

Robinson Viafara Ortiz
Boris Fernando Candela
Alfonso Claret Zambrano
(coords.)

Investigación y diseño, una sinergia que orienta la construcción de propuestas de enseñanza de las ciencias

Investigación y diseño,
una sinergia que orienta
la construcción de
propuestas de enseñanza
de las ciencias

En este libro se recogen aportaciones que han superado un riguroso proceso de selección y evaluación (*double blind peer review process*) según los siguientes criterios de evaluación: calidad del texto enviado, novedad y pertinencia del tema, originalidad de la propuesta, fundamentación bibliográfica y rigor científico.

Comité Editorial Internacional (miembros de los grupos de investigación):

Research, Innovation & Technology in Education - RITE (SEJ-607), dirigido por la Dra. INMACULADA AZNAR DÍAZ, Universidad de Granada (Granada, España).

Análisis de la Realidad Educativa - AREA (HUM-672), dirigido por el Dr. FRANCISCO JAVIER HINOJO LUCENA, Universidad de Granada (Granada, España).

Leadership, Development and Educational Research-LEADER (SEJ-604), dirigido por la Dra. MARÍA PILAR CÁCERES RECHE, Universidad de Granada (Granada, España).

Comité Editorial Octaedro:

ELOY LÓPEZ-MENESES. Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España).

MANUEL LEÓN-URRUTIA. Universidad de Southampton (Reino Unido) (director editorial de Ediciones Universitarias Octaedro)

Robinson Viafara Ortiz
Boris Fernando Candela
Alfonso Claret Zambrano
(coords.)

Investigación y diseño,
una sinergia que orienta
la construcción de
propuestas de enseñanza
de las ciencias

Octaedro 

Colección Horizontes-Universidad

Título: *Investigación y diseño, una sinergia que orienta la construcción de propuestas de enseñanza de las ciencias*

Primera edición: noviembre de 2024

© Robinson Viafara Ortiz, Boris Fernando Candela, Alfonso Claret Zambrano (coords.)

© De esta edición:
Ediciones OCTAEDRO, S.L.
C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona
Tel.: 93 246 40 02
octaedro@octaedro.com
www.octaedro.com

Esta publicación está sujeta a la Licencia Internacional Pública de Atribución/ Reconocimiento-NoComercial 4.0 de Creative Commons. Puede consultar las condiciones de esta licencia si accede a: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ISBN: 978-84-10282-73-5

Maquetación: Fotocomposición gama, sl
Diseño y producción: Octaedro Editorial

Publicación en acceso abierto - *Open Access*

Sumario

Introducción	9
ROBINSON VIAFARA ORTIZ; BORIS FERNANDO CANDELA	
1. La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias	17
BORIS FERNANDO CANDELA; ROBINSON VIAFARA ORTIZ	
2. El diseño de una propuesta de enseñanza aprendizaje de la anatomía humana a partir de la construcción de modelos	33
SONIA OSORIO; CARLOS ZULIAGA; ALFONSO CLARET ZAMBRANO	
3. Investigación y diseño de proyectos pedagógicos productivos: potenciando la formación científica escolar	59
LEIDY YURANI VILLA GARCÍA; ALFONSO CLARET ZAMBRANO	
4. La investigación y el diseño como fuente para construir contextos argumentativos.	81
TATIANA IVETH SALAZAR-LÓPEZ; GONZALO PEÑALOZA	
Semblanza autores	107

Introducción

ROBINSON VIAFARA ORTIZ
BORIS FERNANDO CANDELA
Universidad del Valle

La educación en ciencias y el conocimiento científico desempeñan un papel fundamental en el desarrollo tecnocientífico de las sociedades, lo cual es evidente en un mundo cada vez más complejo y globalizado. En este contexto se requiere que la ciudadanía posea una comprensión sólida de los productos, procesos y naturaleza de las ciencias. Estos conocimientos, junto a una enculturación sociopolítica, les permitirán identificar y formular problemas de carácter sociocientífico, así como participar de manera intencional en la búsqueda de soluciones.

Además, se ha demostrado que los avances en la ciencia y la tecnología han tenido un impacto significativo en la humanidad, proporcionando numerosos beneficios en áreas importantes como la salud, las comunicaciones, la seguridad alimentaria y la energía. Estos avances han permitido el desarrollo de medicamentos más efectivos, la conectividad global y fuentes de energía más limpias. Sin embargo, este progreso también ha generado sentimientos de riesgo e incertidumbre a nivel social y político (Zeidler *et al.*, 2005). Durante las últimas cinco décadas, a nivel mundial se han presentado problemas en diversas áreas, como el medioambiente, la seguridad alimentaria, la manipulación genética, la disminución de la diversidad biológica o la sobreexplotación de productos farmacéuticos, entre otros.

Esto ha llevado a que muchas entidades bióticas y abióticas se enfrenten a amenazas existenciales significativas.

Por otro lado, a partir de la década de los sesenta del siglo pasado, en los países con mayor poder económico y político se planteó la necesidad de alfabetizar científicamente a su ciudadanía. Esto ocasionó el planteamiento de propuestas curriculares con diversos enfoques fundamentadas en valores egoístas, altruistas y biocéntricos (Roberts, 2011). Es decir, las primeras propuestas se centraron en un enfoque basado en valores egoístas que pretendían estimular en los individuos la necesidad de extraer, producir y consumir, con el objetivo de fortalecer la industria y generar ganancias económicas y estabilidad financiera para los países, así como impulsar el crecimiento de la industria militar. Por otro lado, los enfoques altruistas y biocéntricos se preocuparon por el conocimiento científico articulado con lo social-humanista, buscando iluminar las acciones sociales y políticas que tuvieran como objetivo central comenzar a abordar las problemáticas sociocientíficas y socioambientales generadas por el desarrollo de las tecnociencias (Bencze *et al.*, 2020).

Para lograr esto, los gobiernos, a través de los ministerios de Educación y los investigadores en el campo de la educación en ciencias, han diseñado y promovido diversas reformas curriculares. Estas reformas han abarcado los diferentes puntos del continuo de la alfabetización científica, que incluyen: apropiarse de los productos y procesos científicos, desarrollar un pensamiento científico de nivel superior, tomar conciencia de los riesgos e incertidumbres generados por el avance de las ciencias, y preparar a los jóvenes ciudadanos para el activismo social y político (DeBoer, 2000; Zeidler y Sadler, 2008).

Por todo esto, la alfabetización científica en sus diferentes perspectivas se ha convertido en un objetivo fundamental en la educación en ciencias, y su concepción ha evolucionado a lo largo del tiempo. De hecho, Roberts (2007) clasificó este constructo en visiones I y II. Posteriormente, Bencze *et al.* (2020) y Valladares (2021) ampliaron esta conceptualización de la alfabetización con la visión III, como resultado de la evolución teórica en el campo de la educación en ciencias. Cada una de estas visio-

nes aborda la alfabetización científica desde perspectivas distintas, y comprenderlas es crucial para el desarrollo de enfoques de enseñanza humanistas y biocéntricos en el aula de ciencias.

La visión I de la alfabetización científica tiene sus raíces filosóficas en el proyecto 2061 de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia (AAAS, 1990). Esta perspectiva orienta el desarrollo curricular a partir de los productos y procesos de las ciencias, como las teorías, leyes, formulación de preguntas, recolección y análisis de datos, y formulación de conclusiones. Los diseñadores curriculares consideran que la apropiación de estos elementos permitirá a la ciudadanía desarrollar un pensamiento de nivel superior, el cual se utilizará en la predicción y el control de diversas situaciones sociocientíficas. Además, esta visión tiene como objetivo que los estudiantes reconozcan el papel fundamental de las tecnociencias en el desarrollo tecnológico y económico de las regiones.

La visión II de la alfabetización científica amplía el enfoque de la visión I y se centra en la aplicación de los conocimientos científicos en contextos reales. En este sentido, el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje se consideran aspectos fundamentales del proceso de enculturación científica de los estudiantes, como las situaciones sociocientíficas y socioambientales generadas por el desarrollo de las tecnociencias (Liu, 2013). Estas situaciones problemáticas, contextualizadas y situadas brindan a los aprendices la oportunidad de desarrollar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones basadas en evidencia científica. Tales aspectos socio-cognitivos les permiten participar en discusiones y tomar decisiones informadas, tanto a nivel individual como colectivo, dentro de los contextos personales, familiares, laborales y sociales (Roberts, 2007).

La visión III de la alfabetización científica surge de la necesidad de diseñar e implementar propuestas de enseñanza-aprendizaje que no solo brinden a los ciudadanos la oportunidad de tomar conciencia de la diversidad de problemas sociocientíficos y socioambientales, sino también de comenzar a desarrollar una cultura de acción social y política (Bencze *et al.*, 2020; Va-

lladares, 2021). En otras palabras, estas propuestas les permiten avanzar y pasar de ser críticos pasivos a convertirse en ciudadanos activos comprometidos democráticamente. Para lograr esto, la joven ciudadanía debe comprometerse en comprender cómo las ciencias, la tecnología y la industria influyen en la sociedad, así como la sociedad afecta la actividad científica. En resumen, esta forma de alfabetización científica busca promover una ciudadanía científica y políticamente alfabetizada, capaz de participar en debates públicos relacionados con las ciencias, la tecnología, la política y la economía (Liu, 2013; Valladares, 2021).

Los fundamentos de las tres visiones de la alfabetización científica no son mutuamente excluyentes, sino que pueden considerarse parte de un continuo que guarda relación con los objetivos educativos, sociales y ambientales del currículo de la educación en ciencias (Valladares, 2021). Es decir, los objetivos subyacentes al sistema de conocimientos, creencias y valores de los diseñadores de políticas curriculares, administradores educativos y profesores pueden evolucionar progresivamente a lo largo del continuo, comenzando por la visión I, pasando por la visión II y llegando a la visión III de la alfabetización científica. Esta evolución está determinada por factores como el desarrollo de una identidad reflexiva práctica y emancipadora, así como por la historia, cultura, necesidades e intereses de una comunidad educativa a nivel macro, meso y micro (Candela, 2023). Estos factores tienen una gran influencia en el tipo de diseño e implementación de los currículos técnicos, prácticos o crítico-emancipadores en ciencias en los ámbitos curriculares del macronivel (nación), mesonivel (institución educativa) y micronivel (aula de clase). Estos presupuestos están en línea con la afirmación de Valladares (2021, p. 567):

La visión III conserva todos los beneficios conceptuales obtenidos por la visión II (es decir, contextualizar la ciencia), pero también se suman otras ventajas conceptuales como la disminución de la brecha entre las dos culturas (la científica y la humanística, en primer lugar, pero también entre ricos y pobres, este-oeste, ciencia-tecnología, entre otros).

