexto de la investigación .....	115
Paradigma.....	117
Enfoque y diseño de investigación.....	119
Participantes en la investigación .....	120
Muestra.....	122
Instrumentos.....	125
Cuestionario de preguntas cerradas .....	125
Entrevista semiestructurada .....	130
Matriz metodológica .....	133
Capítulo V. Presentación y análisis de los resultados.....	136
Fase 1. Experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.....	136
Hallazgos sobre las percepciones de educación disciplinar (PED) .....	137
Hallazgos sobre las actitudes hacia la educación transdisciplinar (AET).....	139
Hallazgos sobre la importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (ICNM).....	142
Hallazgos conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua (CCC).....	144
Resumen hallazgos experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá .....	147
Hallazgos inferenciales de los datos cuantitativos.....	149
Fase 2. Concepción e implementación de la transdisciplinariedad por parte de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.....	152
Hallazgos sobre la situación actual de la implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (SAET) .....	153
Hallazgos sobre los antecedentes del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (ATEM).....	156
Hallazgos para el diseño de orientaciones didácticas transdisciplinares (DODT) .....	157
Hallazgos frente a estrategias de implementación y procesos evaluativos del enfoque transdisciplinar (EIET) .....	159

Resumen hallazgos de la concepción e implementación de la transdisciplinariedad por parte de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.....	160
Fase 3. Triangulación de Hallazgos y Referentes Teóricos .....	167
Orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje integral de las ciencias naturales y las matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá .....	172
Orientación 1: contextualización de problemas reales y locales .....	174
Orientación 2: asignación de roles y trabajo colaborativo.....	175
Orientación 3: educación transdisciplinar.....	176
Orientación 4: participación social .....	177
Orientación 5: agentes de cambio .....	178
Orientación 6: uso de tecnología y recursos diversos.....	180
Fase 4. Validación de las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá .....	182
Observación de campo.....	182
Experiencia de aprendizaje de los estudiantes después de implementar las orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas.....	184
Conclusiones .....	188
Conclusiones .....	188
Aportes a la línea de investigación.....	191
Futuras investigaciones .....	196
Referencias.....	198

## Lista de Tablas

Tabla 1. Aportes del estado del arte en la integración del enfoque transdisciplinar en la educación media. ....	42
Tabla 2. Relación del estado de la cuestión. ....	43
Tabla 3. Características del aprendizaje por disciplinas. ....	51
Tabla 4. Educación disciplinar vs. educación transdisciplinar. ....	61
Tabla 5. Características, ventajas y adaptaciones del enfoque transdisciplinar al siglo XXI. ....	64
Tabla 6. Diseño e implementación disciplinar vs. Transdisciplinar de orientaciones didácticas. ....	82
Tabla 7. Clases de metodologías activas para la enseñanza-aprendizaje.....	83
Tabla 8. Tabla comparativa: transdisciplinariedad y pensamiento complejo. ....	92
Tabla 9. Gases de efecto invernadero, fuentes y efectos. ....	100
Tabla 10. Docentes participantes del estudio.....	120
Tabla 11. Estudiantes participantes del estudio. ....	121
Tabla 12. Criterios de inclusión y exclusión de los participantes. ....	121
Tabla 13. Muestra cuantitativa de estudiante.....	124
Tabla 14. Variables cuantitativas de la investigación. ....	128
Tabla 15. Dimensiones cualitativas de los docentes. ....	132
Tabla 16. Matriz integradora de la investigación.....	134
Tabla 17. Tabla de correlaciones. ....	150
Tabla 19. Meta referencia de la triangulación. ....	168

## Lista de Figuras

Figura 1. Resultados de las pruebas saber 11 en 2023 por regiones. ....	21
Figura 2. Ciclo del agua. ....	101
Figura 3. Contexto de investigación: localidades de Bogotá focalizadas. ....	117
Figura 4. Confiabilidad de la prueba piloto del cuestionario. ....	129
Figura 5. Percepción sobre la educación disciplinar. ....	138
Figura 6. Actitudes hacia la educación transdisciplinar. ....	140
Figura 7. Importancia de las ciencias naturales y las matemáticas. ....	143
Figura 8. Conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua. ....	145
Figura 9. Experiencia de aprendizaje de los estudiantes en ciencias naturales y matemáticas. .	147
Figura 10. Categorías por frecuencia para docentes de Biología y Física. ....	154
Figura 11. Categorías por frecuencia para docentes de Química y Matemáticas. ....	154
Figura 13. Orientaciones didácticas transdisciplinares para el aprendizaje (PODTA). ....	181
Figura 14. Experiencia de aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de las PODTA. ....	185

## **Lista de Ecuaciones**

Ecuación 1. Cálculo de la muestra.....	123
Ecuación 2. Tamaño de la muestra para la investigación. ....	124

## **Lista de Anexos**

Anexo A. Cuestionario estudiantes educación media.....	223
Anexo B. Entrevista semiestructurada docentes Ciencias Naturales y Matemáticas. ....	226

## Resumen

Esta investigación abordó el diseño, implementación y evaluación de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en el escenario de la educación media en Bogotá. Para esto, se propuso un enfoque que busca trascender las fronteras tradicionales de las disciplinas, integrando conocimientos de Física, Química, Matemáticas y Biología. El estudio combinó métodos cualitativos y cuantitativos, mediante el uso de cuestionarios, entrevistas y análisis de datos para proponer las orientaciones didácticas transdisciplinares y evaluar su impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados evidencian una mejora en la percepción y actitud de los estudiantes hacia la transdisciplinariedad, un mayor reconocimiento de la importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas y un acercamiento más significativo hacia las problemáticas ambientales. Asimismo, se identificó una reducción en la preferencia por enfoques disciplinares, lo que refleja una transición hacia una visión más integrada del aprendizaje. Las conclusiones destacan la importancia de fortalecer la formación docente en estrategias transdisciplinares y la necesidad de desarrollar políticas educativas que fomenten este enfoque. Finalmente, esta investigación aporta herramientas didácticas innovadoras que pueden replicarse en otros contextos educativos, promoviendo una enseñanza más integradora y orientada a la resolución de problemáticas del entorno.

**Palabras clave:** aprendizaje, enseñanza, Ciencias Naturales, Matemáticas, educación media, orientaciones didácticas, enfoque transdisciplinar.

## Abstract

This research addressed the design, implementation and evaluation of didactic guidelines for transdisciplinary learning of Natural Sciences and Mathematics in the secondary education setting in Bogotá. In order to do this, it was proposed an approach that seeks to transcend the boundaries of the disciplines, integrating knowledge of physics, chemistry, mathematics and biology. The study combined both qualitative and quantitative methods through the use of questionnaires, interviews and data analysis to propose didactic guidelines and evaluate their impact on student learning. The results show an improvement in the perception and attitude of students towards transdisciplinarity, a greater recognition of the importance of natural sciences and mathematics and a more significant approach towards environmental problems. In addition, a reduction in preference for disciplinary approaches was identified, reflecting a transition towards a more integrated view of learning. Conclusions highlight the importance of strengthening teacher training on transdisciplinary strategies and the need to develop educational policies that foster this approach. Finally, this research contributes with innovative pedagogical tools that can be implemented in other educational contexts, promoting a more integrative teaching perspective aimed at solving environmental problems.

**Key words:** learning, teaching, Natural Sciences, Math, secondary education, didactic guidelines, transdisciplinary.

## Introducción

En un contexto mundial caracterizado por la complejidad y la interconexión de los saberes, la educación enfrenta el desafío de formar sujetos con una visión integradora del conocimiento. Esta formación debe permitirles relacionar conceptos provenientes de diversas disciplinas para analizar y resolver problemas globales, que requieren enfoques colaborativos e interdisciplinarios. Es así como, dentro de los escenarios escolares, la transdisciplinariedad se presenta como un enfoque innovador que busca superar las limitaciones del aprendizaje tradicional, a menudo, fragmentado por disciplinas específicas (Daneshpour & Kwegyir, 2022).

Como enfoque, la transdisciplinariedad permite una mayor integración de conocimientos, y fomenta en los estudiantes el desarrollo de competencias críticas y creativas, esenciales para enfrentar las dinámicas del siglo XXI. En concreto, el aprendizaje que integra campos del conocimiento como Biología, Física, Química, y Matemáticas, ofrece una perspectiva valiosa para fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Como lo señala Luengo & Martínez (2018), este enfoque no solo facilita una perspectiva holística sobre los fenómenos naturales, pues, más allá de eso, permite asumir las complejidades de un entorno global en constante cambio.

En virtud de lo anterior, la presente investigación se desarrolla en el marco del Doctorado en Educación de la Universidad Santo Tomás, en la línea de investigación Pedagogía y Didácticas Emergentes. Su propósito fue evaluar las implicaciones de implementar una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias naturales y las Matemáticas en la educación media en Bogotá. Dentro de este escenario, el estudio propuso el abordaje de aspectos como la adaptabilidad del enfoque transdisciplinar a las realidades educativas de la ciudad. Asimismo, buscó explorar cómo esta propuesta didáctica se alinea con

los objetivos curriculares establecidos por las normativas educativas locales y nacionales, y cómo podría contribuir a cerrar las brechas de aprendizaje de la educación media.

Al respecto, es importante considerar que, para el caso Bogotá, la educación media ha sido objeto de múltiples reformas y propuestas pedagógicas y didácticas que intentan responder a las necesidades de una población estudiantil diversa y en constante cambio (Vargas, 2021). No obstante, los resultados de diversas evaluaciones sugieren que persisten brechas significativas en la calidad del aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, lo que plantea interrogantes sobre la eficacia de las metodologías actuales. En este sentido, surge la necesidad de explorar enfoques que mejoren los resultados académicos, y motiven a los estudiantes a involucrarse activamente en su proceso de aprendizaje.

Por esta razón, la transdisciplinariedad, al ofrecer un enfoque más holístico e integrador del conocimiento, tiene el potencial de transformar la manera en que se enseñan y aprenden las ciencias naturales y las matemáticas. Al mismo tiempo que fomenta una comprensión más profunda de los fenómenos científicos y sociales, en plena relación con otros aspectos de la vida; especialmente, en este momento vital donde las demandas del mundo laboral y de la educación superior requieren una formación integral y adaptada a contextos diversos. Con base en esta perspectiva, el presente documento se desarrolla desde los siguientes capítulos.

En el primer capítulo se expone y analiza la problemática de estudio, centrada en la limitada integración disciplinar en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas en la educación media de Bogotá. Esta situación evidencia la necesidad de superar enfoques disciplinares tradicionales (Luengo & Martínez, 2018) fortalecer las competencias críticas y creativas de los estudiantes y de diseñar propuestas didácticas transdisciplinares innovadoras que respondan a problemáticas actuales. A partir de esta reflexión, se formula la pregunta de

investigación que orienta el desarrollo del estudio. Seguidamente, se establece el objetivo general, enfocado en evaluar las implicaciones de la implementación de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en este nivel educativo. De este propósito se desprenden los objetivos específicos que estructuran el proceso investigativo. Finalmente, se presenta la justificación temática desde los aspectos didácticos y epistemológicos que enmarcan esta investigación.

En el segundo capítulo, titulado Estado del arte, se exponen los resultados del rastreo sobre investigaciones que, desde el contexto nacional e internacional, han contribuido a configurar un horizonte teórico de esta tesis. El objetivo de esta revisión fue identificar avances, tendencias y vacíos asociadas a la integración transdisciplinar de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media, así como en el diseño de propuestas didácticas contextualizadas y orientadas al abordaje de problemáticas complejas. Para garantizar la actualidad y pertinencia de los estudios seleccionados, se aplicó un criterio temporal que abarcó publicaciones realizadas entre 2014 y 2024. La búsqueda de información se llevó a cabo en bases de datos académicas reconocidas como Scopus, Scielo, Dialnet y Google Scholar, asegurando así la rigurosidad y relevancia de las fuentes utilizadas en el marco de los propósitos investigativos.

El tercer capítulo, titulado Marco conceptual y teórico, comienza con un examen del marco conceptual que abarca las categorías principales de la investigación. En coherencia con la naturaleza del estudio, el marco teórico se estructura bajo una perspectiva compleja, entendida como un enfoque epistemológico que reconoce la multidimensionalidad, la incertidumbre y la interconexión de los fenómenos que configuran el mundo contemporáneo. Además, se fundamenta la integración de saberes y el desarrollo de competencias críticas en los estudiantes,

todo ello en estrecha relación con el contexto educativo de Bogotá, como el escenario donde se sitúa el estudio.

En el cuarto capítulo se presenta el marco metodológico para la investigación, que sugiere el empleo de un paradigma de la complejidad con un enfoque mixto. Asimismo, se describe la selección de participantes, las técnicas utilizadas para cada fase (cuestionario a estudiantes, entrevistas semiestructuradas a docentes, triangulación, observaciones de campo y la implementación de orientaciones didácticas) y los procedimientos aplicados para garantizar la rigurosidad y validez del estudio. A su vez, se justifica la elección de cada componente metodológico en función de los objetivos planteados, asegurando que las estrategias adoptadas permitan obtener resultados significativos y pertinencia en el análisis del fenómeno en estudio.

En el capítulo cinco se expone el análisis de los resultados obtenidos en cada una de las fases de la investigación. Se examinan los datos recogidos de la primera implementación del cuestionario a los estudiantes, que evidencian percepciones tradicionales hacia el aprendizaje disciplinar y una valoración incipiente de enfoques transdisciplinarios. De igual manera, se analizan las entrevistas semiestructuradas realizadas a los docentes, en las cuales se identifican limitaciones en formación específica para abordar la educación transdisciplinar, así como un reconocimiento de la necesidad de integrar saberes para enfrentar problemáticas reales. Con base en lo anterior, se detalla la propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (PODTA) en el contexto de la educación media en Bogotá, diseñada para fortalecer el aprendizaje significativo, promover el pensamiento crítico y mejorar la articulación entre los contenidos de ambas áreas.

En el último apartado, se establecen las conclusiones derivadas del análisis de los resultados, a través de las cuales se logró evidenciar el impacto positivo de la implementación

del enfoque transdisciplinar en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, que por un lado fortalece, el conocimiento conceptual de los estudiantes; por otro, el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad y una actitud más reflexiva frente a los desafíos ambientales contemporáneos. Después, se abordan los aportes a la línea de investigación en la que se inscribe el estudio y se proyectan recomendaciones para futuras investigaciones. Cada una de estas conclusiones y perspectivas desde la importancia de promover enfoques innovadores que fomenten la colaboración entre disciplinas, el aprendizaje contextualizado y el compromiso activo de los estudiantes con su entorno.

## Capítulo I. Problema de investigación

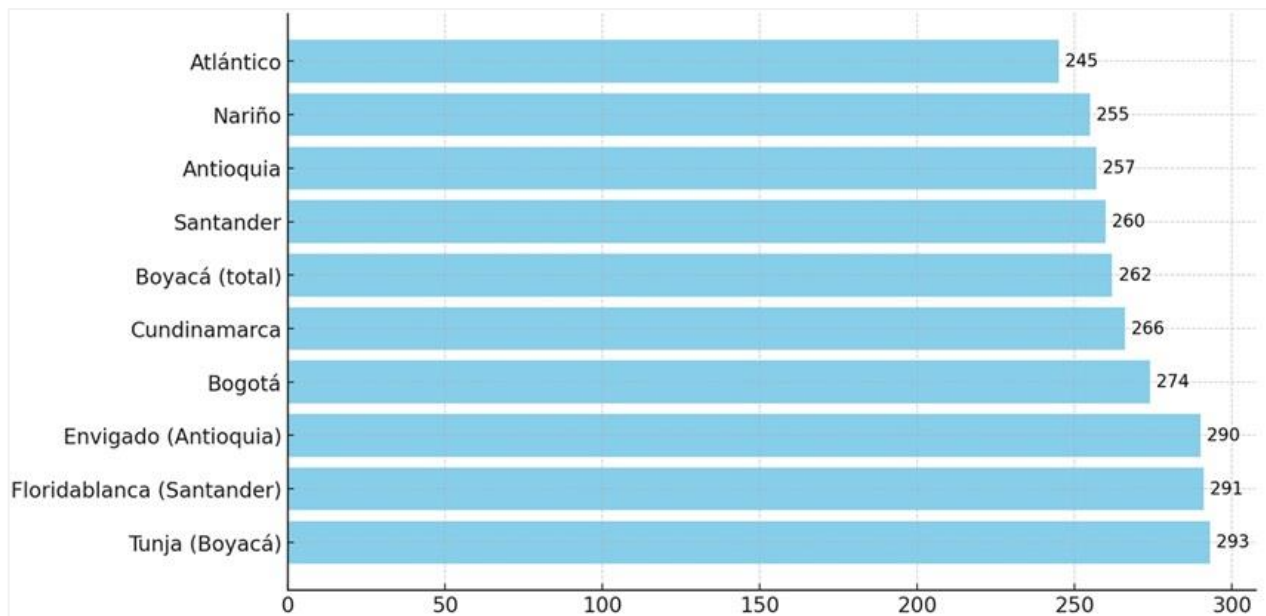
### Descripción del problema de investigación

Dentro de la educación media de Bogotá, el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas está atravesando una fase de transformación significativa. Este proceso refleja tanto los desafíos heredados del sistema educativo tradicional, como las oportunidades que emergen de una creciente conciencia sobre la necesidad de integrar conocimientos para enfrentar problemas complejos. De esta manera, uno de los principales retos que se enfrenta es la formación de estudiantes que, más allá de acumular conocimientos disciplinares aislados, sean capaces de integrarlos y aplicarlos para la resolución de problemas de forma efectiva e innovadora.

Por lo anterior, resulta fundamental identificar las dinámicas actuales y proyectar estrategias donde la integración de los conocimientos disciplinares permiten abordar problemas desde diferentes perspectivas. Durante los últimos cinco años, los puntajes promedio en Ciencias Naturales y Matemáticas de los estudiantes de Bogotá en las pruebas Saber 11 han mostrado variaciones significativas. Esto ha evidenciado desafíos persistentes en el aprendizaje de estas disciplinas, en especial, Matemáticas como una de las áreas que, de manera recurrente, se ha posicionado con puntajes más bajos; y, Ciencias Naturales como una de las áreas con mayores dificultades para los estudiantes (Fundación Empresarios por la Educación [FEXE], 2024).

Las pruebas de 2023 confirmaron que estas disciplinas aún no alcanzan los niveles esperados de rendimiento, lo que representa una integración y aplicación insuficiente de los aprendizajes en contextos reales. Aunado a ello, se evidenciaron disparidades significativas en el desempeño de los estudiantes por regiones. De acuerdo con la Figura 1, el promedio nacional fue

de 257 puntos, como reflejo de una mejora porcentual frente a la caída sostenida desde el año 2016. A pesar de este avance, persisten marcadas desigualdades regionales como evidencia de las falencias estructurales que siguen afectando el acceso a una educación de calidad (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [ICFES], 2024).



**Figura 1.** Resultados de las pruebas saber 11 en 2023 por regiones.

Fuente: elaboración propia basada en cifras del ICFES (2024).

De acuerdo con esta información, Boyacá, y específicamente Tunja, se destacó con un puntaje promedio de 293, seguida por Floridablanca (Santander) con 291 y Envigado (Antioquia) con 290 puntos. Aunque Bogotá obtuvo un promedio más bajo (274), sigue siendo una de las regiones con puntajes más destacados a nivel nacional. No obstante, persiste brechas importantes, específicamente, dentro de las zonas rurales donde se registró un promedio de 233 puntos frente a los 262 de las áreas urbanas; mientras que, las instituciones privadas superaron a las públicas con una diferencia de 37 puntos (ICFES, 2024).

Posiblemente, el hecho de que Bogotá presente unos resultados inferiores a los de regiones como Tunja, Floridablanca y Antioquia, donde las condiciones son menos favorables,

evidencia la permanencia de rezagos en los aprendizajes de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. En este sentido, los resultados para la capital en diferentes áreas que se evalúan en las pruebas Saber 11 fueron los siguientes (ICFES, 2024): Matemáticas, 54 puntos; Lectura Crítica, 57 puntos; Ciencias Sociales y Ciudadanas, 52 puntos; Ciencias Naturales, 52 puntos; e, Inglés, con 54 puntos.

En términos generales, aunque se observa un avance en las diferentes áreas respecto a años anteriores, Matemáticas e inglés son las que presentan mayores oportunidades de mejora. De igual manera, estos resultados reflejan el desempeño de los estudiantes de colegios oficiales y no oficiales en la ciudad, con una mejora especialmente destacada en Lectura Crítica. No obstante, es notable el rezago que se mantiene en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Por esa razón, esta situación puede indicar dificultades para establecer relaciones de causa-efecto, en el uso de leyes y teorías y, en función de esto, tomar posición frente a situaciones prácticas de su entorno inmediato (FEXE, 2024).

Ante este panorama, se evidencia la necesidad de enfoques más integradores, como el transdisciplinar, que permite a los estudiantes conectar conocimientos de diferentes disciplinas para comprender y resolver problemas complejos. A través de la integración entre las Ciencias Naturales y las Matemáticas, se busca fomentar una comprensión crítica del mundo, preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos contemporáneos con una mirada holística y creativa. Con ello, aportar a la formación de ciudadanos y ciudadanas con capacidad para incidir en las condiciones propias del cambio climático, la salud pública, la sostenibilidad y el desarrollo tecnológico (Gürkan, 2021).

Desde el escenario internacional, el enfoque transdisciplinar en el aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas ha ganado popularidad en países como Finlandia, Canadá,

y algunas regiones de Estados Unidos (Dos Santos et al., 2020). Estos países han implementado currículos que fomentan la conexión entre las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (STEM); y, en algunas ocasiones, integrando las Humanidades y las Artes (STEAM) para el desarrollo de competencias transversales con sentido crítico y cooperativo. Según Gao et al. (2020), las prácticas educativas en STEM influyen la adquisición de conocimientos disciplinares, el razonamiento interdisciplinar, la resolución de problemas complejos y la comunicación efectiva.

De esta manera, formar estudiantes que no solo adquieran conocimientos específicos en las distintas disciplinas, sino que también sean capaces de aplicar estos saberes de manera integrada, es una necesidad impostergable. Los desafíos globales como el cambio climático, la sostenibilidad y el desarrollo de la inteligencia artificial son complejos y multifacéticos, lo que demanda una visión sistemática que permita la integración de saberes para comprender estas nuevas dinámicas (Lawrence et al., 2022). Por esta razón, la capacidad para aplicar el conocimiento de manera integrada facilita el abordaje de problemáticas desde múltiples perspectivas, a través de la formulación de soluciones más efectivas y sostenibles.

Por otro lado, Díaz (2020) considera que la implementación de modelos educativos donde se segmenta el conocimiento en disciplinas aisladas ha generado una comprensión fragmentada de la realidad. En este sentido, la enseñanza independiente de áreas como Matemáticas, Física, Biología y Química dificulta que los estudiantes reconozcan la integración de campos del conocimiento como un mecanismo para comprender su realidad. Esta situación refuerza la percepción de que cada disciplina opera en un “silo” separado, limitando la capacidad para integrar saberes y resolver problemas complejos. Contrario a eso, la educación transdisciplinar

promueve una visión más holística del mundo, facilitando la innovación porque sitúa a los estudiantes en la intersección de diversas disciplinas (Rotger et al., 2024).

Ahora bien, frente a los múltiples problemas sociales y económicos tienen raíces complejas que no pueden ser comprendidas o abordadas desde una única disciplina. Al integrar conocimientos de diversas áreas, los estudiantes pueden desarrollar soluciones técnicamente viables, equitativas y socialmente justas, abordando de manera más efectiva las desigualdades y promoviendo el bienestar colectivo. Es por ello que, esta mentalidad global se vuelve crucial en un mundo interconectado, donde muchos problemas locales tienen raíces y consecuencias globales (Mejía et al., 2023). Por eso, en opinión de Santaella & Ruíz (2023), resulta fundamental un proceso de enseñanza orientado hacia el conocimiento profundo, donde el sujeto se conecta con su realidad para dar significado al hecho del aprendizaje.

Para el caso de Bogotá, el sistema educativo ha comenzado a incorporar el enfoque transdisciplinar, de manera particular, en colegios privados y en algunos oficiales que cuentan con Proyectos Educativos Institucionales (PEI) innovadores. Sin embargo, este enfoque aún se encuentra lejos de ser predominante (Baquero et al., 2021). En contraste con las apuestas curriculares de otros países, dentro de este escenario, aunque existen iniciativas prometedoras, la implementación a gran escala y la equidad en el acceso a este tipo de enfoques siguen siendo un campo que requiere atención. Esto, especialmente, a través del desarrollo de políticas y acciones pedagógicas y didácticas contundentes (Monsalve et al., 2023).

Diferentes investigaciones desarrolladas en la ciudad de Bogotá (Baquero et al., 2021; Corredor & Rodríguez, 2023; Gutierrez, 2023; Martín, 2019) dan cuenta de iniciativas donde los estudiantes investigan problemas ambientales y locales desde una perspectiva científica. Estos proyectos incorporan conocimientos de Biología, Química, Física, Artes y al mismo tiempo

consideran las implicaciones sociales y económicas de las posibles soluciones. Como se ha podido evidenciar, estos enfoques tienen un impacto en la comprensión de los conceptos científicos; y, a su vez, promueven el desarrollo de habilidades blandas como la comunicación, la colaboración y la toma de decisiones informadas.

### **Formulación del problema**

A pesar de estos avances, aún persisten barreras significativas para la plena adopción del enfoque transdisciplinar en Bogotá (Gutierrez, 2023). Uno de los principales retos radica en la formación del profesorado, pues los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas pueden no haber recibido capacitación específica en enfoques transdisciplinares. Sin duda la formación del profesorado es uno de los factores que incide en la capacidad para diseñar e implementar acciones pedagógicas que integren, de manera significativa, diferentes áreas del conocimiento. Además, el currículo nacional, que tiende a ser prescriptivo y centrado en la memorización de hechos y conceptos, no siempre favorece la flexibilidad necesaria para la integración disciplinar.

Otro desafío importante está relacionado con la evaluación del enfoque transdisciplinar. Los sistemas de evaluación tradicionales suelen centrarse en la medición de conocimientos aislados en lugar de evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos de manera integrada. Esto puede desincentivar tanto a estudiantes como a docentes de involucrarse plenamente en enfoques transdisciplinares (Gutierrez, 2023). Tal como lo afirman Santaella & Ruíz (2023), lo transdisciplinar implica asumir diferentes métodos de enseñanza y aprendizaje, derivados de prácticas evaluativas integrales y holísticas que reflejan la compleja naturaleza de los procesos educativos que promueve.

Ante este panorama, el futuro del enfoque transdisciplinar en Bogotá es prometedor. La creciente atención hacia la educación STEM, junto con la inclusión de competencias del siglo XXI en los currículos, representan una oportunidad para que las Ciencias Naturales y las Matemáticas se enseñen de manera más integrada (Acosta, 2015). Sumado a eso, la digitalización y el acceso a recursos educativos en línea ofrecen oportunidades para que los docentes implementen actividades pedagógicas que trasciendan las fronteras disciplinarias. Esto conlleva a la integración curricular de herramientas que favorezcan la implementación de enfoques innovadores anclados al desarrollo de competencias para el desarrollo personal y profesional (Santaella & Ruíz, 2023).

Asimismo, la colaboración entre instituciones educativas, universidades y organizaciones de la sociedad civil es clave para promover la transdisciplinariedad. Estas alianzas pueden facilitar el intercambio de buenas prácticas, la formación continua del profesorado y la creación de proyectos educativos que involucren a toda la comunidad educativa. En virtud de ello, se comprende que las instituciones educativas de la ciudad han trazado un camino para promover el aprendizaje integral de las Ciencias naturales y las Matemáticas. Sin desconocer, por tanto, que esta integración debe llevarse a cabo desde una mirada crítica y que propicie un diálogo de saberes, en el que se reconozcan y valoren múltiples formas de conocimiento.

En este sentido, aunque la transdisciplinariedad se perfila como un enfoque clave, su implementación todavía enfrenta barreras prácticas y conceptuales. Es por ello que, se requieren enfoques, donde se integren diversas disciplinas y que contribuyan a la formación de jóvenes capaces de asumir las dinámicas sociales, laborales y educativas presentes y futuras. Por consiguiente, la pregunta problema que orientó el trasegar de esta investigación doctoral está relacionada con: ¿qué implicaciones tiene la implementación de una propuesta de orientaciones

didácticas transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar las implicaciones de la implementación de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.
2. Reconocer cómo los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas conciben e implementan la transdisciplinariedad, identificando desafíos y beneficios en sus prácticas en la educación media de Bogotá.
3. Proponer orientaciones didácticas transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá.
4. Validar las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá.

## **Justificación temática**

Ante los constantes avances tecnológicos y científicos, el enfoque transdisciplinar prepara a los estudiantes para adaptarse a nuevas realidades. Este enfoque les permite dominar contenidos específicos, aprender de manera continua y aplicar sus conocimientos en contextos

desconocidos (Budwig & Johnson, 2000). A su vez, fortalece las habilidades de pensamiento crítico y creativo, al permitir que los estudiantes cuestionen supuestos, busquen patrones e identifiquen relaciones que podrían no ser evidentes. En virtud de ello, una práctica pedagógica transdisciplinar implica la construcción de “puentes” entre diferentes campos de conocimiento, en cuanto esta integración favorece el dominio de competencias para abarcar realidades multidimensionales (Mejía et al., 2023).

De modo que, la necesidad de evaluar las implicaciones de la implementación de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá se justifica por diversas razones que abarcan aspectos didácticos, contextuales, sociales y globales. En primer lugar, de acuerdo con Daneshpour & Kwegyir (2022), la educación transdisciplinar como un enfoque innovador que ha ganado relevancia en el ámbito educativo internacional. Por su capacidad para promover un aprendizaje más holístico y significativo, la transdisciplinariedad surge como un proceso de comunicación epistemológica y metodológica entre las disciplinas (Luengo & Martínez, 2018).

Este enfoque va más allá de la simple interdisciplinariedad, pues esta mantiene intactas las fronteras entre los saberes y opera bajo la lógica de la coordinación más que de la transformación. En este sentido, se queda en un plano instrumental o metodológico, donde las disciplinas interactúan, pero no necesariamente se reconstruyen (Llano et al., 2016). Mientras que lo transdisciplinar busca trascender las fronteras tradicionales entre las disciplinas y abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas. En el contexto de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, la transdisciplinariedad permite a los estudiantes adquirir conocimientos en distintos campos de la Química, la Física, la Biología. Para Luengo & Martínez (2018) implica

entender cómo estas disciplinas se interrelacionan y aportan a la transformación de los contextos sociales y culturales, bajo una mirada crítica que promuevan la integración de saberes.

Desde un punto de vista pedagógico, el desarrollo de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas responde a la necesidad de actualizar y mejorar las metodologías de enseñanza en la educación media. Tradicionalmente, la enseñanza de estos campos del conocimiento en este nivel educativo ha estado marcada por un enfoque fragmentado, donde cada disciplina se enseña de manera aislada; limitando así la comprensión integral de los fenómenos naturales y su aplicación en la vida cotidiana. Entonces, la propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares busca superar estas limitaciones, a través de un enfoque más integrador y contextualizado que favorezca un aprendizaje profundo y duradero.

De modo que, la implementación de un enfoque educativo transdisciplinar implica transitar a prácticas basadas en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) o el aprendizaje colaborativo. Estas metodologías suponen la participación y el trabajo en equipo, permitiendo a los estudiantes conectar saberes de manera significativa para enfrentar los desafíos del siglo XXI (Razo et al., 2024). En el marco de la educación media, estos enfoques son clave para la toma de decisiones educativas y profesionales; en especial, como señalan Escobar & Escobar (2022), frente a las demandas de una sociedad del conocimiento que requiere integrar saberes de diferentes campos para generar innovación.

Otro aspecto que justifica este trabajo es la creciente evidencia que sugiere que los enfoques transdisciplinares en el aprendizaje integral pueden mejorar el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes (Mora et al., 2020). Al conectar los contenidos de diferentes disciplinas y relacionarlos con problemas del mundo real, los estudiantes pueden comprender la

relevancia de lo que están aprendiendo. De ahí que, evaluar las implicaciones de la implementación de orientaciones didácticas transdisciplinares permitirá determinar si estos beneficios se manifiestan en el contexto específico de Bogotá y cómo pueden ser potenciados para mejorar los resultados educativos.

Por último, este estudio adquiere una relevancia desde una perspectiva social y equitativa. La educación en Ciencias Naturales y Matemáticas contribuye a la formación de ciudadanos críticos y comprometidos con su entorno (Ortega, 2023). Sin embargo, en Bogotá, como en otras ciudades, existen disparidades en la calidad de la educación que reciben los estudiantes de diferentes contextos socioeconómicos. Es así como, implementar y evaluar orientaciones didácticas transdisciplinares puede contribuir a cerrar estas brechas, permitiendo a todos los estudiantes, independientemente de su origen, acceder a una educación de calidad que aporte al desarrollo pleno de su potencial.

Aunado a lo anterior, la educación actual enfrenta el desafío de adaptarse a las demandas de un mundo en constante cambio, donde las habilidades necesarias para el éxito van más allá del dominio de conocimientos aislados (Soler, 2023). Las nuevas generaciones necesitan desarrollar competencias que les permitan pensar críticamente, trabajar en equipo y aplicar conocimientos de manera creativa y contextualizada. El enfoque transdisciplinar, apoyado por orientaciones didácticas bien estructuradas, ofrece una vía para desarrollar estas competencias, preparándolos mejor para enfrentar los retos del siglo XXI.

Finalmente, Bogotá, como una de las principales ciudades de Colombia, es un escenario clave para impulsar la innovación educativa y servir de referente para otras regiones del país (Leal et al., 2020). Por esta razón, evaluar las implicaciones de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral no solo contribuirá al mejoramiento del

sistema educativo de la ciudad; incluso, representa una evidencia valiosa para la implementación de políticas educativas a nivel nacional. Un análisis profundo de estas orientaciones permitirá identificar las mejores prácticas, junto con los obstáculos y desafíos que puedan surgir durante su implementación, lo que facilitará la adaptación y replicación en diferentes contextos educativos.

## Capítulo II. Estado del arte

En este capítulo se exponen los resultados de la búsqueda del estado de la cuestión a partir del rastreo de investigaciones centradas en evidenciar el aporte de la transdisciplinariedad al aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media. El objetivo fue sintetizar y analizar los estudios desarrollados en el marco internacional, nacional y local sobre el tema en cuestión. Las investigaciones abordadas proceden de diferentes repositorios de bibliotecas nacionales y universitarias y bases de datos como Scopus, Scielo, Dialnet y Google Scholar. De modo que, este rastreo permitió obtener una ventana de observación amplia sobre el estado de la cuestión en distintos escenarios.

La metodología empleada para esta revisión se basó en un enfoque documental sistemático, lo que facilitó el acceso a una amplia gama de publicaciones científicas y tesis doctorales. El proceso incluyó la selección de documentos pertinentes mediante la búsqueda global de palabras clave como: *transdisciplinariedad*, *transdisciplinarity*, *orientaciones didácticas*, *didactic orientations*, *ciencias naturales*, *natural sciences*, *matemáticas*, *mathematics* y *educación media*. Para asegurar la pertinencia de los estudios, se aplicó un filtro temporal que incluyó, únicamente, documentos publicados entre 2014 y 2024, ofreciendo así una perspectiva integral y actualizada a nivel nacional e internacional.

Sumado a eso, se establecieron criterios de exclusión para evitar la sobrecarga de información irrelevante, focalizando, exclusivamente, los ejes de esta investigación: la educación media y el enfoque transdisciplinar. Asimismo, se aplicaron filtros geográficos para incluir estudios de diversas regiones del mundo, con especial énfasis en España, Colombia y otros países en desarrollo. Durante la búsqueda, se utilizaron operadores booleanos: (OR), para incluir sinónimos como *orientaciones didácticas* y *didactic orientations*; AND, para combinar temáticas

específicas como *transdisciplinariedad* y *educación media*; y, NOT para excluir categorías no pertinentes y asegurar que los resultados fueran aplicables al contexto de la educación media.

Como resultado, se logró obtener acceso a 45 artículos publicados en Scopus entre 2019 y 2023, 35 artículos en Scielo y 45 documentos Google Scholar, de los cuales el 46.6% corresponden a artículos, el 20% capítulos de libro y el 33.3% tesis de doctorado. Para el caso de Dialnet, a partir de las palabras *transdisciplinariedad* y *educación media*, se rastrearon 28 artículos. Igualmente, se indagó por los repositorios de la Universidad Santo Tomás, la Universidad de la Salle, la Universidad Nacional, la Universidad de los Andes, la Universidad Pedagógica, la Universidad Distrital y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja. En total, se identificaron 60 tesis doctorales; aunque, solo el 10 % se relacionaban directamente con las categorías definidas para esta investigación.

### **Contexto internacional**

Dentro del contexto educativo mexicano, Carmona (2022) ha propuesto el uso de ambientes transdisciplinarios en educación secundaria, con un enfoque centrado en la inclusión de contextos locales y la tecnología como herramientas clave para conectar el aprendizaje con problemas reales. Así pues, destaca cómo estos elementos enriquecen el aprendizaje y brindan un marco práctico para diseñar orientaciones didácticas que integren las ciencias naturales y las matemáticas de manera significativa. De igual manera, resalta la importancia de abordar las complejidades de la educación mediante perspectivas integradas, desde la participación del estudiantado en la resolución de problemas.

Este enfoque no solo facilita la apropiación de conceptos científicos, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades críticas y creativas, esenciales para enfrentar los desafíos

tanto locales como globales. Bajo la perspectiva de Carmona (2022), la transdisciplinariedad se posiciona como un modelo referencial valioso para evaluar las implicaciones transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. A partir de ahí, se evidencia cómo los ambientes transdisciplinarios pueden conectar el aprendizaje con problemas reales, lo cual resulta relevante para el nivel de educación media.

Por su parte, Collado (2016) presenta estrategias para integrar la sostenibilidad y las Ciencias Naturales en los currículos de secundaria mediante proyectos basados en problemas. Estos proyectos fomentan tanto la reflexión crítica como el desarrollo de habilidades prácticas, lo que conecta directamente con el enfoque transdisciplinar. En contraste con la anterior perspectiva, Collado (2016) evidencia la necesidad de promover que los estudiantes analicen problemas reales desde diversas miradas; siendo este un aspecto fundamental para las orientaciones didácticas transdisciplinarias que se plantean evaluar en el contexto de la educación media en Bogotá.

Al mismo tiempo, las estrategias propuestas por Collado (2016) permiten vincular conceptos científicos con retos relacionados con la sostenibilidad, lo que refuerza la relevancia del currículo y aumenta la motivación estudiantil. Por ello, su perspectiva proporciona un marco metodológico adaptable que puede fomentar la comprensión y aplicación de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en contextos locales, en diálogo con el enfoque del presente trabajo. Sumado a eso, la posibilidad de comprender las acciones pedagógicas que sustentan el aprendizaje en estas áreas, desde un enfoque que permite comprender y asumir la educación como un fenómeno universal, complejo y dinámico.

En el contexto educativo peruano, Villanueva (2019) explora el uso de metodologías como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y simulaciones para integrar las ciencias

naturales y habilidades del siglo XXI en estudiantes. Por este motivo, se establece un marco metodológico al investigar cómo estas metodologías favorecen el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración. Este enfoque es pertinente para el presente estudio, dado que permite conectar el enfoque transdisciplinar con contextos reales. Igualmente, porque establece acciones para la aplicación práctica de conocimientos científicos en situaciones concretas.

Dentro de la educación media en Bogotá, estas estrategias pueden enriquecer las orientaciones didácticas transdisciplinares al proporcionar herramientas pedagógicas que motivan y comprometen activamente a los estudiantes. Este enfoque tiene un impacto significativo en el desarrollo de competencias clave necesarias para enfrentar los desafíos tanto locales como globales. Según Villanueva (2019), al integrar diversas disciplinas, se potencia la capacidad de los estudiantes para abordar problemas complejos y, con ello, fomentar una mentalidad crítica y activa, capaz de transformar la realidad en la que viven.

Por otro lado, en Argentina, Tsuji (2021) desarrolló una propuesta de proyectos integrados que abordan problemas sociales a través de la enseñanza de ciencias naturales y matemáticas. Su perspectiva promueve un aprendizaje contextualizado y significativo, al brindar sugerencias sobre cómo diseñar orientaciones didácticas que conecten el conocimiento científico con los desafíos reales en la educación media. Con base en los problemas sociales, Tsuji (2021) demuestra el aporte de fomentar competencias transversales como el pensamiento crítico, la colaboración y la ciudadanía activa. Esto permite consolidar conceptos científicos y sensibilizar a los estudiantes sobre las dinámicas y situaciones propias de su entorno.

Para el caso de España, Acevedo & García (2016) realizaron un análisis de metodologías inclusivas para el aprendizaje de ciencias en secundaria, adoptando un enfoque interdisciplinar.

La contribución de esta investigación radica en cómo estas metodologías promueven la participación de estudiantes con diversas capacidades y contextos. Este enfoque es pertinente para el presente trabajo, dado que subraya la importancia de integrar diferentes áreas del conocimiento para abordar problemas complejos y fomentar el aprendizaje significativo.

En virtud de ello, Acevedo & García (2016) proporcionan estrategias para diseñar ambientes de aprendizaje inclusivos, lo que fortalece las competencias científicas y transversales de todos los estudiantes. Además, su énfasis en la inclusión garantiza que las propuestas didácticas sean integradoras y accesibles, lo que enriquece el diseño y evaluación de orientaciones didácticas transdisciplinarias para Ciencias Naturales y Matemáticas. A partir de ahí, consideran que la integración disciplinar en parte depende de la práctica docente, pues son los encargados de liderar los reajustes metodológicos, disciplinares y didácticos como resultado de la reflexión en la acción y la reflexión sobre la acción.

El trabajo de Aravena et al. (2024) representa un aporte a este estudio en la medida en que destaca cómo el modelado matemático y los estudios de caso promueven habilidades STEM en escenarios de aprendizaje aplicados. Este enfoque interdisciplinar, centrado en problemas reales, subraya la importancia de conectar conceptos teóricos con aplicaciones prácticas. Esta estrategia es fundamental para diseñar orientaciones didácticas transdisciplinarias en Ciencias Naturales y Matemáticas. Igualmente, resulta útil para evaluar el modo en que estas metodologías pueden implementarse para fortalecer competencias como la resolución de problemas, el análisis crítico y la colaboración y el pensamiento creativo.

Por su parte, el trabajo de Ribadeneira (2020) ofrece perspectivas sobre el diseño de estrategias didácticas centradas en contextos específicos y las necesidades de los estudiantes en áreas rurales. Basadas en la contextualización y la integración de recursos locales, estas

estrategias resultan útiles para adaptar las orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de Ciencias Naturales y Matemáticas en Bogotá. Su enfoque destaca la importancia de crear metodologías que, más allá de centrarse en el contenido académico promuevan la resolución de problemas y las habilidades asociadas a estos procesos. Esta visión permite desarrollar propuestas que fomenten un aprendizaje más conectado con las realidades de los estudiantes en la educación media, y las particularidades de los ámbitos educativos y laborales en los que se desenvuelven.

Finalmente, la investigación de Bustamante (2019) aporta una perspectiva sobre la integración transdisciplinaria en el diseño curricular, especialmente en matemáticas. Su experiencia demuestra cómo vincular distintas disciplinas dentro del contexto de la enseñanza secundaria, facilitando la conexión de conceptos abstractos con situaciones prácticas. Esta experiencia ofrece ejemplos prácticos de cómo la transdisciplinariedad puede facilitar la comprensión de las ciencias, promoviendo la resolución de problemas reales y la integración de conocimientos. Sin duda, es una propuesta que, desde el campo metodológico y curricular, puede adaptarse a las necesidades del contexto educativo en Bogotá.

### **Contexto nacional y local**

Desde el ámbito nacional, Martín (2019) plantea que las ciencias matemáticas son fundamentales en el desarrollo científico y tecnológico, y esenciales para disciplinas como la ingeniería y medicina. A través de una investigación cuasiexperimental realizada en tres universidades de Bogotá, con 240 estudiantes de cálculo diferencial, reconoce que, en el proceso de enseñanza, especialmente en ingeniería, se enfrentan dificultades como la desmotivación y el aprendizaje descontextualizado. A partir de ahí, propone alternativas didácticas que fomenten la

transdisciplinariedad de las matemáticas, utilizando tecnologías como la Realidad Aumentada (RA). La RA permite que los estudiantes interactúen con conceptos abstractos en un entorno real aumentado, mejorando su comprensión.

Por su parte, Llanos (2023) plantea una estrategia didáctica transdisciplinar para la enseñanza de la Física, enfocada en la interpretación de gráficas dentro de la cinemática. Su estudio, fundamentado en el paradigma de la complejidad y la investigación-acción educativa, se apoya en la teoría de la transdisciplinariedad. Como resultado de la experiencia con maestros rurales del municipio de La Unión, Antioquia, considera la necesidad de adoptar enfoques complejos y transdisciplinares para generar escenarios de aprendizaje significativos dentro de esta área. En este sentido, propone el uso de recursos visuales para establecer puentes entre la Física, las Matemáticas y otras áreas STEM, transformando así la práctica pedagógica tradicional y promoviendo la integración del conocimiento.

En contraste, Pavas & Arzola (2019) abordan, particularmente, el ámbito de la ingeniería, destacando la importancia de superar la enseñanza fragmentada para enfrentar los retos contemporáneos. Esta investigación promueve una formación que conecta teoría y práctica, favoreciendo el desarrollo de competencias clave para la resolución de problemas. A su vez, subrayan la importancia de incorporar metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), donde se facilita la integración de saberes provenientes de disciplinas como Matemáticas, Física y ciencias aplicadas. Esta aproximación pedagógica busca promover una formación más efectiva para los entornos laborales actuales, caracterizados por su dinamismo y enfoque multidisciplinario.

Ahora bien, Ibarra & Redondo (2015) plantea una experiencia centrada en el uso de la Dinámica de Sistemas en la educación ambiental de estudiantes de ingeniería. Esta herramienta

permitió simular escenarios que ayudan a comprender el medio ambiente como un sistema complejo, desde interacciones no lineales y sus relaciones causales. Al introducir técnicas provenientes de la teoría matemática de los sistemas dinámicos, los autores logran integrar conceptos ambientales de manera transversal en el currículo. Su enfoque demuestra que esta metodología facilita la comprensión de fenómenos complejos; mientras que potencia la transdisciplinariedad y, desde ahí, aporta a la formación de ingenieros con una visión integral y crítica sobre el entorno.