Este libro de investigación considera que la evolución progresiva de la visión de alfabetización científica de los diferentes agentes educativos puede materializarse a través de los diferentes niveles curriculares propuestos por Hodson (2003). Él identifica cuatro niveles de dominio en la alfabetización científica:

1. Tomar conciencia del efecto que ejerce el desarrollo de las tecnociencias en la sociedad y el ambiente, y comprender que las ciencias y las tecnologías están determinadas por factores sociales y culturales.
2. Apreciar que la toma de decisiones acerca de los desarrollos de las tecnociencias está dirigida por los ciudadanos que lideran los grupos de mayor poder político y económico a nivel nacional y global, y que este desarrollo está inextricablemente ligado al poder y las riquezas.
3. Desarrollar una identidad reflexiva que permita el uso deliberado de productos, procesos, naturaleza de las ciencias y conocimientos de las teorías sociales en la toma de conciencia sobre las diversas problemáticas sociocientíficas y socioambientales que generan los cambios en las tecnociencias.
4. Pasar de ser un crítico conocedor de las diferentes problemáticas sociocientíficas y socioambientales a un ciudadano activista comprometido con la lucha por la justicia social y un desarrollo sostenible.

De acuerdo con el contexto anteriormente presentado, esta publicación recoge los resultados de investigaciones documentales y teórico-empíricas realizadas en el contexto de los programas de pregrado, maestría y doctorado en educación en ciencias. Lo anterior es realizado por un grupo de profesores-investigadores pertenecientes al grupo de investigación interinstitucional «Ciencias, Acciones y Creencias. UPN-UV». Cabe mencionar que cada uno de estos proyectos tiene como objetivo contribuir, de manera general, a responder la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo influir en la transformación de la enseñanza de las ciencias en los niveles de educación primaria, secundaria y terciaria a través del diseño de propuestas de ense-

ñanza-aprendizaje fundamentadas en una de las tres visiones de alfabetización científica?

El objetivo general es promover la enculturación científica en la escuela primaria, secundaria y terciaria mediante el diseño e implementación de proyectos de indagación basados en una de las tres visiones de alfabetización científica que definen la identidad del currículo de ciencias. Para conseguir este objetivo, los proyectos de investigación se desarrollaron en el marco del paradigma cualitativo e interpretativo. Ellos produjeron procesos de investigación formativa con enfoque disciplinar o con enfoque interdisciplinario humanista, buscando promover una evolución en la enseñanza de las ciencias a través del continuo de la visión de alfabetización científica desde la metodología de la investigación basada en el diseño, lo cual facilitó la recolección y análisis de datos de un conjunto de documentos disciplinares, pedagógicos, curriculares y sociohumanísticos.

En el caso de los estudios documentales, se aplicó la técnica de análisis de contenido y se recopiló y analizó evidencia documental, lo que permitió una lectura reflexiva y profunda de documentos disciplinares, pedagógicos, curriculares y sociohumanísticos. Esta información proporcionó la base para el ciclo del desarrollo curricular, que a su vez condujo al diseño de propuestas específicas de enseñanza-aprendizaje. En cuanto a las investigaciones teórico-empíricas, se utilizó el enfoque del estudio de casos. Esta metodología fue seleccionada con el objetivo de entender cómo los profesores de educación primaria, secundaria y terciaria, dentro del contexto de una propuesta de enseñanza basada en una de las tres visiones de la alfabetización científica, orientan a los estudiantes hacia la enculturación científica.

Los resultados documentales y empíricos de estos proyectos se presentan en cuatro capítulos. El primer capítulo da cuenta de una investigación documental que explora la relevancia metodológica de la investigación basada en el diseño (IBD) y su papel en el desarrollo curricular en la educación en ciencias al articular la investigación con la práctica educativa. Además, propone la pertinencia del uso de la IBD en estudios centrados en la visión III de la alfabetización crítica. Posteriormente se

presentan tres capítulos que presentan los resultados de investigación desde la IBD que se materializan en tres propuestas de enseñanza, cada una de ellas basada en una de las tres visiones de alfabetización científica enunciadas previamente. La primera de ellas en el segundo capítulo con finalidades de la visión I de la alfabetización científica en el contexto universitario, teniendo como elemento de referencia el conocimiento pedagógico del contenido. En el tercer capítulo se plantea una propuesta centrada en la visión II de la alfabetización científica que pretende vincular la realidad de los estudiantes y sus intereses con la posibilidad de aprender una ciencia pertinente para la vida y el proseguir estudios universitarios. Finalmente, en el cuarto capítulo se presenta una propuesta o diseño que tiene el propósito de brindar a los estudiantes la oportunidad de desarrollar la argumentación, el pensamiento crítico y los razonamientos socio-científicos, lo cual está ligado con la visión III de la alfabetización científica.

Referencias bibliográficas

- American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all Americans*.
- Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J. y Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: defending and extending «science-in-context». *Cultural Studies of Science Education*, 15, 825-851.
- Candela Rodríguez, B. F. (2023). La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias. *Bio-grafía*, 16 (31). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.16.num31-19727>
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25 (6), 645-670.

- Liu, X. (2013). Expanding notions of scientific literacy: a reconceptualization of aims of science education in the knowledge society. En: *Science education for diversity: Theory and practice* (pp. 23-39). Springer.
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. En: S. K. Abell y Lederman, N. G. (eds.). *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum.
- Roberts, D. A. (2011). Competing visions of scientific literacy. En: C. Linder., L. Östman., D. A. Roberts., P. Wickman., G. Erickson. y A. MacKinnon. *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11-27). Routledge.
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30 (3), 557-587.
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M. y Howes, E. (2005). Beyond STS: a research based framework for socio-scientific issues education. *Science Education*, 89 (3), 357-377.
- Zeidler, D. L. y Sadler, T. D. (2008). The role of moral reasoning in argumentation: conscience, character, and care. En: *Argumentation in science education: perspectives from Classroom-based research* (pp. 201-216). Springer.

La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias

BORIS FERNANDO CANDELA 

Universidad del Valle

boris.candela@correounivalle.edu.co

ROBINSON VIAFARA ORTIZ 

Universidad del Valle

robinson.viafara@correounivalle.edu.co

Resumen

Este estudio documental cualitativo e interpretativo examina la evolución de los presupuestos teóricos de la investigación Basada en el Diseño (IBD) en la educación en ciencias, en el marco del desarrollo de las visiones de alfabetización científica. Utilizando el análisis de contenido, se exploraron categorías como La IBD, las teorías de dominio específico y el ciclo de diseño iterativo en la educación en ciencias, la IBD y su aplicación en la educación científica: un Enfoque metodológico, la relación entre el ciclo de la IBD y el desarrollo curricular y la evolución de la IBD hacia un enfoque emancipador en la educación en ciencias. Se encontró que la IBD se ha establecido como una metodología de investigación valiosa en la educación científica, equiparable en relevancia metodológica a los paradigmas cualitativos y cuantitativos. Esta metodología se basa en un ciclo recurrente de diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje en contextos reales, con el objetivo principal de producir teorías instruccionales de dominio específico. Se propone que la IBD pueda ser utilizada en estudios centrados en la visión III de la alfabetización científica, proporcionando a los jóvenes ciudadanos una comprensión sinérgica de las ciencias naturales y ciencias sociales y humanas. En última instancia, la IBD puede desempeñar un papel crucial en la mejora de las prácticas educativas a

través de la investigación aplicada, abordando directamente los problemas existentes entre la teoría educativa y la enseñanza de las ciencias desde perspectivas interdisciplinarias en contextos reales del aula.

Palabras clave: investigación basada en el diseño, educación en ciencias, alfabetización científica, desarrollo curricular, educación emancipadora.

1.1. Introducción

Este artículo explora la investigación basada en el diseño (IBD) como una metodología de investigación reconocida en la educación científica con relevancia metodológica similar a los paradigmas cualitativos y cuantitativos. La IBD surgió en respuesta a la crisis en la educación científica identificada por Klopfer (1983), debido a las limitaciones de las teorías existentes para justificar el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje específicos. La IBD se basa en un ciclo recurrente de diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje en contextos reales. Tiene como objetivo producir teorías instruccionales de dominio específico sobre la enseñanza y el aprendizaje de un contenido. Estas teorías, que adoptan un carácter naturalístico y una validez ecológica, son transferibles a otros contextos mediante la reproducción del estudio original.

A pesar de lo anterior, la investigación basada en diseño (IBD) es un enfoque metodológico que tiene críticas y desafíos, por no ser un enfoque muy definido, que presenta complejidad y dificultad a la hora de verificar la efectividad y generalización de sus resultados y productos (Kelly, 2004). Esto se debe, en parte, a que fue relacionada con las teorías de diseño instruccional de primera generación (Prediger 2015). Además, se consideró que su nivel prescriptivo puede reducir la originalidad y la innovación en la generación de soluciones a problemas educativos diversos. Por otro lado, se cuestionan los enfoques centrados en la comprensión de contenidos científicos, que priorizan las soluciones prácticas sobre la comprensión profunda de los problemas. Lo anterior es comúnmente asociado a visiones cuestionadas sobre la alfabetización científica.

En resumen, las anteriores críticas planteadas a la IBD tienen implicaciones significativas para el alcance de las finalidades de la visión de alfabetización científica actuales. Esto se debe a que la IBD debe asociarse a visiones actuales sobre la alfabetización científica en la búsqueda de procesos en los que los estudiantes sean los protagonistas de sus procesos de construcción de aprendizajes. En estos procesos, las finalidades no se limitan a la comprensión profunda del conocimiento científico, sino que pretenden el desarrollo de otros conocimientos como la reflexión crítica, la toma de decisiones y el ejercicio de acciones personales y sociales que aporten a encontrar soluciones democráticas y éticas a las diferentes problemáticas socioambientales que están presentes en nuestra sociedad. Por ello surge la necesidad de desarrollar procesos de investigación documental y empírica enfocados a dar cuenta de la influencia de las bases teóricas de la investigación basada en el diseño (IBD) en la educación en ciencias.