En el contexto de la educación secundaria, Fuentes & González (2019) proponen la integración de la gamificación como una metodología innovadora en STEM. Dentro de este marco consideran que, a diferencia de la enseñanza tradicional donde se fragmenta el conocimiento, dificultando la comprensión holística de los conceptos, la gamificación es una alternativa efectiva. Con base en esta perspectiva, el uso del juego y la tecnología surgen como una posibilidad para fortalecer la motivación y fomentar un ambiente positivo en el aula. Asimismo, como estrategia disruptiva, contribuye al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas como la concentración, la autoestima y la conciencia social.

Aunado a ello, Fuentes & González (2019) consideran la necesidad de formar ciudadanos con sólidos conocimientos científicos y tecnológicos, capaces de conectar estos saberes con su vida cotidiana. De esta manera, argumentan que una enseñanza integrada y contextualizada es fundamental para atraer a los jóvenes hacia las materias STEM, como una manera de superar la apatía que se manifiesta hacia estas áreas. A partir de ahí, concluyen que, aunque la literatura sobre gamificación en el ámbito STEM es relativamente reciente, su pertinencia y potencial para transformar las prácticas pedagógicas la convierten en una estrategia crucial para mejorar la calidad educativa en estos campos.

Desde otra perspectiva, Becerra et al. (2018) sostienen que los enfoques centrados en competencias se debaten en el ámbito académico, sin alcanzar un consenso definitivo. En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional [MEN] ha establecido que los currículos deben estructurarse en torno a competencias, lo que ha llevado a diversas reflexiones y propuestas pedagógicas. Dentro de este escenario, un grupo de docentes de Ciencias Básicas de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), como parte de un proyecto investigativo, diseñó un modelo educativo basado en competencias para generar un aprendizaje más efectivo.

Desde el departamento de Antioquia, Betancur & Castro (2016) resaltan que las instituciones educativas de esta región han registrado bajos rendimientos en pruebas externas durante los últimos cuatro años, particularmente en los niveles de menor desempeño. Como respuesta, se diseñó y ejecutó un curso experimental en Biología y Química que integraba el uso de granjas rurales y recursos virtuales en la subregión del nordeste antioqueño. El objetivo central fue fomentar un aprendizaje colaborativo, autónomo y significativo mediante la experimentación en Ciencias Naturales. Este curso, alineado con los lineamientos y competencias del MEN, hizo énfasis en la relevancia de los laboratorios científicos como espacios para el desarrollo de habilidades investigativas.

A partir de esta propuesta curricular, donde se revisaron estándares educativos, competencias y temas evaluados por el ICFES, se elaboraron guías didácticas y recursos virtuales a disposición de los docentes. Sumado a ello, se diseñó e implementó un sitio web interactivo titulado *Construyendo Ciencias desde Nuestra Granja*, destinado a apoyar las prácticas educativas de manera dinámica y contextualizada. Sin duda, esta investigación constituye una experiencia práctica que demuestra los alcances y las posibilidades de la integración disciplinar, en provecho de las ventajas que ofrecen las tecnologías.

Ante este panorama, en el ámbito internacional, el enfoque transdisciplinar en Ciencias Naturales y Matemáticas ha sido objeto de múltiples exploraciones que destacan la necesidad de integrar contextos locales, tecnología y sostenibilidad en la educación secundaria. Algunas propuestas metodológicas innovadoras, como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), promueven la reflexión crítica, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo. De hecho, facilita un aprendizaje contextualizado que responde a problemáticas reales. En otros casos, se han incorporado tecnologías emergentes, como la Realidad Aumentada (RA), para ofrecer experiencias que permiten interactuar de manera dinámica con conceptos abstractos.

Dentro del escenario nacional, las investigaciones subrayan la importancia de abordar problemas sociales como una estrategia para conectar los saberes científicos con la vida cotidiana de los estudiantes. Así, por ejemplo, el estudio de Betancur & Castro (2016) demuestran el potencial de metodologías activas combinadas con recursos locales y tecnológicos para fomentar un aprendizaje más significativo y alineado con las competencias promovidas por el MEN. En particular, el uso de granjas rurales y plataformas virtuales ha mostrado ser una herramienta eficaz para fortalecer las habilidades investigativas, así como para fortalecer el compromiso de los estudiantes con su entorno.

En este orden de ideas, la Tabla 1 resume los aportes principales de estas investigaciones en el contexto de la integración del enfoque transdisciplinar en ciencias naturales y matemáticas y su aplicación efectiva en la educación secundaria.

**Tabla 1.** Aportes del estado del arte en la integración del enfoque transdisciplinar en la educación media.

<b>Aporte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Metodología</b>	<b>Impacto/Aplicación</b>
Uso de ambientes transdisciplinarios	Se promueve la conexión del aprendizaje con problemas reales a través de contextos locales y tecnología.	Diseño de ambientes educativos que integran disciplinas.	Mejora el aprendizaje contextualizado y fomenta habilidades críticas y creativas.
Integración de sostenibilidad en las ciencias naturales y las matemáticas	Se aboga por integrar proyectos que fomenten la reflexión crítica sobre sostenibilidad.	Proyectos basados en problemas, fomentando habilidades prácticas.	Conecta la ciencia con problemas globales y locales, haciendo el aprendizaje relevante.
Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y simulaciones	ABP y simulaciones para integrar habilidades del siglo XXI con ciencias naturales y matemáticas.	Metodología ABP y uso de simulaciones.	Desarrolla competencias transversales como el pensamiento crítico y la colaboración.
Aplicación de Realidad Aumentada (RA) en matemáticas	Utiliza la RA para hacer interactivos los conceptos abstractos, mejorando la comprensión.	Realidad Aumentada en el contexto de las ciencias matemáticas.	Facilita la visualización y comprensión de conceptos abstractos.
Proyectos que abordan problemas sociales	Integración de ciencias naturales y las matemáticas con problemas sociales reales, fomentando el pensamiento crítico.	Uso de proyectos integrados centrados en problemas sociales.	Promueve la colaboración y el desarrollo de competencias cívicas y científicas.
Fomento del aprendizaje colaborativo y autónomo	Uso de granjas rurales y recursos virtuales para mejorar el aprendizaje de biología y química.	Estrategia experimental basada en recursos virtuales y rurales.	Fortalece el aprendizaje práctico y autónomo, mejorando el rendimiento académico.
Metodologías inclusivas y transdisciplinares	Promoción de un enfoque inclusivo para integrar ciencias naturales y matemáticas y otras disciplinas.	Diseño curricular basado en la transdisciplinariedad e inclusión.	Mejora la accesibilidad al conocimiento y fomenta un aprendizaje más equitativo.
Modelado matemático y estudios de caso	Enfoque interdisciplinario que conecta conceptos teóricos con aplicaciones prácticas en ciencias.	Modelado matemático y análisis de estudios de caso reales.	Desarrolla habilidades STEM y la resolución de problemas prácticos y complejos.

Fuente: elaboración propia.

Con base en esta información, se evidencia una amplia diversidad de enfoques que buscan transformar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas en diferentes contextos educativos. Estas propuestas comparten la integración de perspectivas

transdisciplinarios, recursos tecnológicos y metodologías prácticas que promueven un aprendizaje contextualizado, significativo y alineado con las competencias necesarias para enfrentar los desafíos actuales. Es así como, en la Tabla 2 se realiza un análisis de los documentos previamente mencionados, para determinar las tendencias, tensiones y vacíos, vinculados con las categorías definidas en este estudio.

**Tabla 2.** Relación del estado de la cuestión.

<b>Tendencias</b>	<b>Tensiones</b>	<b>Vacíos</b>
Un buen porcentaje de los trabajos realizados desde la educación transdisciplinar se han llevado a cabo en el escenario de la educación universitaria, no en la educación media.	Contraste entre quienes promueven la transdisciplinariedad frente a enfoques más tradicionales disciplinarios.	Poca evidencia sobre la efectividad de la transdisciplinariedad en educación media.
Creciente interés en la integración de disciplinas para abordar problemáticas globales.	Tensiones entre la implementación de enfoques innovadores y las limitaciones del sistema educativo tradicional.	Carencia de orientaciones didácticas transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las ciencias naturales y las matemáticas.
Tendencia hacia pedagogías centradas en el estudiante, donde estos tienen un rol activo en la construcción de su propio conocimiento.		

Fuente: elaboración propia

El análisis del estado del arte evidencia que los enfoques transdisciplinarios en la educación media constituyen una respuesta efectiva a los retos que plantea la complejidad del mundo actual, especialmente, en contextos urbanos como Bogotá. Cada una de las investigaciones destacan la necesidad de superar los límites tradicionales entre disciplinas para abordar problemas socioambientales de manera integrada, desde la promoción de aprendizajes significativos y contextualizados. Este enfoque responde a demandas globales, como el desarrollo sostenible y, desde ahí, reconoce y valora las particularidades culturales y sociales del entorno local.

A pesar de los avances teóricos y prácticos, se identifican vacíos en la implementación del enfoque transdisciplinario, particularmente, dentro de la formación docente y la articulación de estrategias pedagógicas concretas. Las experiencias exitosas, aunque valiosas, suelen carecer de sistematización y replicabilidad, lo que limita su impacto a gran escala. Sumado a esto, como producto de esta revisión se resaltan tensiones existentes sobre resistencia al cambio en las prácticas educativas tradicionales y el resultado de las dificultades evidenciadas por algunos para alcanzar una integración efectiva entre las disciplinas.

Por lo anterior, esta investigación se posiciona como una oportunidad para contribuir al desarrollo de orientaciones didácticas que integren las Ciencias Naturales y las Matemáticas de forma transdisciplinar. De este modo, se busca dar respuesta tanto a las demandas del contexto educativo de Bogotá, como a las tendencias internacionales, desde la configuración de experiencias didácticas que promuevan una comprensión holística de la realidad. Entonces, uno de los intereses que subyace a este estudio es aportar a la reflexión sobre la importancia de desarrollar competencias con los estudiantes, para enfrentar los retos académicos, educativos y laborales propios del siglo XXI.

### Capítulo III. Marco conceptual y teórico

El presente capítulo desarrolla el marco conceptual y teórico que sustenta esta investigación, orientada al fortalecimiento del aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá. Con base en los fundamentos del pensamiento complejo y en la transdisciplinariedad como ejes articuladores, se abordan las bases epistemológicas y pedagógicas que permiten comprender la necesidad de transformar las prácticas educativas tradicionales, articulando saberes diversos en torno a problemáticas relevantes para los estudiantes y la sociedad. De esta manera, se establece un diálogo entre los conceptos fundamentales que guían el estudio y el contexto socioeducativo en el que se inscribe.

Las categorías centrales que estructuran el análisis son la transdisciplinariedad, el pensamiento complejo, las orientaciones didácticas y el aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Cada una de ellas es abordada de forma interrelacionada, reconociendo que la educación actual demanda integrar conocimientos de distintas áreas, fomentar competencias críticas y promover estrategias didácticas innovadoras que respondan a los desafíos ambientales, científicos y sociales contemporáneos. En esta etapa se lleva a cabo un análisis conceptual que permite delimitar el objeto de estudio, con el propósito de fundamentar la investigación y dar coherencia a la ruta metodológica planteada (Gómez et al., 2010).

Por otro lado, se realiza un abordaje relevante a partir de las categorías propuestas para la investigación, en relación con una perspectiva compleja desde la mirada de Morin (1999), quien plantea la necesidad de comprender los fenómenos educativos como realidades dinámicas, interconectadas y multidimensionales. Esta perspectiva compleja orienta la construcción conceptual del estudio, permitiendo interpretar las problemáticas educativas actuales en su

totalidad y fundamentar el diseño de propuestas didácticas innovadoras que respondan a las necesidades del contexto contemporáneo.

## **Marco conceptual**

### **Disciplinariedad**

Si bien el concepto de disciplinariedad no forma parte de las categorías centrales de esta investigación, su abordaje permite enmarcar algunos de los conceptos que son centrales en el estudio, desde una perspectiva más amplia y coherente. Este tiene su origen en la segmentación y especialización del conocimiento, como procesos que se consolidaron con la creación de instituciones educativas como universidades y academias durante el Renacimiento y la Ilustración (Luengo & Martínez, 2018; Nicolescu, 1996). Al respecto, Foucault (1994) argumenta que estas instituciones desempeñaron un papel fundamental en la sistematización del saber, contribuyendo a la especialización de diferentes campos del conocimiento humano. Esta estructura respondió a la necesidad de desarrollar métodos rigurosos y sistemas de pensamiento coherentes, orientados a avanzar en áreas específicas como las Ciencias Naturales, las Humanidades y las Ciencias Sociales (Grosz, 2011).

En opinión de Grosz (2011), este avance disciplinar fue esencial para el progreso del conocimiento en contextos especializados. Para el siglo XVIII, filósofos como Immanuel Kant consolidaron aún más esta tendencia, desde la autonomía de la razón y el método científico, lo que favoreció una especialización aún más profunda en las disciplinas académicas. La Ilustración marcó un punto de inflexión al impulsar la creación de campos disciplinarios bien definidos, estableciendo las bases para la organización del conocimiento en áreas concretas. Este proceso permitió el desarrollo de métodos científicos y teóricos dentro de cada campo del saber, siendo el

inicio de la educación formal organizada en torno a disciplinas específicas que guiaron la enseñanza y la investigación.

Por su parte, Tardif & Lessard (1999) consideran la disciplinariedad como la organización del conocimiento en campos reconocidos, cada uno con sus propios métodos, teorías y objetos de estudio. Bajo esta idea, Bruner (1960) manifiesta que esta división disciplinar facilitó la acumulación sistemática de conocimiento y permitió avances significativos en cada área. En contraste, Shulman (1987) destaca que, en la enseñanza, la disciplinariedad no solo implica dominar el contenido dentro de una disciplina, pues implica comprender cómo se construye y transmite ese conocimiento; lo que, sin duda, tiene un impacto sobre las decisiones metodológicas y pedagógicas asumidas por el profesorado.

A pesar de los avances que ha permitido, la especialización trae consigo una serie de desafíos. Inicialmente, la fragmentación del conocimiento en disciplinas aisladas ha dificultado una visión integral de los problemas complejos, limitando la capacidad de los estudiantes para abordar cuestiones interrelacionadas, y contribuyendo a una visión reduccionista de la realidad. Asimismo, esta división implica que los docentes se especialicen en áreas muy concretas, siendo este un aspecto que, aunque favorece el conocimiento profundo, circunscribe la integración de enfoques más amplios e interconectados (Luengo & Martínez, 2018).

### **Aprendizaje por disciplinas**

El currículo representa la totalidad de las experiencias escolares de los estudiantes, incluidos los objetivos y el contenido de la educación, la pedagogía y la evaluación (Toruño, 2020). El currículo escrito o previsto, generalmente, establece los conocimientos, las habilidades y las competencias educativas que los estudiantes deben adquirir. Este contenido puede

estructurarse de diferentes maneras, aunque, las mejores formas de hacerlo se han debatido durante décadas. Por eso, en la actualidad, la organización curricular es tema de permanente discusión teórica, metodológica y política, dentro de la búsqueda por intentar dar respuesta al qué, para qué, cómo y por qué de la educación (Acosta, 2020).

Los debates actuales se han concentrado en identificar las diferencias entre un currículo basado en asignaturas contra un currículo integrado, aunque existe una gran variación entre los enfoques integrados. En este orden, el aprendizaje por asignaturas o disciplinar es un enfoque tradicional que organiza el conocimiento en áreas específicas, disciplinas o materias, como Matemáticas, Ciencias, Historia, Literatura. Este modelo educativo ha sido predominante en los sistemas escolares de todo el mundo, desde la educación básica hasta niveles superiores, a partir de la recopilación de contenidos que son relevantes en la enseñanza (Nasir et al., 2021).

El aprendizaje por asignaturas se basa en la idea de que cada disciplina representa un cuerpo de conocimientos organizado de manera independiente y autónoma. De acuerdo con Nasir et al. (2021), este enfoque está fundamentado en una estructura rígida donde las materias se enseñan como entidades separadas, cada una con su propio conjunto de conceptos, teorías y metodologías. Por esta razón, la especialización y el estudio profundo de estas disciplinas son los elementos centrales de estas formas de aprendizaje, donde el docente adapta y reinterpreta los contenidos de acuerdo con las necesidades de enseñanza.

En términos prácticos, en el contexto escolar, los estudiantes tienen un horario que divide su jornada académica en bloques asignados a materias específicas. Durante cada bloque, se abordan temas concretos de la disciplina en cuestión, bajo la guía de un profesor especializado en esa área. En los sistemas educativos formales se ha utilizado este modelo de enseñanza, donde la

educación se organiza secuencial y progresivamente durante los años académicos (Gao et al., 2020).

El enfoque disciplinar tiene varias ventajas que lo han mantenido como un pilar en la educación durante siglos. Una de las principales es la profundidad de conocimiento que permite desarrollar en los estudiantes. Al concentrarse en áreas específicas, se puede profundizar en conceptos y teorías que ayudan a los estudiantes a adquirir un entendimiento detallado y sistemático de cada disciplina (Ureta & Rossetti, 2020). Sumado a eso, la especialización de los docentes es una manera de garantizar que el contenido sea impartido por expertos en la materia o disciplina. Adicionalmente, la organización del currículo en asignaturas facilita la planificación y la evaluación; al dividir el contenido en áreas específicas, se simplifica la tarea de diseñar materiales y actividades.

Estas ventajas permiten a los estudiantes identificar sus intereses y talentos desde temprana edad, desde la posibilidad por experimentar y decidir en cuáles desean especializarse. Además, el aprendizaje por asignaturas promueve el desarrollo de habilidades cognitivas clave, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el análisis lógico. Cada disciplina fomenta ciertas habilidades específicas, lo que aporta a una formación integral del estudiantado (Albertis et al., 2020). Así pues, en el caso de las Matemáticas, se busca fomentar el razonamiento lógico; mientras que, en las Ciencias Sociales promueven el pensamiento crítico y la empatía al estudiar las relaciones humanas y los contextos históricos.

A pesar de sus beneficios, el aprendizaje disciplinar presenta desafíos importantes, especialmente en un mundo cada vez más interconectado. Uno de los principales problemas es la fragmentación del conocimiento. En este sentido, el enfoque en disciplinas aisladas a menudo crea barreras artificiales entre áreas del conocimiento que en la realidad están interrelacionadas.

Esto puede dificultar que los estudiantes vean el panorama general o apliquen lo aprendido en un contexto más amplio. Aunado a ello, la rigidez del currículo basado en asignaturas tiende a ser estático y lento para adaptarse a los cambios y las demandas de la sociedad de la información y el mercado laboral (Albertis et al., 2020).

En un mundo donde las habilidades interdisciplinarias, como la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas son cada vez más valoradas, el aprendizaje por asignaturas puede quedar obsoleto si no se adapta para incluir enfoques más integradores. A su vez, puede fomentar una cultura educativa que prioriza la memorización y reproducción de información por encima de la comprensión y la aplicación del conocimiento en situaciones reales (Morales & Cuellar, 2023) Los exámenes y evaluaciones estandarizadas tienden a centrarse en la capacidad de los estudiantes para recordar contenidos específicos, lo que puede limitar su capacidad para aplicar lo que han aprendido de manera crítica y creativa.

En el contexto actual, donde el mercado laboral y las demandas sociales requieren una combinación de habilidades técnicas y blandas, el aprendizaje por asignaturas puede no ser suficiente para preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI. La fragmentación del conocimiento y la falta de conexión entre las disciplinas pueden limitar el desarrollo de competencias clave, como la creatividad, la colaboración y la adaptabilidad. Por el contrario, el aprendizaje disciplinar sigue siendo valioso en muchos aspectos, especialmente en la educación superior, donde los estudiantes necesitan especializarse en áreas concretas para convertirse en expertos en su campo (Meneses et al., 2021).

Entonces, se comprende que el aprendizaje disciplinar se caracteriza por la fragmentación del conocimiento, el énfasis en los contenidos y la evaluación con base en esos mismos contenidos. En ese modelo, los roles del docente y del estudiante son el de transmisor y receptor

del conocimiento, respectivamente. Por eso, la fragmentación del conocimiento dificulta la comprensión de los problemas complejos que requieren una visión interdisciplinaria y los conocimientos adquiridos en cada asignatura pueden parecer aislados y poco relevantes para la vida cotidiana (Arancibia et al., 2024). Dentro de la Tabla 3 se resumen las principales características del aprendizaje disciplinar.

**Tabla 3.** Características del aprendizaje por disciplinas.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Fragmentación del conocimiento	El conocimiento se divide en disciplinas aisladas, lo que puede dificultar la conexión entre los diferentes saberes.
Énfasis en contenidos	Se prioriza la transmisión de conocimientos teóricos y conceptuales propios de cada disciplina.
Evaluación basada en contenidos	Las evaluaciones se centran en la reproducción de los conocimientos adquiridos en cada asignatura.
Rol del docente	El docente actúa como transmisor de conocimientos y guía la actividad de los estudiantes.
Rol del estudiante	El estudiante es un receptor pasivo de la información, centrado en memorizar y reproducir los contenidos.

Fuente: elaboración propia.

En síntesis, dentro del contexto del aula, el aprendizaje disciplinar presenta ciertas limitaciones y se ha visto complementado por enfoques más integrales que buscan desarrollar habilidades y competencias más amplias en los estudiantes. Es así como, se evidencia la necesidad de encontrar un equilibrio entre el enfoque disciplinar y perspectivas más integradoras. Sin duda, la vinculación entre estas dos formas de enseñanza permitirá que los estudiantes adquieran herramientas para aplicar lo que han aprendido en contextos reales y desarrollen habilidades más allá del conocimiento teórico (Arancibia et al., 2024).

## **Transdisciplinariedad**

Aunque la transdisciplinariedad ha sido abordada desde múltiples definiciones y perspectivas, en esta investigación se asumirá como un enfoque que busca superar las fronteras entre disciplinas para abordar problemas complejos de manera integradora y holística (Morin, 1990, 1999). Para Nicolescu (1996) se trata de trascender la simple colaboración o coordinación entre disciplinas, desde la creación de nuevos saberes que aporten soluciones a problemas sociales y científicos complejos. Este enfoque se distingue de otros, como la multidisciplinar o la interdisciplinariedad, al fomentar un conocimiento que atraviesa y trasciende las disciplinas, integrando diversos niveles de realidad, tanto locales como globales.

El concepto de transdisciplinariedad fue acuñado, inicialmente, por el biólogo suizo Piaget (1972) pionero de la psicología evolutiva y promotor de la epistemología genética. Para este autor, la idea de la transdisciplinariedad corresponde a la etapa superior de integración de disciplinas, como respuesta a la necesidad de abordar problemas sociales complejos. Posteriormente, el concepto fue abordado por el rumano Nicolescu (1996) como fundador y presidente del Centro Internacional de Investigaciones y Estudios Transdisciplinarios (CIRET, 2012) en París, junto con René Berger, fue cofundador del grupo de estudio de la Transdisciplinariedad en la UNESCO.

Desde su labor, Nicolescu (1996) contempla la transdisciplinariedad como un enfoque que “simultáneamente está entre las disciplinas, a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina, siendo su finalidad la comprensión del mundo presente con el imperativo de la unidad del conocimiento” (p. 35). Bajo esta perspectiva, este enfoque se diferencia de la multidisciplinar (cooperación) y la interdisciplinar (integración), pues promueve una sinergia que

favorece e impulsa nuevas formas de conocimiento, trascendiendo la simple combinación disciplinar (CIRET, 2012).

Con base en estas premisas, propone un enfoque transdisciplinario que se sustenta en tres pilares, a saber: la inclusión de la subjetividad como parte de la comprensión de la realidad; el reconocimiento ontológico de distintos niveles de realidad; y, la necesidad de tender puentes entre disciplinas para encontrar sus puntos de intersección. Para Nicolescu (1996), la finalidad de este enfoque es comprender el mundo presente mediante la unidad del conocimiento, teniendo en cuenta la interconexión disciplinar. De ahí que, la información atraviesa los diferentes niveles de realidad social, mientras que en el ámbito individual el flujo de conciencia atraviesa distintos niveles de percepción. Por esta razón:

(...) el enfoque transdisciplinario no opone holismo a reduccionismo, pero los considera como dos aspectos de un único y mismo conocimiento de la realidad. Integra lo local en lo global y lo global en lo local. Al actuar sobre lo local, se modifica lo global y al actuar sobre lo global, se modifica lo local. Holismo y reduccionismo, global y local son dos aspectos de un único y mismo mundo multidimensional y multireferencial, el mundo de la pluralidad compleja y de la unidad abierta. (Nicolescu, 1996, p. 86).

A partir de lo anterior, se comprende que la transdisciplinariedad promueve que profesionales de diversas áreas del conocimiento trabajen conjuntamente para abordar problemas complejos mediante un lenguaje compartido y metodologías colaborativas (Ciannelli et al., 2014). Cada una de estas características, en los procesos formativos, permite avanzar hacia un “nivel más complejo y eficiente de interacción entre diversas disciplinas con alto grado de cooperación y coordinación con base en objetivos comunes” (Luengo & Martínez, 2018, p. 20).

Aunque el concepto tiene más de cuatro décadas en el discurso académico, no existe una definición única y universalmente aceptada. Esto se debe a que la transdisciplinariedad es una aproximación más que una teoría o método. No obstante, comparte características comunes, como la superación de los límites disciplinarios, el enfoque en la solución de problemas complejos y su carácter altamente participativo y colaborativo. En definitiva, este enfoque representa una manera de comprender la realidad que permite identificar y resolver problemas que trascienden las fronteras disciplinarias.

Dentro de la presente investigación, se optó por un enfoque transdisciplinar como fundamento conceptual al considerar que este ofrece una mayor potencia explicativa, formativa y transformadora frente a los desafíos complejos que enfrenta actualmente la educación media. A diferencia del enfoque interdisciplinar, pues este se limita a establecer vínculos entre disciplinas manteniendo sus fronteras relativamente intactas (Llano et al., 2016). Siendo así, el carácter complejo, dinámico y contextual de los problemas contemporáneos, requiere marcos analíticos y pedagógicos que no se limiten a la articulación temática entre asignaturas, sino que promuevan una reconfiguración epistemológica de los saberes en función de su pertinencia para la vida.

En este sentido, la transdisciplinariedad surge como una forma de pensamiento que reconoce la incertidumbre, la contradicción y la multidimensionalidad como características inherentes del conocimiento (Morin, 1999). Desde esta lógica, el conocimiento escolar no puede seguir estructurado desde compartimentos, sino que debe ser rearticulado para dar sentido a los fenómenos reales que los estudiantes viven, problematizan e interpretan. Mientras que lo interdisciplinar mantiene el foco en la cooperación entre disciplinas con el objetivo de resolver un problema común (Torres, 2012), lo transdisciplinar trasciende la disciplina al involucrar no solo conocimientos académicos, sino también saberes prácticos, éticos, culturales y sociales.

De este modo, incorpora a los actores educativos, docentes, estudiantes y comunidad, como productores de conocimiento, y no solo como reproductores de saberes establecidos. Esta apertura permite construir experiencias de aprendizaje más significativas, en las que los contenidos no se enseñan por separado, sino que emergen en el contexto de situaciones auténticas que requieren comprensión y acción conjunta (Luengo & Martínez, 2018). Además, la transdisciplinariedad está estrechamente relacionada con una visión crítica y ética de la educación, en tanto busca formar sujetos capaces de comprender su entorno de manera integral, asumir responsabilidades frente a los desafíos de su realidad y construir soluciones desde la colaboración.

Bajo esta mirada, el objetivo no es simplemente desarrollar competencias en distintas áreas, sino formar pensamiento complejo, crítico y contextualizado, articulando lo cognitivo con lo afectivo, lo cultural con lo científico, y lo local con lo global. En este marco, la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas cobra un nuevo sentido al vincularse con problemas del entorno como el ciclo del agua en el contexto del calentamiento global que exigen análisis múltiples y acción situada (Dravet et al., 2020).

### **Enfoque transdisciplinar en el aprendizaje**

El enfoque educativo transdisciplinar, permite que se combinen conocimientos y habilidades de diferentes disciplinas para abordar temas o problemas complejos de manera holística. En lugar de enseñar materias de manera aislada, se busca la conexión entre ellas para generar un aprendizaje más profundo y relevante para los estudiantes (Tasdemir & Gazo, 2020). Su objetivo es que los estudiantes vean las relaciones entre los contenidos de distintas asignaturas y comprendan cómo estas se interconectan en el mundo real. Así pues, con base en

los planteamientos de Hernández et al. (2020), el enfoque transdisciplinar en el aprendizaje se debe caracterizar por los siguientes aspectos:

- Problemas o temas centrales: se parte de un problema o tema global que es relevante para los estudiantes y la sociedad, el cual requiere de diferentes perspectivas para su análisis.
- Conexión de disciplinas: se integran distintas áreas del conocimiento, como Matemáticas, Ciencias, Historia, Lengua, para resolver problemas o el desarrollo de proyectos con un enfoque más holístico.
- Colaboración: entre docentes de diferentes asignaturas y estudiantes, quienes aprenden a trabajar en equipo y a aplicar diversas habilidades y conocimientos para alcanzar un objetivo común.
- Aprendizaje significativo: al contextualizar los contenidos de las áreas, los estudiantes ven una mayor relevancia en lo que aprenden, lo que contribuye a una mayor motivación y apropiación del conocimiento.
- Desarrollo de competencias globales: al enfrentarse a problemas del mundo real, los estudiantes desarrollan habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la comunicación efectiva.
- Flexibilidad curricular: en los contenidos y la planificación, dado que se priorizan las conexiones entre las disciplinas sobre el cumplimiento rígido de un currículo compartimentado.

Desde este enfoque, el aprendizaje busca crear una experiencia educativa más integrada y adaptable a los desafíos contemporáneos, preparando mejor a los estudiantes para enfrentar problemas complejos en su vida personal y profesional. Esta perspectiva se basa en la idea de

que el conocimiento no está compartimentado en disciplinas aisladas, sino que está interconectado y debe abordarse de manera holística. Por eso, considera que los problemas complejos del mundo real no se limitan a una sola área de conocimiento, sino que requieren un enfoque integral que combine diferentes disciplinas para entender y brindar soluciones (Hernández et al., 2020).

Con base en estas características, un proyecto transdisciplinar podría abordar el tema del cambio climático integrando diversas disciplinas: la enseñanza de las ciencias para el estudio de fenómenos climáticos y sus causas. Sumado a eso, el abordaje desde las Matemáticas para el análisis de datos y la modelación de tendencias. A su vez, la perspectiva de la Historia para explorar los impactos históricos y sociales del cambio climático. Por último, desde los procesos de lectura y escritura que se promueven en el área de Lenguaje, la posibilidad de comunicar resultados e investigaciones (Tasdemir & Gazo, 2020).

En esencia, este enfoque supera los límites de las disciplinas porque rompe las barreras tradicionales entre materias para construir un conocimiento más completo y aplicable en contextos diversos. De igual modo, conecta el aprendizaje con la realidad, dado que pretende que los estudiantes comprendan que el conocimiento está integrado y es relevante para enfrentar los desafíos y situaciones de la vida cotidiana. Asimismo, promueve la construcción conjunta del conocimiento, pues incentiva la colaboración y el trabajo en equipo entre diferentes campos del saber y múltiples perspectivas.

### **Planificación y organización de las clases**

La idea central del enfoque transdisciplinar es que los problemas complejos exigen soluciones multidimensionales, y el proceso educativo se enriquece cuando los estudiantes

conectan diversos saberes y habilidades para enfrentarlos. En la práctica, este enfoque se materializa desde estrategias y actividades que integran distintas disciplinas, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos de forma articulada y contextualizada (Gürkan, 2021). Para lograr esto, según Gürkan (2021), son necesarios cambios en la planificación y en la forma en que se organizan las clases, relacionados con:

- a) **Selección de un tema o problema central.** El punto de partida es elegir un tema o problema significativo que sea relevante tanto para los estudiantes como para el contexto social o global; por ejemplo, el cambio climático, la pobreza, la energía sostenible, la salud o la tecnología son ideales porque abarcan múltiples dimensiones. El tema debe ser lo suficientemente amplio para permitir la participación de diferentes áreas del conocimiento.
- b) **Planificación colaborativa entre docentes.** Los profesores de distintas asignaturas deben trabajar juntos para planificar la integración de sus áreas de conocimiento en torno al tema o problema central. Esto implica establecer objetivos comunes y definir cómo se abordarán los contenidos de cada asignatura en relación con el tema. Para ilustrar, si se define un proyecto sobre el medio ambiente, los profesores de Ciencias, Matemáticas, Geografía y Lenguaje podrían articularse sobre aspectos como el impacto ambiental, el análisis de datos, la redacción de informes y la presentación de proyectos.
- c) **Desarrollo de proyectos o tareas integradas.** En lugar de impartir clases teóricas separadas por asignatura, se proponen proyectos o tareas integradas en las que los estudiantes deben aplicar conocimientos de diferentes disciplinas conjuntamente. Estos proyectos suelen tener un enfoque práctico y creativo. Así pues, si el tema es el

cambio climático, los estudiantes podrían investigar los efectos locales del cambio climático (Ciencias), analizar datos sobre temperaturas (Matemáticas), escribir un texto sobre sus hallazgos (Lenguaje) y proponer soluciones para reducir la huella de carbono en su comunidad (Geografía y Ciencias Sociales).

- d) **Fomento del aprendizaje basado en problemas o indagación.** Un enfoque muy utilizado en la educación transdisciplinar es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) o el aprendizaje por indagación. En este marco, los estudiantes se enfrentan a un problema abierto que deben investigar, analizar y resolver utilizando conocimientos de diversas disciplinas. Esto los motiva a buscar información, realizar preguntas, proponer hipótesis y buscar soluciones prácticas, mientras se fomentan habilidades de pensamiento crítico y la colaboración.
- e) **Trabajo en equipo y desarrollo de competencias globales.** Los estudiantes trabajan en equipos colaborativos donde se distribuyen responsabilidades de acuerdo con las diferentes habilidades y conocimientos que se necesitan para el proyecto. Esto refleja la colaboración que se da en entornos profesionales reales, donde los desafíos requieren de equipos multidisciplinarios. El trabajo en equipo contribuye al desarrollo de competencias sociales como la comunicación, la empatía y la resolución de conflictos.
- f) **Evaluación integrada.** La evaluación en el enfoque transdisciplinar se centra en el proceso y en el producto final. Los estudiantes son evaluados por la capacidad de aplicar esos conocimientos de forma integrada para resolver problemas. Para ello, se propone el uso de herramientas como los portafolios, donde los estudiantes

documentan sus avances; o, rúbricas que contemplen los conocimientos de las distintas disciplinas y las habilidades transversales desarrolladas.

- g) **Uso de tecnología y recursos diversos.** La tecnología juega un papel clave en la implementación del enfoque transdisciplinar. Los estudiantes pueden utilizar recursos digitales para investigar, analizar datos y presentar sus proyectos de manera creativa. El uso de herramientas como plataformas de aprendizaje en línea, simuladores o software de diseño permiten a los estudiantes explorar problemas desde diferentes ángulos y trabajar en soluciones más innovadoras.

### **Ventajas y desafíos del enfoque transdisciplinar**

Este enfoque ofrece una serie de ventajas que pueden enriquecer la experiencia educativa y preparar a los estudiantes para enfrentar desafíos del mundo real. Sin embargo, presenta un conjunto de desafíos que deben ser abordados mediante una adecuada formación docente, una planificación cuidadosa y un entorno escolar que favorezca la colaboración y la innovación. A pesar de estas dificultades, su implementación puede resultar muy beneficiosa para el desarrollo integral de los estudiantes; así como, la dinamización de los procesos pedagógicos en el aula.

En este orden de ideas, el conectar conocimientos de diversas disciplinas con problemas del mundo real, permite que los estudiantes identifiquen la importancia de lo que aprenden, favoreciendo la motivación y la retención de contenidos (Lavrinoviča, 2021). Esto significa que fomenta habilidades esenciales como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas, necesarias tanto en la vida personal como profesional. A partir de ahí, permite a los estudiantes enfrentar situaciones complejas que reflejan problemáticas actuales, preparándolos mejor para los desafíos del futuro.

Sumado a lo anterior, promueve la colaboración entre estudiantes y docentes de distintas áreas, fortaleciendo competencias interpersonales y de comunicación. Asimismo, facilita la personalización del currículo, adaptándose a las necesidades e intereses de los estudiantes, lo que fomenta un aprendizaje más dinámico y significativo (Tasdemir & Gazo, 2020). Frente a los retos y dificultades que implica el enfoque transdisciplinar se destaca la necesidad de una planificación compleja, dado que integrar diversas disciplinas en un solo proyecto demanda una colaboración efectiva entre docentes. En ocasiones, esto representa un desafío metodológico y administrativo, teniendo en cuenta los esfuerzos logísticos que implica la integración permanente.

Aunado a ello, como lo menciona Lavrinoviča (2021), desde su formación pedagógica y disciplinar, muchos educadores pueden carecer de experiencia en este enfoque y necesitar formación específica para implementarlo adecuadamente. En la Tabla 4 se presenta un comparativo entre las principales ventajas y desafíos de la educación disciplinar y la educación con un enfoque transdisciplinar.

**Tabla 4.** Educación disciplinar vs. educación transdisciplinar.

<b>Educación disciplinar</b>	<b>Educación transdisciplinar</b>
<b>Ventajas</b>	
Profundización en conocimientos específicos. Claridad en los objetivos y evaluación. Tradicición y estructura establecida.	Enfoque holístico y contextualizado. Fomento de habilidades críticas y creativas. Preparación para resolver problemas complejos y reales.
<b>Desafíos</b>	
Fragmentación del conocimiento. Dificultad para abordar temas complejos. Falta de relevancia en contextos reales.	Desafíos en la integración curricular. Necesidad de formación permanente para docentes. Dificultad en la evaluación de aprendizajes.
<b>Metodologías de enseñanza y aprendizaje</b>	
Métodos tradicionales y específicos de cada disciplina. Evaluaciones centradas en conocimientos disciplinarios.	Proyectos y problemas integradores. Evaluaciones formativas y sumativas de habilidades integradas.
<b>Impacto en el aprendizaje de los estudiantes</b>	

Conocimiento profundo en áreas específicas. Preparación para estudios avanzados y carreras académicas.	Fomento de habilidades transferibles y aplicables en múltiples contextos. Mejora en la motivación y el compromiso con el aprendizaje.
<b>Perspectiva de los estudiantes</b>	
Comprensión profunda de un campo de conocimiento específico. Desafíos al intentar aplicar ese conocimiento a otros contextos.	Educación más holística y flexible que refleja la complejidad del mundo real. Desafíos al tratar de integrar y aplicar conocimientos de diferentes áreas del conocimiento.
<b>Perspectiva de los docentes</b>	
Enfoque en el dominio de una disciplina. Enseñanza estructurada y detallada, beneficiosa para desarrollar habilidades especializadas. Enfoque rígido que no fomenta la interconexión entre diferentes campos del conocimiento.	Colaboración e integración de conocimientos de diferentes disciplinas. Enseñanza más contextualizada y relevante. Desafíos en términos de coordinación y en la creación de un currículo coherente.

Fuente: elaboración propia: basado en Nicolescu (1996).

La resistencia al cambio por parte de docentes y estudiantes, acostumbrados a métodos de enseñanza tradicionales, puede dificultar la adopción de este enfoque. Por eso, evaluarlo resulta complejo, dado que implica valorar tanto conocimientos específicos como habilidades transversales y el propio proceso de aprendizaje. Asimismo, la ejecución de proyectos de este tipo suele requerir más tiempo del que habitualmente se dispone en el currículo escolar, lo que puede limitar su implementación completa (Lavrinoviča, 2021).

Finalmente, en los grupos de trabajo puede surgir una disparidad en la participación y compromiso de los estudiantes, afectando la dinámica y los resultados del aprendizaje (Lawrence et al., 2022). A pesar de estos desafíos, el enfoque transdisciplinar constituye una valiosa herramienta para enriquecer la experiencia educativa y preparar a los estudiantes para enfrentar problemas complejos. Con una adecuada planificación, formación docente y un entorno escolar que favorezca la colaboración y la innovación, su implementación puede tener un impacto significativo en el desarrollo integral de los estudiantes.

## **Adaptación a la realidad del Siglo XXI**

El enfoque transdisciplinar se adapta a la realidad del siglo XXI al responder a las necesidades cambiantes de la educación y los desafíos globales. A continuación, se destacan algunos aspectos clave sobre cómo este enfoque se integra en el contexto contemporáneo (Tariq, 2023). En un mundo cada vez más interconectado y complejo, los problemas sociales, ambientales y tecnológicos demandan soluciones transdisciplinarias. Este enfoque prepara a los estudiantes para abordar dichos desafíos de manera integral, fomentando competencias esenciales como el pensamiento crítico y la creatividad.

Un principio fundamental de este enfoque es colocar al estudiante en el centro del proceso educativo, fomentando su autonomía y responsabilidad. Los educandos tienen la oportunidad de seleccionar temas relevantes para su vida y su entorno, lo que incrementa la motivación y el compromiso con su aprendizaje. En este contexto, la tecnología desempeña un papel crucial al facilitar el acceso a información diversa, la colaboración en línea y la creación de proyectos multimedia. Igualmente, permite simular situaciones del mundo real, favoreciendo un aprendizaje activo y significativo.

La sostenibilidad se posiciona como un eje central en la agenda global contemporánea. El enfoque transdisciplinar permite explorar problemáticas relacionadas con el medio ambiente, la justicia social y la economía sostenible desde múltiples perspectivas, fomentando tanto una comprensión profunda como la búsqueda de soluciones innovadoras. Asimismo, este enfoque resulta valioso en contextos diversos, ya que valora y promueve la inclusión de distintas perspectivas y experiencias (Hernández et al., 2020). Al trabajar en grupos heterogéneos, los estudiantes aprenden a respetar y valorar las contribuciones de sus pares, fortaleciendo un ambiente inclusivo y enriquecedor.

Además, el enfoque transdisciplinar permite establecer conexiones significativas con comunidades y culturas de todo el mundo. A través de proyectos colaborativos, intercambios y redes globales, los estudiantes logran comprender mejor los retos que enfrentan otras sociedades, promoviendo una mentalidad más global y solidaria. De igual manera, responde a las demandas del mercado laboral, donde habilidades como la colaboración, la comunicación, la adaptabilidad y la capacidad de análisis son cada vez más valoradas. En este orden, el enfoque transdisciplinar facilita el desarrollo de estas competencias, habilidades y conocimientos, preparando a los estudiantes para enfrentar entornos dinámicos.

Además, este enfoque invita a reflexionar sobre el proceso de aprendizaje y a cuestionar paradigmas establecidos (Arnold, 2013), algo relevante en una época caracterizada por el exceso de información, muchas veces contradictoria. De modo que, este enfoque se alinea perfectamente con los intereses de una formación capaz de responder a las demandas y los retos globales. Al fomentar la colaboración, la creatividad y el pensamiento crítico, se aporta a la formación de ciudadanos responsables de un mundo en constante transformación. En la Tabla 5 se resumen las características y ventajas del aprendizaje transdisciplinar, junto con los aspectos que lo hacen adaptable a las condiciones del siglo XXI.

**Tabla 5.** Características, ventajas y adaptaciones del enfoque transdisciplinar al siglo XXI.

<b>Características del enfoque transdisciplinar</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Adaptaciones al siglo XXI</b>
<b>Enfoque en la resolución de problemas complejos</b>	Promueve habilidades de pensamiento crítico y creatividad.	Aborda problemas globales y contemporáneos, promoviendo soluciones integradas.
<b>Preparación para el trabajo del futuro</b>	Fomenta competencias esenciales para el mercado laboral.	Desarrolla habilidades como la colaboración y la adaptabilidad.
<b>Educación centrada en el estudiante</b>	Aumenta la motivación y el compromiso de los alumnos.	Promueve la autonomía y la responsabilidad en el aprendizaje.

<b>Integración de la tecnología</b>	Facilita un aprendizaje más dinámico y accesible.	Permite el acceso a recursos digitales y la colaboración en línea.
<b>Educación para la sostenibilidad</b>	Fomenta la conciencia ambiental y social.	Explora problemas relacionados con el medio ambiente y la justicia social.
<b>Fomento de la diversidad y la inclusión</b>	Enriquecer el aprendizaje con múltiples perspectivas.	Valora perspectivas diversas y promueve un ambiente inclusivo.
<b>Colaboración y trabajo en equipo</b>	Desarrolla habilidades interpersonales y de comunicación.	Refleja la colaboración que se da en entornos profesionales reales.
<b>Flexibilidad curricular</b>	Permite adaptaciones a las necesidades e intereses de los estudiantes.	Fomenta un aprendizaje personalizado y dinámico.
<b>Conexiones globales</b>	Fomenta una comprensión más profunda de los desafíos sociales.	Establece vínculos con comunidades y culturas de todo el mundo.
<b>Adaptabilidad al cambio</b>	Prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos diversos.	Fomenta la capacidad de adaptarse a nuevos contextos y desafíos.
<b>Desarrollo de una mentalidad crítica y reflexiva</b>	Invita a cuestionar y reflexionar sobre el conocimiento.	Promueve el pensamiento crítico en un entorno de información abundante.
<b>Evaluación integrada</b>	Considera el proceso y el producto final en la evaluación.	Desarrolla herramientas de evaluación que integran múltiples dimensiones del aprendizaje.

Fuente: elaboración propia.

Para finalizar, el enfoque transdisciplinar encuentra en el pensamiento complejo su sustento epistemológico más profundo. Mientras el pensamiento complejo, propuesto por Morin (1990), resalta la necesidad de entender los fenómenos en su tejido de relaciones múltiples, para transdisciplinariedad, siguiendo a Nicolescu (1996), se plantea como un movimiento que supera la fragmentación del conocimiento, integrando saberes que atraviesan las fronteras disciplinarias. Ambas perspectivas convergen en la idea de que la realidad no puede ser reducida a partes aisladas, sino que debe abordarse en su totalidad dinámica, reconociendo la interconexión entre elementos diversos y la coexistencia de distintos niveles de realidad.