En ese sentido, este estudio de carácter documental se orienta por la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo han evolucionado los presupuestos teóricos de la IBD en la educación ciencias en el marco del desarrollo de las visiones de alfabetización científica?

1.2. Metodología

Este trabajo de investigación documental se desarrolló bajo el paradigma cualitativo e interpretativo, ya que la pregunta de investigación se basa en principios epistemológicos, ontológicos y axiológicos. El primer principio se refiere a cómo el autor interactuó con las diferentes unidades de análisis de los documentos para construir el patrón conceptual que se representa en ellos. El segundo principio se refiere a las diferentes realidades que surgen de la lectura sistemática de los documentos. Finalmente, el tercer principio tiene en cuenta los juicios de valor tanto del autor como de los autores de los documentos consultados.

Los datos documentales se recopilaron y analizaron utilizando la técnica de análisis de contenido (Krippendorff, 2018). Este

enfoque analítico se basa en las unidades documentales de muestreo, contexto y análisis (ver tabla 1.1). Por lo tanto, se buscaron en las bases de datos fuentes primarias y secundarias relevantes que trataran sobre la IBD en la educación científica, sus presupuestos teóricos fundamentales y su aplicación en la enseñanza de las ciencias naturales desde las tres visiones de alfabetización científica.

Las unidades de muestreo incluyeron fuentes documentales tales como: artículos de revistas científicas y *handbook*, capítulos de libros y disertaciones doctorales. Las unidades de contexto se refieren a cada uno de los documentos que fueron parte de la muestra; cada documento fue analizado en su totalidad para comprender el contexto general y los temas principales que se abordan. Estos documentos fueron sometidos a una lectura sistemática y reflexiva para identificar patrones, temas y categorías relevantes para la pregunta de investigación. Al respecto, las unidades de registro son las secciones específicas de la unidad de contexto que son relevantes para la pregunta de investigación. Estas secciones fueron identificadas y analizadas en detalle como se muestra en el análisis de datos.

1.3. Análisis de datos

La evidencia empírica recopilada se analizó desde la perspectiva de Krippendorff (2018). Este método implica la revisión y codificación del contenido textual de los documentos para identificar códigos, temas y categorías. El análisis se llevó a cabo en cuatro etapas:

1. *Preparación de los datos*: los documentos fueron leídos y releídos bajo los lentes conceptuales de la IBD que configuran la pregunta de investigación. Esto se hizo con el objetivo de obtener una comprensión general del contenido latente y manifiesto que representan las diversas fuentes documentales.
2. *Codificación*: se utilizó el software ATLAS.ti para gestionar el proceso analítico de la comparación constante entre las teo-

Tabla 1.1. Unidades de muestreo y contexto que configuran la muestra de este estudio

Unidad de muestreo	Unidad de contexto
Tesis de doctorado	<i>Instructional design: development, implementation and evaluation of a teaching sequence about plant nutrition in Saudi.</i> University of Leeds. (Alzaghibi, 2010)
Artículo de investigación en revista indexada	Design-based research: a decade of progress in education research? (Anderson, y Shattuck, 2012)
Artículo de investigación en revista indexada	Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings (Brown, 1992)
Artículo de investigación en revista indexada	La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias (Candela, 2023)
Libro de investigación	<i>La ciencia del diseño educativo. Programa Editorial de la Universidad del Valle</i> (Candela, 2016)
Artículo de investigación en revista indexada	Los estudios de diseño una metodología de investigación novedosa para la educación (Candela, 2019)
Artículo de investigación en <i>handbook</i>	Design experiments and curriculum research (Clements, 2014)
Artículo de Investigación en <i>handbook</i>	Experimenting to support and understand learning processes (Cobb y Gravemeijer, 2014).
Artículo de investigación en revista indexada	Toward a design science of education (Collins, 1992)
Artículo de Investigación en <i>handbook</i>	The evolution of design studies as methodology (Confrey, 2006)
Artículo de investigación en revista indexada	Design-based research as a model for systematic curriculum development: the example of a curriculum for introductory optics (Haagen-Schützenhöfer y Hopf, 2020)
Artículo de investigación en revista indexada	Research and the crisis in science education (Klopfer, 1983)
Artículo de investigación en revista indexada	Conjecture mapping: an approach to systematic educational design research (Sandoval, 2014)
Libro de investigación	<i>El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan</i> (Schön, 1998)
Artículo de investigación de conferencia	Middle school science curriculum: coherence as a design principle (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik, y Reiser, 2008)
Artículo de investigación en revista indexada	Design-based research and technology-enhanced learning environments (Wang y Hannafin, 2005)

Fuente: elaboración de los autores.

rías de la IBD y las propiedades que subyacen a las diferentes unidades de análisis. Esta comparación permitió inducir un conjunto de códigos, temas o hipótesis.

3. *Categorización*: los códigos con propiedades conceptuales similares se agruparon en categorías de mayor nivel de abstracción (ver tabla 1.2). Estas categorías reflejaron los presupuestos teóricos fundamentales de la IBD y su influencia en la enseñanza de las ciencias naturales.
4. *Desarrollo teórico de las categorías*: las categorías se desarrollaron a través de la codificación selectiva, lo que permitió asig-

Tabla 1.2. Categoría y códigos emergentes del análisis de datos

Categoría	Códigos
La IBD, las teorías de dominio específico y el ciclo de diseño iterativo en la educación en ciencias	Crisis en la educación científica, limitaciones de las teorías existentes, emergencia de la IBD, ciclo de diseño iterativo, creación de teorías instruccionales específicas, interacciones significativas en el diseño instruccional, transformación de las prácticas pedagógicas, integración curricular, validez ecológica de las teorías de dominio específico, y formación y desarrollo profesional docente.
La investigación basada en el diseño (IBD) y su aplicación en la educación científica: un enfoque metodológico	Relevancia metodológica de la IBD, identificación y delimitación de problemáticas, uso del enfoque de estudios de casos, correspondencia biunívoca entre los casos y las fases de diseño, carácter documental y empírico de la evidencia, uso de diferentes técnicas para recabar evidencia empírica, propósito del ciclo iterativo de diseño, comparación reflexiva de las intenciones de diseño, las acciones y estrategias implementadas y los resultados de aprendizaje, ampliación del horizonte de indagación en la educación en ciencias.
Relación entre el ciclo de la IBD y el desarrollo curricular	Surgimiento de la IBD, propósito de la IBD, propuesta de uso de la IBD en la visión III de alfabetización científica, características de la visión III de alfabetización científica, evolución de la IBD hacia marcos prácticos y emancipadores, integración de la teoría y la práctica en la educación en ciencias, reflexión sobre las implicaciones sociales y ambientales de la relación entre las ciencias, la tecnología y la industria, desafíos en el diseño de la educación en ciencias de carácter emancipador.
La evolución de la investigación basada en el diseño (IBD) hacia un enfoque emancipador en la educación en ciencias.	IBD y alfabetización científica, enculturación científica, IBD y enfoque emancipador, desafíos de la IBD emancipadora.

Fuente: elaboración de los autores.

nar las diferentes unidades de análisis que previamente habían sido codificadas a una de las categorías emergentes. Dicha codificación selectiva facilitó el desarrollo teórico de las categorías a través del género narrativo, que se caracteriza por entrelazar la voz del investigador con la voz de la literatura.

Este enfoque analítico permitió una comprensión profunda de los presupuestos teóricos que sustentan la IBD y saber cómo estos influyen en el diseño e implementación de propuestas de enseñanza de las ciencias naturales desde las tres visiones de alfabetización científica.

1.4. La IBD, las teorías de dominio específico y el ciclo de diseño iterativo en la educación en ciencias

Desde mediados de los años ochenta, Klopfer (1983) señaló que la educación científica está atravesando una crisis. Esto se debe a que las teorías sobre la enseñanza y el aprendizaje de los fenómenos naturales han encontrado limitaciones para justificar el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje específicos desde un punto de vista disciplinario, pedagógico, curricular, contextual y tecnológico. Esta situación ha llevado a los expertos en este campo a desarrollar y mantener la línea de investigación conocida como investigación basada en el diseño (IBD) con el objetivo de abordar directamente el problema de la ruptura existente entre la teoría proveniente de la literatura en educación y la enseñanza de las ciencias en contextos reales de aula (Anderson y Shattuck, 2012; Candela, 2016; Candela, 2019; Candela, 2023).

De acuerdo con Brown (1992) y Collins (1992), el propósito principal de la IBD es llevar a cabo un ciclo recurrente de diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje en contextos reales. Este ciclo se basa en la disciplina, pedagogía, currículo y tecnología de la investigación en educación científica.

ca, así como en el pensamiento del docente/investigador/diseñador. Por lo tanto, se argumenta que la práctica completa del ciclo de diseño iterativo en entornos de aula reales, mediada por la reflexión para, en y sobre la acción (Schön, 1998; Anderson y Shattuck, 2012), permite la creación de una serie de principios o teorías instruccionales específicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de un contenido (Candela, 2023). Las teorías son específicas para un dominio dado, ya que provienen de la investigación en aulas reales y adoptan un carácter naturalístico y una validez ecológica. Así, estas no son generalizables, sino transferibles a otros contextos mediante la réplica del estudio original.

La formulación de teorías de instrucción específicas se logra gracias a las interacciones significativas que se establecen equitativamente entre los investigadores, los diseñadores y los profesores de ciencias en el contexto del ciclo repetitivo de diseño instruccional (Candela, 2023). De hecho, estas interacciones intersubjetivas buscan transformar las prácticas pedagógicas con el objetivo de influir en los estudiantes tanto a nivel educativo como social (Candela, 2023). Para lograr esto, se apoyan en la literatura de educación científica, el currículo estatal y la sabiduría que proporciona la experiencia para llevar a cabo un análisis reflexivo del currículo y la enseñanza en pro de integrar una serie de elementos para la enseñanza de un contenido específico tanto dentro como entre los currículos (Shwartz, *et al.*, 2008; Clements, 2014; Candela, 2023). Esta integración curricular se documenta mediante decisiones curriculares e instruccionales que informan sobre el diseño, el desarrollo y la puesta en escena de una secuencia de actividades (Candela, 2023). Los investigadores gestionan los procesos de indagación en colaboración con los profesores, diseñan e implementan intervenciones sistemáticas para refinar y mejorar los diseños iniciales y finalmente buscan avanzar en los objetivos pragmáticos y teóricos que afectan a la práctica (Candela, 2023).

Cobb y Gravemeijer (2014) y Candela (2023) afirman que el contenido disciplinar, pedagógico, tecnológico y social que configuran a las teorías de dominio específico presentan una validez ecológica. Este aspecto las convierte en un recurso curricular apropiado en los programas de formación y desarrollo profesio-

nal docente. De hecho, los relatos narrativos que dan vida a estas teorías documentan las técnicas, estrategias y modelos de enseñanza apropiados para mediar el proceso de enculturación de unos estudiantes particulares (Candela, 2023). Dichos relatos pueden servir en contextos problemáticos que, junto con la serie de tareas problemas, configuran auténticas actividades de formación y desarrollo profesional docente. Por supuesto, estas tareas deben estar catalizadas por la práctica reflexiva en los tres niveles de reflexividad (técnico, práctico y crítico).

1.5. La investigación basada en el diseño (IBD) y su aplicación en la educación científica: un enfoque metodológico

La investigación basada en el diseño (IBD) es reconocida por los expertos en educación científica como una metodología de investigación con la misma relevancia metodológica que los paradigmas cualitativos y cuantitativos (Confrey, 2006; Candela, 2023). En este sentido, los investigadores junto con los profesores de la escuela primaria, secundaria y terciaria identifican y delimitan problemáticas referentes a la enseñanza y aprendizaje de un contenido de las ciencias. Con el propósito de construir la solución al problema delimitado, por lo general, ellos hacen un uso intencional del enfoque de estudios de casos desde Yin (2003), quien los clasifica en exploratorio, descriptivo y explicativo. Los investigadores y profesores (Alzaghbi, 2010) hacen corresponder biunívocamente cada uno de los casos a las fases de diseño del ambiente de aprendizaje (véase tabla 1.3).

Tabla 1.3. Correspondencia biunívoca entre los tipos de casos y el ciclo de diseño

Estudio de casos	Exploratorio	Descriptivo	Explicativo
Ciclo de diseño	Diseño	Implementación	Evaluación

Fuente: elaboración de los autores.

Por todo esto, se considera que la evidencia es de carácter documental y empírica. Así, la primera se obtiene de las teorías de orden general (p. ej., pedagogía, teorías del aprendizaje, teorías de la enseñanza) y específicas (currículo estatal de ciencias, dificultades y concepciones alternativas de las ciencias, teorías de las TIC que representan los contenidos ciencias). La segunda se recaba en las fases de implementación y evaluación; para ello, se utiliza la observación, la entrevista semiestructurada, el registro de audio y vídeo, los trabajos de los estudiantes, el pretest y el postest (Wang y Hannafin, 2005; Alzaghbi, 2010).

El ciclo iterativo del diseño tiene como propósito llevar a cabo una evaluación formativa de carácter tripartito. Así pues, los investigadores junto con los profesores comparan de forma reflexiva las intenciones de diseño conjeturadas, las acciones y estrategias de aprendizaje y enseñanza implementadas, y los resultados de aprendizaje alcanzados por los estudiantes. Por todo esto, Candela (2023, p. 8) argumenta:

La DBR¹ es una perspectiva que amplía el horizonte de indagación en el campo de la educación en ciencias, dado que la dinámica de esta permite una relación sinérgica entre la investigación, la teoría, el desarrollo curricular y la práctica educativa, lo cual se traduce en el desarrollo progresivo de la estructura sustantiva de estos aspectos. Esta situación amplía el campo de acción de algunos de los enfoques convencionales de la investigación educativa (p. ej., investigación acción).

1.6. Relación entre el ciclo de la IBD y el desarrollo curricular

Candela (2023) establece una relación directa entre el ciclo iterativo del diseño y el ciclo del desarrollo curricular. En este sentido, se afirma que los dos ciclos tienen una interacción sinérgica, es decir, los procesos que los sustentan son interdependientes

1. El acrónimo de DBR proviene de las siglas en inglés: *design-based research*.

(Haagen-Schützenhöfer y Hopf, 2020). Así pues, la investigación basada en el diseño (IBD) tiene como meta de indagación la producción de teorías de dominio específico que documentan los razonamientos y estrategias pedagógicas de los profesores que median el aprendizaje de unos estudiantes singulares. Además, estas teorías capturan las acciones inteligentes y sociopolíticas que los jóvenes ciudadanos llevan a cabo para alcanzar la enculturación científica. Por supuesto, esta meta de investigación depende del ciclo de desarrollo curricular, el cual determina la toma de decisiones curriculares e instruccionales que se traduce en la construcción de una secuencia de actividades de aprendizaje de un contenido específico. Esta es puesta en escena con el ánimo de andamiar a los estudiantes en la enculturación científica y política, y de esta manera evaluar las teorías de dominio específico que fundamentan el diseño e implementación de la propuesta de enseñanza-aprendizaje de un contenido. A su vez, el ciclo de desarrollo curricular depende de la delimitación y solución de un problema acerca de la enseñanza y aprendizaje del contenido representado en la propuesta en el marco de la IBD. Por todo esto, Candela (2023, pp. 9-10) afirma:

Los procesos del ciclo de la DBR y el ciclo del CDC se llevan a cabo de manera simultánea por medio de ciclos recurrentes. Así pues, las teorías de orden general y específico de la educación en ciencias informan el diseño de los ambientes de enseñanza y aprendizaje y, a su vez, la evaluación formativa y sumativa de estos (hallazgos empíricos de las intervenciones) permite extender, refinar y darles validez ecológica a dichos marcos teóricos disciplinares, curriculares, pedagógicos y tecnológicos. Por supuesto, la extensión y contextualización de estos marcos teóricos influye en el rediseño instruccional del ambiente de aprendizaje en cuestión (véase figura 1.1). Asimismo, la DBR y el CDC operan en dos espacios de procesos entrelazados que parten de un problema práctico concreto referente a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (p. ej., comprensión del fenómeno del equilibrio químico). Este problema es el punto de partida para los ciclos de la DBR y el CDC (véase figura 1.1).

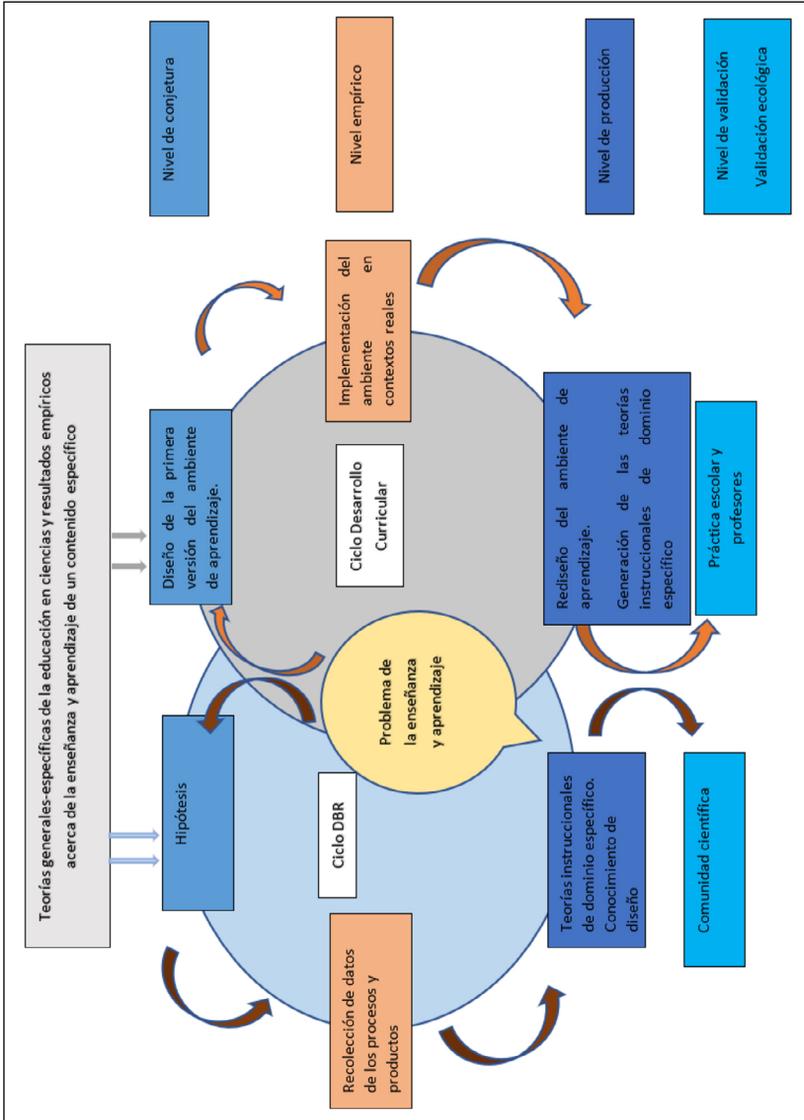


Figura 1.1. Modelo esquemático de la interdependencia entre los ciclos de la IBD y el desarrollo curricular. Fuente: Candela, 2023, p. 10.

1.7. La evolución de la investigación basada en el diseño (IBD) hacia un enfoque emancipador en la educación en ciencias: desafíos y oportunidades

La investigación basada en el diseño (IBD) surgió en el marco de la visión I y II de la alfabetización científica. Este enfoque de investigación ha tenido como propósito fundamental la enculturación científica de los estudiantes con el objetivo de que puedan resolver problemas prácticos de su contexto escolar y hogar (orientación de enseñanza pragmática). Sin embargo, en este texto se propone que el enfoque de la IBD comience a ser utilizado en el desarrollo de estudios, cuyo foco de indagación sea el diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje fundamentados por la visión III de alfabetización científica (Sandoval, 2014; Candela, 2023). Esta se caracteriza por brindar a los jóvenes ciudadanos la oportunidad de apropiarse de manera sinérgica de los conocimientos de las ciencias naturales y ciencias sociales-humanas, con la intención de alcanzar una cultura de la acción social y política. La cultura sociopolítica permitirá a los estudiantes identificar, formular y resolver los problemas sociocientíficos y socioambientales que genera el desarrollo de las tecnociencias impulsado por la industria.