Desde esta mirada, el pensamiento complejo no solo justifica la transdisciplinariedad, sino que la impulsa como una necesidad para enfrentar los desafíos contemporáneos. En el ámbito educativo, esta articulación favorece la construcción de aprendizajes significativos que trascienden el saber parcelado y promueven el desarrollo de habilidades críticas, reflexivas y creativas. Así, integrar un enfoque transdisciplinar en las prácticas educativas implica reconocer la complejidad de los problemas reales y fomentar en los estudiantes una visión sistémica y contextualizada del conocimiento, tal como lo proponen Morin (1999) y Nicolescu (1996).

### **Pensamiento complejo**

El pensamiento complejo surge como una respuesta a los límites de los enfoques reduccionistas y simplificadores del conocimiento. Al respecto, Morin (1990) considera que la realidad no puede entenderse a partir de fragmentaciones aisladas, sino que exige una visión que integre múltiples dimensiones, contextos e incertidumbres. A su vez, Morin (1999) destaca que lo complejo se refiere a aquello que está integrado de manera inseparable, invitando a reconocer las interacciones, las retroacciones y las dinámicas de los sistemas, elementos fundamentales para comprender fenómenos que no se explican desde un único enfoque disciplinar. Esta necesidad de articular la diversidad del conocimiento se vuelve particularmente relevante en el campo educativo, donde los problemas reales rara vez se ajustan a los límites rígidos de una sola disciplina.

Por su parte, Nicolescu (1996), uno de los principales teóricos de la transdisciplinariedad, complementa esta visión al enfatizar que el pensamiento complejo implica el cruce de fronteras epistemológicas y la aceptación de múltiples niveles de realidad. Según este autor, el mundo no puede ser entendido plenamente desde una perspectiva unidimensional, sino que requiere la

articulación de lo subjetivo, lo objetivo y lo transdisciplinario. Esta mirada amplia permite afrontar los desafíos actuales, como las crisis ambientales, sociales y científicas, que exigen enfoques integradores que trasciendan las categorías rígidas de pensamiento.

En el ámbito de la educación, el pensamiento complejo plantea un llamado a repensar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para Morin (1999) educar en la era planetaria implica enseñar a los estudiantes a contextualizar, a globalizar y a integrar saberes. Esto significa que, más allá de la transmisión de contenidos, es necesario formar ciudadanos capaces de comprender las conexiones entre los fenómenos, de dialogar con la incertidumbre y de pensar de manera crítica y creativa. Asimismo, Pachano et al. (2002) destacan que el pensamiento complejo favorece el desarrollo de habilidades de análisis sistémico, lo cual resulta fundamental para formar estudiantes conscientes de la interrelación entre la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

Dentro de esta perspectiva, el pensamiento complejo también implica aceptar la incertidumbre como un componente inherente al conocimiento. Morin (1990) sostiene que una educación basada en el pensamiento complejo debe preparar a los individuos para vivir en la incertidumbre, enseñándoles a no buscar verdades absolutas, sino a construir explicaciones flexibles y abiertas. Esto resulta especialmente relevante en el escenario del enfoque transdisciplinar, donde el diálogo entre las Ciencias Naturales y las Matemáticas requiere de flexibilidad epistemológica, apertura a distintos enfoques y disposición a integrar saberes aparentemente disímiles.

De modo que, en el marco de esta investigación, el pensamiento complejo proporciona el soporte teórico y epistemológico que orienta la propuesta de integración transdisciplinar. No solo se concibe como un conjunto de principios para organizar el conocimiento, sino también como

una ética del pensamiento que reconoce la diversidad, la interacción y la transformación constante. En este sentido, el enfoque complejo guía la construcción de las orientaciones didácticas transdisciplinarias planteadas, buscando fomentar en los estudiantes no solo la apropiación conceptual, sino también el desarrollo de habilidades críticas, reflexivas y creativas, esenciales para enfrentar los desafíos contemporáneos.

### **Aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas**

Este aprendizaje se refiere a la adquisición de conocimientos fundamentales en áreas como Matemáticas, Física, Química y Biología. Estos campos del saber permiten entender el mundo natural y los principios que rigen el universo, constituyendo la base de muchos avances tecnológicos y científicos. Las Ciencias Naturales y las Matemáticas constituyen el pilar de muchas otras áreas del conocimiento y de los avances tecnológicos. Siendo así, proporcionan los fundamentos para comprender fenómenos naturales, desde las leyes de la física que gobiernan el movimiento de los cuerpos, hasta los procesos químicos presentes en la vida diaria y los principios matemáticos que subyacen a diversas disciplinas.

Por esta razón, como lo establecen García et al. (2023), el aprendizaje de estos campos permite a los estudiantes entender cómo funcionan el universo y la vida. De modo que, el aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas no solo implica la memorización de hechos o fórmulas, sino también el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, razonamiento lógico y resolución de problemas (Minarti et al., 2022). Cada aspecto es esencial para formar ciudadanos informados y competentes en un mundo tecnológico.

En Física, adquieren conocimientos sobre leyes como la gravedad, la termodinámica y el electromagnetismo, que facilitan la comprensión tanto del funcionamiento de una lámpara como

de los movimientos planetarios. Para el caso del área de Biología, exploran temas relacionados con la célula, la genética y los ecosistemas, lo que les permite entender mejor la vida humana y el medio ambiente. Desde la Química ofrece una visión sobre la estructura de la materia y las reacciones que configuran nuestra realidad material; mientras que, disciplinas como las Matemáticas brindan herramientas para modelar y predecir comportamientos físicos y abstractos.

De acuerdo con las investigaciones de Darling et al. (2020) y Bravo et al. (2022), el aprendizaje de estas dos áreas genera múltiples beneficios que impactan no solo el desarrollo académico, sino también la vida personal y social de los estudiantes. Inicialmente, comprender los principios científicos que explican el universo fomenta un pensamiento analítico y crítico, pues al enfrentarse a fenómenos naturales y procesos complejos, los estudiantes aprenden a formular preguntas, evaluar evidencias y cuestionar supuestos. De esta manera, se aporta al desarrollo de habilidades fundamentales para la toma de decisiones informadas tanto en la vida cotidiana como en el ámbito profesional.

Estas formas de aprendizaje exigen que los estudiantes apliquen sus conocimientos para entender fenómenos reales y enfrentarse a situaciones complejas de manera estructurada y analítica. El método científico, basado en la observación, experimentación y análisis, impulsa un razonamiento lógico riguroso y una evaluación crítica de las evidencias. A partir de este proceso, se logra aportar al desarrollo de habilidades de razonamiento lógico, la capacidad para identificar patrones en los datos y formular hipótesis y probarlas refuerzan su habilidad para establecer y generar conclusiones basadas en evidencias.

Por otro lado, se fomenta la resolución de problemas complejos relacionados con fenómenos naturales y tecnológicos, al aplicar principios teóricos para encontrar soluciones prácticas, una habilidad valiosa en cualquier campo de estudio y en la vida diaria, donde

enfrentan retos que requieren un enfoque estructurado. Asimismo, desde la posibilidad de comprender fenómenos cotidianos como el clima, el uso de energía o el funcionamiento de dispositivos tecnológicos. Esta comprensión enriquece su percepción del mundo y, con ello, facilita la toma de decisiones más acertadas, por ejemplo, en el uso eficiente de recursos naturales o la adopción de hábitos sostenibles.

Desde otra perspectiva, el abordaje de estas áreas promueve una mayor conciencia de los procesos que sostienen la vida y el medio ambiente (Narbutaev, 2021). Esto fomenta una actitud de respeto y cuidado hacia la naturaleza, pues la comprensión de la interdependencia entre los seres vivos y su entorno impulsa una ética ambiental más comprometida. Asimismo, cuando comprenden los principios físicos, químicos o biológicos, están mejor preparados para innovar y contribuir al avance tecnológico; siendo este un factor crucial para el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías en áreas como la medicina, la energía, las telecomunicaciones y el medio ambiente (Darling et al., 2020).

En contraste, el funcionamiento del universo impulsa una forma de pensar basada en la observación, la experimentación y la deducción lógica (Villarraga, 2023). Los estudiantes aprenden a no aceptar las cosas sin una razón válida, sino a investigar y buscar evidencias, lo que les permite enfrentarse de manera racional y objetiva a problemas cotidianos. Es así como, se contribuye a una formación que les permita abordar los grandes desafíos globales del siglo XXI, como el cambio climático, la escasez de recursos, la salud pública y la crisis energética. Por esta razón, se fomenta una mentalidad innovadora y permite pensar “fuera de la caja” para emplear herramientas conceptuales y metodológicas para llegar a soluciones (Sidekerskienė & Damaševičius, 2023).

Ahora bien, en un mundo cada vez más interconectado, comprender los principios de la informática, la inteligencia artificial o las telecomunicaciones depende en gran medida del conocimiento en Ciencias Naturales y Matemáticas. La creación de dispositivos electrónicos, tratamientos médicos avanzados, o las innovaciones en energías renovables son posibles gracias a los principios que provienen de la Física, la Química y las Matemáticas (Rada, 2024). Como lo explica Medina (2024) en medicina, el descubrimiento de la estructura del ADN en 1953 por Watson y Crick, basado en principios de biología y química, revolucionó la genética y abrió las puertas a tratamientos avanzados como la terapia génica.

En informática, la teoría de la computación de Alan Turing, sustentada en la lógica matemática, fue la base para el desarrollo de las primeras computadoras (Ríos, 2023). Esta base teórica ha impulsado décadas de avances tecnológicos en hardware, software y sistemas de inteligencia artificial. En el ámbito de la tecnología espacial, la física teórica de Newton sobre la gravedad y las leyes del movimiento permitieron los viajes espaciales, culminando en la llegada del hombre a la Luna en 1969 (Jaén, 2020). Estos ejemplos muestran cómo el progreso en diversas áreas tecnológicas depende directamente del avance en las ciencias naturales y las matemáticas, que proporcionan los fundamentos necesarios para innovar y resolver problemas complejos.

En resumen, las Ciencias Naturales y las Matemáticas desarrollan no solo conocimientos teóricos, sino también habilidades para la vida cotidiana y profesional, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la capacidad de trabajar en equipo. Finalmente, el enfoque científico promueve la flexibilidad mental y la disposición para adaptarse a situaciones nuevas (Zambrano & Rosell, 2024). Teniendo en cuenta que los fenómenos naturales no siempre son predecibles y los problemas científicos pueden carecer de una única solución, los estudiantes

aprenden a ajustar sus razonamientos y a modificar sus estrategias según las evidencias disponibles. Esto los prepara para enfrentar problemas complejos con una mentalidad abierta.

### **Enfoques didácticos en la educación en Ciencias naturales y Matemáticas**

El aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas con la incorporación de nuevos enfoques pedagógicos y tecnologías. Sin embargo, los métodos tradicionales, como las clases magistrales y la resolución de problemas, siguen siendo centrales en la enseñanza de estos campos del conocimiento. Aunque persisten debates sobre su efectividad, estas estrategias resultan valiosas cuando se combinan con metodologías que fomentan la interacción y la participación del estudiantado (Mori, 2023). Es así como, su utilidad radica en su capacidad para estructurar y transmitir conceptos complejos de manera clara y sistemática.

Uno de los aportes fundamentales de estos métodos es la organización lógica del contenido (Mori, 2023). La planificación didáctica permite conectar nuevos conceptos con conocimientos previos, facilitando la asimilación y comprensión del aprendizaje. Asimismo, las clases magistrales ofrecen acceso directo a la experiencia del docente, quien, al ser experto en la materia, garantiza información precisa y actualizada. Este formato expositivo posibilita la demostración de procesos científicos y la aplicación de fórmulas, lo que ayuda a los estudiantes a visualizar y emplear los conocimientos en situaciones prácticas. Su eficacia aumenta cuando se integra con actividades experimentales y estrategias activas que refuercen lo aprendido.

En América Latina, la educación media ha seguido tradicionalmente un enfoque disciplinar con asignaturas claramente delimitadas; aunque, en los últimos años, han surgido iniciativas que promueven enfoques multidisciplinarios y transdisciplinarios. En Brasil, por

ejemplo, la Base Nacional Común Curricular (BNCC) ha comenzado a incorporar estrategias integradoras, aunque muchas instituciones aún conservan modelos disciplinares. Desde Chile, pese a la existencia de programas que favorecen la integración, predomina la enseñanza estructurada por disciplinas. Para el caso de México, la reforma educativa de 2017 introdujo elementos de aprendizaje integrado, pero su implementación ha sido heterogénea y depende del contexto regional (Osorio, 2002).

A nivel global, el enfoque disciplinar sigue siendo mayoritario, aunque cada vez más países adoptan modelos interconectados. Para ilustrar, Finlandia se destaca por su enfoque fenomenológico multidisciplinario, aplicado en aproximadamente el 70% de sus instituciones educativas de secundaria (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2019). En Estados Unidos, aunque la educación disciplinar prevalece, los programas STEM han ganado relevancia, con un 30% de las escuelas secundarias adoptando enfoques integrados. Por su parte, Singapur ha comenzado a implementar modelos multidisciplinarios a través del *Applied Learning Programme* (ALP), aunque la mayoría de sus instituciones aún mantienen esquemas disciplinares (OCDE, 2019).

En este contexto, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) surge como una estrategia eficaz para la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas. Este enfoque, centrado en el estudiante, plantea problemas reales o simulados que requieren la aplicación de conocimientos previos para su resolución (Ortiz y Vega, 2020). A su vez, el aprendizaje práctico, a través de laboratorios y experimentos, desempeña un papel clave en la educación científica, en cuanto permite a los estudiantes observar fenómenos naturales, realizar mediciones precisas y aplicar los conceptos teóricos en entornos controlados.

Con el avance de la tecnología, las herramientas digitales han ampliado estas posibilidades. Simulaciones, aplicaciones interactivas y programas de modelado han demostrado ser recursos efectivos para la enseñanza de conceptos abstractos, especialmente aquellos difíciles de experimentar en la vida cotidiana (Ortiz & Vega, 2020). Así, por ejemplo, los laboratorios virtuales de química permiten realizar experimentos de manera segura y accesible, superando limitaciones económicas o de infraestructura. En opinión de Ciannelli et al. (2014), el uso de estos recursos permite a los estudiantes identificar patrones comunes en diferentes disciplinas, promoviendo un aprendizaje más significativo.

En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha reconocido la importancia del enfoque STEM para fortalecer la enseñanza de las ciencias y matemáticas y preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI. Este modelo promueve una enseñanza interrelacionada de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, en contraposición a la fragmentación disciplinar tradicional. A través de proyectos prácticos y actividades colaborativas, busca desarrollar habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación (MEN, 2022).

Dentro de este marco, la implementación del enfoque STEM en Colombia enfrenta desafíos. La integración de estos contenidos en los planes de estudio requiere la formación continua del profesorado, el acceso a infraestructura adecuada y la incorporación de recursos tecnológicos. Incluso, su éxito depende de la vinculación de los estudiantes con el mundo profesional, a través de experiencias educativas que trasciendan el aula (MEN, 2022). Esta es una oportunidad para que, desde las instituciones educativas, se ejecuten proyectos educativos basados en la resolución de problemas reales, para favorecer el trabajo en equipo y la transferencia de saberes, desde una comprensión más amplia del conocimiento científico.

Durante los últimos años, Colombia ha impulsado estrategias para fortalecer la educación científica con una orientación más integrada y transdisciplinaria. De esta manera, Programas como ONDAS, operado por el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación (Miniciencias, 2024) busca despertar el interés por la investigación científica a través de metodologías activas y colaboraciones con profesionales del sector. Asimismo, el Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 (MEN, 2017) enfatiza la necesidad de fortalecer la enseñanza de las ciencias y la tecnología mediante enfoques interconectados y el desarrollo de competencias para el siglo XXI.

A pesar de estos esfuerzos, la enseñanza de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en Colombia sigue estando mayoritariamente estructurada bajo un modelo disciplinar. No obstante, la adopción de enfoques integrados no implica una pérdida de profundidad en el estudio de cada disciplina, sino la creación de sinergias que potencien el aprendizaje (Luengo & Martínez, 2018). La implementación de metodologías transdisciplinarias en la enseñanza de estas áreas representa una oportunidad para diseñar unidades de estudio que aborden problemas globales desde una perspectiva integral.

### **Desafíos en el aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas**

El aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas no está exento de desafíos. Muchos estudiantes encuentran dificultades en estas áreas debido a su alto nivel de abstracción, el uso intensivo de las matemáticas y la complejidad de los conceptos (Lindgren et al., 2020). En particular, la Física y la Química presentan nociones que pueden resultar difíciles de visualizar. Así pues, fenómenos como el electromagnetismo o las reacciones químicas a nivel molecular suelen ser esquivos para los estudiantes, quienes enfrentan el reto de comprender su significado más allá de la teoría.

Uno de los principales obstáculos en la enseñanza de estas disciplinas radica en la dificultad de hacerlas relevantes para la vida cotidiana de los estudiantes. Con frecuencia, los contenidos se presentan de manera excesivamente teórica, sin establecer conexiones claras con el mundo real, lo que afecta la motivación y el interés por aprender. Para contrarrestar esto, es fundamental vincular los conceptos científicos con aplicaciones prácticas y situaciones cercanas a la experiencia diaria (Lindgren et al., 2020). En este sentido, la ciencia está presente en muchos aspectos de la vida, lo que da oportunidades para evidenciar su importancia accesible y significativamente.

Una estrategia efectiva consiste en ilustrar cómo los principios científicos subyacen en fenómenos cotidianos. En Física, por ejemplo, se pueden analizar las fuerzas involucradas en el movimiento de una bicicleta; mientras que, en Química, se pueden relacionar las reacciones químicas con la cocción de alimentos. Asimismo, plantear problemas actuales como el cambio climático, la salud pública o el avance tecnológico permite que los estudiantes comprendan el papel esencial de las ciencias naturales y las matemáticas en la solución de desafíos globales. Al reconocer que la Biología y la Química son fundamentales para el desarrollo de medicamentos o la conservación del medio ambiente, los estudiantes pueden valorar estas disciplinas desde su aporte práctico para la vida cotidiana.

Sumado a eso, la integración de las Ciencias Naturales y las Matemáticas con otras áreas del conocimiento, como la tecnología, el arte o las ciencias sociales, a través de proyectos transdisciplinarios, facilita una visión holística del aprendizaje. Temas como la sostenibilidad requieren la interconexión de la Biología, la Física y la Química para comprender los efectos del consumo energético y las alternativas ecológicas disponibles. De igual forma, el Aprendizaje

Basado en Problemas mediante la experimentación permite a los estudiantes observar directamente la aplicación de los conceptos científicos.

Ahora bien, el aprendizaje de la Física y la Química exige un manejo sólido de las matemáticas, lo que representa un desafío adicional. La ansiedad matemática es un fenómeno recurrente en la educación, dado que muchos estudiantes experimentan inseguridad ante el uso de fórmulas y cálculos, lo que puede afectar su rendimiento y comprensión. La falta de claridad en los fundamentos conceptuales suele llevar a la memorización mecánica, generando frustración y desmotivación. A esto se suma, el temor al fracaso, otro factor clave. La percepción de que los errores son inaceptables puede generar bloqueos mentales que dificultan la aplicación de los conocimientos adquiridos (Antolković, 2024).

En efecto, la enseñanza tradicional, basada en la repetición y la memorización de fórmulas sin un contexto práctico, profundiza la desconexión de los estudiantes con las Matemáticas y las Ciencias Naturales. Las diferencias en los estilos de aprendizaje también influyen: aquellos que requieren experiencias visuales o kinestésicas pueden verse limitados en un entorno que prioriza métodos auditivos y textuales. Dentro de algunos contextos, las limitaciones en los recursos educativos, como laboratorios y materiales experimentales, restringen el acceso a experiencias prácticas, afectando la calidad del aprendizaje.

Finalmente, la enseñanza de las Ciencias Naturales y las Matemáticas exige un dominio profundo de los contenidos y el desarrollo de habilidades pedagógicas específicas. Esto implica que los docentes deban actualizarse constantemente en nuevas metodologías y tecnologías que faciliten el aprendizaje y lo hagan más accesible y relevante para los estudiantes (Guzmán, 2024). Solo mediante estrategias didácticas innovadoras, la confianza de los estudiantes y la

vinculación de la ciencia con la vida cotidiana, se logrará superar las barreras que dificultan el aprendizaje de estos campos de conocimiento fundamentales.

### **Estrategias para superar los desafíos en la enseñanza de las Ciencias Naturales y las Matemáticas**

La tecnología desempeña un papel clave en la superación de las dificultades asociadas con la abstracción y la falta de recursos en la educación. El uso de simuladores, aplicaciones interactivas y videos educativos permiten a los estudiantes visualizar fenómenos abstractos y realizar experimentos virtuales, facilitando así su comprensión. Una de las estrategias más efectivas es usar simulaciones interactivas y software educativo, herramientas que permiten experimentar con fenómenos científicos que serían difíciles de observar en un aula tradicional. A su vez, el uso de tecnologías de visualización, como gráficos, diagramas y realidad aumentada, son herramientas que favorecen la comprensión de conceptos abstractos.

De esta manera, se encuentran laboratorios en línea que replican experimentos de química o física, permitiendo a los estudiantes manipular variables y observar resultados sin los riesgos inherentes a los experimentos reales (Muhammad et al., 2023). Por su parte, las aplicaciones móviles y plataformas en línea acceden a diversos recursos educativos, como videos, tutoriales y ejercicios interactivos. Estas herramientas permiten a los estudiantes aprender a su propio ritmo, revisando los conceptos hasta consolidarlos. Asimismo, resultan valiosas para aquellos que se sienten intimidados por la complejidad de ciertas materias, ya que pueden repetir y practicar los contenidos hasta adquirir confianza.

En este orden, la Realidad Aumentada (RA), la cual permite la exploración de representaciones tridimensionales de estructuras moleculares o fenómenos físicos, facilitando la

comprensión espacial y su conexión con el mundo real (Martín, 2019). A menudo, la tecnología se convierte en una herramienta de equidad educativa, desde el uso de plataformas digitales y recursos en línea, pues es posible acceder a diferentes modalidades de aprendizaje sin importar su ubicación geográfica. Incluso, la colaboración en línea a través de foros y redes sociales fomenta un aprendizaje colectivo, en el que los estudiantes pueden compartir conocimientos y resolver dudas en comunidad (Chávez & Barahona, 2024).

Con base en lo anterior, se comprende que herramientas como las simulaciones interactivas y aplicaciones especializadas, amplían las posibilidades de aprendizaje al permitir la exploración de conceptos complejos sin las limitaciones del laboratorio físico (Rendón et al., 2024). Estas tecnologías posibilitan la experimentación con modelos científicos, facilitando la comprensión de temas como los circuitos eléctricos o las reacciones químicas. Asimismo, la divulgación de historias sobre grandes avances científicos y su impacto en la calidad de vida puede ser una fuente de inspiración. De hecho, comprender que la Física hizo posible los satélites de comunicación o que la biología molecular permitió el desarrollo de vacunas, contribuye a generar un sentido de relevancia y aprecio por la ciencia.

Otra de las estrategias es la integración en proyectos centrados en problemas reales, como la energía renovable o la salud pública, lo cual aumenta la motivación estudiantil y refuerza la percepción de la relevancia de estos campos. Al conectar los conceptos científicos con situaciones cotidianas y desafíos actuales, los estudiantes pueden comprender mejor la aplicabilidad de su aprendizaje. El estudio de la energía renovable permite la aplicación de principios físicos y químicos en el funcionamiento de tecnologías sostenibles, como paneles solares y turbinas eólicas, fomentando así la creatividad y la resolución de problemas.

En el ámbito de la salud pública, se pueden explorar temas relacionados con la prevención de enfermedades o la nutrición, desde un sentido de responsabilidad social y un mayor reconocimiento de la importancia de la ciencia en la calidad de vida. Por eso, a pesar de las dificultades que pueden surgir, la integración de metodologías activas, el uso de tecnología y la enseñanza con enfoque transdisciplinar hacen que el aprendizaje sea más accesible y motivador (Sutta et al., 2024). Aunque, al desarrollar una sólida comprensión de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, los estudiantes adquieren conocimientos esenciales, y la posibilidad de fortalecer habilidades para su desenvolvimiento en la sociedad actual.

### **Orientaciones didácticas**

Para Díaz-Barriga & Hernández (2002), las orientaciones didácticas son aspectos fundamentales en el proceso educativo, pues proporcionan directrices para que los docentes planifiquen, desarrollen y evalúen el aprendizaje de manera efectiva. De modo que, es fundamental una planificación metodológica adecuada, la selección de contenidos pertinentes y una evaluación constante sobre el proceso de aprendizaje. Igualmente, la coherencia entre las prácticas de enseñanza y los objetivos pedagógicos, teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes, el contexto y los recursos disponibles.

Por su parte, Coll (1991) describe estas orientaciones como estrategias y procedimientos planificados que facilitan y promueven el aprendizaje significativo. En contraste, Imbernón (2002) las define como un conjunto de recomendaciones y criterios que los docentes deben considerar para organizar y desarrollar su práctica pedagógica, siempre atendiendo a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. De ahí que, su implementación permite estructurar

y organizar el proceso pedagógico de manera efectiva, así como encontrar soluciones a las distintas situaciones que se presentan en su práctica cotidiana (Barragán et al., 2017).

Ahora bien, el diseño de estas orientaciones didácticas implica la creación de directrices y planes específicos que alineen la enseñanza con los objetivos educativos, facilitando así un aprendizaje más efectivo y significativo (Zabalza, 2003). Por otro lado, suponen la puesta en práctica de las estrategias y métodos planificados en el aula, transformando las directrices en acciones pedagógicas concretas que favorezcan el aprendizaje de los estudiantes. Es por ello que, se hace necesario un análisis detallado del contexto educativo, considerando las características del entorno, las necesidades del estudiantado, los recursos disponibles y las políticas educativas vigentes (Coll, 1991).

De acuerdo con Yániz & Villardón (2008), en principio, se deben definir objetivos educativos claros y alcanzables que guíen el proceso de enseñanza y aprendizaje, y seleccionar y organizar los contenidos de manera pertinente y acorde con el nivel educativo. Posteriormente, identificar y planificar estrategias metodológicas adecuadas para alcanzar dichos objetivos; junto con el diseño de instrumentos y métodos de evaluación que permitan medir el logro de los objetivos educativos y el progreso del aprendizaje estudiantil (Muñoz et al., 2016). Dentro de la Tabla 6 se contrasta los aspectos que inciden en el diseño e implementación de las orientaciones didácticas, desde una mirada disciplinar y transdisciplinar.

**Tabla 6.** Diseño e implementación disciplinar vs. Transdisciplinar de orientaciones didácticas.

	<b>Diseño e implementación de orientaciones didácticas</b>	
	<b>Disciplinar</b>	<b>Transdisciplinar</b>
<b>Estructura</b>	Se refiere a materias específicas. Cada disciplina tiene su propio conjunto de objetivos, contenidos, métodos y evaluaciones.	Se centra en temas o problemas que requieren la colaboración de diversas disciplinas para ser comprendidos y resueltos.
<b>Contenido</b>	Se centra en los conocimientos y habilidades específicos de cada disciplina. Busca profundizar en el conocimiento.	Se selecciona en función de su relevancia para temas globales o problemas complejos. Se busca una comprensión más amplia y profunda.
<b>Metodología</b>	Alineada con las prácticas y teorías específicas de cada disciplina.	Diversa y flexible, adaptándose a la naturaleza del problema o tema abordado. Se fomenta el ABP, la investigación colaborativa y el pensamiento crítico.
<b>Evaluación</b>	A través de exámenes y pruebas que miden el conocimiento y habilidades dentro de la disciplina específica.	Incluye una variedad de métodos. Se valora la capacidad de integrar y aplicar conocimientos de diferentes campos del conocimiento en la realidad; así como el desarrollo de competencias transversales: pensamiento crítico, creatividad y colaboración.
<b>Ambiente de aula</b>	La enseñanza suele ser directa y centrada en el docente. Las actividades están diseñadas para cumplir con los objetivos de la disciplina.	La enseñanza es más interactiva y centrada en el estudiante. Se utilizan metodologías activas que fomentan la exploración, la experimentación y la colaboración.
<b>Recursos</b>	Se utilizan recursos especializados y materiales didácticos específicos de cada disciplina.	Se emplean recursos variados, incluyendo proyectos colaborativos, plataformas de aprendizaje, herramientas digitales que permiten la simulación de sistemas complejos y actividades que vinculan ciencia, arte, tecnología y sociedad.

Fuente: elaboración propia.

### **Metodologías activas**

A través de estas metodologías, el estudiante se convierte en el protagonista de su propio aprendizaje, favoreciendo un ambiente educativo auténtico en el que desarrolle independencia, iniciativa, colaboración e inventiva. Según Labrador & Andreu (2008), las metodologías activas incluyen los métodos, estrategias y tácticas empleadas por el docente para

transformar la enseñanza en un proceso dinámico que fomente la participación estudiantil y conduzca a un aprendizaje significativo. En este modelo, el aprendizaje se construye a través del trabajo en equipo, la adaptabilidad, el dinamismo y la autonomía, al mismo tiempo que logran fomentar una actitud reflexiva y crítica.

De acuerdo con Deslauriers et al. (2019), el éxito del aprendizaje activo depende, en gran medida, de la motivación y el compromiso de los estudiantes. Para ello, es fundamental que estos reconozcan el valor de trabajar activamente con el material de estudio durante el proceso de aprendizaje. En esta misma línea, Pérez (2019) destaca que las metodologías activas y cooperativas mejoran el rendimiento académico y, a su vez, fortalecen la motivación y el compromiso en el proceso pedagógico. En la Tabla 7 se relacionan algunas de las metodologías activas para la enseñanza y el aprendizaje.

**Tabla 7.** Clases de metodologías activas para la enseñanza-aprendizaje.

<b>Tipo de metodología</b>	<b>Descripción</b>
<b>Aula Invertida</b> <i>(Flipped Classroom)</i>	Corresponde a una práctica educativa que promueve el abordaje y comprensión de contenidos desde casa, a través de la observación de materiales audiovisuales generados por el docente. Las tereas, por su parte, se efectúan en el salón de clases bajo la supervisión del docente (Elzeky et al., 2022; Kostaris et al., 2017).
<b>Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)</b>	Es una metodología de aprendizaje cuyo punto de partida es un problema o situación que permite al estudiante identificar los requerimientos necesarios para comprenderlo en profundidad (Labrador y Andreu, 2008). Constituye una estrategia de enseñanza-aprendizaje que promueve la construcción de conocimiento, así como el desarrollo de competencias, actitudes y valores. A través del trabajo en grupo y con la orientación de un guía, los estudiantes analizan y resuelven problemas diseñados para alcanzar objetivos de aprendizaje específico (Fundación Telefónica, 2014).

<b>Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)</b>	Hace referencia a una metodología de trabajo en la que grupos de estudiantes seleccionan un tema de acuerdo con sus intereses y desarrollan un proyecto relacionado (Espejo y Sarmiento, 2017). En este sentido, su propósito es abordar un problema concreto desde una perspectiva integral, incorporando diversas áreas del conocimiento para una comprensión más amplia y significativa (Marti et al., 2010).
<b>Aprendizaje Basado en el Juego (GBL)</b>	Esta metodología consiste en aprender a través de juegos (Pyle & Danniels, 2018). Para Sailema et al. (2023) Los juegos serios, el aprendizaje basado en juegos y la gamificación son estrategias que integran elementos lúdicos en la educación. Los juegos serios se diseñan específicamente con fines educativos y no tienen un propósito recreativo. El aprendizaje basado en juegos consiste en utilizar juegos que no se crearon con objetivos educativos, pero que el docente adapta para fomentar la transferencia de conocimientos a la vida cotidiana. En cuanto a la gamificación, esta aplica elementos del juego en contextos no lúdicos, como la educación, con el propósito de mejorar la experiencia de aprendizaje y aumentar la motivación de los estudiantes.
<b>Gamificación</b>	El objetivo de la gamificación es aprender, impulsar el enfoque o concentración, el esfuerzo y demás valores positivos que son frecuentes en los juegos. El aprendizaje a través de la gamificación, como táctica metodológica para la enseñanza, se destaca por su versatilidad y su capacidad para generar experiencias dinámicas y motivadoras. Gracias a su naturaleza lúdica, la gamificación se ha convertido en una estrategia clave para enfrentar desafíos en el aula, como la falta de atención y la desmotivación de los estudiantes. (Picón, 2019).
<b>Aprendizaje cooperativo</b>	En este enfoque de aprendizaje, se emplea una didáctica basada en grupos pequeños, donde los estudiantes trabajan de manera colaborativa para potenciar tanto su propio aprendizaje como el de sus compañeros. Este método contrasta con el aprendizaje competitivo, en el que cada estudiante realiza actividades de forma individual y en oposición a los demás para alcanzar sus objetivos (Johnson et al., 1999).
<b>Aprendizaje colaborativo</b>	Para Roselli (2016) una práctica recurrente en la investigación en psicología y educación, frecuentemente vinculada al trabajo en grupo. Durante la década de los 90, adquirió mayor relevancia en el ámbito epistémico, lo que llevó a su reconocimiento como aprendizaje colaborativo. Según Collazos & Mendoza (2009) el aprendizaje colaborativo es un campo destacado de investigación, ya que facilita la reflexión de los estudiantes sobre la colaboración. Para su implementación, es fundamental un enfoque interdisciplinario que permita comprender los factores que influyen tanto en el aprendizaje como en la dinámica del trabajo en equipo.

Fuente: elaboración propia.

Dentro de las metodologías activas que favorecen el aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, Castelo (citado en Sailema, 2022) señala que su implementación depende en gran medida de cada docente. Algunas estrategias, como el *Flipped Classroom*, requieren un alto nivel de compromiso y dedicación por parte de los estudiantes, pues el tiempo invertido en el estudio, tanto en la escuela como en casa, suele superar el que un adulto destina a su trabajo. Por este tipo de exigencias, a pesar de ser metodologías modernas y efectivas, su uso ha sido limitado.

Asimismo, el aprendizaje colaborativo se considera una estrategia viable principalmente en los cursos de primero y segundo de bachillerato, teniendo en cuenta que en estos niveles los estudiantes han desarrollado la madurez necesaria para beneficiarse de este enfoque. Según Perdomo & Rojas (2019), la gamificación se ha consolidado progresivamente como un referente clave en la innovación pedagógica en diversas áreas del conocimiento. Este enfoque desafía los modelos tradicionales de enseñanza y facilita el acceso al conocimiento a una población con necesidades cada vez más diversas.

Por su parte, Sánchez y Flórez (citado en Sailema, 2022) destacan que la implementación de actividades de aprendizaje basadas en la creatividad, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo, dentro y fuera del aula, tiene un impacto significativo en el rendimiento académico. Es así como, estas metodologías generan una transformación en las estrategias de aprendizaje, pasando de un procesamiento mecánico de la información a un enfoque más elaborado, donde los contenidos se construyen, transmiten y teorizan de manera activa. Además, fomentan el desarrollo de la creatividad a través del trabajo en grupo, lo que fortalece la interacción social y permite la participación de los estudiantes según sus distintos estilos de aprendizaje.

En opinión de Aguilar (2012), la identificación de estos estilos y el uso de estrategias de enseñanza acordes con estos contribuyen al aprendizaje significativo. En este sentido, metodologías como el aprendizaje colaborativo y el uso del laboratorio como espacio de investigación se consolidan como estrategias efectivas en el proceso educativo. A partir de ahí, el rol del docente es motivar a los estudiantes a desarrollar su autonomía en la construcción del saber y fortalecer su pensamiento crítico. En este modelo, el estudiante se convierte en el eje central del aprendizaje, lo que se traduce en una mejora en la calidad educativa (Coello et al., 2016).

Desde esta perspectiva, López et al. (2008) proponen una metodología que combina la técnica de aprendizaje colaborativo *Learning Together* con la teoría del aprendizaje significativo para optimizar el rendimiento y la motivación estudiantil. Los resultados de implementación de este enfoque aportó a la socialización entre los estudiantes, el trabajo en equipo, la reducción de la ansiedad ante el estudio y la relación entre docentes y alumnos. En virtud de ello, consideran que el trabajo colaborativo, como estrategia didáctica, resulta esencial en la enseñanza de disciplinas y para el desarrollo de habilidades que aportan a la construcción del conocimiento.

### **Metodologías para emplear en las orientaciones didácticas**

El empleo de metodologías activas en la enseñanza de las Ciencias Naturales y las Matemáticas permite preparar a los docentes para afrontar situaciones reales en su vida profesional. Estas metodologías apelan a prácticas basadas en los enfoques de aprender a aprender, la metacognición, el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje autorregulado y el trabajo colaborativo. Siendo así, la transdisciplinariedad configura una perspectiva didáctica que

reconoce la interconexión entre disciplinas como una posibilidad para favorecer el desarrollo de la autonomía, la motivación y las habilidades en entornos colaborativos (Asunción, 2019).

Las metodologías activas buscan orientar el proceso educativo hacia un aprendizaje integral y continuo, en el cual el estudiante construye su propio conocimiento mediante la práctica, en lugar de recurrir a la mera memorización. Para Pastora & Fuentes (2021) las orientaciones didácticas disciplinares suelen incluir metodologías como la instrucción directa, donde el docente es el principal transmisor del conocimiento, y el aprendizaje basado en competencias, el cual influye en el desarrollo de habilidades específicas dentro de una disciplina. Estas estrategias se complementan con evaluaciones estandarizadas, actividades prácticas y metodologías enfocadas en el dominio de contenidos.

Por otro lado, las orientaciones didácticas transdisciplinares promueven metodologías más integradoras, como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) donde se involucra a los estudiantes en la resolución de problemas reales, y el trabajo colaborativo, que permite la integración de conocimientos de distintas disciplinas. Estas estrategias fomentan el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico y la creatividad, además de ofrecer soluciones holísticas a problemas complejos. Para su implementación, es fundamental considerar las particularidades del contexto educativo, las características de los estudiantes y su conexión con la realidad social y científica (Díaz-Barriga, 2005).

En opinión de Luis & Jaramillo (2015), el empleo de metodologías activas como enfoques de enseñanza transforma el proceso educativo en experiencias significativas, promoviendo la participación del estudiante y el desarrollo de competencias tanto específicas como transversales. Estas metodologías buscan eliminar la pasividad y la memorización, favoreciendo la reflexión y colocando al estudiante en el centro del aprendizaje. Desde una

perspectiva transdisciplinaria, fomentan la acción, la interacción, la experimentación y el aprendizaje a través de la práctica, creando un entorno dinámico y relevante para la formación integral del estudiante.

Por lo anterior, las metodologías activas presentan diversas ventajas, entre ellas la transformación del aprendizaje en un proceso más eficaz, la promoción del compromiso y la participación del estudiante en la construcción de conocimiento. No obstante, implican desafíos, como el ritmo exigente que imponen a los docentes, la dificultad para abarcar todo el contenido curricular, la resistencia inicial de algunos estudiantes y los retos en los procesos de evaluación. Para implementarlas con éxito, es crucial evaluar continuamente el programa, conocer a los estudiantes, diseñar estrategias innovadoras, complementar con el uso de tecnologías y fomentar ambientes colaborativos y participativos (Asunción, 2019).

## **Marco teórico**

En esta sección se realiza se desarrolla un análisis pertinente a partir de las categorías definidas para la investigación, articulado con una perspectiva compleja según el enfoque de Morin (2002) quien sostiene que los fenómenos educativos deben ser entendidos como realidades dinámicas, interrelacionadas y multidimensionales.

## **Transdisciplinariedad y complejidad: fundamentos para una educación integral y contextualizada**

La presente investigación se fundamenta en la perspectiva de la complejidad, entendida como un enfoque epistemológico que reconoce la multidimensionalidad, la incertidumbre y la interconexión de los fenómenos que configuran el mundo contemporáneo. Desde esta mirada, propuesta por Morin (2002) en su obra *Unir los conocimientos*, se hace necesario romper con las

lógicas de fragmentación del saber, que han prevalecido en los sistemas educativos modernos, para propiciar una comprensión más holística, crítica y pertinente de la realidad. Asimismo, Morin (1999) plantea que el conocimiento no puede seguir siendo parcelado en disciplinas sin interacción, ya que los desafíos actuales –ambientales, sociales, científicos y culturales– son por naturaleza complejos, transversales y profundamente entrelazados.

En este sentido, aboga por la inter y transdisciplinariedad como rutas para articular saberes dispersos y permitir la emergencia de una inteligencia que integre la diversidad, reconozca la incertidumbre y asuma la incompletud del conocimiento humano. Desde la educación, esta mirada exige repensar las prácticas pedagógicas y curriculares, situando el aprendizaje como una experiencia que trascienda la memorización de contenidos para abrirse al diálogo entre saberes, a la problematización del entorno y al pensamiento crítico. Para Morin (1999), la unidad del conocimiento no está en la homogeneidad, sino en la articulación de sus diferencias, en la posibilidad de construir sentido desde la interacción entre lo físico, lo biológico, lo social, lo cultural y lo subjetivo.

Adoptar una mirada compleja en el contexto escolar implica, por tanto, promover espacios de reflexión, indagación y construcción colectiva, donde los estudiantes puedan comprender fenómenos desde múltiples perspectivas y generar propuestas significativas ante los retos de su entorno. Esta investigación asume este enfoque como eje estructurante, al considerar que solo una educación que piense el mundo desde su complejidad puede formar sujetos éticos, críticos y transformadores. De ahí que, la transdisciplinariedad surge no sólo como un enfoque, sino como una necesidad epistémica que permite abordar los desafíos contemporáneos de manera integral, articulando saberes científicos, sociales, culturales y éticos.

La mirada compleja del mundo reconoce que la realidad está tejida por múltiples dimensiones interconectadas. Esta visión invita a superar las estructuras rígidas de las disciplinas tradicionales, promoviendo el diálogo entre saberes para comprender fenómenos multifacéticos como el cambio climático, las desigualdades sociales, los avances tecnológicos y los conflictos éticos del presente. La educación, entonces, debe responder a esta complejidad fomentando una formación que integre, relacione y contextualice el conocimiento.

En el contexto educativo de la educación media en Bogotá, promover una mirada compleja implica repensar los enfoques de enseñanza-aprendizaje en ciencias naturales y matemáticas. La transdisciplinariedad permite entrelazar conceptos de ambas áreas del conocimiento para responder a preguntas significativas del entorno. Por ejemplo, el estudio del ciclo del agua no se limita a su explicación desde la física, sino que se enriquece al incorporar nociones matemáticas (gráficas, medición, modelación), sociales (acceso y gestión del recurso), y éticas (uso responsable del agua).

En este orden de ideas, Morin (1999) señala que el conocimiento fragmentado puede producir una ceguera intelectual frente a los desafíos globales. Por eso, en lugar de formar especialistas en saberes aislados, propone formar ciudadanos capaces de enfrentar la incertidumbre, la contradicción y la emergencia. Desde esta lógica, la transdisciplinariedad no sólo enriquece el conocimiento, sino que fortalece competencias fundamentales como el pensamiento crítico, la creatividad, la argumentación y la toma de decisiones informadas.

El docente, desde esta perspectiva, ya no es un transmisor de verdades acabadas, sino un mediador que facilita conexiones significativas entre los saberes, las experiencias y los contextos de los estudiantes. El estudiante, por su parte, deja de ser un receptor pasivo y se convierte en un sujeto activo, capaz de construir, cuestionar e integrar conocimientos diversos. La escuela,

finalmente, se convierte en un espacio para la problematización del mundo, la colaboración entre saberes y la construcción colectiva de soluciones. Este enfoque también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que demandan una educación capaz de empoderar a los jóvenes para actuar de manera informada y comprometida con los retos globales. Asimismo, se conecta con las políticas educativas nacionales que promueven la formación integral, la ciudadanía activa y la innovación pedagógica.

En síntesis, el marco teórico que sustenta esta propuesta parte de una visión compleja del conocimiento inspirada en Morin (1999), en la que la transdisciplinariedad se constituye como una vía para reconstruir el sentido del saber escolar, articular la ciencia con la vida y promover una educación más humana, pertinente y transformadora. La Tabla 98 expone las coincidencias y las diferencias entre la transdisciplinariedad y una mirada del complejo del mundo.

**Tabla 8.** Tabla comparativa: transdisciplinariedad y pensamiento complejo.

<b>Aspecto</b>	<b>Transdisciplinariedad</b>	<b>Pensamiento Complejo</b>	<b>Coincidencias y Diferencias</b>
<b>Origen Epistemológico</b>	Responde a la fragmentación disciplinar y busca superarla desde el diálogo entre saberes.	Plantea una crítica al pensamiento simplificador y promueve una lógica integradora.	<b>Coinciden</b> en cuestionar la separación de los saberes y proponen una visión integradora. <b>Difieren</b> en que la transdisciplinariedad es más pragmática y pedagógica.
<b>Relación con las disciplinas</b>	Trasciende los límites disciplinares buscando conexiones entre distintas áreas del saber.	Invita a disolver fronteras entre disciplinas para captar la complejidad de los fenómenos.	<b>Coinciden</b> en superar la rigidez disciplinar. <b>Difieren</b> en el enfoque: lo transdisciplinar busca integración pedagógica, lo complejo es más filosófico y sistémico.
<b>Propósito educativo</b>	Abordar problemas reales mediante la integración de saberes y actores.	Formar sujetos capaces de enfrentar la incertidumbre, el error y la contradicción.	<b>Coinciden</b> en buscar una educación significativa. <b>Difieren</b> en el foco: uno es aplicado, otro reflexivo y ético.
<b>Relación con la realidad</b>	Se centra en problemas contextuales del entorno social, ambiental o tecnológico.	Reconoce la realidad como un sistema interrelacionado, incierto y dinámico.	<b>Coinciden</b> en valorar el contexto y la complejidad del mundo. <b>Difieren</b> en que la transdisciplinariedad opera desde la solución, lo complejo desde la comprensión.
<b>Rol del estudiante</b>	Protagonista activo que investiga, integra saberes y propone soluciones.	Sujeto que aprende a pensar, reflexionar y actuar con conciencia crítica.	<b>Coinciden</b> en una visión activa del estudiante. <b>Difieren</b> en el énfasis: uno en la acción y otro en la reflexión.
<b>Rol del docente</b>	Experto y facilitador del diálogo entre saberes y orientador de proyectos significativos.	Mediador del conocimiento complejo, guía del pensamiento crítico y ético.	<b>Coinciden</b> en transformar el rol tradicional del maestro. <b>Difieren</b> en que el pensamiento complejo

			exige una postura filosófica más profunda.
<b>Producción de conocimiento</b>	Colectiva, contextualizada, interdisciplinar y orientada a resolver problemas.	Holística, relacional, autorreflexiva y abierta a la incertidumbre.	<b>Coinciden</b> en rechazar el conocimiento cerrado. <b>Difieren</b> en los métodos: lo transdisciplinar enfatiza proyectos, lo complejo procesos relacionales.
<b>Énfasis</b>	Interacción entre saberes, aprendizaje basado en problemas o proyectos.	Pensamiento en red, integración, contextualización y reflexión constante.	<b>Coinciden</b> en el enfoque flexible. <b>Difieren</b> en el fundamento: uno metodológico, el otro epistemológico.
<b>Valoración del contexto</b>	Es el punto de partida del aprendizaje; se abordan problemas reales y cercanos.	Es esencial para comprender las relaciones entre fenómenos diversos.	<b>Coinciden</b> en la centralidad del contexto. <b>Difieren</b> en la forma: uno lo usa como insumo, el otro lo interpreta como parte del sistema de conocimiento.