La evolución del enfoque de la IBD hacia marcos prácticos y emancipadores ha permitido una mayor integración de la teoría y la práctica en la educación en ciencias. Esto ha llevado a una comprensión de los valores y normas que guían la acción humana, así como a la reflexión sobre las implicaciones sociales y ambientales de la relación generada entre las ciencias, la tecnología y la industria (Candela, 2023). El nivel de conciencia de los educadores sobre esta relación interdisciplinaria les ha permitido adaptar y ajustar sus enfoques de enseñanza para fomentar el desarrollo de habilidades y competencias que permitan a los jóvenes ciudadanos abordar de manera informada y ética los desafíos sociocientíficos y socioambientales.

El diseño de la educación en ciencias de carácter emancipador desde los marcos teóricos de la IBD presenta desafíos importan-

tes que deben ser abordados para lograr una enculturación científica que aporte a la transformación social y al desarrollo sostenible. Estos desafíos incluyen el cambio de enfoque en la enseñanza de estas disciplinas, la formación docente fundamentada por una reflexividad práctica y emancipadora, el diseño de actividades y recursos educativos que promuevan la ACC, la evaluación de la ACC y la contextualización de la enseñanza de las ciencias en problemas relevantes y significativos para los estudiantes (Candela, 2023).

1.8. Conclusiones

La investigación basada en el diseño (IBD) se ha establecido como una metodología de investigación valiosa en la educación científica, equiparable en relevancia metodológica a los paradigmas cualitativos y cuantitativos. Esta metodología se basa en un ciclo recurrente de diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje en contextos reales, con el objetivo principal de producir teorías instruccionales de dominio específico sobre la enseñanza y el aprendizaje de un contenido. Estas teorías instruccionales no son generalizables, pero sí presentan un buen nivel de transferibilidad y validez ecológica debido a su carácter naturalístico.

De acuerdo con lo obtenido en este proceso de investigación documental, se propone que la investigación basada en el diseño (IBD) se utilice en estudios centrados en la visión III de la alfabetización científica (Sandoval, 2014; Candela, 2023). Este enfoque busca proporcionar a los jóvenes ciudadanos una comprensión sinérgica de las ciencias naturales y ciencias sociales y humanas. Dicha comprensión les permite identificar, delimitar y solucionar los problemas sociocientíficos y socioambientales producidos por el desarrollo de las tecnociencias. Es decir, estos diseños de propuestas de enseñanza les brindarán a los jóvenes ciudadanos, no solo la posibilidad de lograr una enculturación científica, sino también la oportunidad de apropiarse de una alfabetización política y mediática con el fin de transformar la sociedad y buscar la anhelada sostenibilidad ambiental.

En última instancia, la IBD puede desempeñar un papel crucial en la mejora de las prácticas educativas a través de la investigación aplicada. Proporciona un marco para abordar directamente los problemas existentes entre la teoría educativa y la enseñanza de las ciencias desde perspectivas interdisciplinarias en contextos reales del aula. Esto demuestra el potencial de la IBD para influir positivamente en el futuro de la educación científica.

Referencias

- Alzaghbi, M. A. (2010). *Instructional design: development, implementation, and evaluation of a teaching sequence about plant nutrition in Saudi*. University of Leeds.
- Anderson, T. y Shattuck, J. (2012). Design-based research: a decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41, 16-25. <http://dx.doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2 (2), 141-178.
- Candela, B. (2016). *La ciencia del diseño educativo. Programa editorial de la Universidad del Valle*. Cali.
- Candela, B. F. (2019). Los estudios de diseño una metodología de investigación novedosa para la educación. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 8 (2), 138-155.
- Candela Rodríguez, B. F. (2023). La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias. *Bio-grafía*, 16 (31). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.16.num31-19727>
- Clements, D. H. (2014). Design experiments and curriculum research. En: *Handbook of design research methods in education* (pp. 428-440). Routledge.
- Cobb, P. y Gravemeijer, K. (2014). Experimenting to support and understand learning processes. En: *Handbook of design research methods in education* (pp. 86-113). Routledge.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. En: E. Scanlon y T. O'Shea (eds.). *New directions in educational technology* (pp.15- 22). Springer.

- Confrey J. (2006). The evolution of design studies as methodology. *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 135-152). Cambridge University.
- Haagen-Schützenhöfer, C. y Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: the example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16 (2), 020152.
- Kelly, A. (2004). Design research in education: yes, but is it methodological? *Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 115-128.
- Klopfer, L. E. (1983). Research and the crisis in science education. *Science Education*, 67 (3), 283-84.
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: an introduction to its methodology*. Sage.
- Prediger, S., Gravemeijer, K. y Confrey, J. (2015). Diseñar investigaciones con enfoque en procesos de aprendizaje: una visión general de logros y desafíos. *ZDM*, 47, 877-891.
- Sandoval, W. A. (2014). Conjecture mapping: an approach to systematic educational design research. *Journal of the Learning Sciences*, 23 (1), 18-36.
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Paidós.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J. y Reiser, B. (2008). *Middle school science curriculum: coherence as a design principle*. National Association of Research in Science Teaching, Baltimore.
- Wang, F. y Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53 (4), 5-23.
- Yin, R. K. (2003). *Investigación sobre estudio de casos. Diseño y métodos*. Sage.

El diseño de una propuesta de enseñanza aprendizaje de la anatomía humana a partir de la construcción de modelos

SONIA OSORIO 

Facultad de Salud de la Universidad del Valle
sonia.osorio@correounivalle.edu.co

CARLOS ZULUAGA 

Institución Educativa INEM Jorge Isaac de Cali
Universidad del Valle
zuluaga.carlos@correounivalle.edu.co

ALFONSO CLARET ZAMBRANO 

Universidad del Valle
alfonso.zambrano@correounivalle.edu.co

Resumen

Este documento ilustra sobre una investigación doctoral que incluyó el diseño de una propuesta con finalidades de la alfabetización científica tipo I en el contexto universitario. Dicha propuesta está fundamenta en marcos teóricos sobre modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias. Su objetivo fue diseñar una propuesta de enseñanza y aprendizaje (E-A) de la anatomía macroscópica humana (AMH) a partir de la construcción de modelos. Para su desarrollo se realizó un estudio de caso con profesores y estudiantes de II semestre del programa académico de Medicina y Cirugía matriculados en la asignatura de AMH. Se llevó a cabo a través de una metodología cualitativa con enfoque interpretativo y naturalista haciendo uso de la técnica de estudio de caso. Metodológicamente, el proceso requirió identificar y explicitar el conoci-

miento pedagógico del contenido CPC de tres profesores a través de entrevistas semiestructuradas y utilizando la representación de contenido ReCo; posteriormente, se planificó y desarrolló un curso llamado Preatomía, en el que los estudiantes, a partir del interés en temas específicos sobre esta área del conocimiento, especialmente en las regiones y órganos del cuerpo humano –que son complejos muy pequeños y de función abstracta–, realizaron actividades que incluyeron: observación, lectura, comparación, análisis, disección, experimentación y creación. El análisis de las entrevistas y de los trabajos de los estudiantes permitió diseñar la propuesta de E-A de la AMH a partir de la construcción de modelos. Esta propuesta favorece la comprensión sobre las ideas principales de la AMH y un conocimiento profundo de la estructura anatómica estudiada.

Palabras clave: enseñanza, aprendizaje, anatomía macroscópica humana, modelización, investigación basada en el diseño

2.1. Introducción

El aprendizaje de la anatomía macroscópica humana (AMH) ha sido considerada fundamental en la formación de los estudiantes del programa académico de Medicina y Cirugía (Moro *et al.*, 2017; Ghosh, 2017). Su conocimiento y el correcto uso de su lenguaje es necesario para la formación de los profesionales de la salud en la medida en que este aprendizaje ha sido correlacionado con una práctica médica segura, dado que una inadecuada interpretación y descripción anatómica en el diagnóstico y tratamiento de un paciente puede ocasionar complicaciones clínicas e incluso la muerte (Rodríguez *et al.*, 2019).

McHanwell *et al.* (2023) consideran que el aprendizaje de la AMH es crucial para lograr realizar diagnósticos y llevar a cabo procedimientos clínicos de manera segura y efectiva. Y el avance en los exámenes diagnósticos ha aumentado la importancia del conocimiento anatómico, puesto que las técnicas radiológicas requieren una comprensión profunda de la estructura para lograr una interpretación completa. Por lo anterior, es fundamental que el estudiante logre reconocer las ideas principales de la anatomía humana que incluyen la posición anatómica, planimetría, los términos de referencia y comparación (Osorio *et al.*,

2023). Estas ideas le permitirán comprender las características generales de las estructuras y la función general de los sistemas del cuerpo humano, además de interpretar imágenes clínicas relevantes y reconocer la anatomía de superficie, los grupos musculares y la correlación clínica básica (Osorio *et al.*, 2023).

Para que los estudiantes comprendan la anatomía humana es necesario que representen mentalmente las estructuras físicas y que tengan la capacidad de girar mentalmente imágenes en los tres planos espaciales e imaginen movimientos y funciones (Pujol *et al.*, 2016; Chaker *et al.*, 2021), ya que la tecnología ha posibilitado el desarrollo de diferentes herramientas interactivas que permiten representar espacialmente las estructuras anatómicas para facilitar su enseñanza y aprendizaje.

En contraste con lo anterior, Trejos *et al.* (2022, p. 109) plantean:

La enseñanza que se practica en la mayoría de las escuelas de Medicina se ha clasificado como tradicional, caracterizada por una concepción transmisionista del saber en la que predomina lo magistral, con un carácter expositivo, donde lo que se sabe es más importante que lo que se discute, analiza o infiere, y, por tanto, prevalece un discurso sapiencial y enciclopédico.

Esto provoca que el aprendizaje en este enfoque sea memorístico y repetitivo, con una relación profesor-estudiante basada en la autoridad, verticalidad, la distancia afectiva y la dependencia (Bohórquez y Gutiérrez, 2004).