Fuente: elaboración propia.

## **Planteamientos de carácter conceptual propio de la problemática transdisciplinar**

En este apartado se abordan los fundamentos teóricos necesarios para comprender fenómenos complejos como el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua. Estos temas no solo representan desafíos científicos y ambientales, sino también educativos, pues requieren enfoques que integren diversas disciplinas para su análisis y comprensión. Incorporar estos planteamientos en el marco conceptual de la tesis resulta esencial, ya que permite contextualizar la necesidad de una educación que forme estudiantes capaces de interpretar y enfrentar problemáticas reales, superando visiones fragmentadas del conocimiento.

Para la selección del tema “calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua” como eje articulador de la propuesta didáctica transdisciplinar, se consideraron diversos criterios desde las disciplinas, que permitieron evidenciar su pertinencia, relevancia y posibilidad de ser abordado desde múltiples saberes. A continuación, se desarrollan los principales criterios conceptuales, científicos y pedagógicos tenidos en cuenta:

Desde la física, se valoró que el ciclo del agua permite abordar conceptos fundamentales como la energía térmica, los cambios de estado, la radiación solar, el equilibrio térmico y el transporte de calor. Además, el calentamiento global involucra procesos físicos como el efecto invernadero, la variación de la temperatura terrestre y los cambios en la distribución energética del planeta, todos conceptos esenciales en la formación de los estudiantes de educación media.

Desde las ciencias naturales, específicamente la biología y la ecología, se reconoció que el ciclo del agua es un proceso vital para los ecosistemas y para la vida en general. El calentamiento global tiene efectos directos sobre la biodiversidad, los hábitats naturales, el régimen de lluvias, la disponibilidad del recurso hídrico y los procesos de adaptación de los

organismos. Esto permite una reflexión sobre las interacciones entre los sistemas naturales y las acciones humanas, fortaleciendo la educación ambiental crítica.

Desde la química, se consideró la posibilidad de trabajar aspectos como la composición atmosférica, los gases de efecto invernadero, las reacciones químicas implicadas en la contaminación y en el cambio climático, así como los procesos de acidificación del agua y sus consecuencias en el entorno natural. Esta disciplina aporta claves para entender los mecanismos químicos que amplifican el calentamiento global.

Desde las matemáticas, el tema permite desarrollar habilidades relacionadas con la lectura e interpretación de datos, el análisis de gráficas, el modelado de fenómenos, el uso de porcentajes, promedios, funciones y proyecciones estadísticas. Estas herramientas son esenciales para interpretar tendencias climáticas, cuantificar impactos y generar proyecciones sobre el comportamiento futuro del sistema climático.

En síntesis, la elección de este tema se fundamentó en su alto potencial para integrar saberes, su relevancia para comprender problemáticas actuales y su valor educativo para promover una conciencia crítica y transformadora en los estudiantes. De igual forma, el tema permite abordar competencias científicas, matemáticas, sociales y éticas, así como fomentar el desarrollo del pensamiento complejo, en línea con los postulados del enfoque transdisciplinar y del paradigma de la complejidad que sustentan esta investigación.

### **El calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua**

El calentamiento global es un fenómeno complejo que afecta prácticamente a todos los sistemas naturales y tiene profundos impactos en el ciclo del agua. Este ciclo, fundamental para mantener la vida en la tierra, incluye la evaporación, condensación y precipitación, que se están

alterando significativamente por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estas alteraciones son producto de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura intensiva (Guo et al., 2023; Guo et al., 2021).

### **Alteración de los patrones climáticos debido a los gases de efecto invernadero**

Los gases de efecto invernadero (GEI) intensifican el efecto invernadero natural, a través de las temperaturas globales y desestabilizando sistemas atmosféricos complejos que regulan el clima (Guo et al., 2021). Estos gases, como el dióxido de carbono y el metano, atrapan la radiación infrarroja que, de otro modo, escaparía al espacio, provocando un aumento en la temperatura media del planeta. Dicha variación térmica altera los patrones de temperatura y precipitación, impactando tanto climas fríos como tropicales (Jeffrey et al., 2021). Así pues, en las zonas de latitudes altas, los inviernos son más cortos y cálidos, mientras que en regiones más cálidas los veranos se vuelven más prolongados e intensos.

Sumado a eso, el incremento de las temperaturas acelera la evaporación y aumenta la cantidad de vapor de agua en la atmósfera (Melo & Edison, 2023). A su vez, este vapor actúa como un potente gas de efecto invernadero que retiene aún más calor, intensificando el ciclo hidrológico. Como consecuencia, algunas regiones experimentan lluvias torrenciales y tormentas severas; mientras que en otras la mayor evaporación reduce la humedad del suelo y acentúa las sequías. A menudo, las precipitaciones extremas pueden derivar en inundaciones y, por su parte, la falta prolongada de lluvias en afectaciones sobre la agricultura y el suministro de agua potable.

En este sentido, la alteración de fenómenos como El Niño y La Niña repercute en las precipitaciones, sequías y tormentas en diversas partes del mundo, y contribuye a la acidificación de los océanos (Allison et al., 2021). Es así como, con el incremento de estos gases, la atmósfera

se vuelve más inestable y cálida, lo que crea condiciones propicias para eventos climáticos extremos. Por eso, olas de calor, incendios forestales, huracanes y ciclones son cada vez más frecuentes y devastadores. Incluso, en regiones donde la infraestructura no está preparada para tales extremos, estos eventos han logrado causar daños significativos en las comunidades a nivel social y económico (Pérez & Méndez, 2024).

Por esta razón, el calentamiento global ha acelerado el deshielo de glaciares, capas de hielo en Groenlandia y la Antártida, y la reducción de nieve en zonas montañosas. Estos cambios contribuyen al aumento del nivel del mar y modifican las corrientes oceánicas, lo que impacta directamente la distribución del calor en los océanos y altera la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos como huracanes y ciclones en regiones costeras. Asimismo, los océanos absorben gran parte del calor adicional generado por los gases de efecto invernadero, como una situación que logra modificar la temperatura de las corrientes marinas y afecta la regulación del clima global (Allison et al., 2021)

Sumado a eso, el desplazamiento de zonas climáticas hacia los polos es otro efecto del calentamiento global. Las áreas que anteriormente tenían un clima templado ahora experimentan condiciones más cálidas, lo que afecta los ecosistemas locales, la producción agrícola y la biodiversidad. A su vez, estos cambios influyen en los patrones migratorios de los animales y en la distribución de enfermedades (You et al., 2021); junto con el aumento de la temperatura que altera los patrones de presión y la circulación de vientos a gran escala en la atmósfera. Estos cambios afectan los vientos alisios, las corrientes en chorro y otros sistemas globales de vientos, lo que modifica la distribución del calor y la humedad en distintas regiones (Liu et al., 2020).

Como resultado, las sequías se intensifican en áreas secas, mientras que en regiones lluviosas las precipitaciones se vuelven más extremas. En conjunto, los efectos de los gases de

efecto invernadero sobre los patrones climáticos generan profundas repercusiones en el ciclo del agua, el derretimiento de hielos, las corrientes oceánicas y la frecuencia de eventos climáticos extremos. Estas alteraciones impactan el equilibrio ecológico del planeta y, por ende, comprometen la estabilidad de la agricultura, el suministro de agua y la vida humana.

### **Calentamiento global: causas y efectos primarios**

El calentamiento global hace referencia al aumento sostenido de la temperatura media en la superficie de la tierra. La comunidad científica coincide en que este fenómeno es impulsado, en gran medida, por la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Estos gases atrapan el calor en la atmósfera, impidiendo que se disipe al espacio, lo que provoca un incremento en la temperatura de la superficie terrestre y de los océanos (Lara, 2021). Desde la Revolución Industrial, las concentraciones de  $\text{CO}_2$  han aumentado más de un 40%, intensificando el efecto invernadero natural y acelerando el calentamiento global.

Los gases de efecto invernadero (GEI) se crean a través de procesos naturales y actividades humanas. A continuación, se detallan las principales fuentes de creación de estos gases y cómo cada una contribuye al calentamiento global.

- **Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).** Este gas proviene de fuentes naturales como la respiración de los seres vivos, la descomposición de materia orgánica y la actividad volcánica. Sin embargo, las actividades humanas han incrementado su concentración de manera alarmante. La quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) en la generación de electricidad, el transporte y la industria es su principal fuente antrópica.

Asimismo, la deforestación reduce la capacidad de los ecosistemas para absorber CO<sub>2</sub>, agravando su acumulación en la atmósfera (Rodríguez, 2024).

- **Metano (CH<sub>4</sub>).** Con menor concentración que el CO<sub>2</sub>, el metano es un gas con un potencial de calentamiento mucho mayor, producto de la descomposición anaeróbica en pantanos y humedales. No obstante, actividades humanas como la ganadería intensiva (digestión de rumiantes como vacas y ovejas), el cultivo de arroz, la gestión de residuos en vertederos y la extracción de combustibles fósiles son responsables de un aumento significativo de sus emisiones (Garijo, 2020).
- **Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).** Con una elevada capacidad de retención de calor, aunque su presencia en la atmósfera es menor, surge de suelos y océanos debido a la acción de microorganismos que transforman el nitrógeno. Aunque en concentración ha crecido por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, el manejo de estiércol y la quema de biomasa en la agricultura e industria química (Barrena, 2024).
- **Gases industriales (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>).** Estos compuestos son resultado de procesos industriales. Los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) se utilizan en refrigeración, aerosoles, espumas aislantes y la fabricación de semiconductores. Son altamente persistentes en la atmósfera y tienen un impacto climático significativo (Endara et al., 2020).
- **Vapor de agua (H<sub>2</sub>O).** Aunque es el GEI más abundante en la atmósfera, su presencia no es controlada directamente por la actividad humana. No obstante, el calentamiento global intensifica el ciclo de evaporación, aumentando la concentración de vapor de agua en la atmósfera, lo que refuerza el efecto invernadero (Rodríguez, 2024).

Entre las principales consecuencias del calentamiento global se encuentran el derretimiento de los glaciares, el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos (Padilla, 2020). Sin embargo, uno de los efectos más críticos y menos visibles es su impacto en el ciclo del agua, el cual, a su vez, altera patrones climáticos y afecta la disponibilidad de agua dulce en diversas regiones del planeta. Los gases de efecto invernadero provienen de una combinación de fuentes naturales y actividades humanas, siendo estas últimas las responsables del aumento exponencial en su concentración. La quema de combustibles fósiles, la deforestación, la actividad industrial y ciertos procesos agrícolas han acelerado el calentamiento global, alterando los patrones climáticos y generando impactos a nivel planetario.

En la Tabla 9 se resumen los gases de efecto invernadero, sus fuentes y sus efectos en el calentamiento global.

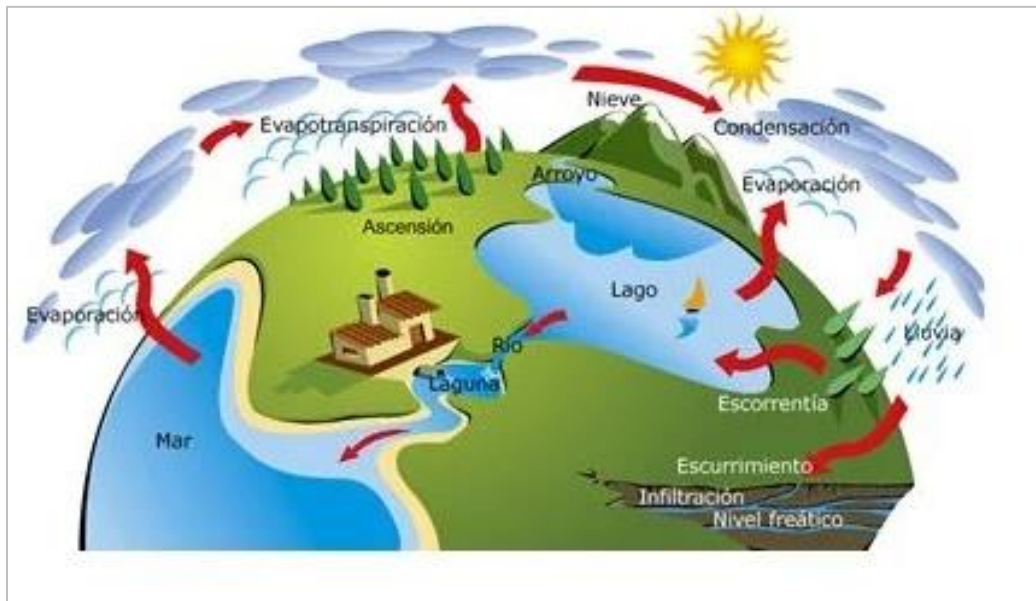
**Tabla 9.** Gases de efecto invernadero, fuentes y efectos.

<b>Gas de efecto invernadero</b>	<b>Fuentes naturales</b>	<b>Fuentes humanas</b>	<b>Efecto en el calentamiento global</b>
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Respiración de seres vivos, descomposición de materia orgánica, actividad volcánica.	Quema de combustibles fósiles (electricidad, industria), transporte, deforestación.	Principal GEI, permanece en la atmósfera durante siglos. Contribuye al calentamiento a largo plazo.
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	Descomposición anaeróbica en pantanos y humedales.	Ganadería intensiva (digestión de rumiantes), cultivo de arroz, vertederos de residuos, extracción y quema de combustibles fósiles.	GEI potente, atrapa 25 veces más calor que el CO <sub>2</sub> en un período de 100 años.
<b>Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	Microorganismos en suelos y océanos.	Uso de fertilizantes nitrogenados, manejo de estiércol, quema de biomasa, industria química.	GEI potente; atrapa 298 veces más calor que el CO <sub>2</sub> en un período de 100 años.
<b>Gases industriales</b>	No hay fuentes naturales.	Uso en refrigeración, aerosoles, fabricación de semiconductores (HFC, PFC, SF <sub>6</sub> ).	Muy potente, permanece en la atmósfera por siglos y tiene alto poder de calentamiento.
<b>Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)</b>	Evaporación de océanos, ríos y lagos, transpiración de plantas.	No se produce directamente, pero se incrementa con el aumento de temperatura causado por otros GEI.	Potencia el efecto invernadero, atrapando más calor en la atmósfera.

Fuente: elaboración propia.

## El ciclo del agua y su papel en la regulación del clima

El ciclo del agua es un proceso continuo que incluye la evaporación del agua de océanos, ríos y lagos. Desde su transporte en forma de vapor, hasta su condensación en la atmósfera para formar nubes y, finalmente, la precipitación en forma de lluvia, nieve o granizo son momentos importantes dentro de este (Yang et al., 2021). De esta manera, gran parte del agua de la precipitación es absorbida por el suelo y nutre las plantas, mientras que el resto regresa a los cuerpos de agua y completa el ciclo (Figura 2).



**Figura 2.** Ciclo del agua.

Fuente: recuperado de Sposob (2024).

Este ciclo permite la regulación del clima global. Los océanos, que cubren más del 70% de la superficie terrestre, absorben una gran cantidad de calor del sol y lo liberan de forma gradual, ayudando a mantener temperaturas moderadas (Yang et al., 2021). Además, el agua en la atmósfera actúa como un regulador térmico, ayudando a distribuir el calor en todo el planeta. Para ilustrar, los océanos, que cubren más del 70 % de la superficie terrestre, absorben una gran cantidad de calor del sol y lo liberan de forma gradual, ayudando a mantener temperaturas

moderadas. De modo que, el agua en la atmósfera actúa como un regulador térmico, distribuyendo el calor por todo el planeta.

Es así como, la interrupción del ciclo del agua afectaría gravemente tanto los ecosistemas como las sociedades humanas, dado que este proceso garantiza la distribución del agua y la regulación del clima. Si factores como el cambio climático, la deforestación o la contaminación alteraran este ciclo, los patrones de evaporación, condensación y precipitación sufrirían modificaciones (Chaudhry & Sidhu, 2021). Una de las primeras consecuencias sería el aumento de fenómenos extremos. Las zonas áridas podrían enfrentar sequías prolongadas debido a la disminución de precipitaciones, mientras que otras regiones experimentarían lluvias intensas y tormentas más frecuentes.

Esto impactaría la disponibilidad de agua dulce, afectando el abastecimiento para el consumo humano, la agricultura y la industria. A su vez, la flora y la fauna que dependen de la estabilidad del ciclo hídrico estarían en riesgo, lo que alteraría la biodiversidad y pondría en peligro la seguridad alimentaria en muchas regiones. Sin lugar a duda, los cambios en la distribución del agua contribuirían al aumento del nivel del mar y a la erosión de suelos fértiles (Yang et al., 2021). Entonces, la interrupción del ciclo del agua compromete la supervivencia de los seres vivos, el equilibrio climático y la sostenibilidad del planeta.

### **Impacto del calentamiento global en la evaporación y la condensación**

Uno de los efectos más directos del calentamiento global en el ciclo del agua es el aumento de la tasa de evaporación. A medida que las temperaturas suben, más agua se evapora de los océanos y otros cuerpos de agua, incrementando la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. De hecho, este vapor es un gas de efecto invernadero que atrapa el calor, el cual, por

su naturaleza, genera un ciclo de retroalimentación positiva que intensifica el calentamiento global. De igual manera, es un fenómeno que genera una afectación profunda sobre los procesos de condensación y precipitación (Pérez & Méndez, 2024).

Es así como, una atmósfera más cálida retiene mayor humedad, lo que puede generar tormentas más intensas y lluvias torrenciales en algunas regiones, mientras que otras pueden enfrentar sequías prolongadas. Así pues, el calentamiento global no solo modifica la cantidad de precipitación, sino también su distribución espacial y temporal (Lorenzo, 2024). Igualmente, el aumento de las temperaturas intensifica la evaporación en océanos, lagos y ríos, elevando la concentración de vapor de agua en la atmósfera. Esto incrementa la probabilidad de lluvias intensas en ciertas áreas y refuerza el efecto invernadero, dado que el vapor de agua contribuye al calentamiento global.

Desde otra perspectiva, el calentamiento redistribuye las precipitaciones, volviéndolas más intensas, pero menos frecuentes, lo que podría causar tanto sequías como lluvias torrenciales, exacerbando fenómenos extremos como ciclones y huracanes (Vallis, 2020). Según otro enfoque, los cambios en la temperatura de la superficie terrestre y marina alteran las corrientes de aire, afectando la condensación del vapor de agua. Esto puede reducir la formación de nubes en ciertas regiones, disminuyendo las precipitaciones. Finalmente, el modelo de retroalimentación atmosférica plantea que la formación y el tipo de nubes influyen en la temperatura; mientras que, las nubes altas y densas reflejan parte de la radiación solar y atrapan calor en la atmósfera, lo que podría acelerar el cambio climático (Avello, 2023).

## **Cambios en los patrones de precipitación y su impacto en la disponibilidad de agua**

Las alteraciones en los patrones de precipitación son uno de los impactos más significativos del calentamiento global en el ciclo del agua. Algunas regiones están experimentando un aumento en las precipitaciones, lo que puede provocar inundaciones y erosión del suelo, aun cuando otras enfrentan una reducción de lluvias, desencadenando sequías severas (Tabari, 2020). El cambio en los patrones de lluvia afecta la capacidad del suelo para absorber el agua, por ser las lluvias más intensas y frecuentes, el suelo se satura rápidamente. Esta situación provoca un mayor escurrimiento superficial y aumentando el riesgo de inundaciones, desbordar ríos y canales, causando daños y pérdidas humanas.

Igualmente, la intensidad y frecuencia de las lluvias pueden acelerar la erosión del suelo, arrastrando la capa superficial rica en nutrientes esenciales para la agricultura. Esto reduce la calidad del suelo y la productividad agrícola, agravando la degradación ambiental (Hoek et al., 2022). La Organización Meteorológica Mundial ha documentado un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos de lluvias extremas en Asia, Europa y América del Norte, mientras que regiones de África, América Central y el sur de Europa enfrentan una notable reducción en las precipitaciones (Martel et al., 2021). Estos cambios impactan gravemente la agricultura, los ecosistemas y la disponibilidad de agua potable.

Para precisar, en 2021, Zhengzhou, China, registró más de 700 mm de lluvia en un solo evento, superando su promedio anual y causando graves inundaciones (United Nations, 2021). De igual manera, Europa ha experimentado un aumento en lluvias extremas desde 1998 (Mettoffice, 2022). En contraste, diferentes regiones ubicadas en África, América Central y el sur de Europa enfrentan sequías prolongadas, siendo esta una situación que pone en riesgo la seguridad hídrica y la viabilidad de los ecosistemas (Mcsweeney, 2021).

## **Derretimiento de glaciares y reducción de hielos perennes**

Los glaciares y las capas de hielo perennes son reservorios críticos de agua dulce, a pesar de que el calentamiento global ha acelerado su derretimiento, reduciendo su tamaño y, en algunos casos, llevándolos a la desaparición. Este fenómeno afecta el suministro de agua en muchas regiones, especialmente en aquellas que dependen del derretimiento estacional (Wainstein et al., 2020). El deshielo es otro de los factores ambientales que impacta el nivel del mar, en cuanto aumenta a medida que los glaciares y las capas de hielo se derriten. Esto pone en riesgo las zonas costeras y altera las corrientes oceánicas, modificando el clima en distintas partes del mundo.

Aunado a ello, la tienen efectos significativos en la navegación internacional, especialmente en las rutas marítimas del Ártico y la Antártida. A medida que las capas de hielo disminuyen, se abren nuevas rutas de navegación en regiones que antes estaban inaccesibles, lo que reduce las distancias y los tiempos de viaje. Así, por ejemplo, la ruta del paso del Noroeste, que conecta el océano Atlántico con el Pacífico a través del Ártico, ha experimentado una mayor apertura debido al derretimiento del hielo, lo que permite a los barcos evitar las largas rutas tradicionales que rodean Sudamérica (Maksimenko, 2023).

Aunque el deshielo mejora la accesibilidad, también aumenta las tensiones geopolíticas sobre los derechos de navegación y la explotación de recursos naturales, lo que complica la cooperación internacional. A lo largo de la historia del planeta han ocurrido fenómenos similares al derretimiento actual de glaciares y la reducción de hielos perennes, aunque a diferentes escalas temporales. Uno de los eventos más conocidos en la historia geológica es el fin de las edades de hielo, o glaciaciones, que han ocurrido en intervalos regulares en los últimos 2.5 millones de años (Thedora, 2020). Durante estos periodos, los glaciares se expandieron y retrocedieron en

ciclos, influenciados por cambios en la órbita de la Tierra, la actividad solar y otros factores naturales.

De modo que, al final de la última glaciación, hace unos 10,000 años, resultó en un rápido derretimiento de los glaciares, lo que provocó un aumento en los niveles del mar y alteró los hábitats de muchas especies (Wainstein et al., 2020). Sumado a eso, se han registrado retrocesos de glaciares más antiguos en periodos como el Mioceno, donde las temperaturas globales eran más altas y se produjeron deshielos significativos, cambiando los ecosistemas y las dinámicas oceánicas (Alfaro, 2023). Estos eventos históricos demuestran que el derretimiento de los glaciares ha sido una constante en la historia de la tierra, aunque ahora está ocurriendo a una velocidad acelerada debido a la actividad humana.

### **Sequías y escasez de agua dulce**

Las sequías prolongadas y la escasez de agua dulce son otras consecuencias críticas del calentamiento global en el ciclo del agua. Con el aumento de la temperatura, las sequías se han vuelto más frecuentes e intensas en regiones áridas y semiáridas. En parte, esto obedece a que la mayor evaporación del agua de los suelos y cuerpos de agua, que reduce la humedad disponible para la vegetación y el suelo (Mishra, 2023). Es por ello que, la escasez de agua tiene graves consecuencias en la seguridad alimentaria, ya que afecta el rendimiento agrícola, y en la salud humana, al reducir la disponibilidad de agua potable.

En algunas regiones del mundo, la competencia por el agua ha desencadenado conflictos, y se prevé que esta situación empeore si las temperaturas globales continúan en aumento. La competencia por los recursos hídricos ha sido una fuente significativa de conflictos en diversas regiones del mundo, especialmente, donde el agua es un recurso limitado y la demanda aumenta

por el crecimiento poblacional, la agricultura y el cambio climático. Este tipo de disputas entre países por el uso del agua de ríos compartidos es común, como resultado del control de las aguas y la construcción de represas han exacerbado tensiones políticas y sociales (Sacho, 2021).

En el Medio Oriente y el África del Norte, la escasez de agua ha sido un factor clave en el desarraigo de comunidades, especialmente en regiones áridas. Esto ha llevado a migraciones masivas y, en algunos casos, ha alimentado conflictos internos, como en Siria, donde la sequía contribuyó a la inestabilidad política. Por otro lado, en el río Colorado en los Estados Unidos, a pesar de los desacuerdos recurrentes con México, se han logrado acuerdos cooperativos para gestionar los recursos hídricos de manera conjunta, mostrando que la competencia no siempre tiene que desembocar en conflicto violento (Choukr, 2021).

### **Impacto en los ecosistemas acuáticos y terrestres**

Los cambios en el ciclo del agua también afectan los ecosistemas acuáticos y terrestres, como ríos, lagos y humedales, dependen de un flujo constante de agua para mantener sus niveles y la calidad de su hábitat. El calentamiento global ha alterado estos flujos, y muchos humedales están desapareciendo debido a la reducción de las precipitaciones y al incremento de la evaporación (Rodríguez et al., 2021). Sumado a esto, y con el aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de precipitación, se ha generado la pérdida de un número considerable de fauna y de regiones costeras completas en diferentes partes del mundo.

Un ejemplo de ello es en Estados Unidos, donde el Informe del Servicio de Pesca y Vida Silvestre (USFWS) (McLean et al., 2022) destaca que los humedales han desaparecido principalmente en regiones como el sureste, los Grandes Lagos y las áreas de los “Prairie Potholes”, con pérdidas significativas de hábitats vegetales, especialmente entre 2009 y 2019. En

esta última década, las pérdidas de humedales vegetados han alcanzado unos 670,000 acres, equivalentes a una superficie comparable al estado de Rhode Island. También, el aumento del nivel del mar ha hecho que muchos humedales se enfrenten con las aguas salinas, lo que deriva en riesgo de inundación en estos ecosistemas (Cahoon et al., 2021).

Este es el caso del Delta del Okavango en África, se han registrado reducciones significativas de agua en el sistema fluvial, lo que afecta la biodiversidad y la capacidad de los humedales para regular el clima y proporcionar hábitats (Mosepele et al., 2022). Para los ecosistemas terrestres, las plantas y animales que dependen de patrones estables de precipitación están experimentando dificultades para adaptarse a las nuevas condiciones. Esto ha llevado a un desplazamiento de algunas especies hacia áreas con condiciones más favorables, mientras que otras enfrentan un riesgo de extinción.

### **Medidas de mitigación y adaptación**

Por la naturaleza crítica del ciclo del agua para la vida en la tierra, es esencial implementar medidas para mitigar y adaptarse a los efectos del calentamiento global. De acuerdo con Cruz & Páramo (2020), entre las medidas de mitigación se incluyen la reducción de emisiones de GEI, la transición a fuentes de energía renovable y la protección de los bosques, que actúan como sumideros de carbono. En términos de adaptación, muchas comunidades están implementando sistemas de captación y almacenamiento de agua, mejorando la eficiencia en el uso y restauración ecosistemas naturales como los humedales para aumentar su resiliencia al cambio climático.

Para el caso de Colombia, la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de las Naciones Unidas-COP 16 de Cali, celebrada en 2024, se discutieron

medidas clave de adaptación al cambio climático. El foco de este encuentro fue, principalmente, fortalecer las capacidades de los países más vulnerables para enfrentar los impactos del cambio climático. Una de las prioridades fue el impulso a las acciones de adaptación basadas en la naturaleza, que incluyen soluciones como la restauración de ecosistemas y la protección de los recursos naturales, como los bosques y los humedales (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], 2024).

Estas medidas buscan aumentar la resiliencia de los ecosistemas y mejorar la seguridad alimentaria de las comunidades más afectadas por fenómenos climáticos extremos. Asimismo, la consolidación de mecanismos financieros para apoyar la adaptación en los países en desarrollo, en particular aquellos en zonas de alta vulnerabilidad. Por eso, se abordó la necesidad de asegurar el cumplimiento de los compromisos de financiamiento climático, para que los países puedan contar con los recursos necesarios para implementar sus planes de adaptación. El Fondo Verde para el Clima y otras iniciativas también estuvieron en el centro de las negociaciones, con la intención de garantizar que el apoyo internacional se traduzca en medidas efectivas (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2024).

Finalmente, la COP 16 subrayó la importancia de la cooperación internacional en la implementación de estrategias de adaptación, con énfasis en la transferencia de tecnología y el intercambio de conocimientos para mejorar las capacidades locales en la gestión del cambio climático. Un ejemplo claro son las comunidades rurales de la India, como las que habitan en Rajastán, donde la escasez de agua es un reto constante. En este contexto, se han implementado técnicas de recolección de agua de lluvia mediante la construcción de “talabs” o estanques para almacenar agua durante la temporada de lluvias y usarla en los meses secos (Singh et al., 2018).

En Sudáfrica, las comunidades rurales han adoptado el uso de sistemas de captación de agua de lluvia para complementar el suministro hídrico, especialmente en áreas donde los recursos de agua superficial son limitados (Kahinda et al., 2017). Además, en algunas regiones de Australia, se han instalado cisternas de agua para capturar la lluvia y reducir la dependencia de los recursos acuíferos locales, cada vez más escasos (Radcliffe & Page, 2020). Otro ejemplo es el caso de las Islas Maldivas, por su ubicación insular y vulnerabilidad al cambio climático, han promovido el uso de sistemas de recogida de agua de lluvia como estrategia para asegurar el abastecimiento en situaciones de sequía (Jaleel et al., 2020).

La ciudad de Bogotá, enfrenta los desafíos del cambio climático, allí se ha implementado diversas medidas de mitigación y adaptación para proteger y gestionar de manera sostenible el ciclo del agua. Estas acciones son fundamentales, dado que el cambio climático ha alterado patrones de precipitación, incrementado la frecuencia de eventos extremos como inundaciones y sequías, y afectado la disponibilidad de recursos hídricos en la región. En cuanto a las medidas de mitigación, la ciudad ha trabajado en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la promoción de transporte sostenible. Igualmente, en la mejora en la eficiencia energética de los sistemas de tratamiento de agua y la protección de zonas verdes que actúan como sumideros de carbono.

Por otro lado, las medidas de adaptación se centran en fortalecer la resiliencia de la ciudad frente a los cambios en el ciclo hidrológico. Esto incluye la restauración de ecosistemas estratégicos, como los páramos y humedales, que son fundamentales para la regulación del ciclo del agua y la provisión de agua potable. También, se han desarrollado planes de gestión integrada del agua, que incluyen la construcción de infraestructura de drenaje urbano sostenible

para manejar las inundaciones; junto con, campañas de educación y sensibilización para fomentar el uso eficiente del agua en la población.

Finalmente, la implementación de estas medidas requiere una colaboración constante entre el gobierno, la comunidad científica, las organizaciones no gubernamentales y la ciudadanía, asegurando que las soluciones sean integrales y sostenibles. La combinación de estrategias de mitigación y adaptación es clave para garantizar la disponibilidad de agua en Bogotá, proteger sus ecosistemas y mejorar la calidad de vida de sus habitantes frente a los desafíos del cambio climático. Estas iniciativas demuestran cómo la captación de agua de lluvia puede ser una solución viable para diversas comunidades alrededor del mundo, especialmente, aquellas que enfrentan desafíos relacionados con la escasez de agua debido al cambio climático y la urbanización.

Ante este panorama, los cambios actuales en el ciclo del agua tienen implicaciones profundas y a largo plazo. Si el calentamiento global continúa a la tasa actual, es probable que los efectos en el ciclo del agua se intensifiquen, con sequías más prolongadas, eventos de precipitación más extremos y un aumento en el nivel del mar. En este sentido, se requiere actuar de manera decidida y rápida para reducir las emisiones de GEI y proteger los ecosistemas naturales que ayudan a regular el ciclo del agua. Solo mediante una respuesta global y coordinada se podrá mitigar los impactos del calentamiento global en este ciclo vital y preservar el agua, un recurso esencial para las generaciones futuras.

## Capítulo IV. Metodología de la investigación

El presente capítulo expone el diseño metodológico que sustenta este estudio, a partir del abordaje teórico sobre el paradigma, el enfoque, el método y las técnicas que guiaron la recolección, análisis e interpretación de la información. Asimismo, describe el tipo de investigación, el contexto en el que se desarrolla, la selección de participantes, los instrumentos utilizados para garantizar su rigurosidad y validez. Cada componente metodológico se justifica en función de los objetivos planteados, asegurando que las estrategias adoptadas permitieran obtener resultados significativos y relevantes para el análisis del fenómeno de estudio.

El objetivo de esta investigación estuvo centrado en evaluar las implicaciones de implementar una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares para el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá. Para operacionalizar este propósito el estudio se ubicó en un enfoque mixto, por el uso técnicas e instrumentos tanto cuantitativos y cualitativos, enmarcado en el paradigma de la complejidad. Para Jiménez (2024) este enfoque trasciende la integración de procesos, dado que permite trazar un panorama más amplio que refuerza la validez de las interpretaciones, desde la interpretación de aspectos abstractos del fenómeno estudiado.

En la primera fase, se utilizó un cuestionario de preguntas cerradas dirigido a estudiantes de educación media en Bogotá, con el fin de caracterizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas. En el marco de esta investigación, la experiencia de aprendizaje es una vivencia educativa que trasciende la adquisición de contenidos. Se trata de un proceso dinámico, situado y reflexivo, en el que el estudiante interactúa activamente con diversos saberes, contextos, personas y emociones para construir significados. No se limita al cumplimiento de tareas ni a la transmisión lineal de conocimientos

desde el docente al estudiante, sino que implica una transformación subjetiva: el aprendiz resignifica su comprensión del mundo, articula nuevas relaciones conceptuales y desarrolla capacidades para actuar críticamente en su realidad (Rodríguez & Ordóñez, 2015).

Desde una perspectiva epistemológica compleja, el conocimiento no es una verdad absoluta que se entrega acabada, sino una construcción social, contextualizada e inacabada. Autores como Morin (1999) proponen que el acto de conocer implica asumir la incertidumbre, la contradicción y la conexión entre dimensiones múltiples del saber. En este sentido, una experiencia de aprendizaje auténtica se basa en el diálogo entre saberes, la problematización de lo dado y la capacidad del estudiante de relacionar el conocimiento escolar con sus propios marcos de sentido y con los desafíos del entorno. Así pues, el aprendizaje se configura como una experiencia profundamente humana, éticamente situada y socialmente relevante (Rodríguez & Ordóñez, 2015).

Desde esta visión, el conocimiento se construye mediante la interacción entre el sujeto y su entorno, en un proceso que es a la vez cognitivo, afectivo, social y cultural. Aprender no es simplemente recibir información, sino comprometerse activamente con ella, cuestionarla, aplicarla y reinterpretarla desde la propia experiencia. La experiencia de aprendizaje, entonces, debe generar las condiciones para que el estudiante se sienta motivado y acompañado en un camino de exploración, diálogo, descubrimiento y creación. Esto requiere un entorno pedagógico flexible, abierto al error, al asombro y al pensamiento divergente (Herrada & Baños, 2018).

En el campo educativo, promover experiencias de aprendizaje desde un enfoque transdisciplinar implica proponer situaciones pedagógicas que integren diferentes campos del saber para abordar problemas complejos y reales. Dicha integración no solo responde a una necesidad curricular, sino a una postura epistemológica que reconoce que los fenómenos del

mundo no están compartimentados en disciplinas. En ese sentido, la experiencia de aprendizaje cobra un carácter transformador: conecta la escuela con la vida y al conocimiento con la acción (Herrada & Baños, 2018).

De acuerdo con Rodríguez & Ordóñez (2015) el papel del docente, en este marco, se redefine profundamente. Sigue siendo un experto disciplinar, pero deja de ser el transmisor de información para convertirse en un facilitador que guía, acompaña y potencia las experiencias de aprendizaje de sus estudiantes. Diseña ambientes ricos en preguntas, en desafíos cognitivos, en oportunidades para la exploración y la construcción conjunta de saberes. Por su parte, el estudiante se posiciona como sujeto activo, capaz de observar, argumentar, crear, problematizar y reconstruir el conocimiento desde su propia perspectiva.

Teniendo en cuenta lo anterior, el instrumento exploró percepciones, experiencias y desafíos educativos, enfocados en las estrategias de enseñanza percibidas por parte de los educandos. De igual manera, este instrumento permitió conocer, desde la perspectiva de los estudiantes, el nivel de comprensión de conceptos, la motivación hacia estas áreas del conocimiento y los recursos utilizados dentro del aula.

En la segunda fase, se realizan entrevistas semiestructuradas a docentes de ciencias naturales y matemáticas de educación media, para reconocer sus perspectivas sobre la implementación del enfoque transdisciplinar en sus prácticas pedagógicas. A partir del uso de preguntas abiertas, fue posible profundizar en sus experiencias, percepciones y actitudes; así como, en el conjunto de desafíos, retos y aportes que, desde su quehacer pedagógico y didáctico, han percibido de la transdisciplinariedad.

En la tercera fase, la información recopilada a partir de los referentes teóricos, así como del cuestionario y la entrevista fue examinada utilizando una triangulación de resultados para

integrar los hallazgos de cada una de ellas y llegar a conclusiones más sólidas para los propósitos planteados en la investigación. Los hallazgos permitieron identificar percepciones, necesidades y desafíos, como una base para formular orientaciones didácticas desde la transdisciplinariedad para promover la integración efectiva de campos de conocimiento.

En esta fase también se diseñó una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares para el aprendizaje integral de las áreas de Ciencias Naturales y Matemáticas. Esta iniciativa consideró los referentes teóricos, epistemológico y disciplinares en los que se sustenta el estudio, que articulan la transdisciplinariedad y el pensamiento complejo como marcos para interpretar las dinámicas del aprendizaje en Ciencias Naturales y Matemáticas, desde una perspectiva integradora, contextualizada y crítica.

En la cuarta fase, las orientaciones didácticas transdisciplinares fueron implementadas en instituciones educativas de Bogotá con el fin de validarlas en el contexto de la educación media. Este proceso permitió recoger comentarios y sugerencias valiosos de estudiantes y docentes que experimentaron directamente las orientaciones diseñadas. Desde esta experiencia de socialización fue posible identificar aspectos clave para fortalecer el enfoque transdisciplinar y asegurar su pertinencia y aplicabilidad en el contexto educativo local.

### **Contexto de la investigación**

El contexto de esta investigación responde a la necesidad de mejorar los procesos de aprendizaje en Ciencias Naturales y Matemáticas en la educación media de Bogotá. En el distrito, como en otras ciudades, existen situaciones relacionadas con el agua que pueden abordarse en el ámbito educativo para concienciar y fomentar soluciones sostenibles. Actualmente, la capital enfrenta cambios en los patrones de precipitación que han provocado

sequías severas, poniendo en riesgo su seguridad hídrica, lo cual ha llevado a asumir decisiones y medidas que propenden por el ahorro y uso eficiente del agua (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2024).

Sumado a esto, la disminución de los recursos hídricos ha reducido los niveles de agua en los embalses que abastecen a la ciudad, generando escasez de agua potable y racionamientos sectorizados. Esta situación está afectando el suministro doméstico como las actividades agrícolas e industriales y, en efecto, ha logrado desencadenar conflictos entre sectores sociales y regiones que compiten por recursos limitados. Cada uno de estos aspectos ha hecho imperativo adoptar un enfoque transdisciplinar que permita abordar estas problemáticas bajo esta perspectiva.

Desde el escenario educativo, abordar estos problemas con los estudiantes permite reflexionar sobre la importancia del agua como recurso vital, los desafíos de la ciudad y su papel en la búsqueda de soluciones sostenibles. Además, permite identificar prácticas de uso eficiente del agua y fomentar cambios de comportamiento para su conservación. De ahí, la importancia de integrar conocimientos y habilidades de múltiples disciplinas para abordar problemas complejos desde perspectivas diversas y complementarias.

Ante este panorama, la investigación focalizó cuatro localidades de Bogotá: Usaquéen, Puente Aranda, Bosa y Ciudad Bolívar (Figura 3), con la participación de instituciones educativas públicas y privadas de estratos 1, 2, 3 y 4.



**Figura 3.** Contexto de investigación: localidades de Bogotá focalizadas.  
Fuente: elaboración propia.

## Paradigma

El paradigma de la complejidad, formulado principalmente por Morin (1990) propone una nueva forma de pensar la realidad, alejada del reduccionismo y la fragmentación disciplinar. En lugar de disociar los fenómenos para analizarlos por partes, este paradigma reconoce que el conocimiento está tejido por múltiples dimensiones que interactúan entre sí. Esta mirada resulta fundamental para la transdisciplinariedad, pues ambas perspectivas comparten el principio de que los problemas del mundo real no pueden abordarse de manera aislada, sino que requieren enfoques integradores y contextuales (Morin, 2002).

Desde esta concepción, la transdisciplinariedad no solo implica la colaboración entre disciplinas, sino una apertura radical del pensamiento hacia la integración de saberes científicos,

humanísticos y experienciales. En coherencia con el paradigma de la complejidad, esta perspectiva promueve un diálogo entre distintos niveles de realidad, reconociendo la heterogeneidad, la incertidumbre y la complementariedad como condiciones del conocimiento. Así, se supera la lógica lineal y unidimensional de la enseñanza tradicional, abriendo paso a procesos educativos más flexibles, reflexivos y conectados con los desafíos contemporáneos (Morin, 1990).

Adoptar un enfoque transdisciplinar desde la complejidad significa asumir que los problemas educativos y sociales actuales como el cambio climático, la desigualdad o la crisis del conocimiento requieren ser comprendidos desde una lógica relacional, Morin (2002) plantea que el pensamiento complejo busca unir sin confundir, distinguir sin separar, y esta idea se convierte en una base epistemológica potente para desarrollar procesos educativos que promuevan una formación integral, crítica y situada. La escuela, por tanto, se convierte en un espacio de articulación de saberes, donde los límites disciplinares son puntos de partida y no barreras rígidas Morin (1990).

Finalmente, el paradigma de la complejidad y la transdisciplinariedad convergen en su intención de repensar la educación más allá de la acumulación de contenidos. Ambos enfoques invitan a construir nuevas formas de comprender, enseñar y aprender, en las que se favorezca el pensamiento sistémico, la participación de los estudiantes y la construcción colectiva del conocimiento. En este sentido, el marco teórico basado en la complejidad ofrece fundamentos sólidos para sustentar investigaciones que buscan transformar las prácticas educativas, como aquellas centradas en orientaciones didácticas transdisciplinares, que integren las Ciencias Naturales y las Matemáticas de forma coherente con la realidad de los estudiantes.

## **Enfoque y diseño de investigación**

Para responder a la pregunta ¿qué implicaciones tiene la implementación de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá? se acudió a un enfoque mixto de investigación. Esto obedece al interés de combinar elementos de los métodos cuantitativos y cualitativos para ofrecer una comprensión integral del fenómeno de estudio. Este enfoque permite la recolección, análisis e interpretación de datos numéricos y descriptivos, integrando ambos tipos de información para proporcionar resultado profundos y detallados (Jiménez, 2024).

Según Villalobos (2017), una de las principales características del enfoque mixto es su capacidad de complementariedad. Mientras los datos cuantitativos proporcionan una visión amplia y generalizable, los datos cualitativos ofrecen una comprensión detallada y contextualizada. Este enfoque permite corroborar resultados mediante la triangulación, explorar fenómenos en profundidad y expandir el alcance del estudio a través de la integración de diferentes tipos de datos. La premisa central es que la combinación de métodos ofrece una perspectiva más rica y profunda que el uso de un solo enfoque (Creswell, 2009).

Por otro lado, el diseño metodológico de esta investigación fue explicativo secuencial, dado que, en principio, el objetivo fue obtener datos cuantitativos amplios sobre la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en ciencias naturales y matemáticas. Posteriormente, en la fase cualitativa, se realizan entrevistas semiestructuradas a docentes de ciencias naturales y matemáticas de educación media en Bogotá. De esta manera, se buscó reconocer las perspectivas de los docentes sobre la implementación del enfoque transdisciplinar en sus prácticas

pedagógicas, con el fin de obtener una comprensión más contextualizada de su realidad educativa, identificar desafíos y beneficios en sus prácticas en la educación media de Bogotá.

De acuerdo con Creswell & Creswell (2017) el diseño explicativo secuencial es útil porque permite primero medir el fenómeno de manera general y luego, mediante la fase cualitativa, ofrecer explicaciones más detalladas sobre los hallazgos cuantitativos. Esta combinación posibilita obtener datos numéricos e interpretativos, con el fin de comprender los factores que influyen en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Con base en estos resultados, se buscó enriquecer las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas para este contexto educativo.

### Participantes en la investigación

Al desarrollo de la investigación se vincularon diferentes actores del proceso educativo de educación media. De modo que, se contó con la participación de docentes profesionales en Ciencias Naturales (Biología, Física y Química) y Matemáticas, adscritos a instituciones educativas oficiales y privadas de la ciudad de Bogotá, junto con estudiantes de educación media. Dentro de las Tablas 10 y 11 se condensan la totalidad de participantes del estudio.

**Tabla 10.** Docentes participantes del estudio.

<b>Instituciones educativas</b>	<b>Docentes Biología</b>	<b>Docentes Química</b>	<b>Docentes Física</b>	<b>Docentes Matemáticas</b>	<b>Total de docentes</b>
Institución educativa 1 (Oficial)	1	1	1	1	4
Institución educativa 2 (Oficial)	1	2	1	1	5
Institución educativa 3 (Privado)	1	1	1	1	4
Institución educativa 4 (Privado)	1	2	1	1	5
Total	4	6	4	4	18

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 11.** Estudiantes participantes del estudio.

<b>Instituciones educativas</b>	<b>Estudiantes de educación media (población)</b>
Institución educativa 1 (oficial)	30
	30
Institución educativa 2 (oficial)	33
	32
Institución educativa 3 (privado)	30
	30
Institución educativa 4 (privado)	35
<b>Total</b>	<b>220</b>

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de establecer los actores participantes en la investigación se presentan los siguientes criterios de selección (Tabla 12). Es importante considerar que se discriminan criterios de inclusión y exclusión de instituciones educativas, docentes y directivos docentes, en función a las necesidades de la investigación. En relación con el compromiso ético en el manejo de la información proporcionada por los participantes, se aseguró el cumplimiento de la política de ética que rige la investigación científica a nivel institucional. De esta manera, se respetaron estrictamente los principios de privacidad, confidencialidad y protección de la información personal, conforme a la normativa vigente. Por lo anterior, se obtuvo el aval del Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica (CEBIC) de la Universidad Santo Tomás en marzo de 2024.

**Tabla 12.** Criterios de inclusión y exclusión de los participantes.

<b>Actor</b>	<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
<b>Estudiantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudiantes de educación media de Bogotá.</li> <li>Estudiantes que aportan el consentimiento informado.</li> <li>Estudiantes que conocen el objetivo del proyecto y la forma de participación en este.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudiantes que no pertenecen a educación media de Bogotá.</li> <li>Estudiantes que no aportan el consentimiento informado.</li> <li>Estudiantes que manifiestan intención de no participar.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Docentes que orienten en educación media, preferiblemente de las IE vinculadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Docentes que no orienten en educación media de las IE de Bogotá.</li> <li>Docentes de educación media de Bogotá, profesionales en áreas</li> </ul>

<p><b>Docentes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Docentes de educación media de Bogotá, profesionales en Ciencias Naturales o Matemáticas.</li> <li>• Docentes que firman el consentimiento informado.</li> <li>• Tener disposición para realizar la entrevista.</li> </ul>	<p>diferentes a Ciencias Naturales y Matemáticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Docentes que declinan la invitación a participar.</li> <li>• No manifieste disposición para el desarrollo de la entrevista.</li> <li>• Docentes cuyo desempeño sea en la básica.</li> </ul>
------------------------	---	--

Fuente: elaboración propia.

## Muestra

Para el componente cuantitativo de la presente investigación, la selección de la muestra fue un proceso crucial, en la medida en que debe ser representativa de la población para garantizar resultados confiables y generalizables. Existen distintos métodos para seleccionar muestras, entre ellos el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado y el muestreo por conglomerados (Hair et al., 2019). La determinación del tamaño óptimo de la muestra depende de factores como el nivel de confianza deseado, la variabilidad de los datos y la población.

En este caso, la muestra podría seleccionarse mediante procedimientos probabilísticos o no probabilísticos. En el muestreo probabilístico, todos los miembros de la población tienen una probabilidad conocida de ser seleccionados, lo que permite generalizar los resultados a la población con un margen de error definido (Hernández-Sampieri et al., 2014). Este tipo de muestreo se basa en procedimientos aleatorios. Por el contrario, en el muestreo no probabilístico, los participantes no tienen una probabilidad conocida de ser seleccionados, pues obedece a criterios de conveniencia o juicio del investigador (Pimienta, 2000).

Ahora bien, el muestreo probabilístico permite hacer inferencias sobre el total de la población, el muestreo no probabilístico limita las conclusiones a los elementos estudiados. La elección del tipo de muestra depende de los objetivos del estudio, la disponibilidad de recursos (tiempo, costos y acceso a la población objetivo), la naturaleza de la población en

términos de sus características y accesibilidad, así como del nivel de precisión y representatividad requerido (Jiménez, 2024). En este sentido, dentro de esta investigación, la participación estuvo determinada por la intención voluntaria de los sujetos para compartir información relevante que aportara a la comprensión del fenómeno de estudio.

Siendo así, se contó con el apoyo de cuatro instituciones educativas: dos oficiales y dos privadas, que permitieron el acceso a siete cursos de educación media, sumando un total de 220 estudiantes considerados como población de estudio. Por razones de confidencialidad, las instituciones educativas serán identificadas numéricamente y clasificadas como oficiales o privadas. Para asegurar la validez estadística del estudio, se cumplió con el requisito mínimo de 30 elementos según el Teorema Central del Límite, el cual garantiza que la distribución muestral de la media sea aproximadamente normal (Martínez, 2012).

Al considerar a los 220 estudiantes como una población finita y conocida, el cálculo del tamaño de la muestra se realizó mediante la fórmula de la Ecuación 1 (Aguilar, 2005):

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

**Ecuación 1.** Cálculo de la muestra.

En donde se pueden identificar los siguientes componentes:

n = tamaño de la muestra por determinar

N = tamaño de la población = 220 elementos

Z = Nivel de confianza en función de la desviación estándar.

Para obtener un 95 % de confiabilidad este valor es de 1.96

d = nivel de error, para este caso máximo del 5 %.

p = proporción del fenómeno en estudio

$q$  = proporción que no presenta el fenómeno en estudio ( $1 - p$ ).

Cuando se desconoce la proporción entre la  $p$  y la  $q$  siempre utilizan del 50 % en cada caso:  $p = 0.5$   $q = 0.5$

Con base en lo anterior, se aplican los valores a la fórmula, para determinar el tamaño de la muestra (Ecuación 2).

$$n = \frac{(220)(1.96)^2 (0.5)(0.5)}{(0.05)^2(219) + (1.96)^2 (0.5)(0.5)} = 141$$

**Ecuación 2.** Tamaño de la muestra para la investigación.

Este valor indica que se deben seleccionar de forma aleatoria a 141 estudiantes para conformar la muestra en donde se aplique el instrumento de investigación, para tener un 95% de confiabilidad y un error máximo del 5%, y que las respuestas de los estudiantes sean significativas y confiables estadísticamente. A continuación, en la Tabla 13 se exponen los detalles de la muestra final utilizada para la investigación.

**Tabla 13.** Muestra cuantitativa de estudiante.

<b>Instituciones educativas</b>	<b>Estudiantes de educación media (población)</b>	<b>Estudiantes de educación media (muestra)</b>
Institución educativa 1 (oficial)	30	19
	30	18
Institución educativa 2 (oficial)	33	14
	32	14
Institución educativa 3 (privado)	30	21
	30	21
Institución educativa 4 (privado)	35	34
<b>Total</b>	220	141

Fuente: elaboración propia.

## **Instrumentos**

La recolección de información es un proceso que integra el marco epistemológico del problema con el método de investigación elegido. Para mantener la coherencia entre estos elementos, se presentan los instrumentos utilizados para recopilar datos e información.

### **Cuestionario de preguntas cerradas**

Según Meneses & Rodríguez (2011) un cuestionario de preguntas cerradas es una herramienta de recolección de datos que consiste en un conjunto de preguntas con respuestas predefinidas, limitadas a una cantidad específica de opciones. Los encuestados deben seleccionar una de las respuestas proporcionadas, lo que facilita tanto la cuantificación como el análisis de los datos. A partir de esta estructura, dentro del estudio se diseñó y ejecutó un instrumento cuantitativo (Anexo A) cuyo objetivo principal era caracterizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas. Este instrumento permitió reconocer las percepciones, experiencias y desafíos que enfrentan los estudiantes en su proceso educativo (Fase 1); especialmente, en cuanto a las estrategias pedagógicas utilizadas en el aula, la motivación hacia el aprendizaje y la forma en que se relacionan con enfoques transdisciplinarios en su formación.

Se optó por una escala de Likert debido a su capacidad para ofrecer cinco alternativas de respuesta, permitiendo convertir en datos cuantificables las percepciones en investigaciones de Ciencias Sociales (Matas, 2018). La escala de Likert, de tipo ordinal, mide la actitud de los encuestados hacia un tema determinado. Se compone de una serie de afirmaciones o preguntas a las que los participantes responden seleccionando una opción dentro de una escala de cinco puntos, donde el valor 1 representa una actitud muy negativa y el valor 5, una muy positiva.

Para introducir el cuestionario se incluyeron 5 preguntas demográficas centradas en determinar el género del estudiante, su estrato socioeconómico, el curso al que pertenece, la institución educativa y el carácter oficial o privado de la misma. Posteriormente, se plantearon 20 preguntas relacionadas con cada uno de los indicadores mencionados en la Tabla 14. Con el propósito de establecer la confiabilidad inicial del instrumento de medición propuesto en esta investigación, se evaluó con 15 estudiantes a quienes se implementó como prueba piloto y se calculó el coeficiente alfa de Cronbach según el programa estadístico SPSS.

Este instrumento se organizó teniendo en cuenta la variable independiente definida, que, en este caso, fueron los aspectos que caracterizan la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias naturales y Matemáticas, frente a la variable dependiente que corresponde a las orientaciones didácticas transdisciplinarias. En coherencia con el paradigma de la complejidad que orienta esta investigación, el uso de variables independientes y dependientes se asume como una herramienta metodológica útil, para organizar la observación y el análisis de fenómenos educativos. Si bien estos conceptos son comúnmente utilizados dentro de enfoques cuantitativos de corte positivista, desde una perspectiva compleja se resignifican como constructos provisionales, necesarios para delimitar relaciones dentro de un sistema altamente dinámico, abierto y recursivo (Rubio, 2015).

El pensamiento complejo, como lo plantea Morin (1999), reconoce que los fenómenos educativos no responden a relaciones causales simples y lineales. En cambio, se entienden como el resultado de múltiples interacciones entre factores personales, sociales, culturales, pedagógicos y contextuales, que coexisten e influyen mutuamente. Por esta razón, en el marco de esta investigación, las variables no se conciben como entidades aisladas, sino como nodos

relacionales que permiten aproximarse a la comprensión de ciertas dinámicas dentro del sistema escolar, sin pretender agotar su significado (Cabrera, 2018).

Asimismo, el uso de variables permite estructurar y operacionalizar algunas categorías de análisis sin desatender su naturaleza interdependiente y contextualizada. Desde esta perspectiva, el empleo de variables en el presente estudio no implica una visión reduccionista del fenómeno investigado, sino una estrategia epistemológica flexible que permite ordenar la información sin perder de vista la totalidad sistémica. En este sentido, se acepta que las variables seleccionadas funcionan como representaciones parciales que iluminan ciertas relaciones dentro del fenómeno, pero que no sustituyen la complejidad del mismo (Rubio, 2015).

Finalmente, se subraya que, en el contexto de esta investigación, el análisis de variables se articula con otros procedimientos metodológicos de corte cualitativo, que dan cuenta de la riqueza subjetiva, contextual y emergente del proceso educativo. Así, el uso de variables es complementado con la interpretación situada, el análisis de discurso, y la triangulación con referentes teóricos, con el fin de garantizar una comprensión más holística, ética y pertinente del objeto de estudio.

Para este cuestionario se definieron cuatro indicadores clave que permiten indagar de manera específica aspectos relevantes del proceso educativo desde la perspectiva del estudiante. El primero de ellos, percepción sobre la educación disciplinar (PED), busca identificar cómo comprenden los estudiantes la enseñanza tradicional segmentada de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, y qué valor le atribuyen a este enfoque en su formación. Por su parte, el segundo indicador, actitudes hacia la educación transdisciplinar (AET), tiene como propósito explorar la disposición, apertura y valoración que manifiestan los estudiantes frente a enfoques que integran múltiples saberes y que abordan fenómenos complejos desde distintas perspectivas disciplinares.

El tercer indicador, importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (ICNM), permite reconocer el lugar que los estudiantes otorgan a estas áreas en su vida escolar y cotidiana, así como su percepción sobre su utilidad y aplicabilidad en la comprensión del mundo. Finalmente, el indicador conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua (CCC) se orienta a evaluar el nivel de familiaridad que poseen los estudiantes frente a una problemática ambiental actual y compleja, articulada a los contenidos de Ciencias Naturales y Matemáticas. Estos cuatro indicadores se articularon para ofrecer una visión integral del proceso educativo, en coherencia con los objetivos del estudio, permitiendo así una caracterización más precisa del contexto y de los desafíos que se enfrentan en la implementación de procesos transdisciplinarios en la educación media. En la Tabla 14 se presentan las variables cuantitativas, así como los indicadores enunciados anteriormente.

**Tabla 14.** Variables cuantitativas de la investigación.

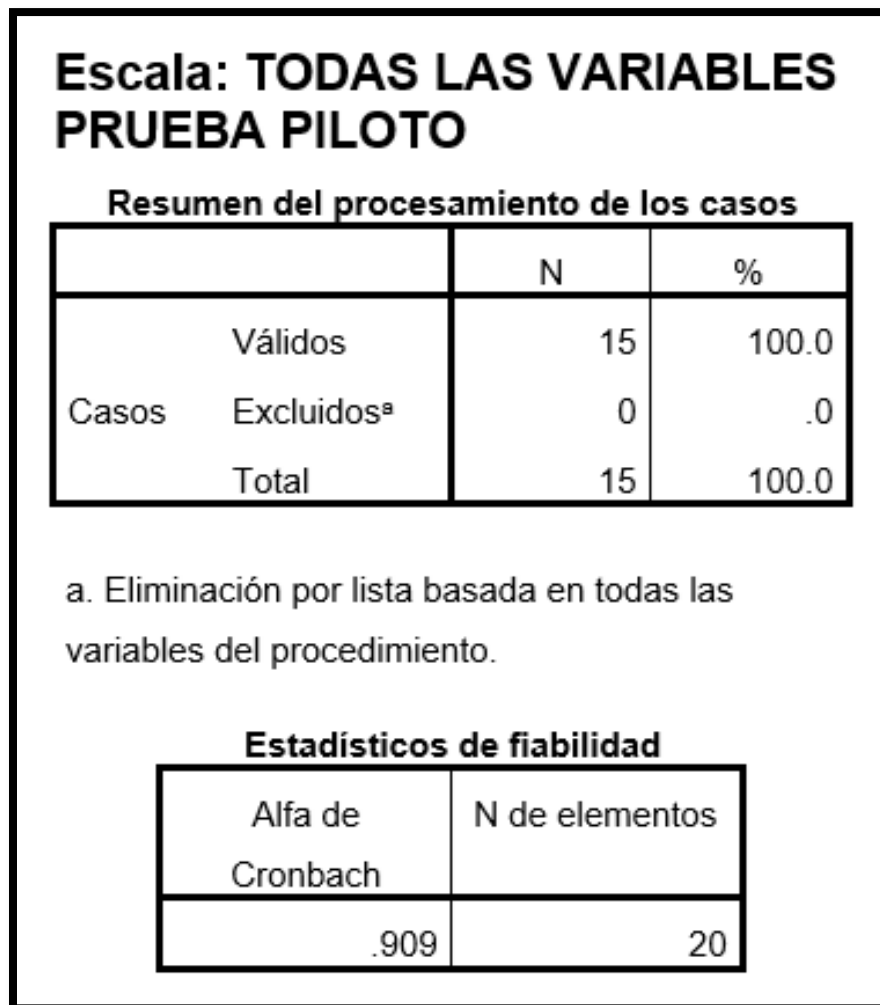
<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicadores</b>
Experiencia de aprendizaje en Ciencias Naturales y Matemáticas	Orientaciones didácticas transdisciplinarias	Percepción sobre educación disciplinar (PED)
		Actitudes hacia la educación transdisciplinar (AET)
		Importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (ICNM)
		Conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua (CCC)

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos con esta escala pueden analizarse de diversas formas, como el cálculo de la media de las respuestas o la frecuencia de selección de cada opción. También, permite llevar a cabo análisis estadísticos más complejos para identificar tendencias y patrones en la información recopilada (Retamal, 2020). El cuestionario se presentó a los estudiantes con la

instrucción de seleccionar la opción que mejor reflejara su opinión ante cada afirmación, desde la escala de 1 a 5, representado en: Totalmente en desacuerdo, Desacuerdo, Neutral, De acuerdo.

Como resultado de la implementación de los 20 ítems del instrumento a los 15 estudiantes se obtuvo un valor de coeficiente de alfa de Cronbach de 0.909 (Figura 4). De esta forma, se obtuvo evidencia de una excelente confiabilidad del instrumento, confirmando que su consistencia interna permite su aplicación con gran estabilidad. A su vez, se garantizó la vialidad del instrumento para medir correctamente todos los ítems relacionados con la variable independiente, así como con los indicadores involucrados.



**Figura 4.** Confiabilidad de la prueba piloto del cuestionario.  
Fuente: elaboración propia con base al programa SPSS v.20.

## **Entrevista semiestructurada**

La entrevista semiestructurada es un método de recolección de datos cualitativos que combina preguntas predefinidas con la flexibilidad necesaria para explorar temas emergentes durante la conversación. Este enfoque sigue una guía de temas o preguntas clave, pero permite al entrevistador adaptar el orden y formular preguntas adicionales en función de las respuestas del participante. Siendo así, desde esta estructura se logra un equilibrio entre la estructura necesaria para comparar respuestas y profundizar en aspectos específicos del tema (Tonon, 2013).

Estas entrevistas son útiles para explorar percepciones, experiencias y opiniones, ya que capta matices y contextos que podrían perderse en formatos más rígidos. Además, brinda al entrevistado la oportunidad de expresar sus ideas de manera más libre, enriqueciendo el proceso de recolección de datos con información detallada y contextualizada (Tonon, 2013). Por su parte, Marshall & Rossman (2014) plantean que la entrevista es un “proceso estructurado de interacción social que tiene lugar entre un entrevistador y un entrevistado, con el objetivo de obtener información relevante para la investigación” (p. 104).

El diseño de una entrevista semiestructurada comienza con una definición clara de su objetivo y de los temas que se desean explorar. Es fundamental identificar las preguntas de investigación y los aspectos específicos a tratar con los participantes. Posteriormente, se elabora una guía que incluye preguntas abiertas principales alineadas con los objetivos del estudio, junto con posibles preguntas de seguimiento o aclaratorias. Dichas preguntas deben organizarse de manera lógica, desde temas generales para crear un ambiente cómodo y avanzando hacia cuestiones más específicas o complejas (Anexo B).

Dentro de esta investigación, el componente cualitativo (Fase 2) se centra en reconocer las perspectivas de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas sobre la implementación de procesos transdisciplinarios en sus prácticas pedagógicas en la educación media. A partir de ahí, el diseño de la entrevista semiestructurada permitió indagar cómo conciben e implementan la transdisciplinariedad, propiciando la identificación de desafíos y beneficios. Asimismo, para trazar un panorama que, desde la práctica individual y colectiva, permitiera reconocer aspectos que contribuyeran a la consolidación de la propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinarias.

El instrumento incluyó cuatro dimensiones clave que guiaron la formulación de 12 preguntas abiertas (Tabla 15). Estas responden a la necesidad de comprender, desde la perspectiva docente, el estado actual de la implementación de la transdisciplinariedad en la educación media de Bogotá. La dimensión situación actual de la implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (SAET) permite identificar cómo se están llevando a cabo estos procesos en las prácticas pedagógicas cotidianas, mientras que la dimensión antecedentes del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (ATEM) ofrece una mirada retrospectiva sobre posibles experiencias previas, facilitando el reconocimiento de trayectorias, aprendizajes y barreras en torno a este enfoque.

Por su parte, la dimensión diseño de orientaciones didácticas transdisciplinarias (DODT) se centra en recoger aportes y percepciones de los docentes para el desarrollo de propuestas didácticas que articulen saberes desde una perspectiva integradora. Finalmente, la dimensión estrategias de implementación y procesos evaluativos del enfoque transdisciplinar (EIET) aborda los mecanismos prácticos y reflexivos mediante los cuales los docentes llevan a cabo, consolidan y valoran las experiencias transdisciplinarias. En conjunto, estas dimensiones posibilitan una

comprensión integral de los elementos clave que inciden en la incorporación de la transdisciplinariedad en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas.

Cada dimensión se abordó mediante varias preguntas para cubrir diversos aspectos del tema de estudio. Este diseño buscó obtener información rica y detallada para, posteriormente, a partir de la categorización de respuestas, identificar patrones y tendencias. Este análisis fue un escenario para comprender, con mayor profundidad, el impacto del enfoque transdisciplinar desde la perspectiva de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas (Tabla 15).

**Tabla 15.** Dimensiones cualitativas de los docentes.

Tema de estudio	Dimensiones
Concepción e implementación del enfoque transdisciplinar en Ciencias Naturales y Matemáticas	Situación actual de la implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (SAET).
	Antecedentes del enfoque transdisciplinares en la educación media de Bogotá (ATEM).
	Diseño de orientaciones didácticas transdisciplinares (DODT).
	Estrategias de implementación y procesos evaluativos del enfoque transdisciplinar (EIET).

Fuente: elaboración propia.

Sumado al interés de cómo los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas conciben e implementan la transdisciplinariedad, la entrevista buscó identificar ejemplos específicos y acciones prácticas de cómo han logrado integrar conocimientos de distintas disciplinas en sus aulas. De modo que, se indagó sobre estrategias pedagógicas concretas que utilizan para conectar conceptos de Ciencias Naturales y Matemáticas, independientemente del área que asuman en su labor docente. A su vez, sobre el aporte de estas estrategias dentro del proceso formativo de los estudiantes de educación media en sus correspondientes instituciones.

Asimismo, se indagó sobre las condiciones institucionales y contextuales que facilitan o dificultan la adopción de enfoques transdisciplinares. Los docentes compartieron sus experiencias frente al apoyo recibido por parte administrativa de la institución, la disponibilidad

de recursos didácticos adecuados y la formación continua necesaria para implementar estos enfoques de manera efectiva. Otro aspecto clave de la entrevista fue la exploración de los beneficios percibidos por los docentes. Por último, se discutieron los principales desafíos a los que se enfrentan al intentar implementar estos enfoques.

Para asegurar una implementación adecuada de este instrumento, se llevó a cabo un proceso de validación por parte de tres pares expertos en educación. Con base en los objetivos planteados y en la socialización de la problemática de la investigación, los expertos ofrecieron sus aportes y observaciones. Este proceso permitió consolidar un instrumento alineado con los propósitos de la investigación, garantizando su claridad, pertinencia, relevancia, coherencia y aplicabilidad.

### **Matriz metodológica**

Dentro de la Tabla 16 se presenta una síntesis sobre los principales componentes metodológicos desde los que se sustentó este estudio.

**Tabla 16.** Matriz integradora de la investigación.

<b>Pregunta rectora</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Categoría de análisis</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>A quien se aplica</b>
<b>¿Qué implicaciones tiene la implementación de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá?</b>	Evaluar las implicaciones de la implementación de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.	Caracterizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá.	Experiencia de aprendizaje. Enfoque transdisciplinar. Aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Conocimiento Calentamiento global y el ciclo del agua.	Fase 1. Cuestionario a estudiantes (Cuantitativo)	Formato de cuestionario tipo Likert	Estudiantes de educación media de la ciudad de Bogotá.
		Reconocer cómo los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas conciben e implementan la transdisciplinariedad, identificando desafíos y beneficios en sus prácticas en la educación media de Bogotá.	Situación actual de implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media. Diseño de orientaciones didácticas transdisciplinares. Estrategias de implementación y procesos evaluativos de la educación transdisciplinar.	Fase 2. Entrevista Semiestructurada a docentes (Cualitativo)	Guion de entrevista	Docentes de educación media de Bogotá, profesionales en Ciencias Naturales (Biología, Física y Química) y Matemáticas).

		Proponer orientaciones didácticas transdisciplinarias en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá.	Transdisciplinar. Pensamiento complejo. Orientaciones didácticas.	Fase Triangulación (Cualitativo)	3.	Tabla de meta referencia	Resultados de las fases 1 y 2 Referentes teóricos
		Validar las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá.	Oportunidades y beneficios académicos. Comprensión del impacto del calentamiento global en el ciclo del agua en Bogotá.	Fase Observación de campo Cuestionario a estudiantes (Mixto)	4.	Guía de observación de campo Formato de cuestionario tipo Likert	Estudiantes de educación media de la ciudad de Bogotá.

Fuente: elaboración propia.

## **Capítulo V. Presentación y análisis de los resultados**

Este capítulo presenta una visión integral de los resultados obtenidos en cada una de las fases presentadas dentro de la matriz de investigación, teniendo en cuenta los hallazgos específicos obtenidos por cada uno de los instrumentos. De esta manera, se llevó a cabo un análisis de la información obtenida a partir de la primera implementación del cuestionario dirigido a los estudiantes, así como de las concepciones expresadas por los docentes durante el desarrollo de las entrevistas semiestructuradas. A partir de ahí, se obtuvieron los insumos para la elaboración de la Propuesta de Orientaciones Didácticas Transdisciplinares para el Aprendizaje Integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (PODTA) en el escenario en la educación media de Bogotá.

Posterior a la implementación de estas orientaciones, se volvió a implementar el cuestionario a estudiantes para evaluar su impacto y efectividad. Con base en esta experiencia, fue posible determinar si el enfoque transdisciplinar ha tenido un impacto positivo en la comprensión y aplicación de conceptos en Ciencias Naturales y Matemáticas. Este análisis fue crucial para validar el enfoque y asegurar su pertinencia. Por último, este instrumento permitió identificar áreas donde los estudiantes aún presentan dificultades, orientando ajustes y mejoras en futuras implementaciones.

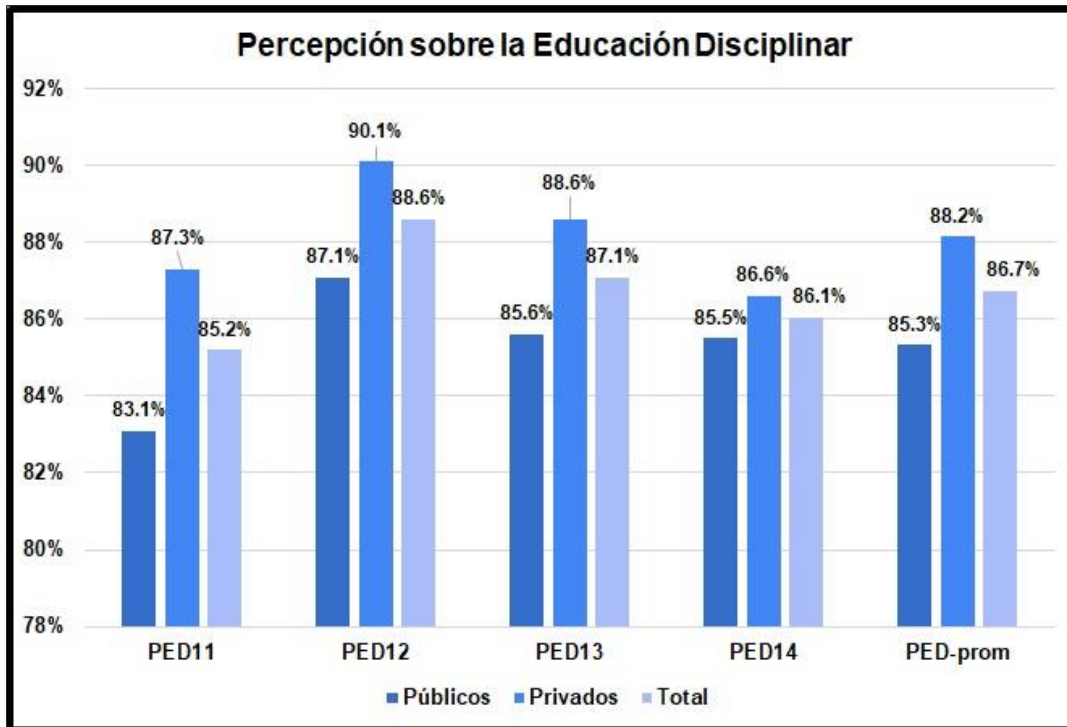
### **Fase 1. Experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá**

En el contexto actual, la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en la educación media de Bogotá, muestra avances y desafíos significativos. Durante estos últimos años, la integración curricular y la transdisciplinariedad en

algunas instituciones educativas se han promovido de manera activa. Esto ha permitido a los estudiantes comprender las diferentes áreas de conocimiento y, con ello, asumir un proceso aprendizaje de manera más integral y significativa. En este sentido, a continuación, se expone los hallazgos obtenidos de la implementación de esta encuesta a los estudiantes sobre las Percepciones de Educación Disciplinar (PED).

### **Hallazgos sobre las percepciones de educación disciplinar (PED)**

De acuerdo con los resultados obtenidos de la implementación del cuestionario, se observó que la mayor parte de estudiantes de instituciones oficiales y privadas argumentan sobre como la educación disciplinar es de suma importancia. Asimismo, un indicador del 86.7 % responde de manera positiva a este tipo de enfoque en las prácticas de enseñanza de los docentes. Esta percepción positiva se observa en la Figura 5. Los resultados proporcionados subrayan la percepción de los estudiantes sobre la educación disciplinar, y la manera cómo esta le otorga importancia a una educación centrada en disciplinas específicas.



**Figura 5.** Percepción sobre la educación disciplinar.  
Fuente: elaboración propia.

Según la anterior información, se evidencia una correspondencia entre instituciones oficiales y privadas frente a la importancia de la educación disciplinar, aunque se muestra una variación promedio del 3 %. Este consenso valora significativamente la educación centrada en disciplinas específicas y en el conocimiento disciplinar, pues es destacado por un 88.6 % (ítem 1.2) de los estudiantes. Siendo así, se consideran las habilidades y conceptos de una disciplina como suficientes para abordar situaciones prácticas existentes. Por lo cual, otorgan importancia a la profundización en un solo campo de estudio, pues consideran que un enfoque más central les proporciona un conocimiento más sólido y aplicable.

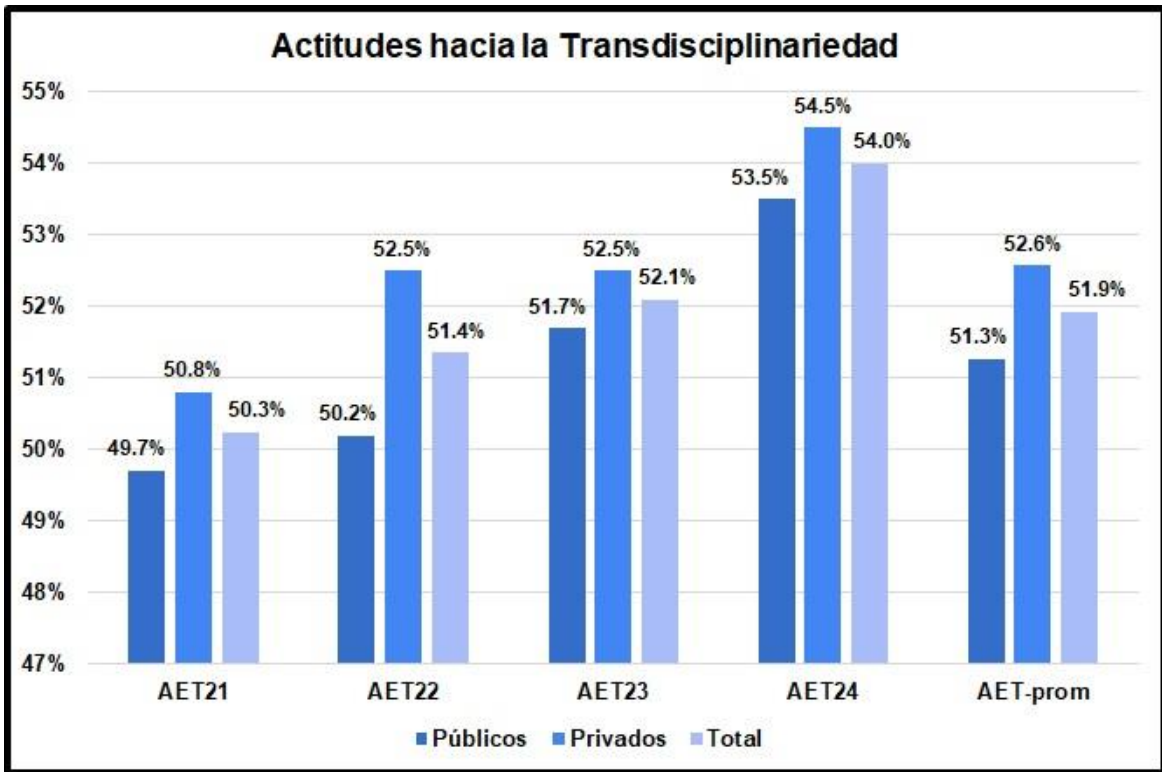
La preferencia un enfoque único se manifiesta con el 87.1 % de los encuestados (ítem 1.3), dado que se concentran en el aporte de cada disciplina para resolver problemática de su entorno. Este resultado indica que los estudiantes observan en la especialización una manera de comprensión más profunda y efectiva de temas que enfrentarán en su educación y futuras

profesiones. Por otro lado, el 86.1 % de los estudiantes (ítem 1.4) se inclina en la educación disciplinar como método de enfrentar situaciones cotidianas, lo cual refleja una creencia sobre el uso de conocimientos sólidos y especializados para asumir situaciones específicas.

Finalmente, el 85.2 % (ítem 1.1) considera resolver problemas de contexto diario usando el conocimiento de una disciplina, como factor que representa la confianza en la aplicación y efectividad de un enfoque disciplinar específico. Conjuntamente, estos puntos sustentan la importancia que los estudiantes le muestran a una educación centrada en disciplinas específicas. Desde luego, los participantes destacan la experticia en un tema o una disciplina como un aspecto fundamental para un desempeño efectivo de las personas en el mundo educativo o laboral.

### **Hallazgos sobre las actitudes hacia la educación transdisciplinar (AET)**

En la Figura 6, se evidencia cómo los estudiantes de instituciones oficiales y privadas les atribuyen, de manera neutral, una importancia promedio del 51.5 % a los procesos transdisciplinares. Frente a las prioridades de cada uno, se observa una gran debilidad de percepción en la transdisciplinariedad como enfoque educativo, pues no reconocen sus beneficios prácticos. En primer lugar, solo el 54 % de los estudiantes (ítem 2.4) considera este enfoque como una posibilidad de prepararlos para asumir problemas cotidianos. Sin embargo, al menos la mitad de los estudiantes no se ven convencidos de la utilidad del enfoque, lo que puede obedecer a una falta de experiencias que demuestren sus ventajas en escenarios reales.



**Figura 6.** Actitudes hacia la educación transdisciplinar.  
Fuente: elaboración propia.

Además, la integración de disciplinas no es crucial, solo el 52.1 % (ítem 2.3) valora este aspecto, como evidencia de que la mayoría de los estudiantes aún se muestra indiferente ante el aporte de este enfoque a su proceso formativo. De igual manera, la percepción sobre la combinación de habilidades y conceptos de diferentes disciplinas refleja un reconocimiento limitado. Solo un 51.4 % (ítem 2.2) que lo considera esencial en su educación. Esto indica que casi la mitad de los estudiantes no percibe este proceso como fundamental para su aprendizaje.

Por último, la aceptación del enfoque transdisciplinar se muestra con números bajos. Apenas un 50.3 % (ítem 2.1) considera la posibilidad de resolver problemas contextuales cotidianos mediante este enfoque. Esto evidencia la desconfianza generalizada que presenta la transdisciplinariedad, lo que deja un obstáculo gigante a su implementación en el escenario educativo. También, subraya la necesidad de fortalecer e implementar diferentes estrategias

pedagógicas y didácticas con las que se logren promover este tipo de enfoque en las instituciones educativas.

En términos generales, la poca determinación y la incertidumbre hacia los beneficios de la transdisciplinariedad son los puntos más débiles, aunque está presente áreas de oportunidad para con los estudiantes. Aunado a ello, se relaciona con la falta de experiencias prácticas del estudiante y se percibe complejidad cuando se realiza la integración de diferentes disciplinas. Los estudiantes prefieren un enfoque predominante en la especialización como se observó en el primer indicador. Una alternativa para mejorar esta situación es a través de proyectos y actividades que evidencien el impacto de la implementación de la transdisciplinariedad en escenarios prácticos.

Los estudiantes de educación media muestran una actitud neutral e indiferente hacia la transdisciplinariedad por distintas razones, en comparación con la implementación de prácticas disciplinares, en cuanto consideran que son suficientes. De ahí que, subestiman la importancia de estudiar diferentes disciplinas, pues la especialización es la prioridad. Tampoco se aprecia los distintos beneficios que la transdisciplinariedad ofrece, quizá por la falta de experiencias que limita su interés en este enfoque.

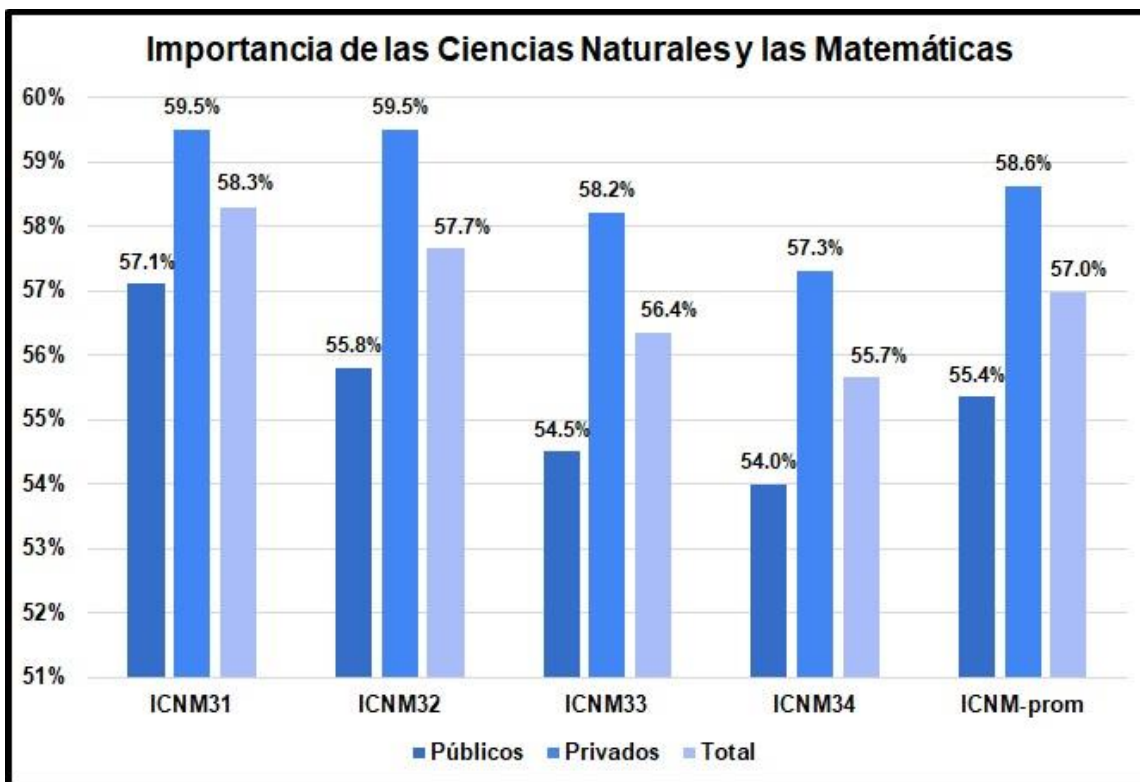
Teniendo en cuenta que la transdisciplinariedad implica una mayor complejidad en la integración de aprendizajes y la resolución de problemas, los estudiantes suelen sentirse abrumados al enfrentarse a múltiples enfoques y conceptos. Por ello, tienden a preferir la simplicidad, claridad y profundidad que ofrece la educación disciplinar. Incluso, cuando buscan resultados inmediatos y aplicables, estos suelen ser más evidentes dentro de los límites de cada disciplina en particular; razón por la cual, la transdisciplinariedad se percibe como menos efectiva pues no ofrece respuestas directas e inmediatas.

En comparación, los estudiantes tienden a priorizar la educación disciplinar en torno a la especialización y dominio de un único campo de conocimiento. Consideran que esta educación refuerza la forma para abordar los desafíos de la vida cotidiana y es percibida de manera positiva. Por otro lado, aunque casi la mitad de los estudiantes consideran útil la transdisciplinariedad, no es fundamental para la educación y genera dudas sobre su utilidad. No se toma mucho en cuenta, dado que se prioriza el estudio de diferentes conceptos y enfoques de diferentes disciplinas de la educación.

### **Hallazgos sobre la importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (ICNM)**

En la Figura 7 se observa la valoración de los estudiantes frente a la importancia de las Ciencias naturales y las Matemáticas, la cual se encuentra dentro del rango neutral menor al 61 % de importancia, tanto en instituciones oficiales como privadas. En este sentido, la percepción en este indicador presenta varios puntos débiles o áreas de oportunidad.

Entre los factores que podrían explicar la falta de relevancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, se encuentra, en primer lugar, la falta de conexión con la realidad, un aspecto significativo. Aunque el 58.3 % (ítem 3.1) de los estudiantes considera importante incluir estas dos áreas en la educación media, algunos no logran relacionar estos conocimientos con situaciones propias de su vida cotidiana. Otro factor es la dificultad para aplicar conceptos científicos, lo cual afecta a un segmento de estudiantes. Si bien el 57.7 % (ítem 3.2) valora la importancia de aprender a aplicar estos conceptos, la percepción de que hacerlo es complicado puede generar frustración. Esto, a su vez, refuerza la idea de que las ciencias naturales y las matemáticas no son indispensables en su proceso educativo.



**Figura 7.** Importancia de las ciencias naturales y las matemáticas.  
Fuente: elaboración propia.

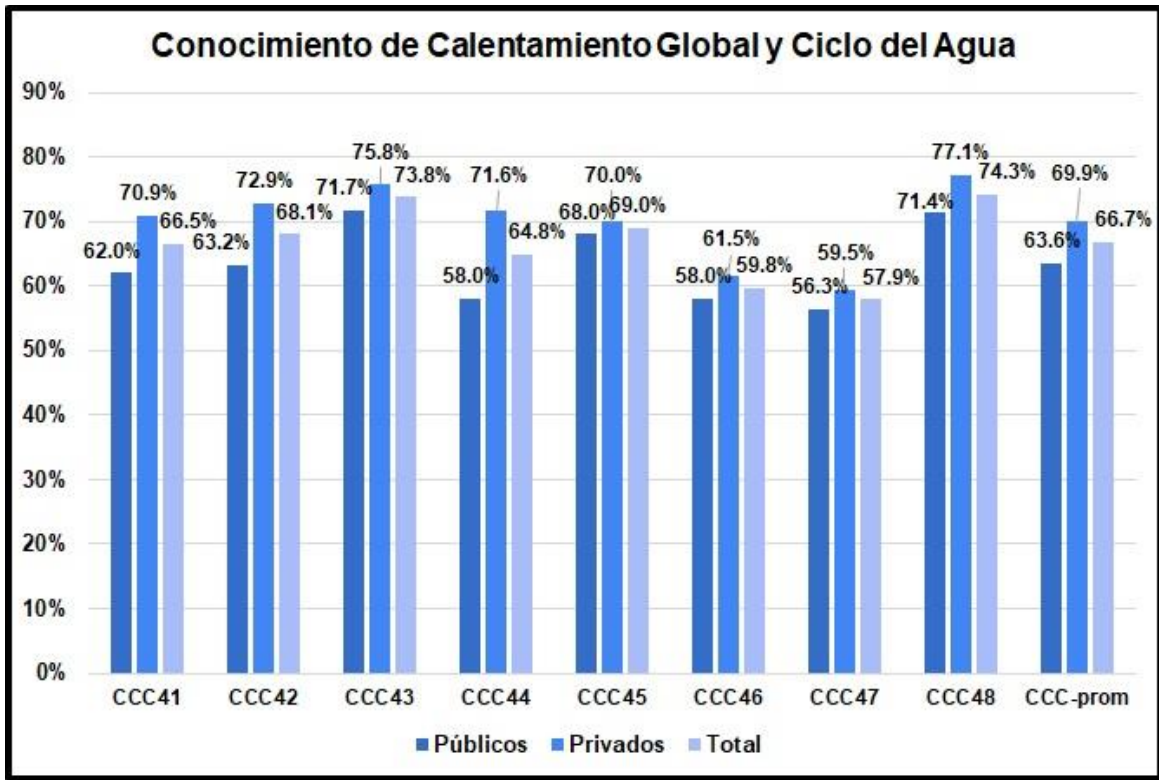
Ahora bien, la insatisfacción con la enseñanza también es un aspecto relevante. Solo el 56.4 % (ítem 3.3) de los estudiantes señala haber tenido experiencias de aprendizaje integradoras, lo que sugiere que la enseñanza de las Ciencias Naturales y las Matemáticas podría carecer de dinamismo e innovación. Esto puede traducirse en una falta de interés y motivación por parte de los estudiantes, dificultando que valoren estas áreas del conocimiento como algo relevante. En contraste, el 55.7 % (ítem 3.4) de estudiantes ha reconocido la necesidad de actividades prácticas, parece claro que la desconexión entre teoría y práctica limita su interés y comprensión de estos campos del conocimiento.

Finalmente, se observa que algunos estudiantes priorizan otras áreas de estudio que consideran más alineadas con sus metas académicas o profesionales. Esto podría relegar a las ciencias naturales y las matemáticas a un segundo plano, acentuando la percepción de su

irrelevancia. En general, la indiferencia hacia las Ciencias Naturales y las Matemáticas podría estar vinculada a la falta de conexión práctica, métodos de enseñanza poco atractivos y el predominio de intereses en otras disciplinas. Para contrarrestar estas debilidades, sería esencial implementar métodos de enseñanza más interactivos, dinámicos y relevantes, que permitan a los estudiantes comprender cómo las ciencias naturales y las matemáticas pueden ser útiles en su vida cotidiana.

### **Hallazgos conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua (CCC)**

En la Figura 8 se observa que, en promedio, los encuestados están de acuerdo en que el conocimiento de ambos temas es importante, con un porcentaje del 68.7 %. Sin embargo, no se evidencia una valoración que refleje una mayor relevancia. De esta manera, las prioridades de los estudiantes frente al calentamiento global y el ciclo del agua reflejan avances y desafíos en su comprensión y valoración de la integración de diversas disciplinas. Entre las fortalezas destaca que, un 74.3 % (ítem 4.8), considera que la educación y la concienciación son fundamentales para combatir el calentamiento global. Esto refleja una sólida comprensión de la importancia de la información y la sensibilización frente a este tipo de problemática socio ambientales.