Lo anterior nos lleva a cuestionar la forma en que se han venido desarrollando los procesos de enseñanza aprendizaje de la AMH, donde es imperativa la necesidad de emplear nuevas estrategias de enseñanza que posibiliten el aprendizaje de los estudiantes y que incorporen las tecnologías digitales con las que se familiarizan las generaciones actuales; adicionalmente se requiere que el estudiantado desarrolle las habilidades necesarias para reconocer la información científica relevante en este campo, clasificarla, seleccionarla, y hacer un uso adecuado de ella en la solución de problemas asociados a su práctica profesional como estudiantes y a futuro como profesionales.

Este propósito se relaciona directamente con la alfabetización científica, en particular en el área de la salud desde una visión tipo I (Roberts, 2007), en la cual se reconoce la necesidad de apropiarse los conocimientos de la AMH a través de un proceso de diseño de enseñanza aprendizaje y evaluación en el cual se aborde el desarrollo de habilidades ligadas a la investigación científica en los estudiantes, como la observación, la indagación, la toma de datos, la selección y el análisis de la información, la construcción de modelos, la socialización y la argumentación en torno a los resultados. Ello promueve, a este nivel de la educación terciaria, la formación de un mejor profesional que contribuya al desarrollo social, tecnológico y económico de la sociedad (Schön *et al.*, 2022).

Desde esta perspectiva, en este trabajo indagamos el aporte de la modelización, una estrategia que ha venido ganando campo en la educación científica incorporada al área de la salud y que recoge diferentes procesos ligados a la investigación. Varios autores consideran que la modelización es clave en la educación científica al promover el aprender a aprender, lo cual constituye un quehacer complejo que exige competencias y procesos relacionados con la investigación científica, entre los que se encuentran la identificación de problemas, la formulación de hipótesis, la búsqueda de información, la elaboración de nuevas ideas y las explicaciones, entre otros aspectos (Oliva-Martínez *et al.*, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo tiene como objetivo diseñar una propuesta de enseñanza-aprendizaje de la anatomía macroscópica humana a partir de la modelización en este campo.

2.2. Metodología

Este trabajo forma parte de la tesis doctoral *Enseñanza, aprendizaje y evaluación de la anatomía macroscópica humana. Estudio de caso*, que cuenta con aval del Comité Institucional de Revisión de Ética Humana de la Universidad del Valle (acta de aprobación 14-021) (Osorio, 2023). Se enmarca en un tipo de investi-

gación cualitativa al desarrollarse en un entorno natural; en este caso, con profesores del área de AMH y un grupo de estudiantes de una universidad pública de la ciudad de Cali, donde el investigador fue instrumento de recolección de datos. Este paradigma implica un enfoque interpretativo y naturalista con el objeto de estudio, por lo que se investigó el fenómeno en su ambiente natural, es decir, en el aula, interpretando las prácticas de E-A-Ev en función de los significados otorgados por profesorado y estudiantado (Creswell, 2016). Como enfoque metodológico se empleó un estudio de caso siguiendo las indicaciones de Yin (2003), quien afirma que este tipo de estudios permiten responder a las preguntas que indagan sobre el porqué y el cómo de las situaciones sociales, sin controlar los eventos que se están investigando, además de llevar a cabo un acercamiento profundo sobre un determinado proceso conservando la visión total del fenómeno.

Este enfoque se ajustó a las necesidades del presente trabajo, dado que el grupo de estudiantes analizado fue escogido de forma intencional. Aunque no se pretendió establecer leyes generales, la interpretación de los resultados permite generar ideas y opciones para diferentes situaciones educativas similares. Siguiendo la clasificación dada por Stake (1999), la presente investigación corresponde a un estudio intrínseco de caso, puesto que, como profesora del área de AMH, me interesé por aprender sobre este caso en particular debido a que esta asignatura es fundamental para los estudiantes del programa académico de Medicina y Cirugía y los procesos de E-A-Ev son un reto para los estudiantes y profesores.

El presente estudio utilizó múltiples fuentes de evidencia, como son la observación participante, el diario de campo, las entrevistas semiestructuradas y la encuesta. Las técnicas de investigación y el análisis respectivo se realizaron siguiendo los lineamientos de Hernández (2018), Creswell (2016) y Restrepo (2018), quienes afirman que para que los datos sean consecuentes es fundamental que el investigador sea aceptado por los sujetos de estudio; en este caso, por el grupo de profesores y estudiantes. Por ello, la investigadora principal estuvo estableciendo

contacto previo con la población de estudio de tal manera que fuera posible estar en el lugar observando y preguntando constantemente. El trabajo de campo incluyó dedicación de tiempo para lograr una comprensión adecuada de la práctica y los significados de estas, tomando el tiempo necesario para observar, escuchar y reflexionar sobre lo que se dice, quién lo dice y cuándo lo dice, y registrando cada uno de los acontecimientos constante y sistemáticamente.

Para plantear la propuesta de enseñanza, aprendizaje de la AMH dirigido a estudiantes de Medicina y Cirugía se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

1. La documentación del conocimiento pedagógico del contenido PCK de las ideas principales de la AMH, por medio de entrevistas semiestructuradas a tres profesores con experiencia en la enseñanza de esta asignatura. Cabe resaltar que el PCK es importante para la planificación de propuestas de E-A-Ev (Nilsson y Karlsson, 2019).
2. Se planificó y desarrolló un curso llamado Preanatomía, que sirvió como prueba piloto.
3. Se realizó la pasantía doctoral en la que se analizaron propuestas de aprendizaje planteadas por los estudiantes en la prueba piloto.

En la **etapa 1**, se documentó y presentó el conocimiento pedagógico del contenido de tres profesores con experiencia de más de 5 años en la enseñanza de la AMH. Para ello, se realizaron tres entrevistas semiestructuradas utilizando las preguntas planteadas en el formato de adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo), el cual fue creado por Loughran *et al.* (2004) y adaptado por Candela (2017). Este cuestionario ha sido utilizado en múltiples investigaciones (Wicaksono y Dwipa, 2020; Susilawati y Sugilar, 2021; Becerra *et al.*, 2022). Para su aplicación se tuvo en cuenta una guía de entrevista. Las entrevistas se realizaron por medio de la plataforma de videoconferencias Google Meet para poder grabar la sesión y retomar la información.

El cuestionario fue aplicado inicialmente como parte de la prueba piloto a dos profesores del área de Anatomía, quienes expresaron que las preguntas no eran muy claras, por lo que fue importante explicar con ejemplos y analogías cada una de ellas. Las entrevistas tuvieron una duración de 40 a 60 minutos.

En la **etapa 2** se planeó y desarrolló una propuesta de E-A en un curso llamado Preanatomía, dirigido a estudiantes de primer semestre del programa académico de Medicina y Cirugía (Osorio, 2022). Para su construcción se tuvieron en cuenta las experiencias en el desarrollo de proyectos de aprendizaje planteados por los mismos estudiantes, algunos de ellos fueron planteados a partir de su propio interés en temas específicos sobre la anatomía, especialmente en las regiones y órganos del cuerpo humano que son complejos muy pequeños y cuya función es abstracta. Los estudiantes realizaron actividades que incluyen: observación, lectura, comparación, análisis, disección y experimentación y creación de modelos. Se logró la comprensión sobre las ideas principales de la AMH y un conocimiento profundo de la región estudiada. Además, se tuvieron en cuenta algunos referentes teóricos como los propuestos por Justi (2006) y Oliva (2019).

En la **etapa 3** se incluyeron las actividades realizadas en la pasantía doctoral en la Universidad de Málaga (Málaga-España), con el grupo de investigación en «Enseñanza de las Ciencias», a cargo del doctor Ángel Blanco. En esta pasantía se realizaron dos actividades: la visita a diferentes museos de anatomía y de ciencias para conocer las propuestas de enseñanza y aprendizaje en cuanto a la anatomía del cuerpo humano y el análisis de los trabajos elaborados por los estudiantes en la prueba piloto.

2.3. Resultados

Título de la propuesta: «Enseñanza, aprendizaje de la AMH a partir de la construcción de modelos. Introducción». Esta propuesta consolida los lineamientos de E-A-Ev con la pretensión de atender las dificultades, necesidades, emociones, motivacio-

nes e intereses de los estudiantes en cuanto al aprendizaje de las ideas principales de la AMH. La propuesta plantea y ejemplifica tres actividades fundamentales que permitirán que el estudiante comprenda las ideas principales sobre la AMH de un órgano, región o sistema objeto de estudio, lo cual no tienen una secuencia única para desarrollarlas, sino que dependen del interés y las necesidades individuales del estudiante. Una de las actividades involucra el análisis y comparación del tema de interés en diferentes libros de texto. Esto permitirá la comprensión de la terminología anatómica y su variabilidad, así como establecer semejanzas y diferencias en la información hasta llegar a un consenso. Otra de las actividades incluye la observación de modelos existentes sobre el tema de interés, lo cual permitirá diferenciar las estructuras en diferentes representaciones, como son los dibujos bidimensionales y los modelos tridimensionales físicos y digitales, así como en disecciones cadavéricas recientes o en estado de conservación. Esta actividad permite comprender la ubicación espacial, identificar la forma y relación de las estructuras, así como las variaciones anatómicas y errores en las representaciones.

La última actividad involucra la experimentación, que busca que los estudiantes puedan plantear sus propias descripciones acerca de la forma, ubicación, relación y función de las estructuras anatómicas a partir de la observación, comparación y disección de regiones anatómicas en órganos homólogos frescos o humanos en estado de conservación. No se pretende que el estudiante siga un paso a paso para comprobar la teoría, sino que se creen interacciones entre la teoría y el experimento, especialmente considerando que la experimentación genera inquietudes que desencadenan un mayor conocimiento.

Estas tres actividades se plantean para que el estudiante logre crear una representación de la AMH a través de la modelización, actuando bajo sus propios intereses, proponiendo alternativas de trabajo que le permiten explorar hasta llegar al resultado final y llevando a cabo un proceso autónomo en el momento de seleccionar los instrumentos que necesita para el aprendizaje. Al estar implicado en la creación del modelo, se busca que el estu-

dian­te orga­ni­ce expe­rien­cias, es­truc­tu­re ideas, ana­lice pro­ce­so­ y ex­pre­se pen­sa­mien­to­.

En todo este proceso, el profesor participa como un recurso que favorece el aprendizaje de acuerdo con las necesidades individuales del estudiante. La evaluación se plantea como un proceso continuo que corrobora el aprendizaje y guía la enseñanza.

2.4. Sustento teórico de la propuesta

En el contexto colombiano, «tradicionalmente, la enseñanza de la anatomía macroscópica humana (AMH) ha sido a través de clases teóricas, centradas en el docente, que es el encargado de transmitir su conocimiento a los estudiantes» (Osorio-Toro *et al.*, 2023, p. 267). Además, los estudiantes participan en actividades prácticas en anfiteatros o laboratorios, donde observan las estructuras anatómicas utilizando diversos modelos de apoyo, como cadáveres humanos, órganos animales, impresiones 3D y aplicaciones 3D (Chen *et al.*, 2017; Moro *et al.*, 2017).

La modelización es considerada clave en la educación científica al promover el aprender a aprender, constituyendo un quehacer complejo que exige competencias y procesos relacionados con la investigación científica, entre los que se encuentran la identificación de problemas, formulación de hipótesis, búsqueda de información, elaboración de nuevas ideas y explicaciones, entre otros aspectos, entendiendo el aprendizaje como una práctica científica (Oliva *et al.*, 2018; Osorio *et al.*, 2023). En correspondencia con lo anterior, en esta visión de la modelización los aportes se reconoce que la inscriben como un elemento clave en el modelo cognitivo de la ciencia escolar planteado por Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo (2003), donde se identifican los modelos como mediadores para ayudar a pensar en las clases de ciencias.

A pesar de lo anterior, aunque se han identificado investigaciones sobre el uso de modelos en la enseñanza de anatomía humana, su aplicación específica en programas de pregrado ha sido poco mencionada (Bareither *et al.*, 2013; Osorio-Toro, 2020).

2.5. Objetivos de aprendizaje

Los objetivos de aprendizaje de esta propuesta, extraídos de Osorio-Toro (2022, p. 327), se detallan a continuación:

- Comprender las ideas principales de la anatomía humana en cuanto a la posición anatómica, la planimetría y los términos de relación y comparación.
- Distinguir la organización del cuerpo humano por regiones (anatomía topográfica) y por sistemas.
- Usar el vocabulario anatómico a través de una correcta expresión en correspondencia con la estructura, forma, relación y ubicación de los órganos, las regiones y los sistemas.
- Poner en práctica el conocimiento anatómico para el desarrollo de procesos prácticos con diversos objetos de estudio, como disección y reconstrucción de cadáveres, estudios de software anatómicos, estructuras animales homólogas, modelos tridimensionales y herramientas pedagógicas para la comprensión de estructuras, valorando la importancia que tiene el aprendizaje de la anatomía para su futuro desempeño como estudiante y como profesional de la salud.
- Comprender correlaciones anatomoclínicas básicas.

Estos objetivos son propuestos a modo de lineamientos para una propuesta de E-A-Ev congruente con la visión I de la alfabetización científica del nivel de formación terciario (Roberts, 2007) y «no pretenden ser un esquema rígido, ni un paso a paso de las actividades que se deben desarrollar. El orden propuesto debe entenderse como flexible, pues el aprendizaje es un proceso complejo en el que intervienen múltiples factores que cambian según cada individuo» (Osorio-Toro *et al.*, 2023, p. 258). No es una guía procedimental, sino que son más bien directrices generales, presentando alternativas para el profesor y el estudiante, exponiendo las actividades más importantes según los resultados de la investigación. Se puede iniciar con cualquiera de las actividades, según interés, posibilidades y conocimientos previos, adicionalmente los estudiantes deben tomar la decisión del

orden de las actividades a realizar. La propuesta se resume en la figura 2.1.

2.6. Actividades de la propuesta de E-A de la AMH

A continuación, se realizará una descripción de cada una de las actividades de E-A-Ev con los ejemplos respectivos.

Interés particular acerca de un sistema, una región o un órgano del cuerpo humano

La propuesta de E-A-Ev de la AMH se basa en el interés específico de los estudiantes en una estructura, un órgano, una región o un sistema del cuerpo humano. De acuerdo con esta propuesta, se anima a los estudiantes a formular preguntas sobre el tema. Estas preguntas pueden surgir de su curiosidad acerca de la forma, la función, la conformación, la ubicación, las características distintivas y las implicaciones en la salud debido a la afectación de las estructuras anatómicas.

Planteamiento de preguntas acerca del tema de interés

En la propuesta de E-A-Ev se plantean preguntas para orientar la modelización enfatizando en las ideas principales de la AMH para favorecer la comprensión del estudiante como son la ubicación, la forma, la relación y la función, el conocimiento de la terminología anatómica internacional, la posición anatómica, la planimetría y los términos de relación y comparación.

Al respecto, Osorio-Toro *et al.* (2023, p. 279) propone preguntas tales como:

¿Por qué te interesa este tema? ¿Por qué es importante aprender sobre este tema?, ¿Cuál es la función de estas estructuras? ¿Qué implicaciones en la salud del ser humano se ven afectadas por una alteración en este sistema, región u órgano? ¿Qué estructuras anatómicas lo conforman? ¿Las estructuras qué forma tienen? ¿Cuál es la ubica-

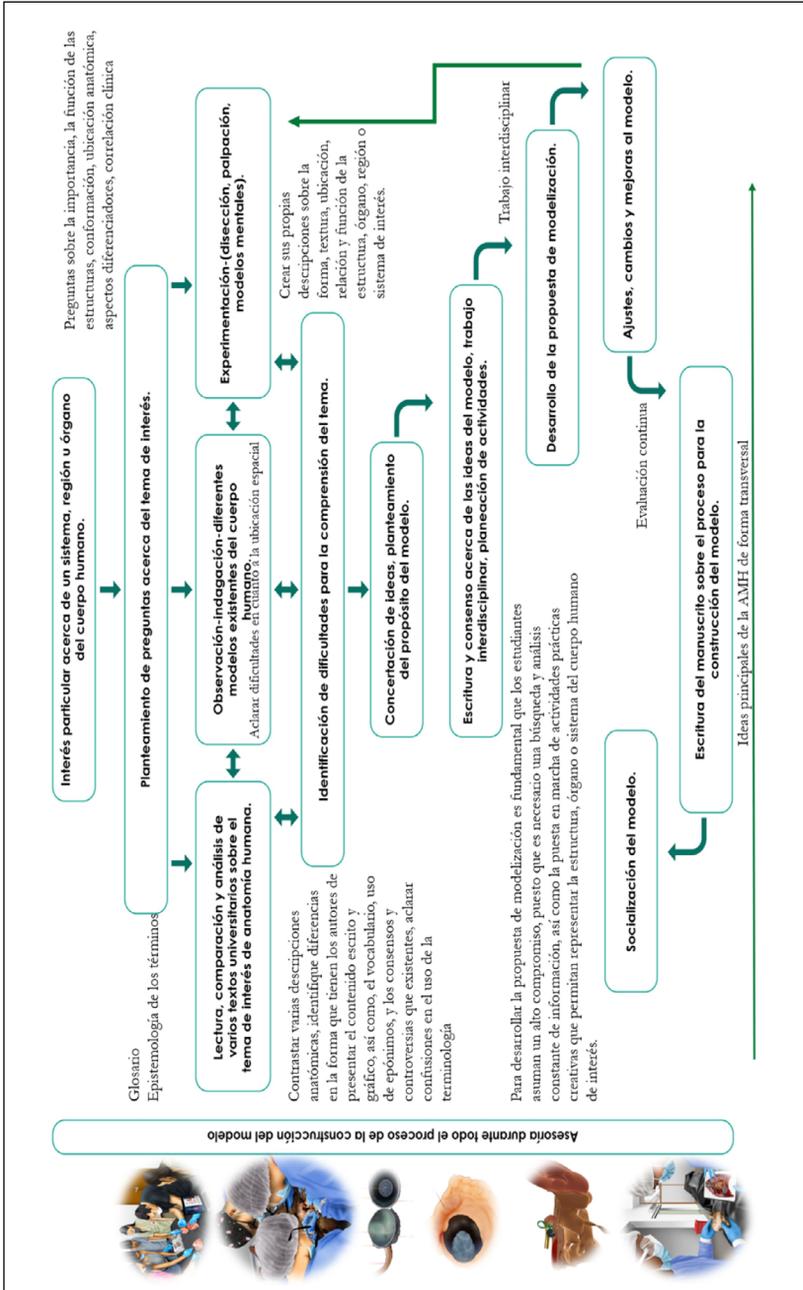


Figura 2.1. Propuesta modelización para el aprendizaje de la AMH. Fuente: elaboración de los autores.

ción anatómica de las estructuras? ¿Cómo se relacionan las estructuras siguiendo la posición anatómica de referencia? ¿Cómo se pueden diferenciar? ¿Cómo se irriga, drena e inerva esta estructura? ¿Cómo se pueden representar a través de un modelo? ¿Cómo se puede explicar este tema de interés? Estas ideas son pilares para la enseñanza y el aprendizaje de la AMH.

Es importante que los estudiantes elaboren un glosario y busquen la etimología de las palabras que desconozcan para lograr ampliar el vocabulario, conocer palabras técnicas y científicas, así como comprender el significado de estas. Este conocimiento permitirá que puedan formar y entender tecnicismos, identificar vínculos entre palabras, descifrar el significado de palabra desconocidas y mejorar la ortografía.

Comparación y análisis de textos de anatomía humana

En cuanto a esta actividad, se espera que «el estudiante contraste varias descripciones anatómicas de tal manera que identifiquen diferencias en la forma que tienen los autores de presentar el contenido escrito y gráfico, así como el vocabulario, el uso de epónimos, los consensos y las controversias que existentes» (Osorio-Toro *et al.*, 2023, p. 278). A su vez, esta actividad ayuda a aclarar confusiones en el uso de la terminología anatómica. Los ejercicios de lectura y escritura favorecen el pensamiento crítico, la observación y el uso adecuado de los términos anatómicos (Lachman y Pawlina, 2006).