**Figura 8.** Conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua.  
Fuente: elaboración propia.

Un 73.8 % (ítem 4.3) está consciente de las consecuencias del calentamiento global en el medio ambiente, lo que demuestra que tienen una base de conocimiento sobre el tema y su relevancia. El 69 % de los estudiantes (ítem 4.5) afirma que su familia utiliza el agua de manera eficiente, lo que sugiere una conciencia presente en sus hogares y la promoción de un comportamiento hacia la sostenibilidad. En cuanto al 68.1 % (ítem 4.2) puede explicar cómo las actividades humanas contribuyen al calentamiento global, siendo esta la evidencia de una responsabilidad que se hace manifiesta sobre los efectos generados en el medio ambiente.

En relación con los retos identificados, se encontró que un 66.5 % (ítem 4.1) de los estudiantes comprende las causas principales del calentamiento global, pero solo un 64.8 % (ítem 4.4) entiende cómo afecta al ciclo del agua. Esto indica que, aunque hay un nivel aceptable de conocimiento, existen áreas donde la comprensión es limitada o superficial. Igualmente, un 59.8

% (ítem 4.6) considera que abordar estos temas requiere conocimientos de diversas disciplinas, lo que refleja una apertura moderada hacia la integración disciplinaria, aunque lejos de ser suficiente.

Por otro lado, el 57.9 % (ítem 4.7) de los estudiantes siente que la transdisciplinariedad les ayuda a comprender mejor el calentamiento global. Esto puede deberse a una falta de experiencia con enfoques transdisciplinarios o una resistencia hacia ellos, lo cual limita su capacidad para abordar problemas complejos de manera integral. Si bien los estudiantes demuestran conciencia sobre el tema, aún no perciben la integración de conocimientos como algo esencial. Estos aspectos pueden ser una señal de que el currículo actual no enfatiza lo suficiente la importancia de la educación transdisciplinaria para enfrentar retos globales como el cambio climático.

De manera general, los estudiantes muestran una buena base de conocimiento y conciencia sobre el calentamiento global y su relación con el ciclo del agua. Sin embargo, para fortalecer su comprensión e implementación, es fundamental fomentar un enfoque educativo más integrado que resalte la interconexión entre disciplinas. A partir de ahí, se pueden propiciar actividades prácticas y proyectos colaborativos que vincule teoría con problemas del mundo real. Sin duda, estas decisiones pedagógicas y didácticas representan un aporte para que los estudiantes comprendan la importancia de abordar los desafíos actuales desde múltiples perspectivas.

## Resumen hallazgos experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá

Dentro de la Figura 9 se presentan los cuatro indicadores que caracterizan la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias naturales y Matemáticas en la educación media de las instituciones focalizadas para el estudio. De manera general, el indicador con el mayor nivel de acuerdo entre los encuestados corresponde a la percepción de la educación disciplinar, con un 86.7 %. Sumado a eso, se identifica un segundo factor relacionado con el conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua, cuyo nivel de acuerdo es del 66.7 %. Estos resultados reflejan las prioridades y enfoques valorados por los participantes frente a los temas abordados.

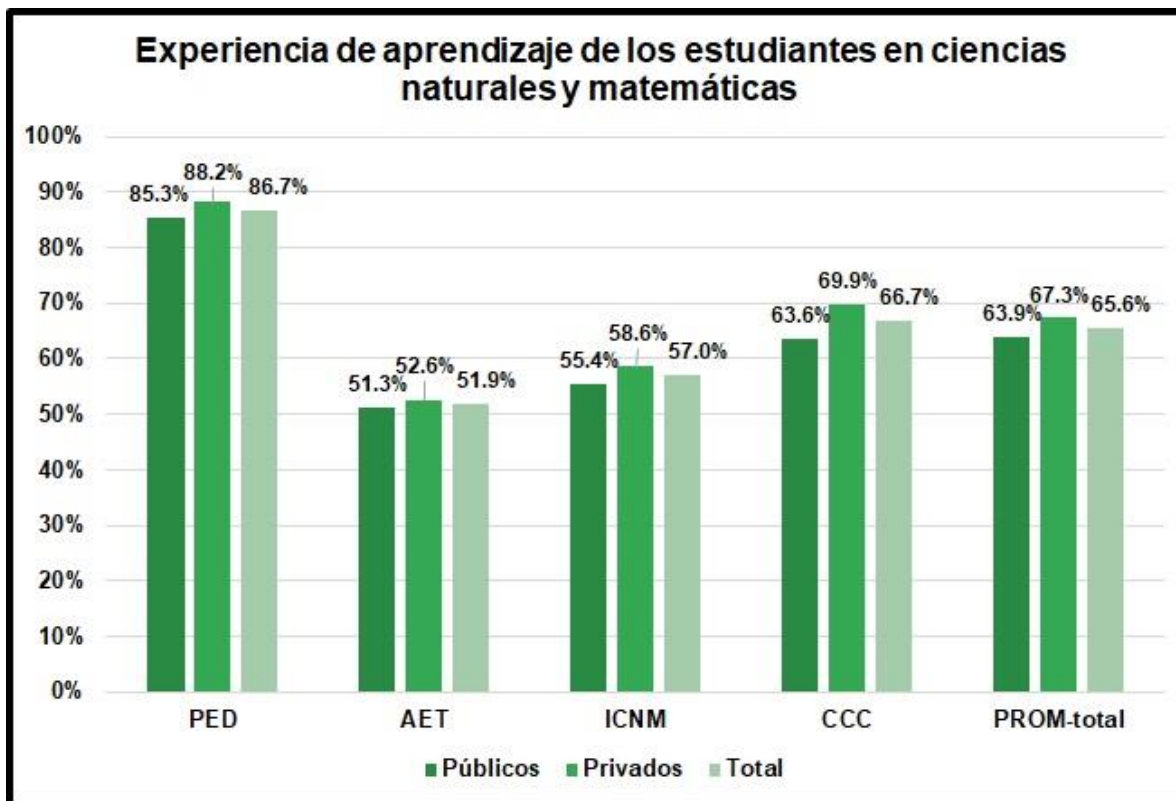


Figura 9. Experiencia de aprendizaje de los estudiantes en ciencias naturales y matemáticas.  
Fuente: elaboración propia.

No obstante, existen dos factores que los estudiantes consideran de manera indiferente o neutral: la importancia de las ciencias naturales y las matemáticas (57 %) y las actitudes hacia la transdisciplinariedad (51.9 %). Al analizar los cuatro indicadores que conforman la variable independiente, desde la perspectiva de los estudiantes, se evidencia que existe un nivel acuerdo del 86.7 %, como registro de una fuerte valoración hacia el enfoque disciplinar. Esto sugiere confianza en la especialización y aprecio por el conocimiento profundo en áreas específicas. Aunque este énfasis puede limitar la receptividad hacia métodos educativos que integren diversas disciplinas, lo que plantea el desafío de hacer visibles y concretos los beneficios y la relevancia de la transdisciplinariedad.

En cuanto al conocimiento del calentamiento global y el ciclo del agua, un 66.7 % de los estudiantes manifiesta tener una base sólida sobre estos temas, lo cual representa una fortaleza para abordar cuestiones ambientales y de sostenibilidad. A su vez, frente a la importancia atribuida a las Ciencias Naturales y las Matemáticas alcanza solo un 57 %, lo que indica un reconocimiento menor en comparación con otros indicadores. Esto refleja que los estudiantes pueden no estar plenamente convencidos de su relevancia en la comprensión de fenómenos complejos como el calentamiento global. Es indispensable profundizar en la conexión de estos conceptos con otras disciplinas, para enriquecer su comprensión y aplicabilidad en contextos más amplios.

Finalmente, las actitudes hacia la transdisciplinariedad, con un promedio del 51.9 %, reflejan una postura mayoritariamente neutral o negativa, posiblemente debido a la falta de experiencia o exposición a enfoques integradores. Superar esta indiferencia y fomentar una actitud positiva hacia la transdisciplinariedad es fundamental para preparar a los estudiantes ante los desafíos del mundo actual. En este sentido, abordar el calentamiento global y el ciclo del

agua como ejes para promover la transdisciplinariedad resulta pertinente, dado que son temas centrales en los debates globales, lo que facilita captar el interés de los estudiantes.

Por lo anterior, se evidencia que la base de conocimiento presenta una percepción favorable hacia la educación disciplinar, junto con un nivel significativo de comprensión sobre temas ambientales, lo cual representa una oportunidad para fortalecer una enseñanza más integrada y contextualizada. Además, la relevancia de los temas del calentamiento global y el ciclo del agua pueden ser motivadores poderosos para promover el enfoque transdisciplinar. Sin embargo, la actitud neutral hacia la transdisciplinariedad es una barrera significativa que debe abordarse, al igual que la poca importancia que los estudiantes otorgan a las Ciencias Naturales y las Matemáticas.

De modo que, las orientaciones didácticas transdisciplinares que promuevan el aprendizaje integral deberán vincular experiencias prácticas que permitan a los estudiantes investigar sobre el calentamiento global y el ciclo del agua desde múltiples perspectivas. También, incentivar el análisis crítico de las interacciones entre diferentes campos del conocimiento y su implementación en situaciones reales, a partir del trabajo colaborativo y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Todo esto en conjunto permitirá fortalecer la comprensión y aceptación de la transdisciplinariedad, preparando a los estudiantes para abordar situaciones complejas de manera más efectiva.

### **Hallazgos inferenciales de los datos cuantitativos**

A partir de la matriz que incluye todas las preguntas de manera individual, se identificaron 400 correlaciones bivariadas entre los distintos ítems. No obstante, solo cinco de

ellas resultaron ser las más relevantes, de acuerdo con el coeficiente de determinación ( $R^2$ )

derivado de la correlación de Pearson (R), las cuales se presentan en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Tabla de correlaciones.

Correlaciones significativas del total de la muestra		2.3. La integración entre distintas disciplinas es crucial para resolver situaciones o problemáticas del contexto de manera efectiva.	4.3. Conoce las consecuencias del calentamiento global en el medio ambiente.	4.7. Integrar conocimientos de diversas disciplinas le ayuda a comprender mejor el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua.	4.8. Considera que la educación y la concienciación son claves para combatir el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua.
2.2. Para abordar adecuadamente las situaciones reales o problemáticas del contexto, es esencial combinar habilidades y conceptos de diferentes disciplinas.	Correlación de Pearson	.683**	.421**	.462**	.474**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000
	N	141	141	141	141
4.2. Puede explicar cómo las actividades humanas contribuyen al calentamiento global.	Correlación de Pearson	.468**	.713**	.557**	.583**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000
	N	141	141	141	141
4.6. Abordar el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua requiere conocimientos de diversas disciplinas.	Correlación de Pearson	.453**	.558**	.710**	.666**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000
	N	141	141	141	141
4.7. Integrar conocimientos de diversas disciplinas le ayuda a comprender mejor el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua.	Correlación de Pearson	.469**	.593**	1	.721**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	141	141	141	141
<b>**.</b> La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).					
<b>*</b> . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).					

Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones, en función de las prioridades evidenciadas, son las siguientes:

❶  $R = 0.721$  ( $R^2 = 51.9$  % de explicación mutua): considerar la educación y la concienciación como claves para combatir el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua (Ítem 4.8), en relación con la posibilidad de integrar conocimientos de diversas disciplinas para comprender mejor ambos fenómenos (Ítem 4.7).

❷  $R = 0.713$  ( $R^2 = 50.8$  % de explicación mutua): conocer las consecuencias del calentamiento global en el medio ambiente (Ítem 4.3), en relación con la posibilidad de explicar cómo las actividades humanas contribuyen a dicho fenómeno (Ítem 4.2).

❸  $R = 0.710$  ( $R^2 = 50.4$  % de explicación mutua): integrar conocimientos de diversas disciplinas para comprender mejor ambos fenómenos (Ítem 4.7), en relación con el requerimiento de conocimiento de varias disciplinas para abordar estos temas (Ítem 4.6).

❹  $R = 0.683$  ( $R^2 = 46.6$  % de explicación mutua): para abordar situaciones reales o problemáticas de contexto es esencial combinar habilidades y conceptos de diferentes disciplinas (Ítem 2.2), en relación con la posibilidad de integrar distintas disciplinas para resolver de forma efectiva situaciones o problemáticas (Ítem 2.3).

❺  $R = 0.666$  ( $R^2 = 44.3$  % de explicación mutua): considerar la educación y la concienciación como claves para combatir el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua (Ítem 4.8), en relación con el requerimiento de conocimiento de varias disciplinas para abordar estos temas (Ítem 4.6).

Estas correlaciones muestran que existe una fuerte conexión entre la percepción de la educación y la concienciación como herramientas para combatir el calentamiento global y la integración de conocimientos de diversas disciplinas ( $R = 0.721$ ). Asimismo, el conocimiento de las consecuencias del calentamiento global y la comprensión de cómo las actividades humanas

contribuyen a este fenómeno ( $R = 0.713$ ). Por su parte, los estudiantes muestran una relación positiva entre la necesidad de integrar varias disciplinas para abordar estos temas complejos ( $R = 0.710$ ), y la importancia de combinar habilidades y conceptos de diferentes disciplinas para resolver problemas reales ( $R = 0.683$ ).

Por último, se observa que la concienciación sobre el calentamiento global y la importancia de integrar disciplinas están estrechamente relacionadas ( $R = 0.666$ ). De esta manera, se identifican los distintos factores que, desde su perspectiva, justifican la adopción de una visión integral y holística para enfrentar los problemas ambientales. De esta manera, se evidencia el impacto de generar prácticas pedagógicas y didácticas que favorezcan la interconexión entre conocimientos y diversas disciplinas en la búsqueda por soluciones sostenibles.

## **Fase 2. Concepción e implementación de la transdisciplinariedad por parte de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá**

En esta fase de la investigación se implementó una entrevista semiestructurada en la que se definieron las cuatro dimensiones contempladas en la Tabla 15 (Dimensiones cualitativas de los docentes). El propósito fue explorar y analizar las visiones, experiencias y actitudes de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas frente a la transdisciplinariedad en sus prácticas pedagógicas. De esta manera, tres expertos en educación validaron el instrumento para garantizar la claridad, pertinencia, relevancia, coherencia y aplicabilidad, lo que permitió alinearlos con los propósitos de esta investigación.

Después, cumpliendo las exigencias del Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica (CEBIC) de la Universidad Santo Tomás para participar en personas, se definieron los protocolos

necesarios para la entrevista. Las instituciones educativas obtuvieron las autorizaciones y la firma de los consentimientos informados y la autorización para tratar datos personales de cada docente participante en el estudio.

Luego de la firma de los consentimientos, se aplicó la entrevista a 18 docentes de educación media de Bogotá, profesionales en Ciencias Naturales o Matemáticas, quienes se ajustaron a los criterios de inclusión descritos en el capítulo de metodología. Cada uno de los docentes participó de la entrevista semiestructurada realizada a través de la plataforma Microsoft Teams (*work or school*), con una duración aproximada de 30 minutos. Las sesiones fueron grabadas y transcritas mediante esta misma herramienta.

En los documentos de las transcripciones se sustituyeron los nombres de los docentes participantes por la codificación establecida y se eliminó la intervención de la investigadora, como una manera de garantizar imparcialidad, usando únicamente las participaciones de los entrevistados. Por último, se procedió a convertir los archivos en documento de formato PDF para ingresarlo al programa Atlas. ti 23 en el que, a través de su lectura, se le asignaron las codificaciones abiertas asignadas.

### **Hallazgos sobre la situación actual de la implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (SAET)**

El análisis de la información se realizó a través del software Atlas. ti 23, para identificar categorías por frecuencia, como se muestra en las Figuras 10 y 11. Estas categorías se establecieron a partir de las preguntas formuladas en las entrevistas a los docentes de las especialidades consideradas en la investigación. Con esta información, se determinaron las categorías por frecuencia correspondientes a los docentes de Biología y Física, permitiendo

caracterizar la situación actual de la implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media (SAET).



**Figura 10.** Categorías por frecuencia para docentes de Biología y Física.  
Fuente: elaboración propia.



**Figura 11.** Categorías por frecuencia para docentes de Química y Matemáticas.  
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la percepción y las prácticas pedagógicas de los docentes, la situación actual de la implementación del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá revela una serie de desafíos y oportunidades. Uno de los hallazgos más significativos es que, aunque existe una creciente conciencia sobre la importancia de la transdisciplinariedad, su

implementación efectiva sigue siendo limitada. Los docentes reconocen el potencial de este enfoque para abordar problemas complejos y conectar el conocimiento científico con situaciones del mundo real. Sin embargo, manifiestan dificultades relacionadas con la falta de formación específica, recursos y tiempo para desarrollar estrategias pedagógicas transdisciplinares.

Entre los factores que limitan la implementación del enfoque transdisciplinar, se destaca la estructura curricular tradicional, que tiende a priorizar un enfoque disciplinar segmentado. Este modelo dificulta la integración de conocimientos provenientes de diferentes áreas y fomenta la enseñanza aislada de conceptos, lo cual contrasta con la necesidad de una perspectiva más holística para abordar problemáticas contemporáneas. Sumado a eso, los docentes mencionan que, en muchos casos, la evaluación de los estudiantes se centra en pruebas estandarizadas que no valoran suficientemente las competencias que deben adquirir.

No obstante, se identificaron fortalezas que podrían servir como base para una mayor integración del enfoque transdisciplinar. Con base en la experiencia de algunos docentes, se reconoce la incorporación de proyectos educativos que promueven la conexión entre disciplinas, como el uso de huertas escolares o actividades experimentales que relacionan conceptos de ciencias naturales y matemáticas con fenómenos cotidianos. Estas experiencias han demostrado ser efectivas para aumentar la motivación de los estudiantes y facilitar una comprensión más integral del conocimiento.

En términos generales, los hallazgos destacan la necesidad de transformar las prácticas pedagógicas y de gestión educativa para fomentar una educación transdisciplinar. Esto requiere no solo de formación continua para los docentes, sino también de un cambio en la política educativa que incentive la innovación y la colaboración entre áreas del conocimiento. Siendo así, la transdisciplinariedad se presenta como una oportunidad para responder a los retos educativos

del siglo XXI, siempre y cuando se superen las barreras estructurales y se promueva un enfoque más flexible y contextualizado.

### **Hallazgos sobre los antecedentes del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (ATEM)**

Con base en el análisis realizado sobre los antecedentes del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá (ATEM), se destaca la necesidad de transformar las prácticas pedagógicas de los docentes para fomentar la transdisciplinariedad. Este cambio implica generar procesos de formación continua para los docentes, junto con un cambio en la política educativa que incentive la innovación y la colaboración entre áreas del conocimiento. Aunado a ello, movilizar acciones cotidianas que permita a las comunidades educativas comprender el valor de la integración disciplinar en los procesos formativos, y su impacto en la toma de decisiones.

Estos antecedentes también demuestran una evolución paulatina en la integración de diversas disciplinas para abordar problemáticas complejas. Si bien, tradicionalmente, la educación media ha estado marcada por una enseñanza disciplinar segmentada, algunos esfuerzos aislados han buscado conectar conocimientos de diferentes áreas para ofrecer una formación más integral a los estudiantes. Estos intentos se enmarcan en proyectos educativos innovadores impulsados por docentes, por las instituciones y entidades públicas encargadas de acompañar estos procesos, como la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá.

En este escenario, uno de los principales hallazgos es que, aunque existen experiencias transdisciplinares en algunas instituciones, estas no han sido sistemáticas ni generalizadas. En la mayoría de los casos, los docentes han desarrollado estrategias de manera autónoma, muchas veces sin contar con una formación específica en enfoques transdisciplinares. Esto ha generado

experiencias valiosas pero limitadas en alcance, pues dependen, en gran medida, del interés y compromiso individual de los educadores. Además, la ausencia de un marco curricular sólido que promueva de manera explícita la transdisciplinariedad ha limitado tanto la expansión como la sostenibilidad de este tipo de enfoques.

Otro aspecto relevante es la relación entre los procesos transdisciplinares y la educación ambiental en la ciudad. Algunas instituciones han promovido proyectos integradores en torno a problemáticas locales como el cambio climático y la gestión del agua, involucrando áreas como Ciencias Naturales, Matemáticas y Ciencias Sociales. La integración de saberes sigue siendo un desafío, pues los docentes enfrentan dificultades para articular contenidos y diseñar estrategias pedagógicas que permitan trascender las fronteras disciplinares.

Por último, la concepción de los docentes sobre la transdisciplinariedad muestra una disposición positiva hacia su implementación, pero con incertidumbres sobre cómo materializarla en el aula. Muchos reconocen que una enseñanza basada en la integración de conocimientos podría mejorar la motivación y el aprendizaje de los estudiantes, pero identifican barreras estructurales, como la rigidez del currículo, la falta de formación y el tiempo limitado para la planificación conjunta. Es así como, a pesar de que los antecedentes de procesos transdisciplinares son prometedores, se requiere un esfuerzo coordinado para consolidar esta perspectiva en el sistema educativo de Bogotá.

### **Hallazgos para el diseño de orientaciones didácticas transdisciplinares (DODT)**

El análisis de los hallazgos obtenidos del software Atlas.ti permitió identificar aspectos clave para el diseño de orientaciones didácticas que faciliten la aplicación del enfoque transdisciplinar en la educación media de Bogotá. En este punto se reconoce la necesidad de

desarrollar estrategias que promuevan una mayor articulación entre las disciplinas. Bajo este interés, se busca orientar a los docentes para generar procesos de integración de conocimientos de diferentes áreas en torno a problemáticas reales y contextualizadas. A su vez, potenciar la planificación pedagógica desde enfoques más holísticos, donde los estudiantes puedan construir aprendizajes significativos a partir de la interconexión de saberes.

Un punto central para tener en cuenta en el diseño de estas orientaciones es la implementación de metodologías activas que favorezcan el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), estudios de caso y resolución de problemas. Los hallazgos sugieren que los docentes que han implementado estrategias transdisciplinarias han obtenido resultados positivos, lo cual se evidencia en una mayor motivación por parte de los estudiantes y en una comprensión más profunda de conceptos complejos. No obstante, se identificó que muchos educadores requieren apoyo en la planificación y estructuración de actividades que favorezcan la interrelación de disciplinas, sin comprometer el rigor académico de cada área.

Asimismo, se evidenció la importancia de considerar la realidad del contexto escolar al momento de diseñar las orientaciones didácticas transdisciplinarias. En instituciones con mayor flexibilidad curricular, los docentes tienen más oportunidades para experimentar con enfoques transdisciplinarios; mientras que, en escenarios educativos rígidos se enfrentan a limitaciones que dificultan la implementación de estas estrategias. Por ello, es fundamental que las orientaciones incluyan modelos adaptables en escenarios educativos, considerando los recursos disponibles, las políticas institucionales y las necesidades específicas de los estudiantes.

Otro hallazgo relevante es la necesidad de fortalecer la formación docente en transdisciplinariedad. A pesar del interés de los educadores en incorporar estos enfoques, muchos expresan dificultades para diseñar actividades que integren múltiples disciplinas de manera

coherente y efectiva. Esto destaca la importancia de desarrollar materiales de apoyo, guías metodológicas y espacios de formación que permitan a los docentes adquirir herramientas para la planificación e implementación de estrategias transdisciplinarias. También, un trabajo articulado entre las instituciones educativas y la Secretaría de Educación de Bogotá para potenciar las iniciativas pedagógicas que hacen realidad esta integración.

Finalmente, el diseño de orientaciones didácticas transdisciplinarias debe contemplar la evaluación de los aprendizajes desde una perspectiva integral. De esta manera, los hallazgos obtenidos evidencian que las prácticas evaluativas actuales suelen centrarse en indicadores disciplinares, lo que puede dificultar la valoración del impacto del enfoque transdisciplinar. Por esta razón, se recomienda incluir estrategias de evaluación formativa, autoevaluación y coevaluación que permitan evidenciar el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad de interconectar conocimientos.

### **Hallazgos frente a estrategias de implementación y procesos evaluativos del enfoque transdisciplinar (EIET)**

Frente a las estrategias de implementación y procesos evaluativos del enfoque transdisciplinar, el análisis de las entrevistas permitió determinar que las técnicas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el trabajo en equipo y el estudio de problemáticas contextualizadas han demostrado una mayor eficacia para fusionar diversas disciplinas. Aunque su implementación depende de la voluntad de los docentes y en el respaldo institucional. Asimismo, en relación con los procesos evaluativos, los hallazgos sugieren que la mayoría de las estrategias actuales siguen basándose en criterios disciplinares tradicionales, lo que dificulta la valoración integral del enfoque transdisciplinar.

Los docentes expresan la necesidad de herramientas de evaluación más flexibles que permitan medir habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la interconexión de conocimientos. En este orden de ideas, se identificó que la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación formativa son métodos que pueden complementar las estrategias convencionales, desde una visión más holística del aprendizaje. No obstante, su aplicación aún es limitada debido a la falta de formación en enfoques evaluativos innovadores. Para fortalecer el enfoque transdisciplinar, es fundamental desarrollar instrumentos de evaluación que consideren el proceso de aprendizaje en su totalidad y no solo los resultados cuantificables.

Por último, se evidenció la importancia del acompañamiento docente en la implementación y evaluación del enfoque transdisciplinar. Es así como, los educadores que han recibido capacitación específica en este, tienen mayor facilidad para diseñar estrategias efectivas. Además, para evaluar el aprendizaje de sus estudiantes, aunque algunos docentes aún perciben la transdisciplinariedad como un desafío. Sin duda, esta percepción obedece a la falta de recursos y la orientación metodológica y didáctica para una implementación efectiva de este enfoque.

### **Resumen hallazgos de la concepción e implementación de la transdisciplinariedad por parte de los docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá**

Después de analizar los hallazgos de las dimensiones propuestas, según las respuestas proporcionadas por los docentes durante las entrevistas, se identificaron las categorías emergentes (Tabla 18). El propósito es constituir las en un insumo fundamental para el diseño de orientaciones didácticas transdisciplinares que promuevan el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá.

**Tabla 18.** Categorías emergentes.

Categorías emergentes de las nubes de palabras del análisis cualitativo							
Objetivo específico	Preguntas abiertas	Biología categorías	Física categorías	Química categorías	Matemáticas categorías	Categorías emergentes	
<b>1 SATT</b>	2	Situación actual sistema de educación para implementar disciplinariedad.	Optimizar el uso de diversas ciencias en un solo caso de estudios.	Encontrar relación entre ciencias, da visión integral del conocimiento.	Usar habilidades de varias ciencias se comprende lo complejo de real con lo abstracto.	Conceptos y habilidades de diversas ciencias potencializa el aprendizaje.	*La integración de diversas áreas del conocimiento brinda una visión integral de las situaciones, permitiendo comprender su complejidad y facilitando su aplicación en la realidad del estudiante. Visión integral del conocimiento a través de las ciencias (VICC)
	3	Experiencias docentes eventuales en implementar la transdisciplinariedad.	Intercambio de saberes hacia conocimiento holístico grupal.	Resistencia al uso del enfoque transdisciplinar por grado alto de complejidad.	Desde un principio de complejidad a uso en la realidad del estudiante.	Investigación a fondo en varias áreas del conocimiento da visión de contexto real.	
<b>2 ATEM</b>	1	Primeros intentos de implementar el enfoque transdisciplinar.	Participación colaborativa para soluciones con diversos conocimientos.	Aplicación integrada de conocimientos de diversas áreas para resolver problemas reales.	Una visión global y holística para la solución de problemáticas.	Hacer relación entre contenido y contexto para mayor aprendizaje.	*Fomentar la colaboración entre docentes y estudiantes para abordar soluciones desde diversas ciencias, fortaleciendo la comprensión y aplicación del conocimiento en contextos reales, mientras se optimiza el uso del tiempo a través de la transdisciplinariedad en los ambientes de aprendizaje. Colaboración docente-estudiante para resolver situaciones desde el enfoque transdisciplinar (CDEST)
	4	Fortalezas en el uso del enfoque transdisciplinar.	Conocimiento para solución de problemas.	Fomento de competencias para aplicar el aprendizaje de manera práctica y fortalecer el conocimiento.	Desarrollo de habilidades para ver la realidad de fenómenos de la naturaleza.	Amplía la comprensión de las ciencias, adaptándolas a cualquier contexto del estudiante.	

	5	Debilidades en el uso del enfoque transdisciplinar.	Conocimiento para la solución de problemas.	Dificultad para aplicar conocimientos en diferentes contextos.	Falta de motivación para comprender los conocimientos científicos en relación con la realidad.	Falta competencia en gestión del tiempo para aplicar el enfoque transdisciplinar en el aula.	
	6	Experiencias exitosas en la aplicación integrada de diversas ciencias.	Contaminación lumínica, socialización con resultados	Uso del Vitruvio para medir proporciones. Otra en Bellas Artes.	Transdisciplina en el tema de la fotosíntesis como medio ambiente.	En procesos de diseño gráfico y análisis de datos.	
<b>3 DODT</b>	7	Motivar al estudiante al uso del enfoque transdisciplinar.	Calentamiento global y ciclo del agua. Problemas ambientales.	Tener curiosidad para enfocarse a situaciones complejas acorde a sus necesidades.	La atención asertiva garantiza acercarse al conocimiento.	Fomentar creatividad y curiosidad para potenciar el aprendizaje de las ciencias.	*Fomentar la curiosidad para abordar situaciones complejas, promoviendo la apertura al diálogo y el debate mediante el pensamiento crítico. La transdisciplina potencia la creatividad y el desarrollo de habilidades y competencias en el manejo de modelos predictivos sobre los cambios climáticos del agua. Fomento de la curiosidad y del pensamiento crítico en situaciones complejas (FCPC)
	8	El razonamiento y la creatividad del estudiante al implementar el enfoque transdisciplinar.	Apertura al diálogo para el debate, fomentando el uso del pensamiento crítico.	Combinar lo transdisciplinar con el pensamiento crítico.	El pensamiento crítico con enfoque transdisciplinar permite conceptualizar de manera coherente lo aprendido.	Solución de problemas en un contexto global, potenciando el pensamiento crítico y el enfoque transdisciplinar.	
	9	Pensamiento crítico con uso del enfoque transdisciplinar.	Curiosidad del estudiante y desarrollo del pensamiento crítico.	El enfoque transdisciplinar para potenciar la creatividad y las habilidades de pensamiento crítico.	El pensamiento crítico, junto con la transdisciplina, mejora el proceso de aprendizaje.	La interacción con el entorno permite nuevas soluciones a situaciones reales.	

	10	Recomendación caso puntual: calentamiento global y su relación con el ciclo del agua.	Cultura ambiental, respeto por la vida y consumo responsable.	Tiempo suficiente para que cada docente aporte contenidos al caso objeto de estudio.	Ver el impacto ambiental por causa de variables Biológicas, Químicas y Físicas	Comprensión profunda con modelos predictivos de cambios climáticos.	
<b>4 EIET</b>	11	Recomendación uso de estrategias exitosas que involucren el enfoque transdisciplinar.	Estrategias de evaluación y resultados de los objetivos propuestos.	Procesos de evaluación integrados.	El estudiante desarrolla la necesidad de explorar diversas ciencias por curiosidad.	Uso de metodologías activas y de tecnologías.	*Fomentar la curiosidad del estudiante frente a la complejidad de las ciencias, implementando un proceso de diagnóstico, con rúbricas para evaluar el desarrollo de competencias. Diagnóstico individualizado y evaluación del enfoque transdisciplinar. (DIET)
	12	Implementación del enfoque transdisciplinar.	Evaluar los niveles de motivación de los estudiantes.	Vinculación de diferentes enfoques de pensamiento para la solución de una situación específica.	Instrumentos de evaluación antes y después de la experiencia con enfoque transdisciplinar.	Rúbricas de evaluación para las diferentes competencias.	

Fuente: elaboración propia.

### **a) Visión integral del conocimiento a través de las ciencias (VICC)**

Esta primera categoría emergente es producto de aquellas concepciones de los docentes quienes consideran que la transdisciplinariedad, al integrar el estudio de diversas ciencias, permite una visión holística del conocimiento. Al respecto, uno de los docentes entrevistados plantea que “estudiar la relación entre diferentes áreas, da una visión integral del conocimiento, lo que permite comprender la complejidad y facilita su uso en la realidad del estudiante”. De esta forma, el estudio interrelacionado de las Ciencias Naturales y las Matemáticas facilita la comprensión de la realidad y, a partir de ahí, contribuyen a generar soluciones más profundas y contextualizadas frente a los problemas del entorno.

### **b) Colaboración docente-estudiante para resolver situaciones desde el enfoque transdisciplinar (CDEST)**

Para los docentes, fomentar la participación colaborativa con sus estudiantes en la búsqueda de soluciones desde diversas áreas del conocimiento, amplía la perspectiva y contribuye a la resolución de problemas en contextos reales. La colaboración permite superar dificultades en la aplicación del conocimiento, y optimizar la gestión del tiempo en la implementación del enfoque transdisciplinar. En este sentido, facilita la integración de conceptos y habilidades de diferentes disciplinas científicas, fortaleciendo la capacidad de los estudiantes para abordar situaciones complejas de manera más efectiva.

Bajo esta perspectiva, el rol del docente ha evolucionado desde la figura tradicional de transmisor de contenidos hacia un actor clave en la mediación del conocimiento. Este es a la vez experto disciplinar y facilitador de procesos de aprendizaje, lo cual implica una transformación profunda en su quehacer educativo. Como experto, posee un dominio conceptual y metodológico que le permite interpretar, adaptar y contextualizar el saber académico. Como facilitador, crea

condiciones propicias para que los estudiantes construyan conocimiento de manera activa, crítica y colaborativa (Méndez, 2025).

De acuerdo con Cabrera (2018), este doble rol cobra especial relevancia en escenarios educativos que asumen el paradigma de la complejidad y el enfoque transdisciplinar, donde el conocimiento no se imparte de forma lineal, sino que se construye a partir del diálogo entre saberes, la problematización del entorno y la integración de múltiples perspectivas. En estos contextos, el docente actúa como guía y orientador, diseñando experiencias de aprendizaje significativas que promueven la reflexión, la indagación y la conexión entre lo que se aprende en la escuela y los desafíos del mundo real.

Además, el docente como facilitador reconoce la diversidad de formas de aprender, valora las experiencias previas de sus estudiantes y fomenta un clima de confianza que potencia la autonomía y la creatividad. Esta posición demanda no solo habilidades pedagógicas, sino también disposición ética y actitud investigativa, ya que implica acompañar procesos de construcción colectiva de conocimiento que pueden ser inciertos, emergentes y abiertos a múltiples respuestas (Méndez, 2025).

En síntesis, concebir al docente como experto y facilitador permite repensar la educación desde una lógica más dialógica, participativa y centrada en el desarrollo integral del estudiante. Este enfoque responde no solo a las exigencias de una educación más pertinente y transformadora, sino también a los retos actuales de formar ciudadanos capaces de comprender y actuar frente a la complejidad del mundo contemporáneo.

### **c) Fomento de la curiosidad y del pensamiento crítico en situaciones complejas (FCPC)**

Los docentes entrevistados consideran la transdisciplinariedad como una estrategia para fomentar la curiosidad en el abordaje de situaciones complejas, desde la apertura al diálogo, el

debate y el fortalecimiento del pensamiento crítico. Es así como, los estudiantes pueden desarrollar competencias para gestionar modelos predictivos y tomar decisiones fundamentadas basadas en un enfoque integral que combine la Física, la Química, la Biología y las Matemáticas. Asimismo, destacan que este enfoque potencia la creatividad y el desarrollo de habilidades y competencias para abordar situaciones problemáticas.

**d) Diagnóstico individualizado y evaluación del enfoque transdisciplinar (DIET)**

Los docentes destacan la importancia de promover de manera constante la curiosidad de los estudiantes ante la complejidad de las ciencias, a través de herramientas que permitan mediar y evaluar el aprendizaje desde sus individualidades. Esto implica generar procesos de evaluación y valoración que contemplen un diagnóstico, acompañado de rúbricas para evaluar el desarrollo habilidades de forma integral. Al mismo tiempo, este enfoque de evaluación asegura que el desarrollo de competencias no se limite a una sola área de conocimiento, sino que tenga en cuenta la combinación de habilidades de diversas ciencias.

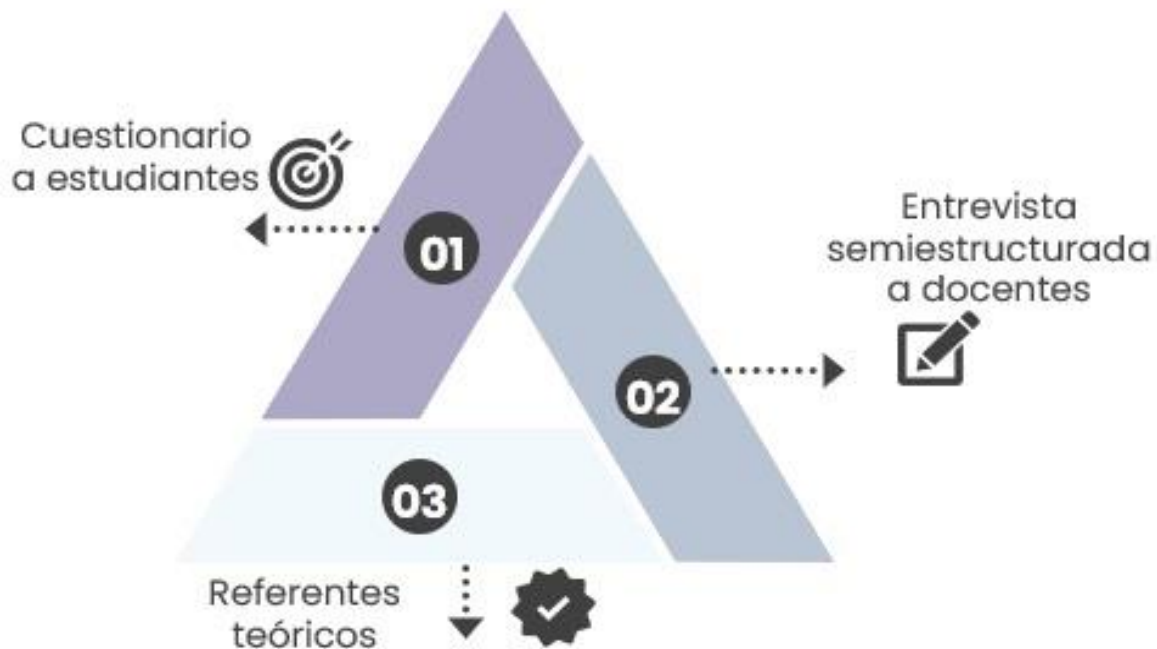
En relación con los elementos propuestos para las orientaciones didácticas transdisciplinares, la contextualización del problema juega un papel fundamental, dado que permite que los estudiantes se enfrenten a situaciones reales y cercanas a su entorno. En este sentido, la contextualización favorece la articulación entre saberes de distintas disciplinas y permite que los estudiantes reconozcan la relevancia de lo aprendido para abordar y resolver problemáticas concretas en su entorno.

En consecuencia, dentro de la educación transdisciplinar, los estudiantes son receptores de conocimiento y agentes activos del cambio. Es por ello que, al generar prácticas de trabajo colaborativo, se fomenta la participación, el respeto por la perspectiva del otro y un aprendizaje colectivo que trasciende la adquisición de conocimiento. Así pues, la transdisciplinar surge como

un enfoque para la formación de ciudadanos con responsabilidad crítica, y con la capacidad de contribuir al bienestar común, al desarrollo sostenible y la protección de la naturaleza.

### Fase 3. Triangulación de Hallazgos y Referentes Teóricos

A partir del análisis de la información recolectada mediante el cuestionario dirigido a estudiantes, la entrevista semiestructurada realizada a docentes y los referentes teóricos, fue posible identificar elementos que presentan coincidencias directas, similitudes conceptuales y analogías relevantes en relación con las categorías de análisis definidas. Para integrar estos hallazgos, se realizó un proceso de triangulación que permitió contrastar las tres fuentes de información, determinando, por una parte, la influencia relativa de cada categoría desde cada instrumento, y por otra, el nivel de coherencia, convergencia y divergencia entre las perspectivas estudiante, docente y teórica. La Figura 12 muestra el esquema descrito anteriormente.



**Figura 12.** Esquema de triangulación de resultados  
Fuente: elaboración propia.

Con base en este proceso de triangulación, se elaboró una tabla de meta referencia (Tabla 19) que permite visualizar de manera organizada y comparativa los puntos de coincidencia, complementariedad y contraste entre los resultados obtenidos desde cada fuente de información. Esta tabla sintetiza los hallazgos más representativos en torno a las categorías de análisis, facilitando una comprensión integrada del fenómeno estudiado.

**Tabla 189.** Meta referencia de la triangulación.

<b>Categoría</b>	<b>Hallazgo empírico</b>	<b>Referente teórico</b>	<b>Interpretación / Triangulación</b>	<b>Objetivo(s)</b>
Transdisciplinariedad	Preferencia por la educación disciplinar por parte de docentes y estudiantes, lo que limita la apertura a estrategias integradoras.	Morin (1999) y Nicolescu (1996) plantean que la fragmentación del conocimiento impide abordar los problemas complejos que caracterizan el mundo contemporáneo.	El apego a estructuras disciplinares tradicionales refleja una visión reduccionista del conocimiento. Esta resistencia puede superarse mediante formación docente que promueva el pensamiento complejo y la transdisciplinariedad.	O1
Transdisciplinariedad	Docentes interesados en aplicar la transdisciplinariedad, pero enfrentan barreras como currículos rígidos y falta de tiempo.	Nicolescu (1996) destacan que la transdisciplinariedad requiere una reorganización curricular e institucional profunda.	Las barreras identificadas no son solo logísticas sino estructurales. Se necesita una transformación institucional que respalde el trabajo transdisciplinar y permita condiciones reales para su implementación.	O2
Pensamiento Complejo	Algunos docentes comprenden que la transdisciplinariedad permite abordar problemáticas actuales de manera más integral.	Morin (2002) indica que el pensamiento complejo articula saberes diversos para enfrentar realidades múltiples y cambiantes.	Este reconocimiento marca un avance en la apropiación del enfoque. La educación debe orientarse hacia una mirada sistémica y contextualizada, que dé sentido al aprendizaje en un mundo interconectado.	O2

Aprendizaje de CN y M	Los estudiantes valoran las ciencias naturales y las matemáticas como fundamentales para entender problemas actuales, pero no siempre se conectan entre sí ni con su entorno.	Coll (1995) sostiene que el aprendizaje significativo surge al vincular los contenidos escolares con el contexto del estudiante.	Hay disposición positiva hacia las disciplinas, pero es necesario contextualizar los contenidos e integrar saberes para lograr aprendizajes más significativos y transferibles.	O1
Aprendizaje de CN y M	Proyectos transdisciplinarios implementados han aumentado el interés, la participación y el pensamiento crítico de los estudiantes.	Coll (1995) destaca la importancia del aprendizaje situado y socialmente construido.	La transdisciplinariedad demuestra ser eficaz para promover habilidades superiores y aprendizajes duraderos al involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas reales.	O2
Orientaciones Didácticas	Docentes proponen usar contextos locales y metodologías activas como base de propuestas didácticas transdisciplinarias.	Díaz (2020) argumenta que los proyectos contextualizados generan mayor sentido en el aprendizaje.	El trabajo con problemas locales estimula la pertinencia del saber y genera mayor implicación del estudiante, potenciando su capacidad para intervenir en su realidad.	O2
Orientaciones Didácticas	Se reconoce la necesidad de evaluar no solo conocimientos, sino habilidades como pensamiento crítico, creatividad y colaboración.	Coll (1995) enfatizan la necesidad de evaluar procesos complejos y competencias transversales.	Se vislumbra una transformación en la concepción de evaluación que valora tanto el resultado como el proceso, alineada con los principios del pensamiento complejo y la transdisciplinariedad.	O2

Fuente: elaboración propia.

La tabla de meta referencia producto de la triangulación desarrollada en esta investigación cumple una función clave al permitir una articulación sistemática entre los hallazgos empíricos obtenidos durante el proceso investigativo y los referentes teóricos que fundamentan el estudio. Esta estrategia metodológica no solo facilita la validación cruzada de los

datos, sino que también favorece una interpretación crítica y enriquecida del fenómeno de estudio: el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá, desde un enfoque transdisciplinar.

Cada una de las categorías establecidas (Transdisciplinariedad, Pensamiento Complejo, Orientaciones Didácticas y Aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas) funciona como eje integrador entre los datos recolectados y los marcos conceptuales asumidos. A través de este ejercicio, se visibilizan tanto las tensiones como las posibilidades que emergen al intentar implementar procesos educativos más holísticos, contextualizados y significativos.

Por ejemplo, desde la categoría de Transdisciplinariedad, se evidencia una tensión clara entre el modelo educativo tradicional, basado en disciplinas aisladas, y la necesidad de promover una visión integradora del conocimiento. Los hallazgos muestran que muchos docentes y estudiantes aún se encuentran enmarcados en una lógica disciplinar, lo que limita la implementación de enfoques innovadores. Sin embargo, el interés por la transdisciplinariedad como estrategia para abordar problemas reales refleja un cambio progresivo en la cultura escolar, el cual puede ser potenciado mediante políticas institucionales y formación docente continua, en sintonía con autores como Morin (1999).

En cuanto al Pensamiento Complejo, se destaca que algunos docentes ya reconocen que la transdisciplinariedad permite una comprensión más integral de la realidad. Esta apertura al pensamiento sistémico es fundamental para avanzar hacia prácticas educativas que respondan a la complejidad del mundo actual, tal como lo plantea Morin (1999). En esta misma línea, se refuerza la importancia de romper con la linealidad del conocimiento y fomentar conexiones significativas entre saberes diversos.

En relación con el Aprendizaje de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, la matriz muestra cómo los estudiantes valoran estas áreas como fundamentales para comprender los fenómenos del entorno, aunque muchas veces no perciben su conexión ni con otras disciplinas ni con su contexto cercano. Esto confirma la necesidad de avanzar hacia modelos de enseñanza más contextualizados, basados en problemáticas reales. Además, los resultados empíricos evidencian que el enfoque transdisciplinar aumenta el interés, la motivación y el pensamiento crítico de los estudiantes, lo cual valida la pertinencia de estos enfoques en términos pedagógicos y didácticos.

Finalmente, desde las Orientaciones Didácticas, se identifican propuestas concretas por parte de los docentes, como el uso de contextos locales, metodologías activas y evaluaciones que consideren competencias transversales. Estas acciones se alinean con los principios de una educación para la comprensión y la transformación social. Aquí se manifiesta también una transición importante en las prácticas evaluativas, pasando de una mirada centrada en contenidos a una centrada en procesos y habilidades, como lo sugiere la taxonomía de Bloom revisada y los aportes de (Coll, 1995).

A partir de los patrones identificados en la tabla de meta referencia, fue posible fundamentar el diseño de las orientaciones didácticas transdisciplinares. Estas orientaciones responden directamente a las necesidades, desafíos y oportunidades evidenciadas en los datos, permitiendo traducir los hallazgos en propuestas didácticas contextualizadas. De este modo, se busca ofrecer herramientas concretas que favorezcan una articulación significativa entre las Ciencias Naturales y las Matemáticas, desde un enfoque transdisciplinar que dialogue con las realidades sociales y ambientales del contexto educativo en Bogotá.

## **Orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje integral de las ciencias naturales y las matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá**

La investigación realizada ha dado lugar a una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje integral en el contexto de la educación media en Bogotá. Estas orientaciones buscan desarrollar en los estudiantes la capacidad de integrar conocimientos de Ciencias Naturales y Matemáticas mediante el análisis de problemas reales y locales, para fomentar una comprensión profunda y crítica de su entorno. A través de este enfoque, se pretende fortalecer competencias científicas, tecnológicas y sociales, esenciales para enfrentar los desafíos actuales. La propuesta se fundamenta en los hallazgos obtenidos en este estudio, donde se incluyen las percepciones de los estudiantes y docentes, así como las necesidades educativas específicas en el contexto de la ciudad.

Los resultados de un cuestionario de preguntas cerradas aplicado a estudiantes de educación media revelan un interés por un aprendizaje que conecte los conocimientos adquiridos en la escuela con problemas reales que afectan su entorno. Es de considerar que algunos de los participantes expresaron dificultad para aplicar los conceptos de Ciencias y Matemáticas en situaciones prácticas. Este hallazgo resalta la necesidad de diseñar propuestas de enseñanza que vinculen, de manera más efectiva, el contenido curricular con las necesidades, intereses y expectativas de formación de los jóvenes.

Ahora bien, un alto porcentaje de los estudiantes mostró interés en participar en proyectos colaborativos, indicando que la asignación de roles específicos dentro de un equipo de trabajo puede aumentar el compromiso y la motivación. Esto subraya la importancia de incorporar enfoques de trabajo en equipo y de responsabilidad compartida en el diseño de las orientaciones didácticas transdisciplinarias. En efecto, la transdisciplinariedad se presenta como un enfoque que

genera las condiciones pedagógicas y didácticas para movilizar aprendizajes que aporten a la formación integral del ser, en relación permanente con los otros.

Por otro lado, las entrevistas a docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas permitieron la implementación de un enfoque transdisciplinar. A partir de ahí, se destacó el impacto de integrar estos conocimientos en torno a problemas actuales, como el cambio climático; y, con ello, se reconoce el aprendizaje contextualizado como una posibilidad de despertar en sus estudiantes un sentido de responsabilidad hacia su entorno. Asimismo, se consideró el diseño de actividades que promuevan la colaboración entre los estudiantes, como una manera de favorecer el desarrollo de habilidades sociales y el compromiso con la comunidad.

Otro aspecto relevante señalado por los docentes fue su disposición a implementar proyectos que integren el conocimiento científico con competencias de ciudadanía, en la medida en que se debe formar no solo en el dominio conceptual, sino también en la acción práctica. En este sentido, los docentes sugirieron que los estudiantes asuman roles específicos dentro de proyectos colaborativos, donde cada integrante pueda contribuir desde su área de especialización, sea esta científica, matemática o comunicativa. Bajo esta perspectiva, el trabajo en equipo facilita la resolución de problemas reales, promueve el aprendizaje significativo y pone los conocimientos a disposición de su realidad.

A partir de estas consideraciones, las orientaciones didácticas transdisciplinares proponen estructurar proyectos de aprendizaje integral que permitan a los estudiantes investigar y actuar sobre problemas de su contexto local. Estos proyectos están concebidos para fomentar la colaboración y la participación, con el propósito de que los estudiantes asuman un rol protagónico como agentes de cambio dentro de sus comunidades.

Desde la toma de decisiones y la implementación de soluciones, los estudiantes podrán aplicar conocimientos científicos y matemáticos, mientras desarrollan un compromiso cívico que los prepara para afrontar los retos sociales y ambientales de manera responsable y efectiva.

Finalmente, las orientaciones didácticas integran algunos elementos mencionados en el marco teórico y las recomendaciones de los docentes sobre la importancia de conectar conocimientos, habilidades y valores de forma transdisciplinar. Se pone énfasis en la práctica colaborativa, el análisis crítico y la acción comunitaria como pilares del aprendizaje significativo. Este enfoque no solo promueve la adquisición de competencias científicas y matemáticas, sino que también fortalece la capacidad de los estudiantes para identificar, analizar y proponer soluciones a problemas. De este modo, se espera aportar a la formación integral desde una sólida comprensión de su entorno y un compromiso activo con la mejora de la sociedad en general.

### **Orientación 1: contextualización de problemas reales y locales**

Incorporar contextos reales en el proceso de enseñanza aprendizaje constituye una estrategia para favorecer la comprensión de la aplicabilidad práctica de los conocimientos en Ciencias Naturales y Matemáticas. Esta acción facilita que los estudiantes identifiquen cómo los saberes de estos campos del conocimiento operan como herramientas para la toma de decisiones informadas en situaciones cotidianas. Por ejemplo, al abordar problemáticas ambientales como la contaminación del aire, la gestión de residuos, la movilidad urbana o el acceso al agua potable, se pueden movilizar conceptos y procedimientos provenientes de la Física, la Química, la Biología y las Matemáticas, lo cual contribuye a promover aprendizajes significativos y contextualizados.

Diseñar proyectos de aprendizaje centrados en problemáticas locales, como el impacto del calentamiento global sobre el ciclo del agua en Bogotá, permite articular contenidos de diversas disciplinas bajo una lógica transdisciplinar. Esta propuesta posibilita el análisis de este fenómeno climático desde múltiples dimensiones, considerando variables como las fluctuaciones térmicas, la calidad del aire y los efectos en los ecosistemas urbanos. Integrar saberes disciplinares en función del análisis de este tipo de problemáticas contribuye al desarrollo de competencias científicas, pensamiento crítico y creativo, trabajo colaborativo y responsabilidad ciudadana. Implementar esta orientación en contextos escolares de educación media favorece una formación integral comprometida con los desafíos ambientales contemporáneos.

### **Orientación 2: asignación de roles y trabajo colaborativo**

Fomentar la asignación de roles específicos dentro del trabajo colaborativo constituye una estrategia eficaz para fortalecer el enfoque transdisciplinar en el aprendizaje. Esta orientación propone estructurar proyectos centrados en problemáticas locales, que integren conocimientos de distintas disciplinas y promuevan la cooperación entre estudiantes. La asunción de roles definidos —como líder investigador, analista de datos, diseñador de comunicación o enlace comunitario— permite consolidar competencias técnicas en Ciencias Naturales y Matemáticas, al tiempo que potencia habilidades transversales como el liderazgo, el pensamiento crítico, el análisis y la comunicación. Aplicar esta estrategia en contextos educativos de educación media contribuye a una participación más activa y comprometida de los estudiantes en la solución de problemáticas reales.

Promover dinámicas de trabajo en equipo desde un enfoque transdisciplinar favorece la generación de espacios para el diálogo, la discusión argumentada y el intercambio de

perspectivas, enriqueciendo el aprendizaje colectivo y generando un ambiente escolar más participativo. Simular equipos conformados por representantes de diversos campos: físicos, químicos, biólogos, matemáticos, empresarios, políticos, periodistas y representantes del sector, posibilita la construcción de soluciones contextualizadas, facilitando una comprensión más profunda de los fenómenos locales y su complejidad. En este proceso, desarrollar el sentido de responsabilidad y el compromiso social se vuelve parte integral de la formación académica, alineándose con los propósitos de una educación integral y situada.

### **Orientación 3: educación transdisciplinar**

Implementar estrategias de aprendizaje basadas en la transdisciplinariedad tiene como propósito abordar problemáticas relevantes mediante la integración de saberes provenientes de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Esta orientación propone iniciar con una fase investigativa, en la cual los estudiantes realicen experimentación, observación de fenómenos y análisis de datos contextuales con el fin de construir una base conceptual sólida que permita la comprensión de los procesos naturales involucrados. Contextualizar el conocimiento desde situaciones reales constituye una condición esencial para favorecer la apropiación de conceptos científicos y matemáticos, y su posterior vinculación con problemáticas significativas para el entorno.

Analizar los impactos locales derivados de problemáticas como el cambio climático o la contaminación ambiental, constituye el siguiente paso en el desarrollo de esta estrategia. En esta fase, los estudiantes, organizados en equipos y con roles previamente definidos, realizan discusiones guiadas, análisis comparativos y diseño de propuestas de acción comunitaria, tales como campañas educativas o soluciones prácticas. Este proceso no solo promueve la aplicación

del conocimiento adquirido, sino que también favorece el desarrollo de competencias ciudadanas como la comunicación asertiva, el liderazgo, la colaboración y la toma de posición crítica frente a problemáticas que afectan su vida personal, familiar y comunitaria.

Desde este enfoque, asumir el rol docente como experto disciplinar y facilitador del aprendizaje implica orientar, acompañar y retroalimentar el proceso de los estudiantes, promoviendo su autonomía, reflexión crítica y compromiso social. Guiar las fases del proyecto con criterios pedagógicos claros permite formar estudiantes activos, capaces de interpretar y transformar su realidad. Así mismo, proveer herramientas para la toma de decisiones fundamentadas permite que los jóvenes comprendan el vínculo entre los saberes escolares y las demandas sociales, económicas y culturales que deberán enfrentar en su vida posmedia.

#### **Orientación 4: participación social**

Integrar la participación social como componente del aprendizaje integral tiene como finalidad analizar problemáticas locales y formular propuestas de acción colectiva que favorezcan el desarrollo de competencias científicas, ciudadanas y comunicativas. Esta orientación propone, en una primera fase, explorar la problemática seleccionada –como el impacto del calentamiento global en el ciclo del agua– mediante actividades investigativas guiadas por docentes de Ciencias Naturales y Matemáticas. Durante este proceso, los estudiantes indagan sobre las políticas locales y las iniciativas comunitarias existentes, con el propósito de identificar vacíos, áreas de mejora y oportunidades para fortalecer la participación ciudadana en la resolución del problema.

Posteriormente, los estudiantes asumen el diseño de propuestas de intervención que promuevan la acción participativa, utilizando herramientas científicas y matemáticas para

evaluar la viabilidad y el impacto de sus ideas. En esta fase, organizarse en equipos con roles específicos contribuye a consolidar habilidades de liderazgo, cooperación y comunicación efectiva. De igual manera, se promueve el diálogo, la construcción de saberes y el consenso, como condiciones necesarias para comprender la realidad social e incidir activamente en su transformación.

Analizar datos históricos, como registros de temperatura y patrones de lluvia en Bogotá, permite que los estudiantes interpreten científicamente procesos como la evaporación, condensación y precipitación, y comprendan su relación con el cambio climático. A partir de estos hallazgos, formular campañas de concienciación sobre el uso responsable del agua o diseñar estrategias para la recolección de agua lluvia en instituciones educativas, constituye una vía para conectar el conocimiento escolar con acciones concretas que beneficien a la comunidad.

Socializar las propuestas con actores comunitarios y educativos fortalece el compromiso cívico de los estudiantes, al tiempo que favorece la reflexión sobre el valor de la integración disciplinar en la comprensión y abordaje de problemas complejos. En consecuencia, esta orientación contribuye a formar sujetos activos y críticos, capaces de participar en la construcción de una sociedad más equitativa, informada y sostenible.

### **Orientación 5: agentes de cambio**

Formar agentes de cambio mediante el fortalecimiento del liderazgo estudiantil y la sensibilización ambiental constituye el eje de esta orientación didáctica, cuyo propósito es promover prácticas sostenibles desde el enfoque transdisciplinar. Para ello, se plantea como fase inicial desarrollar procesos de concienciación en los que los estudiantes adquieran conocimientos sobre sostenibilidad y problemáticas ambientales locales. A continuación, se propone realizar un

diagnóstico participativo que permita identificar los principales desafíos del entorno, tales como el manejo inadecuado de residuos, la pérdida de biodiversidad o la escasez de agua. Con base en esta información, los estudiantes formularán e implementarán proyectos prácticos, como campañas de reciclaje, sistemas de recolección de agua lluvia o huertos urbanos, promoviendo la colaboración activa con actores comunitarios para maximizar el impacto social y ambiental.

Durante el desarrollo de estos proyectos, se busca fomentar la reflexión crítica sobre el rol que desempeñan como ciudadanos responsables, particularmente al asumir funciones como educadores entre pares o líderes juveniles. Esta reflexión permite comprender que la ciudadanía no se restringe a la participación política formal, sino que también se manifiesta en prácticas cotidianas, tales como el uso responsable del agua o la gestión comunitaria de residuos. A partir de esta experiencia, los estudiantes asumen su identidad como agentes de cambio, capaces de incidir positivamente en su entorno mediante acciones sostenibles y participativas.

Al culminar los proyectos, se propone evaluar los resultados alcanzados y socializarlos con la comunidad educativa y otros actores locales, con el fin de reforzar el compromiso cívico y consolidar una cultura de sostenibilidad escolar. Este proceso evidencia que el conocimiento adquirido en el aula, cuando se articula con la práctica colaborativa, tiene el potencial de contribuir a la mitigación de problemas globales como el calentamiento global.

En consecuencia, esta orientación promueve la construcción de una posición ética y política entre los estudiantes, expresada en la responsabilidad de generar, liderar y sostener acciones transformadoras que integren el saber científico y las demandas del contexto social. Así, se fortalece el vínculo entre la formación académica y la participación activa en la transformación del entorno. En este punto, las comunidades educativas juegan un papel central en la formación de agentes de cambio, ya que constituyen espacios clave para el desarrollo de

capacidades críticas, éticas y colaborativas en los estudiantes. Desde un enfoque transdisciplinar, estas comunidades no solo transmiten conocimientos, sino que también promueven valores, actitudes y habilidades necesarias para la transformación social y ambiental de su escuela.

### **Orientación 6: uso de tecnología y recursos diversos**

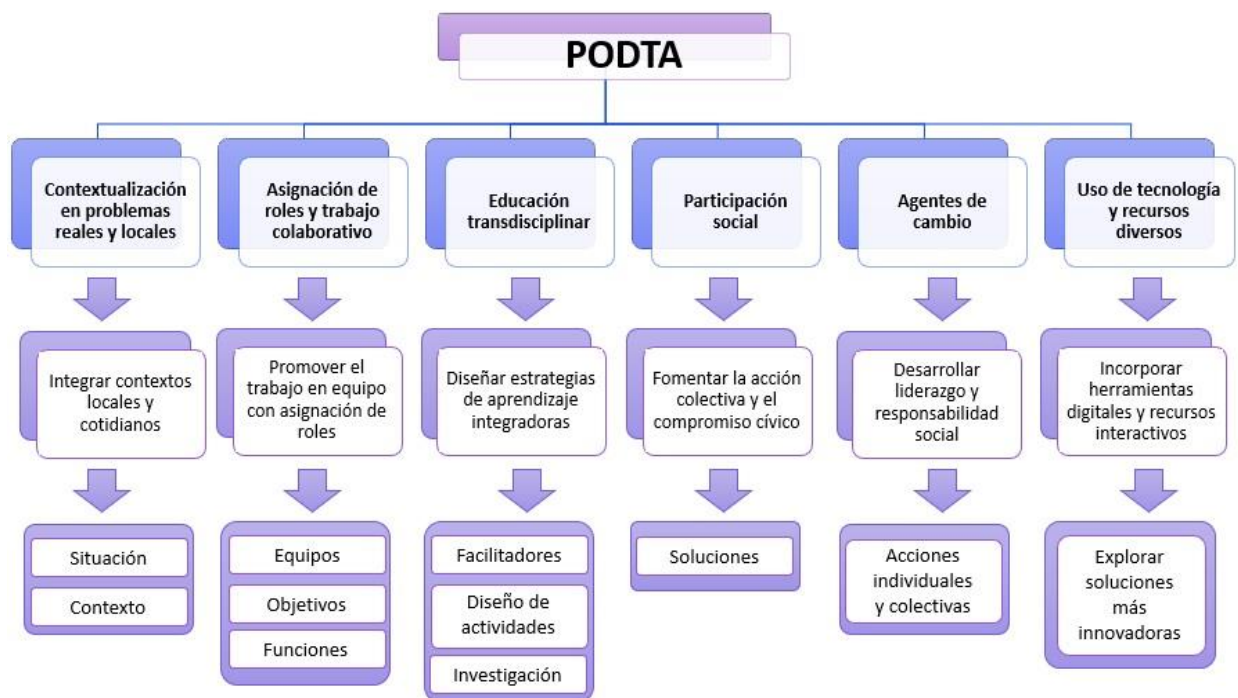
Integrar el uso de tecnologías digitales y recursos didácticos diversos constituye una estrategia clave para fortalecer el enfoque transdisciplinar en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Esta orientación busca potenciar la investigación, el análisis de datos y la comunicación de resultados a través de herramientas que permitan una mayor interactividad, creatividad y autonomía estudiantil. En este sentido, se propone incorporar plataformas digitales que ofrezcan acceso a contenidos científicos, multimedia y bases de datos, con el fin de ampliar las posibilidades de aprendizaje y fomentar el pensamiento crítico.

Asimismo, se plantea utilizar simuladores y software especializado, tales como programas de modelado, simulación matemática o visualización de fenómenos naturales, con el objetivo de facilitar la comprensión de procesos complejos y favorecer el aprendizaje experiencial. Estas herramientas permiten a los estudiantes experimentar con escenarios virtuales, analizar variables y representar resultados, promoviendo una mayor apropiación del conocimiento científico y matemático desde una perspectiva aplicada. En consecuencia, el uso pedagógico y didáctico de la tecnología no solo enriquece las dinámicas de aula, sino que también favorece el desarrollo de competencias digitales, analíticas y comunicativas, esenciales para la formación integral de los estudiantes en contextos práctica.

De esta manera, las herramientas tecnológicas son una posibilidad para que los estudiantes desarrollen habilidades en la creación y presentación de proyectos. Los programas de

diseño gráfico, editores de video o plataformas de colaboración en línea facilitan el trabajo en equipo y compartir claramente sus hallazgos y propuestas. La incorporación de las tecnologías aporta a la exploración y análisis de problemas desde múltiples perspectivas; y, con ello, al fortalecimiento de competencias como el pensamiento crítico y la capacidad de trabajar en equipos interdisciplinarios. De este modo, potencian la innovación y la creatividad en el aprendizaje integral, al permitir generar soluciones más efectivas y relevantes para los problemas locales y globales.

Con base en lo anterior, en la Figura 13 se presenta una síntesis sobre los principales aspectos que se han trazado en las orientaciones didácticas propuestas (PODTA).



**Figura 123.** Orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje (PODTA).  
Fuente: elaboración propia.

#### **Fase 4. Validación de las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá**

La validación de las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas constituye una fase clave en esta investigación, al permitir valorar su pertinencia, coherencia y aplicabilidad en el contexto real de la educación media en Bogotá. Este proceso busca garantizar que las orientaciones diseñadas respondan a las necesidades formativas de los estudiantes, promuevan el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, y sean viables en las prácticas cotidianas de los docentes.

#### **Observación de campo**

La observación de campo se incorporó como una técnica cualitativa fundamental dentro del enfoque metodológico mixto adoptado en esta investigación. Su propósito fue recoger información directa sobre las dinámicas pedagógicas en el escenario real del aula, permitiendo comprender de manera más profunda cómo se desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje en Ciencias Naturales y Matemáticas en la educación media de Bogotá.

A través de una observación sistemática, se identificaron elementos clave en la organización de las clases, tales como las estrategias didácticas empleadas por los docentes, el uso de recursos educativos, la participación del estudiantado y el grado de contextualización de los contenidos. Se prestó especial atención a cómo se abordan problemáticas reales, como el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua, en la medida en que este tema constituye una oportunidad para integrar saberes desde un enfoque transdisciplinar.

La observación también permitió analizar la interacción entre docentes y estudiantes, el uso del lenguaje científico, y la forma en que se promueve o no el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y la aplicación práctica del conocimiento. De igual forma, ofreció una visión más objetiva sobre la presencia o ausencia de prácticas que favorezcan la transdisciplinariedad, contrastando así con las percepciones manifestadas en los otros instrumentos aplicados.

Finalmente, los registros obtenidos mediante esta técnica fueron fundamentales para respaldar el proceso de triangulación, al ofrecer un tercer punto de referencia frente a los resultados de los cuestionarios y las entrevistas. Esto permitió establecer niveles de coherencia, convergencia o divergencia entre lo que los actores educativos expresan, lo que planifican y lo que efectivamente sucede en el aula. En consecuencia, la observación de campo se consolidó como una fuente valiosa de información para sustentar el diseño y la validación de orientaciones didácticas transdisciplinares contextualizadas a las necesidades del entorno educativo local.

Para cerrar la fase de implementación se utilizó el Método MUN (Modelo de Naciones Unidas), como estrategia pedagógica utilizada para promover el aprendizaje participativo y el desarrollo de competencias en los estudiantes. Este método se basa en la simulación de sesiones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en las cuales los participantes representan a delegados de distintos países y debaten temas de relevancia global. En este orden de ideas, es un espacio para fomentar el pensamiento crítico y el debate, enfocarse en la investigación y la preparación, y acercarse al contexto global e incluir soluciones a problemáticas (Oñoro, 2016).

Esta actividad inició con la conformación de una mesa de trabajo donde fue posible analizar y debatir las complejas interacciones entre el calentamiento global y los recursos hídricos en un entorno urbano de alta montaña, como es Bogotá. Se aclaró que era un espacio de diálogo cuya pretensión no solo era encontrar, sino también generar recomendaciones que

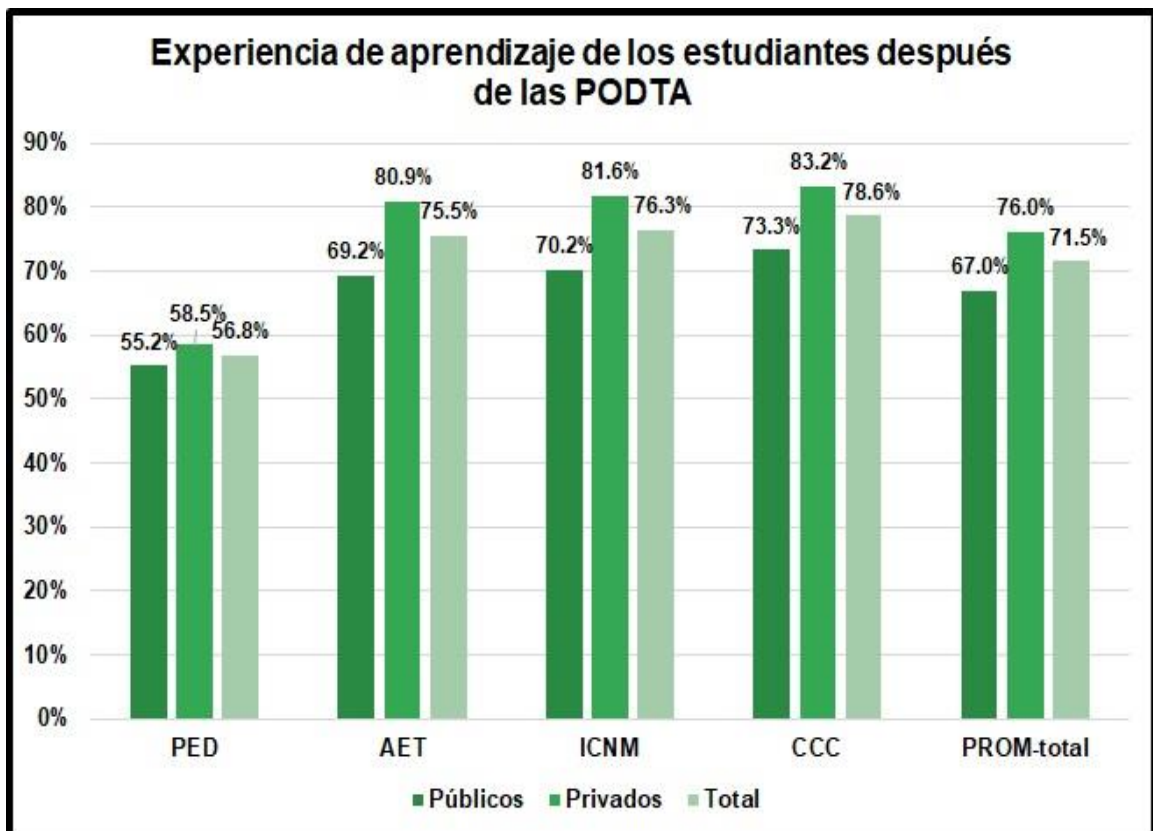
puedan ser aplicables a otras ciudades que enfrentan desafíos similares. A partir de ahí, se abordaron temas relacionados con la adaptación de infraestructura urbana, la protección y restauración de ecosistemas, la gestión integrada de recursos hídricos y la conciencia y participación ciudadana.

Por otro lado, se propusieron unas preguntas orientadoras que motivaron a los estudiantes a compartir propuestas fundamentadas en datos científicos, en experiencias exitosas de otras ciudades y en las recomendaciones de organismos internacionales. Al finalizar la sesión se contó con una serie de propuestas que integraron aspectos científicos, sociales y políticos, para una gestión del agua resiliente y sostenible. En este orden de ideas, se concluyó que, gracias al compromiso y la colaboración, se avanza hacia un modelo de ciudad que sea capaz de enfrentar los retos del cambio climático y proteger los recursos hídricos para las futuras generaciones

### **Experiencia de aprendizaje de los estudiantes después de implementar las orientaciones didácticas transdisciplinarias para el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas**

En este apartado se presentan los resultados de la implementación del cuestionario a estudiantes después de poner en escena las orientaciones didácticas transdisciplinarias propuestas. Este instrumento se diseñó para obtener un punto de referencia comparativo frente a los resultados obtenidos en la primera implementación. La repetición de la medición permitió evaluar los cambios y las posibles mejoras en las percepciones, actitudes y conocimientos de los estudiantes, con el fin de determinar el impacto de las orientaciones didácticas implementadas. Dentro de la Figura 14 se agrupan los cuatro indicadores involucrados, donde se observa un incremento promedio total del orden de 5.9 % respecto a la aplicación previa.

Es importante señalar que el valor promedio de nivel de acuerdo está relacionado con las fluctuaciones de los diversos indicadores entre la primera y la segunda aplicación del cuestionario, en función de la implementación de las orientaciones didácticas transdisciplinares propuestas. Frente a la variable independiente, el aprendizaje transdisciplinar de las Ciencias Naturales y las Matemáticas se nota un incremento del 5.9 %, lo que sugiere una mejora, producto del abordaje de este enfoque en los ambientes de aprendizaje. Por otro lado, el indicador de percepción sobre la educación disciplinar (PED) presentó un decremento notable del 29.9 %, lo que indica que los estudiantes consideraron la educación disciplinar como menos relevante dentro de un aprendizaje integral.



**Figura 134.** Experiencia de aprendizaje de los estudiantes después de la implementación de las PODTA. Fuente: elaboración propia.

En contraste, el indicador de actitudes hacia el enfoque transdisciplinar (AET) experimentó un incremento significativo del 23.6 %, lo que sugiere que, tras la intervención, los estudiantes desarrollaron una actitud más positiva hacia este enfoque. Asimismo, el indicador de importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas (ICNM) registró un incremento sustancial del 19.3 %. Cada uno de estos resultados evidencia que los estudiantes, a raíz de las orientaciones didácticas, reconocieron la relevancia de estas áreas del conocimiento en un contexto transdisciplinar.

Finalmente, el indicador de conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua (CCC) mostró un incremento del 11.9 %, lo que representa una mejoría en el conocimiento específico sobre estos temas dentro de este enfoque. Es así como, la aplicación de las orientaciones didácticas permitió a los estudiantes reconsiderar la relevancia de la educación disciplinar, cuyo impacto positivo se reflejó en el aumento de los demás indicadores. La disminución en la percepción de la educación disciplinar sugiere un cambio de enfoque hacia la educación transdisciplinar. A su vez, esto fortaleció la valoración sobre la importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas para comprender el calentamiento global y el ciclo del agua.

Por lo anterior, el valor otorgado hacia el enfoque transdisciplinar, la importancia de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, así como el conocimiento sobre el calentamiento global y el ciclo del agua confirman que los estudiantes adoptaron una actitud más favorable hacia este enfoque. La relación entre la disminución del indicador de percepción sobre la educación disciplinar y el aumento de los otros tres sugiere que la intervención transformó, efectivamente, la perspectiva de los estudiantes. De modo que, los resultados evidencian que las orientaciones didácticas implementadas han tenido un impacto positivo dentro del aprendizaje integral.

Desde una perspectiva más general, esta experiencia podría ser replicable en otras instituciones educativas, particularmente, en entornos urbanos como Bogotá, donde problemáticas como la contaminación, la gestión del agua y el cambio climático requieren un abordaje integral. Asimismo, la incorporación de diversas disciplinas para analizar estos temas constituye una estrategia efectiva para fortalecer un aprendizaje más conectado con la realidad. Así se puede impulsar unas prácticas educativas con un sentido más crítico, creativo y comprometido con solucionar problemáticas reales.

## **Conclusiones**

En este capítulo se exponen las conclusiones del estudio, para evaluar las implicaciones de una propuesta de orientaciones didácticas transdisciplinares en el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas en la educación media de Bogotá. Con base en este propósito, se identificaron cambios significativos en la percepción y comprensión de los estudiantes frente a la integración de estos campos del conocimiento. Asimismo, se evidencia una mayor valoración del enfoque transdisciplinar como una estrategia pertinente y significativa para abordar problemáticas complejas.

Estos hallazgos permiten reflexionar sobre el impacto de la integración de diversas disciplinas en la enseñanza y su potencial para mejorar el aprendizaje en este contexto educativo.

Posteriormente, se discuten las implicaciones de estos hallazgos para la educación media en la ciudad de Bogotá, destacando la importancia de diseñar propuestas innovadoras que fomenten la colaboración entre disciplinas y el aprendizaje contextualizado. Asimismo, se plantean recomendaciones para futuras investigaciones y la aplicación de la transdisciplinariedad en el aula. De este modo, la intención subyacente a este estudio fue promover una educación orientada a la comprensión de fenómenos complejos y a la búsqueda de soluciones para los retos del siglo XX.

## **Conclusiones**

Los hallazgos de esta investigación evidencian que las experiencias de aprendizaje de los estudiantes en Ciencias Naturales y Matemáticas, en el contexto de la educación media en Bogotá, siguen respondiendo en gran medida a un enfoque disciplinar tradicional. Sin embargo, también se observa una disposición favorable hacia enfoques activos y contextualizados,

particularmente aquellos que promueven el trabajo colaborativo, la resolución de problemas reales y el uso de tecnologías. Esta caracterización ofrece una comprensión actualizada de las dinámicas pedagógicas en escenarios escolares urbanos, permitiendo identificar brechas y oportunidades que deben ser abordadas desde la política educativa y la innovación curricular. En este sentido, se aporta una sistematización detallada de prácticas y percepciones que visibilizan las necesidades formativas, metodológicas y estructurales en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y las matemáticas en contextos urbanos latinoamericanos.

Desde la perspectiva docente, se reconocen múltiples tensiones en torno a la implementación de enfoques transdisciplinares. A pesar de identificar su potencial para mejorar la calidad del aprendizaje, los docentes enfrentan retos institucionales como la rigidez curricular, la escasa formación en enfoques integradores y la falta de tiempo para la planificación conjunta. No obstante, emergen prácticas aisladas que evidencian que la transdisciplinariedad no solo es posible, sino necesaria para enfrentar los desafíos actuales de la educación. Este reconocimiento permite visibilizar las condiciones estructurales que limitan o posibilitan la innovación pedagógica, y aporta a la discusión sobre las transformaciones requeridas en la formación docente inicial y continua, así como en los marcos curriculares nacionales.

Desde una perspectiva epistemológica, este estudio aporta a la comprensión de cómo los saberes disciplinares pueden vincularse en torno a problemáticas complejas que exigen enfoques integradores y sistémicos. En este sentido, se fortalece el enfoque transdisciplinar en el contexto escolar, al evidenciar que la articulación entre disciplinas no solo es posible, sino necesaria para abordar los desafíos educativos contemporáneos con mayor pertinencia y profundidad.

A partir de estos insumos, se diseñaron orientaciones didácticas transdisciplinares orientadas a fomentar el aprendizaje integral de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Las

propuestas contemplan aspectos como la contextualización de problemáticas locales, el uso de recursos tecnológicos, la asignación de roles, la acción social, la participación ciudadana y la formación de agentes de cambio. Estas orientaciones, construidas desde una lógica situada y participativa, se estructuraron con criterios que facilitan su implementación, contribuyendo al desarrollo de herramientas prácticas que articulan los referentes teóricos con el quehacer en el aula. Su sistematización representa un aporte significativo al campo de la didáctica de las ciencias y las matemáticas, al ofrecer un modelo replicable, adaptable y validado para el desarrollo de competencias científicas, ciudadanas y socioemocionales en contextos de educación media.

La validación de estas orientaciones, a través de la revisión de expertos y la observación en ambientes de aprendizaje, evidenció su pertinencia y aplicabilidad. Los aportes de los docentes y especialistas permitieron ajustar aspectos clave, mientras que la observación de campo confirmó su capacidad para fomentar la participación, el pensamiento crítico, la colaboración y la conexión con el entorno. Esta fase permitió consolidar un producto didáctico con respaldo empírico, que puede ser replicado o adaptado en otros contextos educativos con condiciones similares. Así, se enriquece el repertorio de propuestas didácticas que promueven el enfoque transdisciplinar con implicaciones directas para el diseño curricular, la formación docente y las políticas de calidad educativa.

De este modo, la presente investigación no solo responde a los propósitos formulados, sino que también aporta significativamente al conocimiento al ofrecer una propuesta didáctica situada, sustentada y validada, que fortalece la integración de saberes disciplinares en el marco de una educación media comprometida con la transformación social, el desarrollo sostenible y la formación integral de los estudiantes. Con ello, se contribuye a consolidar una visión de escuela

como espacio para la producción colectiva de conocimiento, orientado a la comprensión y transformación de realidades complejas desde una perspectiva crítica, colaborativa y comprometida con los desafíos contemporáneos. Además, este enfoque no solo potencia la formación integral de los estudiantes, sino que también posiciona a los docentes como expertos disciplinares y facilitadores estratégicos en la construcción de una educación más justa, pertinente y transformadora.

Por otro lado, aunque en el panorama actual de la educación en Colombia se identifican avances y condiciones propicias para la incorporación del enfoque transdisciplinar, todavía persiste la necesidad de consolidar políticas educativas más sólidas y articuladas con este propósito. La aspiración de construir una educación verdaderamente transformadora orientada a la comprensión profunda de los fenómenos y a la formación de sujetos críticos, reflexivos y comprometidos con su entorno requiere un tránsito decidido hacia un modelo pedagógico que supere la fragmentación del conocimiento. Solo así será posible asumir la complejidad del mundo contemporáneo y responder de manera integral a los desafíos sociales, ambientales, científicos y culturales que enfrentamos.

A partir del análisis realizado, se concluye que, si bien existen múltiples enfoques que buscan integrar saberes en el ámbito educativo, como el modelo STEAM o el enfoque CPSA (Ciencia, Problema, Sociedad y Ambiente), es el enfoque transdisciplinar el que permite una comprensión más profunda, crítica y transformadora del conocimiento. A diferencia de los modelos integradores que operan dentro de marcos disciplinares o interdisciplinares, la transdisciplinariedad trasciende los límites de las disciplinas para articular saberes académicos, sociales, culturales y éticos, en función de la comprensión de fenómenos complejos del mundo contemporáneo.

El modelo STEAM, aunque promueve la innovación y la creatividad al integrar ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, mantiene un enfoque instrumental centrado en la resolución de problemas técnicos y la preparación para el mundo productivo. Por su parte, el enfoque CPSA favorece la contextualización del conocimiento científico a través de problemas socioambientales relevantes, pero no necesariamente cuestiona los marcos epistemológicos tradicionales. En contraste, el enfoque transdisciplinar se sustenta en la epistemología de la complejidad y plantea una transformación en las formas de conocer, enseñar y aprender, al promover el diálogo entre diferentes formas de saber y reconocer la incertidumbre, la multidimensionalidad y la interdependencia de los fenómenos.

Por tanto, se reconoce que el enfoque transdisciplinar no solo amplía las posibilidades de integración curricular, sino que también representa una apuesta ética y pedagógica por una educación más humana, contextualizada y comprometida con la realidad.

## **Recomendaciones**

Uno de los principales avances en el sistema educativo colombiano es el reconocimiento de la necesidad de enfoques integradores para responder a los desafíos complejos del siglo XXI. Las políticas educativas recientes, como el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 y los lineamientos curriculares del Ministerio de Educación Nacional, han comenzado a incorporar elementos que favorecen la transdisciplinariedad. Estas políticas promueven una visión de la educación centrada en la resolución de problemas del entorno, el pensamiento crítico, la innovación pedagógica y la articulación de saberes diversos. En este contexto, la transdisciplinariedad se convierte en una vía para dinamizar los procesos formativos,

permitiendo a estudiantes y docentes abordar fenómenos de manera integral, desde múltiples perspectivas y en diálogo con sus contextos reales.

Adicionalmente, se han dado pasos importantes en la promoción de la formación docente continua en metodologías activas e integradoras. Algunas iniciativas institucionales y programas de desarrollo profesional han buscado fortalecer la capacidad de los educadores para trabajar de manera colaborativa, construir proyectos contextualizados y diseñar experiencias de aprendizaje más significativas. Estos esfuerzos son fundamentales para que la transdisciplinariedad se convierta en una práctica cotidiana y no solo en un principio teórico, dado que el rol del docente como mediador y diseñador de experiencias es clave en este tipo de enfoques.

Sin embargo, a pesar de los avances, persisten múltiples barreras que dificultan la implementación efectiva del enfoque transdisciplinar. Una de las más significativas es la rigidez de los currículos escolares, que en muchos casos continúan organizándose de forma estrictamente disciplinar. Esta estructura limita el desarrollo de propuestas pedagógicas que integren áreas del conocimiento, ya que los tiempos, los contenidos y las evaluaciones se mantienen fragmentados. De igual manera, aunque existen orientaciones generales que sugieren una mirada integradora, hace falta una política curricular más decidida que fomente y regule explícitamente la transdisciplinariedad como enfoque estructural y no solo como estrategia ocasional.

Otra dificultad importante radica en la falta de formación docente específica en enfoques transdisciplinares. Muchos profesores, aunque dispuestos a innovar, no cuentan con herramientas conceptuales ni didácticas para diseñar y aplicar proyectos integradores. La ausencia de procesos formativos que aborden la transdisciplinariedad desde sus fundamentos epistemológicos y metodológicos genera inseguridad en la práctica docente y limita el alcance de las

transformaciones pedagógicas necesarias. Además, la escasez de recursos y tiempo para la planeación colectiva y la falta de apoyo institucional actúan como factores que desincentivan el trabajo colaborativo e interdisciplinar entre equipos docentes.

Por tanto, una de las recomendaciones fundamentales es que las políticas educativas nacionales y distritales avancen hacia una mayor flexibilización curricular y promuevan con mayor claridad la transdisciplinariedad como eje articulador de los procesos educativos. Esto implica actualizar los marcos normativos, revisar los estándares de calidad, diseñar rutas de formación docente orientadas al pensamiento complejo y asegurar recursos que posibiliten el enfoque transdisciplinar en las instituciones educativas. De igual manera, es indispensable fomentar una cultura institucional que valore la colaboración, el aprendizaje situado y la problematización del entorno como elementos esenciales para la construcción de conocimiento.

### **Aportes a la línea de investigación**

Esta investigación se enmarca en la línea de investigación Pedagogía y Didácticas Emergentes y ofrece un modelo práctico de integración transdisciplinar que enriquece las prácticas pedagógicas al fomentar la colaboración entre diversas áreas del conocimiento para abordar problemáticas reales y locales. A partir de ahí, se promueve la consolidación de conocimientos teóricos y su aplicación en situaciones concretas del entorno, lo que facilita una comprensión más holística de fenómenos complejos. De esta manera, el estudio representa un aporte significativo para la educación media, al evidenciar cómo la transdisciplinariedad permite a los estudiantes analizar problemáticas desde múltiples perspectivas, fortaleciendo habilidades como el trabajo en equipo, la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Aunado a ello, ofrece un panorama sobre la importancia de propiciar escenarios de formación docente con el propósito de consolidar un marco epistemológico, pedagógico y didáctico adecuado para implementar el enfoque transdisciplinar. Las entrevistas realizadas evidenciaron que, si bien algunos educadores ya implementan este enfoque, persisten desafíos como la falta de recursos y la necesidad de formación continua. En efecto, se comprende la importancia de fortalecer las capacidades docentes para facilitar la integración efectiva de las ciencias naturales y las matemáticas en proyectos transdisciplinarios.

Una contribución clave de esta investigación es el fortalecimiento del sentido de responsabilidad en los estudiantes. A través de los proyectos transdisciplinarios, los estudiantes fueron empoderados como agentes de cambio en su comunidad, dado que tuvieron la posibilidad de aplicar sus conocimientos para proponer soluciones a problemas ambientales locales. Sin duda, esto refuerza el compromiso de los estudiantes con su entorno y les permite transitar hacia una ciudadanía activa, desde la capacidad de tomar decisiones informadas y comprometidas con las situaciones que afectan a su comunidad.

Finalmente, esta investigación sienta una base sólida para futuras exploraciones en el campo del enfoque transdisciplinar, al demostrar su efectividad en la comprensión y aplicación de conocimientos en contextos reales. También, al abrir diferentes posibilidades para la integración de disciplinas en la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas, lo cual puede redundar en el diseño de políticas y programas educativos que promuevan la transdisciplinariedad. A su vez, en proyectos con sentido comunitario donde se integre la cultura local y global como eje central del aprendizaje en la educación media.

## **Futuras investigaciones**

El análisis a largo plazo del impacto del enfoque transdisciplinario en el aprendizaje integral es fundamental para comprender su influencia en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Para ello, hay que realizar estudios que permitan identificar mejoras sostenibles en el análisis, la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Asimismo, que proporcionen información valiosa sobre cómo la transdisciplinariedad contribuye a la integración del conocimiento, al posibilitar que se establezcan conexiones entre distintas disciplinas para abordar problemas complejos. Además, resulta pertinente examinar si este enfoque favorece una formación académica y profesional que esté en función de las problemáticas actuales.

Otro aspecto clave es la exploración del impacto del enfoque transdisciplinario en la motivación y el compromiso de los estudiantes con su educación. La investigación en este campo permitirá determinar en qué medida este enfoque influye en la motivación intrínseca, para un aprendizaje más autónomo y participativo. Al integrar diversas disciplinas en la resolución de problemas reales, los estudiantes pueden involucrarse más con su proceso educativo, desde un sentido de pertenencia y compromiso con su entorno. Asimismo, realizar estudios comparativos en distintos contextos urbanos permitirá identificar los factores socioculturales, económicos y educativos que influyen en la efectividad de las orientaciones didácticas transdisciplinarias en diversas regiones de Colombia y América Latina.

Por otro lado, investigar las modalidades de formación y capacitación docente en enfoques transdisciplinarios, puesto que el profesorado desempeña un papel crucial en la implementación de este. En lo esencial, comprender sus necesidades formativas permitirá diseñar programas de formación continua que los doten de herramientas pedagógicas adecuadas para

facilitar la integración de diversas disciplinas en el aula. También, es relevante examinar los desafíos que enfrentan en su implementación, como la falta de recursos, la carga académica y la necesidad de una mayor articulación entre asignaturas.

En último lugar, merece especial atención el impacto del enfoque transdisciplinar en la resolución de problemas locales, en cuanto puede potenciar la capacidad de los estudiantes para desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles. Asimismo, es fundamental investigar el aporte de las plataformas digitales y los recursos interactivos en este enfoque, ya que pueden facilitar la colaboración, el acceso a información actualizada y la experimentación en proyectos educativos. Más allá de su uso técnico en el aula, es importante develar el impacto de estas herramientas en la participación de los estudiantes y en el desarrollo de competencias digitales, ampliando las oportunidades de aprendizaje tanto dentro como fuera de la escuela.

## Referencias

- Acevedo, J., & García, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 13(1), 3–19.  
<https://www.redalyc.org/pdf/920/92043276002.pdf>
- Acosta, F. (2020). *Las políticas para la escuela secundaria: Análisis comparado en América Latina*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375590>
- Acosta, I. (2015). *Elaboración de ambientes virtuales de aprendizaje para el eje transversal de gestión ambiental y participación social de la Especialización en Educación y Gestión Ambiental [Tesis de Especialización]* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas].  
<http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2174>
- Aguilar, M. (2012). Aprendizaje y Tecnologías de Información y Comunicación: hacia nuevos escenarios educativos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 10(2), 801-811.
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *SaludenTabasco*, 11(1–2), 333–338.
- Albertis, O., Estrada, P., & Cañizares, V. (2020). Género disciplinar y transposición didáctica en el aprendizaje de contenidos y la lengua extranjera. *Transformación*, 16(1).  
<https://tinyurl.com/2bkakqbq>

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2024). *Decreto 334 de 2024, por medio del cual se establecen medidas que propenden por el ahorro y uso eficiente del agua potable en el Distrito Capital de Bogotá*. <https://tinyurl.com/23vpm5cq>
- Alfaro, A. (2023). *Influencia glaciaria y criogénica en los procesos de remoción en masa de la alta cordillera del Valle de Elqui, subcuenca del Río Colorado, Región de Coquimbo [Tesis de Maestría en Ciencias]*. Universidad de Chile.
- Allison, I., Paul, F., Colgan, W., & King, W. (2021). Ice sheets, glaciers, and sea level. In *Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters* (pp. 707–740). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817129-5.00013-5>
- Antolković, A. (2024). *La relación de los efectos de la motivación y de la ansiedad en el aprendizaje de E/LE en los alumnos de escuela secundaria [Tesis de Maestría Educación en Lengua y Literatura Española]*. Universidad de Zagreb.
- Arancibia, R., Barriga, G., & Reyes, D. (2024). Aportes latinoamericanos al proceso de aprendizaje dentro del laboratorio de pregrado. *Educación Química*, 35(2), 51–67. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.2.84695>
- Aravena, M., Díaz, D., Rodríguez, F., & Cárcamo, N. (2024). Estudio de caso y modelado matemático en la formación de ingenieros. Caracterización de habilidades STEM. *Revista Chilena de Ingeniería*, 1(30). <https://tinyurl.com/2at64jbd>
- Asunción, S. (2019). Metodologías activas: herramientas para el empoderamiento docente. *Revista Docentes 2.0*, 7(1), 65–80. <https://doi.org/10.37843/rted.v7i1.27>

- Avello, M. (2023). *Relaciones entre temperatura superficial, morfología urbana y nivel socioeconómico a escalas local y microescala : el caso de Quilpué, Valparaíso, Chile [Monografía en Geografía]* [Universidad de Chile]. <https://tinyurl.com/2an3n5za>
- Baquero, L., Ballén, Ó., Lobo, S., Padilla, M., & Bernal, D. (2021). *Formación integral en los colegios oficiales de Bogotá: desafíos y perspectivas.*  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32007.32162>
- Barragán, F., Arias, A., & Barragán, L. (2017). *Ciudadanía desde el aula. Orientaciones didácticas.* Unisangil.
- Barrena, A. (2024). *Diseño de una planta de producción de óxido nitroso mediante descomposición térmica de nitrato amónico [Monografía en Ingeniería Química]* [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/70798>
- Becerra, W., Sarmiento, N., Romero, L., & Martínez, A. (2018). Avances en la implementación de un modelo en Competencias para la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias Básicas en Ingeniería. *Scientia Et Technica*, 23(4). <https://doi.org/10.22517/23447214.17551>
- Betancur, L., & Castro, D. (2016). *Curso experimental en biología y química empleando granjas rurales y recursos virtuales para la educación secundaria en la subregión del Nordeste Antioqueño [Tesis de Maestría en Ciencias Naturales y Matemáticas]* [Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://tinyurl.com/2ymub7wl>
- Bravo, B., Pesa, M., & Braunmüller, M. (2022). IDAS: una metodología de enseñanza centrada en el estudiante para favorecer el aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0326>

- Bruner, J. (1960). *El proceso de la educación* (C. Palomar, Trans.). Editorial Hispano Americana.
- Budwig, N., & Johnson, A. (2000). A Transdisciplinary Approach to Student Learning and Development in University Settings. *Front Psychol.*  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.576250>
- Bustamante, S. (2019). *Transdisciplinariedad para la construcción curricular, una experiencia en la Educación Básica Regular para el área de Matemática, tercero de secundaria - UGEL 02, Rímac [Tesis de Doctorado en Educación]* [Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. <https://tinyurl.com/28azbvzs>
- Cabrera, J. (2018). Epistemología de la creatividad desde un enfoque de complejidad. *Educación y Humanismo*, 20, 113–126. <https://doi.org/10.17081/eduhum.20.35.3127>
- Cahoon, D., McKee, K., & Morris, J. (2021). How plants influence resilience of salt marsh and mangrove wetlands to sea-level rise. *Estuaries and Coasts*, 44, 883–898.  
<https://doi.org/10.1007/s12237-020-00834-w>
- Carmona, C. (2022). Diseño universal para el aprendizaje y neuroeducación: una perspectiva desde la ciencia de la mente, cerebro y educación. *Journal of Neuroeducation*, 3(1).  
<https://doi.org/10.1344/joned.v3i1.39714>
- Centro Internacional de Investigaciones y Estudios Transdisciplinarios [CIRET]. (2012). *Página principal Centro Internacional de Investigaciones y Estudios Transdisciplinarios. Transdisciplinaridad.* <https://tinyurl.com/2olwadqg>

- Chaudhry, S., & Sidhu, G. (2021). Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review. *Plant Cell Reports*, 41(11). <https://doi.org/10.1007/s00299-021-02759-5>
- Chávez, E., & Barahona, C. (2024). Influencia de las redes sociales en el proceso educativo de los estudiantes del tercer año de Bachillerato de Informática de la Unidad Educativa Pichincha (Ecuador). *Revista Espacio*, 1, 43–50.  
<https://www.revistaespacios.com/a24v45n01/24450104.html>
- Choukr, R. (2021). Use and Management of Saline Water for Irrigation in the Near East and North Africa (NENA) Region. In *Future of Sustainable Agriculture in Saline Environments* (pp. 51–70). <https://doi.org/10.1201/9781003112327-4>
- Ciannelli, L., Hunsicker, M., Bailey, K., Crowder, L., Finley, C., Webb, C., Reynolds, J., Sagmiller, K., Anderies, J., Hawthorne, D., Parrish, J., Heppell, S., Conway, F., & Chigbu, P. (2014). Transdisciplinary graduate education in marine resource science and management. *ICES Journal of Marine Science*, 71, 1047–1051.  
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu067>
- Coello, S., Herrera, F., & Vanegas, J. (2016). Diseño e implementación de una propuesta metodológica para la resolución de problemas en la interpretación de gráficos en el movimiento unidimensional, utilizando el aprendizaje autorregulado y colaborativo. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10, 4. [http://www.lajpe.org/index\\_mar16.html](http://www.lajpe.org/index_mar16.html)
- Coll, C. (1991). *Psicología y Curriculum*. Cuadernos de pedagogía-Paidós.

- Collado, J. (2016). Una perspectiva transdisciplinaria y biomimética de la educación para la ciudadanía mundial. *Educere*, 20(65), 113–129.
- Collazos, C., & Mendoza, J. (2009). Cómo aprovechar el “aprendizaje colaborativo” en el aula. *Educación y Educadores*, 9. <https://www.redalyc.org/pdf/834/83490204.pdf>
- Corredor, A., & Rodríguez, D. (2023). *Enseñanza de la biología molecular en una universidad de Bogotá (Colombia) [Tesis de Especialización en Docencia Universitaria]* [Universidad Piloto de Colombia]. <https://tinyurl.com/2bku8dbv>
- Creswell, J., & Creswell, D. (2017). *Research Design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Cruz, N., & Páramo, P. (2020). Educación para la mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. *Educación y Educadores*, 23(3), 469–489. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.3.6>
- Daneshpour, H., & Kwegyir, E. (2022). Analysing transdisciplinary education: a scoping review. *Science & Education*, 31. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00277-0>
- Darling, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2024, November 2). *La COP16 marca un hito con el posicionamiento de los movimientos ambientales, sociales, comunitarios y étnicos: Colombia, epicentro mundial en la transición hacia el cuidado de la naturaleza*”, Alexander López, director del DNP. Noticias. <https://tinyurl.com/28b696mu>

- Deslauriers, L., McCarty, L., Miller, K., Callaghan, K., & Kestin, G. (2019). Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 116*, 201821936. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821936116>
- Díaz, A. (2020). Abandono escolar en la Educación Media Superior. *RIESED - Revista Internacional de Estudios Sobre Sistemas Educativos, 2*(10), 449–464. <http://www.riesed.org/index.php/RIESED/article/view/125>
- Díaz-Barriga, F. (2005). Aprendizaje basado en problemas. De la teoría a la práctica. *Perfiles Educativos, 28*(111). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-26982006000100007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982006000100007)
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. McGraw-Hill. <https://tinyurl.com/2jkpf3jy>
- Dos Santos, C., Pereira, M., Souza, M., Dias, J., & Oliveira, F. (2020). Different teaching approaches and use of active learning strategies as tools for inter- and transdisciplinary education. *International Journal of Social Science Studies, 8*, 15. <https://doi.org/10.11114/ijsss.v8i2.4693>
- Dravet, F., Pasquier, F., Collado, J., & Castro, G. (2020). *Transdisciplinaridad y educación del futuro*. Unesco.
- Elzaky, M., Elhabashy, H., Ali, W., & Allam, S. (2022). Effect of gamified flipped classroom on improving nursing students' skills competency and learning motivation: a randomized controlled trial. *BMC Nursing, 21*(1), 316. <https://doi.org/10.1186/s12912-022-01096-6>

- Endara, A., Heinert, M., & Solórzano, H. (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. *Recimundo. Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 4, 79–93. <https://doi.org/10.26820/recimundo/4>
- Escobar, A., & Escobar, M. (2022). Propuesta pedagógica transdisciplinar en la enseñanza de los posgrados de la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP), Manizales. *ESAP Manizales*. <https://ulibros.com/propuesta-pedagogica-transdisciplinar-en-la-ensenanza-de-los-posgrados-de-la-escuela-superior-de-administracion-publica-esap-manizales-z0ki7.html>
- Espejo, R., & Sarmiento, R. (2017). Manual de Apoyo Docente. Metodologías activas para el aprendizaje. *Universidad Central de Chile*.
- Foucault, M. (1994). *The order of things: an archaeology of the human sciences*. Vintage Books Edition.
- Fuentes, M., & González, J. (2019). ¿Qué gana STEM con la gamificación? *Revista Academia y Virtualidad*, 2(12), 79–94. <https://doi.org/10.18359/ravi.3694>
- Fundación Empresarios por la Educación [FEXE]. (2024). Análisis de resultados examen Saber 11° 2023 [Diapositiva de PowerPoint]. In *Datos y cifras*. Observatorio de Gestión Educativa ExE. <https://tinyurl.com/24seol3u>
- Fundación Telefónica. (2014). *Monográfico Aprendizaje Basado en Problemas*. Área de Innovación Educativa de Fundación Telefónica. <https://tinyurl.com/2b4kcgzb>
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>

- García, V., Hernández, J., Ramírez, J., Domínguez, O., & Fernández, J. (2023). Evaluación de la Ley de Coulomb en un sistema háptico cooperativo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 120–128. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11i21.10755>
- Garijo, C. (2020). Impacto del cambio climático sobre los eventos extremos de precipitación e inundaciones para el diseño de infraestructuras hidráulicas. *Universidad Politécnica de Madrid*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112051>
- Gómez, M., Deslauriers, J., & Alzate, M. (2010). *Cómo hacer tesis de maestría y doctorado: investigación, escritura y publicación*. ECOE Ediciones.
- Grosz, E. (2011). *Becoming undone: Darwinian reflections on life, politics, and art*. Duke University Press.
- Guo, H., Wang, H., Chen, T., Guo, L., LM, B., BE, E., & YX, H. (2023). Engineering Critical Amino Acid Residues of Lanosterol Synthase to Improve the Production of Triterpenoids in *Saccharomyces cerevisiae*. In *ACS synthetic biology* (Vol. 12, Issue 4, p. 1377).
- Guo, L., She, C., Kong, D., Yan, S., Xu, Y., Khayatnezhad, M., & Gholinia, F. (2021). Prediction of the effects of climate change on hydroelectric generation, electricity demand, and emissions of greenhouse gases under climatic scenarios and optimized ANN model. *Energy Reports*, 431–445. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.134>
- Gürkan, B. (2021). Transdisciplinary integrated curriculum: An analysis of teacher experiences through a design model within the framework of IB-PYP. *Participatory Educational Research*, 176–199. <https://doi.org/10.17275/per.21.10.8.1>

- Gutierrez, B. (2023). El Enjambre: aproximación a la construcción de una propuesta pedagógica transdisciplinar, en un contexto educativo formal a través de la clase de artes [Monografía para optar por el título de Licenciatura en Artes Visuales] [Universidad Pedagógica Nacional]. In *Universidad Pedagógica Nacional*. <https://tinyurl.com/22zzrcql>
- Guzmán, E. (2024). Impacto de las adecuaciones curriculares en el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje. *Mentor. Revista de Investigación Educativa y Deportiva*, 39, 1223–1245. <https://doi.org/doi.org/10.56200/mried.v3i9.8487>
- Hair, J., Black, W., Barry, B., & Rolph, A. (2019). *Multivariate Data Analysis. Cengage Learning EMEA*.
- Hernández, C., Domínguez, A., Martínez, E., Ivanov, R., Bonilla, J., Cruz, A., & Ordoñez, J. (2020). Evolution and characteristics of the transdisciplinary perspective in research: a literature review. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 13–24. <https://doi.org/10.22545/2020/00140>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw Hil.
- Herrada, R., & Baños, R. (2018). Experiencias de aprendizaje cooperativo en matemáticas. *Espirales. Cuaderno Del Profesorado*, 23(11), 99–108.
- Hoek, A., Herold, M., Mallick, K., Benedict, I., Machwitz, M., Schlerf, M., & Teuling, A. (2022). Shifts in regional water availability due to global tree restoration. *Nature Geoscience*, 363–368. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00935-0>

- Ibarra, D., & Redondo, J. (2015). Dinámica de sistemas, una herramienta para la educación ambiental en ingeniería. *Luna Azul*, 152–164. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.9>
- Imbernón, F. (2002). *La formación y el desarrollo profesional del profesorado: hacia una nueva cultura profesional*. Graó.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [ICFES]. (2024). *Informe resultados prueba Saber 11°-2023*. <https://www.icfes.gov.co/analisis-de-datos/#>
- Jaleel, M., Ibrahim, S., Hussain, A., Mustafa, M., & Pathirana, A. (2020). A screening approach for assessing groundwater quality for consumption in small Islands: case study of 45 Inhabited Islands in the Maldives. *Water*, 9–22. <https://doi.org/10.3390/w12082209>
- Jeffry, L., Ong, M., Nomanbhay, S., Mofijur, M., Mubashir, M., & Show, P. (2021). Greenhouse gases utilization: A review. *Fuel*, 121–137.
- Jiménez, I. (2024). *Metodología para la investigación: triángulos para su construcción*. Ediciones de la U.
- Johnson, D., Johnson, R., & Holubec, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo*. Editorial Paidós.
- Kahinda, J., Taigbenu, A., & Boroto, J. (2017). Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/b/c*, 1050–1057. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.007>
- Kostaris, C., Sergis, S., Sampson, D., Giannakos, M., & Pelliccione, L. (2017). Investigating the potential of the flipped classroom model in K-12 ICT teaching and learning: An action research study. *Educational Technology and Society*, 20(1), 261–273. <https://url2.cl/R3dfa>

- Labrador, J., & Andreu, A. (2008). Metodologías activas. *Universidad Politécnica de Valencia*.  
[https://www.researchgate.net/publication/329178221\\_Metodologias\\_activas\\_estudio\\_comparativo\\_del\\_uso\\_en\\_funcion\\_de\\_la\\_experiencia\\_docente](https://www.researchgate.net/publication/329178221_Metodologias_activas_estudio_comparativo_del_uso_en_funcion_de_la_experiencia_docente)
- Lavrinoviča, B. (2021). Transdisciplinary Learning: From Transversal Skills to Sustainable Development. *Acta Paedagogica Vilnensia*, 93–107.  
<https://doi.org/10.15388/ActPaed.2021.47.7>
- Lawrence, M., Williams, S., Nanz, P., & Renn, O. (2022). Characteristics, potentials, and challenges of transdisciplinary research. *One Earth*, 44–61.  
<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.010>
- Leal, D., Rojas, L., Ortiz, T., & Monroy, J. (2020). Percepción de los docentes sobre sus acciones innovadoras. *Educación y Educadores*, 427–443.  
<https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.3.4>
- Lindgren, B., Lundman, B., & Graneheim, U. (2020). Abstraction and interpretation during the qualitative content analysis process. *International Journal of Nursing Studies*, 103–132.
- Liu, B., Tan, X., Gan, T., Chen, X., Lin, K., Lu, M., & Liu, Z. (2020). Global atmospheric moisture transport associated with precipitation extremes: mechanisms and climate change impacts. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 14–25. <https://doi.org/10.1002/wat2.1412>
- Llano, L., Gutiérrez, M., Rodríguez, A., Núñez, M., Masó, R., & Rojas, B. (2016). La interdisciplinariedad: una necesidad contemporánea para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje. *Medisur*, 14(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2016000300015](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2016000300015)

- Llanos, E. (2023). Didáctica transdisciplinar para a la enseñanza de la física en estudiantes de educación media rural [Tesis de doctorado en Ciencias de la Educación]. In *Universidad Simon Bolivar*. Universidad Simón Bolívar.
- López, E., Castillo, C., & Véliz, J. (2008). Aprendizaje colaborativo y significativo en la resolución de problemas de física en estudiantes de ingeniería. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 55–76. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n1p55>
- Lorenzo, M. (2024). Efecto del calentamiento global en la franja de condensación atmosférica en la península de Yucatán. *Revista Mesoamericana de Investigación*, 45–56. <https://doi.org/10.31644/RMI.V4N5.2024.A12>
- Luengo, N., & Martínez, F. (2018). *La educación transdisciplinaria*. Comunidad Editora Latinoamericana.
- Maksimenko, A. (2023). Climate Change and the Expansion of Arctic Shipping. *University of Waterloo*.
- Marshall, C., & Rossman, G. (2014). *Designing qualitative research*. Sage publications.
- Martel, J., Brissette, F., Lucas, P., Troin, M., & Arsenault, R. (2021). Climate change and rainfall intensity–duration–frequency curves: Overview of science and guidelines for adaptation. *Journal of Hydrologic Engineering*, 213–245. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0002122](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0002122)
- Marti, J., Heydrich, M., Rojas, M., & Hernández, A. (2010). Aprendizaje Basado en Proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 11–21. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/743>

- Martín, Y. (2019). *Aprendizaje transdisciplinar de las ciencias matemáticas mediado por realidad aumentada en programas de Ingeniería [Tesis de Doctorado en Educación]* [Universidad Santo Tomás]. <https://tinyurl.com/26yjof7k>
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo* (13th ed.). Ecoe ediciones.
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 38–47.  
<https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- McLean, K., Mushet, D., & Sweetman, J. (2022). Climate and land use driven ecosystem homogenization in the Prairie Pothole Region. *Water*, 6–31.  
<https://doi.org/10.3390/w14193106>
- Mcsweeney, R. (2021). *Explainer: what the new IPCC report says about extreme weather and climate change*. Carbon Brief. <https://tinyurl.com/24vcor4m>
- Medina, M. (2024). Un obituario y una celebración: Paul Berg (1926-2023) y 70 años de doble hélice. *Encuentros En La Biología*, 13–15.  
<https://doi.org/10.24310/enbio.16.187.2024.17442>
- Mejía, G., Henriksen, D., Xie, Y., García, A., Malina, R., & Jung, K. (2023). From researching to making futures: a design mindset for transdisciplinary collaboration. *Interdisciplinary Science Reviews*, 77–108.
- Melo, D., & Edison, D. (2023). *Efecto de la sequía en la fisuración del suelo: Revisión bibliográfica*[Tesis de Ingeniería Civil y Ambiental]. Universidad de Los Andes.

- Méndez, S. (2025). *El docente como diseñador, investigador, facilitador y experto en contenido y experiencia de aprendizaje*. <https://tinyurl.com/29maybqw>
- Meneses, A., Hugo, E., & Uccelli, P. (2021). Lenguajes para el aprendizaje. *Pensamiento Educativo, Revista de Investigación Latinoamericana (PEL)*, 52–64.
- Meneses, J., & Rodríguez, D. (2011). El cuestionario y la entrevista. *Universidad Abierta de Cataluña*. <https://femrecerca.cat/meneses/publication/cuestionario-entrevista>
- Mettoffice. (2022). *UK and Global extreme events – Heavy rainfall and floods*. Mettoffice. <https://tinyurl.com/2ffvltxv>
- Minarti, I., Dzakiy, M., & Nilautama, D. (2022). The Effect of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Based Learning Approach on Critical Thinking Skills and Cognitive Learning Outcomes of Class X SMA Negeri 1. *At-Tasyrih: Jurnal Pendidikan Dan Hukum Islam*, 126–136. <https://doi.org/10.55849/attasyrih.v8i2.151>
- Ministerio de Ciencia, T. e I. [Miniciencias]. (2024). *Programa Ondas*. Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. <https://tinyurl.com/27xfauk>
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2017). *Plan Decenal de Educación 2016-2026*. [http://www.plandecenal.edu.co/cms/media/herramientas/PNDE\\_FINAL\\_ISBN\\_web.pdf](http://www.plandecenal.edu.co/cms/media/herramientas/PNDE_FINAL_ISBN_web.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2022). Visión STEM: educación expandida para la vida. In *Colombia Aprende*. Ministerio de Educación Nacional. <https://tinyurl.com/244npnet>
- Mishra, R. (2023). Fresh water availability and its global challenge. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, 1–78. <https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0208>

- Monsalve, E., Orefice, C., & Collado, J. (2023). Pensamiento complejo para mejorar el perfil profesional docente en Colombia. Un estudio piloto de investigación transdisciplinar dentro de una red interuniversitaria. *Documentación de Ciencias de La Información*, 46(2), 161–168. <https://doi.org/10.5209/dcin.87916>
- Mora, C., Mahecha, J., & Conejo, F. (2020). Procesos de autorregulación del aprendizaje y desempeño académico en estudiantes de pregrado bajo la modalidad virtual. *Cultura, Educación y Sociedad*, 11, 191–206. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.11.2.2020.12>
- Morales, G., & Cuellar, C. (2023). Aprendizaje basado en problemas como estrategia para fortalecer competencias específicas en Química. *Revista UNIMAR*, 1(41), 176. <https://doi.org/10.31948/Rev.unimar/unimar41-1-art11>
- Mori, E. (2023). Clases teóricas, ¿cosa del pasado en la docencia de ciencias básicas en Medicina? *Horizonte Médico*, 31–45. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2023.v23n1.00>
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo* (M. Pakman, Trans.). Gedisa.
- Morin, E. (1999). *El desafío del siglo XXI. Unir los conocimientos* (N. Larrazabal, E. Capdepon, & J. Larrea, Trans.). Plural editorial.
- Morin, E. (2002). *La cabeza bien puesta: repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Nueva Visión.
- Mosepele, K., Kolding, J., Bokhutlo, T., Mosepele, B., & Molefe, M. (2022). The Okavango Delta: Fisheries in a fluctuating floodplain system. *Frontiers in Environmental Science*, 35–54. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.854835>

- Muhammad, N., Siddique, A., Jabeen, S., & AKhtar, M. (2023). Academic Motivation and Engagement: A Correlational Study of Students' Perspective at Secondary School Level. *Journal of Social Sciences Review*, 852–863. <https://doi.org/10.54183/jssr.v3i2.315>
- Muñoz, O., Ariel, J., Villagra, C., & Sepúlveda, S. (2016). Proceso de reflexión docente para mejorar las prácticas de evaluación de aprendizaje en el contexto de la educación para jóvenes y adultos. *EPJA*, 77–91. <https://doi.org/10.17227/01234870.44folios77.91>
- Narbutaev, H. (2021). Improving the knowledge of ecological content in pupils in interdiscipline for teaching biology. *Current Research Journal Of Pedagogics*, 12–16. <https://doi.org/10.37547/pedagogics-crjp-02-10-03>
- Nasir, N., Lee, C., Pea, R., & McKinney, M. (2021). Rethinking learning: What the interdisciplinary science tells us. *Educational Researcher*, 557–565. <https://doi.org/10.3102/0013189X211047251>
- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinariedad: manifiesto*. Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, AC.
- Oñoro, C. (2016). *Manual del Modelo de Naciones Unidas de las escuelas asociadas a la Unesco*. Unesco. <https://tinyurl.com/2y3tuwaj>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2019). *OECD Future of education and skills 2030*. OCDE. <https://tinyurl.com/27pezad5>
- Ortega, L. (2023). *Unidad didáctica para formación de ciudadanos críticos a partir de las competencias ambientales en el contexto de la institución educativa José María Córdoba*

[Monografía para optar por el título de Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental] [Universidad de Córdoba]. <https://tinyurl.com/25bcdstq>

Ortiz, L., & Vega, J. (2020). Efecto del Uso de la Estrategia de Enseñanza Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el Desarrollo de las Destrezas de Comprensión y Análisis de la Estadística Descriptiva. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 205–223. <https://doi.org/10.15366/riee2020.13.1.009>

Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 61–81. <https://doi.org/10.35362/rie280959>

Pachano, E., Torres, E., Andrade, E., & Pereira, L. (2002). El paradigma complejo: un cadáver exquisito. *Cinta de Moebio: Revista Electrónica de Epistemología de Ciencias Sociales*, 14, 236–279. <http://www.moebio.uchile.cl/14/andrade.htm>

Padilla, N. (2020). Reflexiones sobre calentamiento global y turismo. Principales riesgos ambientales y regiones turísticas afectadas. *Entorno Geográfico*, 1–22. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i20.10557>

Pastora, B., & Fuentes, A. (2021). La planificación de estrategias de enseñanza en un entorno virtual de aprendizaje. *Revista Científica UISRAEL*, 8, 59–76. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.341>

Pavas, A., & Arzola, N. (2019). La enseñanza de la Ingeniería en su encrucijada. *Ingeniería e Investigación*, 39(2), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345813>

- Peña, L., & Jaramillo, L. (2015). Metodología activa en la construcción del conocimiento matemático. *Sophía*, 291–314. <https://doi.org/10.17163/soph.n19.2015.14>
- Perdomo, I., & Rojas, J. (2019). La ludificación como herramienta pedagógica. *Revista de Estudios y Experiencia En Educación REXE*, 161–175. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191836perdomo9>
- Pérez, V., & Méndez, D. (2024). Calentamiento global y refrigerantes: realidad y futuro. *CIENCIA Ergo-Sum*, 32, 23–29. <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a30>
- Piaget, J. (1972). L'épistémologie des relations interdisciplinaires. *Interdisciplinarity Problems of Teaching and Research in Universities*.
- Picón, A. (2019). *Ludificación y gamificación en el aula de secundaria. Desarrollo de las competencias lingüísticas a través del juego [Tesis de Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato]* [Universidad de Burgos]. <https://riubu.ubu.es/handle/10259/5208>
- Pimienta, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, 263–276.
- Pyle, A., & Danniels, E. (2018). *Aprendizaje basado en el juego*. Enciclopedia Sobre El Desarrollo de La Primera Infancia. <https://www.encyclopedia-infantes.com/pdf/complet/aprendizaje-basado-en-el-juego>
- Rada, J. (2024). Competencias socioformativas de profesionales no docentes que imparten clases en área de tecnología e informática. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 1–11. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i9.086>

- Radcliffe, J., & Page, D. (2020). Water reuse and recycling in Australia—history, current situation and future perspectives. *Water Cycle*, p.19-40.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2020.05.005>
- Razo, I., Dibut, L., & Portal, J. (2024). Las metodologías activas de aprendizaje en las carreras de Ingeniería. *Revista UGC*, 2(2).  
<https://universidadugc.edu.mx/ojs/index.php/rugc/article/view/47>
- Rendón, P., Tumbaco, C., Pinthsa, P., & Cango, A. (2024). Análisis del uso de plataformas digitales en la enseñanza de ecuaciones: estrategias para un aprendizaje matemático más efectivo. *Revista Social Fronteriza*, 318–343. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(3\)318](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(3)318)
- Retamal, F. (2020). *Diseño y validación de una Escala Tipo Likert para Evaluar la Actitud Ambiental de Estudiantes de Primero y Segundo Medio de Establecimientos Educativos Chilenos [Tesis de Magíster en Educación]* [Tesis de magister]. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ribadeneira, F. (2020). Estrategias didácticas en el proceso educativo de la zona rural. *Revista Conrado*, 16, 242–247. <https://tinyurl.com/24bv66p9>
- Rodríguez, I. (2024). *Materiales tipo Li-Na<sub>2</sub>ZrO<sub>3</sub> modificados con sales fundidas de Fe, Cu y Ni para la oxidación de CO y subsecuente captura de CO<sub>2</sub>*[Tesis de Ingeniería Química]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rodríguez, M., & Ordóñez, M. (2015). Una experiencia de aprendizaje-servicio en comunidades de aprendizaje. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 19(1), 314–333. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56738729015>

- Rodríguez, S., Delgado, M., Area, M., Lupi, A., & Escobar, P. (2021). Los bosques como reguladores del ciclo del agua para disminuir los riesgos de inundaciones. In *Ciencia y Tecnología Forestal en la Argentina*. Universidad Nacional de La Plata.
- Roselli, N. (2016). El aprendizaje colaborativo: bases teóricas y estrategias aplicables en la enseñanza universitaria. *Propósitos y Representaciones*, 4, 219–280.  
<https://doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90>
- Rotger, C., Morales, M., & Landayeta, E. (2024). Intersección de disciplinas: pensamiento proyectual del diseño y la matriz de Rich Gold en la solución de problemas complejos. *Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 226.  
<https://doi.org/10.18682/cdc.vi226.11304>
- Rubio, G. (2015). Modelo de gestión integral de operaciones desde la complejidad. *Desarrollo Gerencial*, 7(2), 153–169. <https://doi.org/10.17081/dege.7.2.1186>
- Sacho, A. (2021). Etiopía 2021, ¿una nueva etapa en la difícil travesía desde «Etniopía» hacia «Pan-Etiopía»? *Boletín IEEE*, 543–558. <https://doi.org/20.500.12592/c63v6k>
- Sailema, T. (2022). *Metodologías activas para la enseñanza aprendizaje de física en el bachillerato [Tesis de Maestría en Pedagogía con mención en educación técnica y tecnológica]*. Universidad Católica del Ecuador.
- Sailema, T., Lucero, M., Aguirre, M., & Escobar, M. (2023). Metodologías activas para la enseñanza aprendizaje de física en el bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9446–9477. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5069](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5069)

- Santaella, A., & Ruíz, E. (2023). La transdisciplinariedad educativa: análisis del marco conceptual, metodologías, contexto y medición. *Revista Iberoamericana De Educación, 1*(92). <https://doi.org/10.35362/rie9215747>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review, 1*–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Sidekerskienė, T., & Damaševičius, R. (2023). Out-of-the-box learning: Digital escape rooms as a metaphor for breaking down barriers in stem education. *Sustainability, 73*–93. <https://doi.org/10.3390/su15097393>
- Singh, C., Osbahr, H., & Dorward, P. (2018). The implications of rural perceptions of water scarcity on differential adaptation behaviour in Rajasthan, India. *Environmental Change, 24*17–2432. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1358-y>
- Sposob, G. (2024, October 24). *Ciclo del agua. Enciclopedia Concepto*. <https://tinyurl.com/2c4r5rf2>
- Sutta, F., Auccacusi, R., Campo, C., & Valle, E. (2024). Uso de Tecnologías en matemática y su impacto en la enseñanza. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 10*04–1029. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12341](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12341)
- Tabari, H. (2020). Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific Reports, 11*–45. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>
- Tardif, M., & Lessard, C. (1999). The Teacher Daily Work. Experience, Human Interaction and Professional Dilemmas. *Laval University Press, 11*(3).

- Tariq, M. (2023). Enhancing Students and Learning Achievement as 21st-Century Skills Through Transdisciplinary Approaches. In *Transdisciplinary Approaches to Learning Outcomes in Higher Education* (pp. 220–257). IGI Global.
- Tasdemir, C., & Gazo, R. (2020). Integrating sustainability into higher education curriculum through a transdisciplinary perspective. *Journal of Cleaner Production*, 121–149.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121759>
- Theдора, N. (2020). Geopolitical Implications of Arctic Melting. *International Journal of Business Management and Visuals*, 1–7. <https://ijbmv.com/index.php/home/article/view/42>
- Tonon, G. (2013). La entrevista semi-estructurada como técnica de investigación. In *Reflexiones latinoamericanas sobre la investigación cualitativa* (p. 47). Prometeo Libros-Unlam.  
<https://tinyurl.com/2a84oplg>
- Torres, E. (2012). La interdisciplinariedad en las investigaciones educativas. *Didáctica y Educación*, 3(1), 1–12. <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/article/view/71>
- Toruño, C. (2020). El currículum en el contexto costarricense: propuesta de definiciones para su conceptualización. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 15(1), 39–59.  
<https://doi.org/10.15359/rep.15-1.2>
- Tsuji, L. (2021). Dossier educar y comunicar en la era digital: experiencias en Argentina. *Interacciones: Revista de La Facultad de Ciencias de La Educación y de La Comunicación Social de La Universidad Del Salvador*, 1(1). <https://tinyurl.com/2b36tu67>
- United Nations. (2021). *State of climate in 2021: extreme events and major impacts*. News; Unfcc. <https://tinyurl.com/232dx43y>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD]. (2024). *Todo lo que debes saber sobre la COP16: definición, compromisos y la participación de la UNAD*. Noticias UNAD.

<https://tinyurl.com/2am9oejq>

Ureta, L., & Rossetti, G. (2020). Las TAC en la construcción de conocimiento disciplinar: una experiencia de aprendizaje con estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología*, 100–109.

<https://doi.org/10.24215/18509959.26.e11>

Vallis, G. (2020). The trouble with water: condensation, circulation and climate. *The European Physical Journal Plus*, 18–26. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.02364>

Villalobos, L. (2017). *Enfoques y diseños de investigación social: cuantitativos, cualitativos y mixtos*. EUNED.

Villanueva, F. (2019). Modelo transdisciplinario para la mejora del aprendizaje en una universidad de lima metropolitana. *Universidad de Lima Metropolitana*.

<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe/handle/upa/814>

Villarraga, X. (2023). *Habilidades del pensamiento científico a partir del primer año de vida: un estudio de caso*[Tesis de magister en Infancia y Cultura con Énfasis en Educación].

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Wainstein, P., Arenson, L., & Umerez, J. (2020). Glaciares rocosos (glaciares de escombros)–crioformas aun cotidianamente confundidas. *Journal of Mining Engineering and Research*, 47–56. <https://doi.org/10.35624/jminer2020.01.06>

Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: a review. *Geography and Sustainability*, 115–122.

<https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>

Yániz, C., & Villardón, L. (2008). *Planificar desde competencias para promover el aprendizaje*. Universidad de Deusto.

You, Q., Cai, Z., Pepin, N., Chen, D., Ahrens, B., Jiang, Z., & Zhang, Y. (2021). Warming amplification over the Arctic Pole and Third Pole: trends, mechanisms and consequences.

*Earth-Science Reviews*, 103–125. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103625>

Zabalza, M. (2003). *Competencias docentes del profesorado universitario: calidad y desarrollo profesional*. Narcea ediciones.

Zambrano, C., & Rosell, R. (2024). Factores que inciden en el desarrollo del pensamiento divergente: Una revisión sistemática. *Ciencia y Educación*, 80–103.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13730379>

## Anexos

### Anexo A. Cuestionario estudiantes educación media.



#### Instrumento 1. Cuestionario a estudiantes de educación media



#### Estimado Estudiante.

La universidad Santo Tomás, a través de la Facultad de Educación y el Doctorado en Educación, vienen desarrollando la investigación titulada: “Orientaciones didácticas para el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias naturales y las matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá”, cuya responsable es la doctoranda, Mónica Marcela Peña Cárdenas, bajo la dirección de la Docente Dra. Nelly Yolanda Céspedes Guevara.

Para el desarrollo de lo anterior y aportar a la formación de este grado de educación, amablemente le invitamos a dar respuesta a las siguientes preguntas desde su rol de estudiante en la educación media.

Su respuesta será tratada con confidencialidad y se utilizará únicamente con fines de investigación.

DATOS DEMOGRÁFICOS				
1	Género			
	Hombre	Mujer	Otro	
2	Estrato socioeconómico			
	1	2	3	4 5
3	Curso			
	10 A	10 B	10 C	1001 1002
4	Institución Educativa			
	Institución Educativa I (Oficial)	Institución Educativa II (Oficial)	Institución Educativa I (Privado)	Institución Educativa II (Privado)
5	Institución de carácter			
	Público	Privado	En concesión	

#### Instrucciones

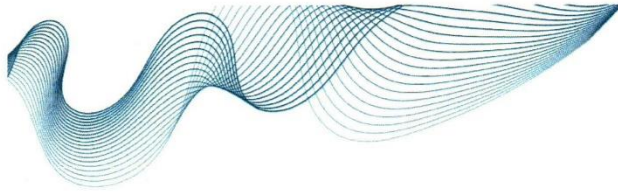
Por favor, lea cada pregunta cuidadosamente y seleccione la opción que mejor refleje su opinión para cada una de ellas.

Para este ejercicio se utilizará la escala de Likert, cuyas respuestas van desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo", así:

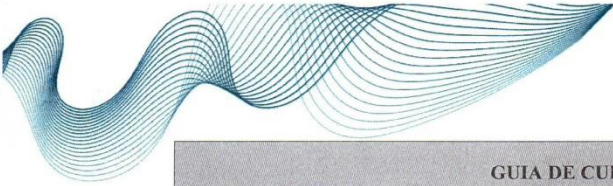
ESCALA	RESPUESTA
1	Totalmente en desacuerdo
2	Desacuerdo
3	Neutral
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo



NIT.: 860.012.357-6  
Carrera 9 # 51 - 11  
PBX.: +57 (601) 5878797



GUIA DE CUESTIONARIO						
#	Enunciado	1	2	3	4	5
1.1	Considera que las situaciones o problemáticas del contexto, pueden resolverse utilizando únicamente el conocimiento de una sola disciplina.					
1.2	Piensa que las habilidades y conceptos de una sola disciplina son suficientes para abordar situaciones prácticas y reales.					
1.3	Para resolver situaciones o problemáticas del contexto, prefiere enfocarse en una sola disciplina de conocimiento en lugar de integrar varias.					
1.4	La educación disciplinar prepara mejor a los estudiantes para resolver situaciones o problemáticas del contexto.					
2.1	Considera que las situaciones o problemáticas del contexto, pueden resolverse utilizando procesos transdisciplinarios.					
2.2	Para abordar adecuadamente las situaciones reales o problemáticas del contexto, es esencial combinar habilidades y conceptos de diferentes disciplinas.					
2.3	La integración entre distintas disciplinas es crucial para resolver situaciones o problemáticas del contexto de manera efectiva.					
2.4	La educación que involucra procesos transdisciplinarios prepara mejor a los estudiantes para resolver situaciones o problemáticas del contexto.					
3.1	¿Ha tenido alguna experiencia de aprendizaje que integre conceptos de las diferentes asignaturas de las ciencias naturales y de las matemáticas?					
3.2	Es importante aprender a aplicar los conceptos de las de las ciencias naturales y de las matemáticas para resolver situaciones o problemáticas del contexto.					
3.3	¿Ha tenido alguna experiencia de aprendizaje que integre conceptos de las diferentes asignaturas que constituyen las ciencias naturales y las matemáticas?					
3.4	Es muy importante que en el futuro las clases de ciencias naturales y de matemáticas incluyan actividades prácticas que fomenten su curiosidad y lo motiven a aplicar los conocimientos en situaciones reales.					



GUIA DE CUESTIONARIO

#	Enunciado	1	2	3	4	5
4.1	Entiende las causas principales del calentamiento global.					
4.2	Puede explicar cómo las actividades humanas contribuyen al calentamiento global.					
4.3	Conoce las consecuencias del calentamiento global en el medio ambiente.					
4.4	Sabe cómo el calentamiento global afecta al ciclo del agua.					
4.5	Su familia se asegura de utilizar el agua de manera eficiente en el hogar, evitando desperdicios innecesarios.					
4.6	Abordar el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua requiere conocimientos de diversas disciplinas.					
4.7	Integrar conocimientos de diversas disciplinas le ayuda a comprender mejor el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua.					
4.8	Considera que la educación y la concienciación son claves para combatir el calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua.					

*Nota 1:* La escala de Likert es una herramienta comúnmente utilizada en encuestas y estudios de investigación para medir actitudes, opiniones y percepciones de las personas hacia determinados temas. Consiste en una serie de afirmaciones o enunciados sobre el tema en cuestión, acompañados de una serie de opciones de respuesta, generalmente 5: dos opciones negativas, una opción neutra o intermedia y dos opciones positivas.

*Nota 2: Confidencialidad:* El presente instrumento tiene fines académicos e investigativos. La información que usted suministre se manejará con total confidencialidad y bajo ninguna circunstancia será empleada para efectos distintos a los indicados. En consecuencia, la autora se compromete a garantizar que los datos serán tratados conforme lo define la Ley 1581 del 2012.

Esta investigación esta siendo desarrollada por la estudiante MÓNICA MARCELA PEÑA CÁRDENAS y su contacto para cualquier duda es:

Correo: [monica.pena@usantotomas.edu.co](mailto:monica.pena@usantotomas.edu.co)

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SIMES 1704



3



NIT.: 860.012.357-6  
Carrera 9 # 51 - 11  
PBX.: +57 (601) 5878797

**Anexo B. Entrevista semiestructurada docentes Ciencias Naturales y Matemáticas.**



UNIVERSIDAD  
**SANTO TOMÁS**  
—SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ—

**Instrumento 2. Entrevista semiestructurada a docentes de ciencias naturales y matemáticas**

**Estimado Docente.**

La universidad Santo Tomás, a través de la Facultad de Educación y el Doctorado en Educación, vienen desarrollando la investigación titulada: *“Orientaciones didácticas para el aprendizaje transdisciplinar de las ciencias naturales y las matemáticas en el escenario de la educación media de Bogotá”*, cuya responsable es la doctoranda, Mónica Marcela Peña Cárdenas, bajo la dirección de la Docente Dra. Nelly Yolanda Céspedes Guevara.

Su experiencia y conocimientos son fundamentales para el éxito de esta investigación.

Su respuesta será tratada con confidencialidad y se utilizará únicamente con fines de investigación.

DATOS DEMOGRÁFICOS				
Nombre completo:				
1	Género			
	Hombre	Mujer	Otro	
2	¿Cuál es su formación académica?			
	Licenciado en Física	Licenciado en Química	Licenciado en Biología	Licenciado en Matemáticas
3	Desempeña su labor en institución educativa de carácter			
	Público	Privado	En concesión	

**Instrucciones**

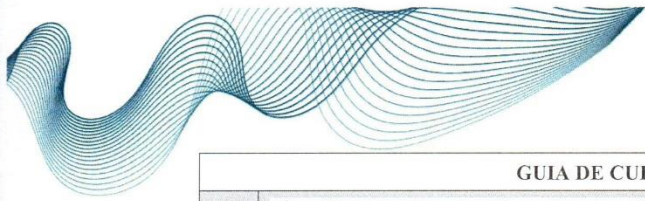
Para este ejercicio se utilizará como instrumento una entrevista semiestructurada, que consta de una serie de preguntas cerradas y otras preguntas abiertas, para conocer de las voces de los docentes sus prácticas frente al tema de investigación, recomendaciones y aportes frente al objeto de estudio.

GUIA DE CUESTIONARIO	
1	En su experiencia como docente de ciencias naturales o de matemáticas en educación media, ¿considera importante los procesos transdisciplinarios en la solución de situaciones o problemáticas del contexto?
	SI NO
	¿Por qué?

VICIADA MINEDUCACIÓN - SIMES 1704



NIT.: 860.012.357-6  
Carrera 9# 51 - 11 ☎  
PBX.: +57 (601) 5878797 ☎



GUIA DE CUESTIONARIO

2	¿Considera que el proceso de enseñanza en la educación media podría beneficiarse al combinar habilidades y conceptos de diferentes disciplinas?	
	SI	NO
	¿Por qué?	
3	¿Ha tenido la oportunidad de aplicar principios transdisciplinares en su práctica docente?	
	SI	NO
	Explique su respuesta	
4	¿Cuáles son las fortalezas de adoptar prácticas transdisciplinares en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el escenario de la educación media?	
5	¿Cuáles son las debilidades de adoptar prácticas transdisciplinares en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el escenario de la educación media?	
6	¿Puede mencionar alguna experiencia en la que la transdisciplinariedad haya tenido un efecto significativo en la resolución de situaciones o problemáticas del contexto?	
	SI	NO
	Explique su respuesta	
7	¿Considera que en los procesos transdisciplinares es importante captar la atención del estudiante y fomentar su curiosidad por explorar las ciencias naturales y las matemáticas?	
	SI	NO
	¿Por qué?	
8	¿El aprendizaje transdisciplinar puede fomentar el pensamiento crítico de los estudiantes, para la resolución de situaciones o problemáticas del contexto?	
	SI	NO
	¿Por qué?	

MÁS  
NOTA

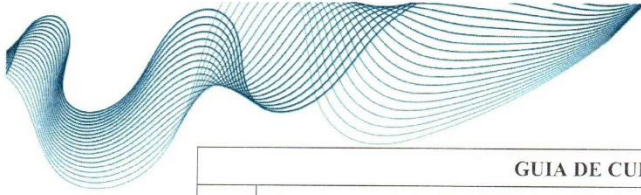

**USANTOTOMAS.EDU.CO**  

 santotocolombia

2  
**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL MULTICAMPUS**  
 DE ALTA CALIDAD POR SU PAÍS  


**NIT.: 860.012.357-6**  
 Carrera 9 # 51 - 11  
**PBX.: +57 (601) 5878797**

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SIMES T104



### GUIA DE CUESTIONARIO

9	¿Los procesos transdisciplinares podrían fomentar la creatividad en los estudiantes de educación media?	SI	NO
	¿Por qué?		
10	¿Cómo aportaría desde su disciplina en un proceso transdisciplinar vinculado al calentamiento global y su impacto en el ciclo del agua?		
11	¿Cuáles son las estrategias que requiere en su institución para generar procesos transdisciplinares exitosos que impacten a la comunidad?		
12	Si tuviera que evaluar un proceso transdisciplinar ¿Qué estrategias utilizaría? Explique su respuesta		

Nota 1: *Confidencialidad:* El presente instrumento tiene fines académicos e investigativos. La información que usted suministre se manejará con total confidencialidad y bajo ninguna circunstancia será empleada para efectos distintos a los indicados. En consecuencia, la autora se compromete a garantizar que los datos serán tratados conforme lo define la Ley 1581 del 2012.

Esta investigación esta siendo desarrollada por la estudiante MÓNICA MARCELA PEÑA CÁRDENAS y su contacto para cualquier duda es:  
Correo: [monica.pena@usantotomas.edu.co](mailto:monica.pena@usantotomas.edu.co)

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



NIT.: 860.012.357-6  
Carrera 9 # 51 - 11  
PBX.: +57 (601) 5878797