La observación e indagación de diferentes modelos anatómicos existentes

La observación y análisis de diversos modelos anatómicos existentes permite al estudiante aclarar dificultades en cuanto a la ubicación espacial (Pujol *et al.*, 2016; Chaker *et al.*, 2021), teniendo en cuenta planos, cortes y vistas utilizados en anatomía humana. Además, Osorio-Toro *et al.* (2023, p. 279) proponen:

La identificación y diferenciación de estructuras en diferentes modelos anatómicos, es una actividad compleja que necesita comprensión del tema estudiado, también es posible que en esta actividad el estudiante valore aspectos positivos y negativos de los modelos que puedan servir para su propia creación. La evaluación y formación de habilidades espaciales, específicamente el entrenamiento en visualización, orientación, capacidad espacial dinámica y rotación mental son necesarias para lograr la comprensión, representación y ubicación de las estructuras corporales.

Estas han sido trabajadas por medio de diversos modelos digitales y físicos (Langlois *et al.*, 2019). La figura 2.2 representa a los estudiantes observando un corazón humano disecado y comparándolo con modelos anatómicos digitales.

La identificación de estructuras en diferentes modelos anatómicos es muy compleja; los estudiantes necesitan aprender a ubicarse espacialmente y diferenciar las estructuras teniendo en cuenta diferentes referentes anatómicos. También les ayuda a analizar estos modelos y poder identificar ventajas y desventajas en cuanto a los diferentes tipos de representación de las estructuras. En la figura 2.2 se pueden observar diferentes representaciones sobre la anatomía del corazón humano, a pesar de que representan las mismas estructuras, los modelos pueden llegar a ser muy diversos. Lo anterior hace necesaria una comprensión a profundidad de la anatomía para poder ubicarse en diferentes representaciones ya sean digitales, esquemáticas, imágenes diagnósticas, impresiones 3D, dibujos, órganos animales homólogos, órganos humanos frescos o en estado de conservación.

2.7. Experimentación

Las actividades experimentales son recomendadas por filósofos e historiadores para favorecer la construcción de conocimiento. La experiencia que tienen los estudiantes durante la práctica les permite organizar el pensamiento y plantearse preguntas importantes para comprender los temas de su interés (García y Estany,

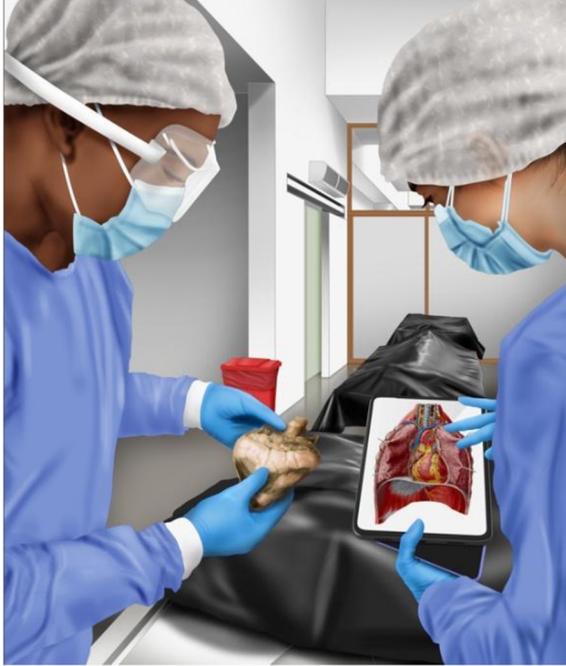


Figura 2.2. Observación y análisis de modelos anatómicos. Dibujo elaborado en el programa Photoshop, a partir de una fotografía tomada en el Anfiteatro de la Universidad del Valle durante la actividad de observación y análisis de modelos de anatomía de corazón. Fuente: elaboración de los autores.

2010). Por ejemplo, un estudiante propuso revisar la irrigación sanguínea de los riñones, puesto que observó diferencias entre las representaciones descritas en los textos y las observaciones en el anfiteatro. De esta forma, propuso realizar una revisión de diferentes textos y describir las variaciones en la irrigación de este órgano, representándolas con dibujos y porcentajes.

En estas actividades de experimentación se incluyen también la anatomía comparada (utilización de órganos homólogos animales), la cual permite que los estudiantes puedan observar: textura, color, forma, tamaño y relación de las estructuras en fresco. A su vez, es posible realizar disección de estos órganos sin temor a dañarlas, puesto que son económicos y de fácil adquisición. Esta actividad podría anteceder a la disección de piezas cadavéricas humanas, la cual es considerada indispensable para los estu-

diantes de Medicina. En investigaciones reportadas por Mitrou-sias *et al.* (2019) se plantea que la actividad de disección está por encima de otros métodos de enseñanza en el momento de favorecer el aprendizaje; por tanto, las muestras cadavéricas siguen siendo indispensables al permitir en ocasiones observar variaciones anatómicas y patologías, además de favorecer que el estudiante pueda adquirir habilidades manuales prácticas y conocimiento acerca de instrumental quirúrgico básico.

Algunos estudiantes buscan realizar sus propuestas de forma interdisciplinar, lo que enriquece los trabajos, puesto que logran desarrollar modelos más complejos. La experimentación permite que los estudiantes busquen constantemente bibliografía, se arriesguen a crear y proponer diferentes metodologías para lograr sus objetivos, propongan diseños de dibujos explicativos, tomen decisiones y busquen el instrumental adecuado, lo que les permite, además, adquirir habilidades manuales. Los resultados de la modelización en este trabajo demuestran un conocimiento profundo de las estructuras anatómicas que conforman el órgano o región de interés (Muñoz *et al.*, 2021; Ferrin *et al.*, 2021) (ver figura 2.3).

La disección de cadáveres o segmentos anatómicos en estado de conservación es una actividad de muy alta exigencia. Para lograr separar, diferenciar y conservar las piezas es necesario tener un conocimiento profundo de la ubicación y relación de las estructuras. Inicialmente, el estudiante debe aprender a diferenciar los tejidos, como son las fascias, los músculos, los tendones, las venas, las arterias y los nervios. Al principio, los estudiantes sienten frustración, puesto que para ellos todo es muy similar; aunque con el tiempo van ganando experticia y van aprendiendo a hacerlo. Los estudiantes se guían con los libros tipo atlas, que cuentan con ilustraciones, no obstante, la mayoría utiliza colores, por lo que el estudiante que utiliza por primera vez estos recursos se suele confundir. En este caso es necesario el apoyo del profesor, quien mediante preguntas guía puede favorecer que el estudiante se ubique espacialmente e identifique y diferencie las estructuras.



Figura 2.3. Dibujo recreado de la actividad de disección de cadáver humano. Dibujo elaborado con el programa Photoshop, a partir de una fotografía tomada en el Anfiteatro de la Universidad del Valle durante la actividad de disección cadavérica. Fuente: elaboración de los autores.

Identificación de dificultades para la comprensión del tema

Cada una de las actividades expuestas debe ir siendo socializada con los compañeros de clase y con el profesor para identificar dificultades en el aprendizaje y favorecer situaciones que ayuden al estudiante a construir conocimiento, siendo recomendable retomar las actividades anteriores las veces que sea necesario.

Concertación de ideas y propósito del modelo

Los estudiantes deben trabajar en equipo, proponer, discutir y concertar ideas en cuanto al modelo que van a construir. El modelo debe responder a sus motivaciones, intereses, necesidades y posibilidades, y deben diseñar su propia metodología de trabajo.

Trabajo interdisciplinar

De acuerdo con las necesidades del modelo, se sugiere promover el trabajo interdisciplinar. Este permitirá ampliar y enriquecer las propuestas de construcción del modelo de AMH. Es posible establecer redes con estudiantes de otros programas académicos, como son los de Ingeniería, Artes y Diseño Gráfico, entre otros.

En la prueba piloto que se realizó los trabajos de mayor complejidad se caracterizaron por el trabajo interdisciplinar. Un ejemplo de este fue la construcción de un modelo del árbol traqueobronquial realizado por un estudiante de II semestre de Medicina y Cirugía y un estudiante de VI semestre del programa académico de Ingeniería Biomédica de la Universidad Autónoma de Occidente. Ellos plantearon diferentes actividades de experimentación para comprender la anatomía de las estructuras respiratorias.

Entre las propuestas se incluyó la disección de pulmones de cerdo y técnicas anatómicas como la repleción con silicona del árbol traqueobronquial, lo que permitió tener un modelo físico. Para ello investigaron técnicas anatómicas y experimentaron con diferentes sustancias para lograr un modelo 3D. Posteriormente, realizaron la disección de pulmón humano y la técnica de repleción con silicona de este, obteniendo un modelo 3D del árbol traqueo bronquial. El modelado en 3D del árbol traqueobronquial representa la forma, relación y función de las estructuras pulmonares, y permite diferenciar la textura de la tráquea y de los bronquios principales, lobares y segmentales.

El trabajo interdisciplinar con ingeniería biomédica incluyó la bioinstrumentación para favorecer la comprensión de la inervación de las estructuras. Este modelo en 3D permite observar las bifurcaciones del árbol bronquial y diferenciar la compleja ubicación espacial de estructuras presentes en el sistema respiratorio.

Mejoras en el modelo

El proceso de construcción del modelo de AMH debe ser sustentado por el profesor y los compañeros de clase, de tal manera

que se reciba retroalimentación de cada una de las actividades desarrolladas. Esto permitirá evaluar el modelo y plantear mejoras según sea el caso.

Escritura

Todo el proceso de la construcción del modelo de AMH debe ser documentado en un diario de campo, el cual servirá para hacer un ejercicio de escritura de artículo científico en el que se detalla el proceso de la construcción del modelo. Al finalizar el curso, los artículos podrán ser publicados en una revista local universitaria; también será posible postular los trabajos en eventos nacionales e internacionales.

Socialización

Esta propuesta contempla la organización de eventos académicos en los que se socialice, con la comunidad estudiantil en general, los trabajos de los estudiantes. De igual manera, se busca animar a los estudiantes a participar en eventos académicos de semilleros, simposios o congresos locales, nacionales o internacionales.

2.8. Evaluación

Para la evaluación de los modelos se construyó una rúbrica siguiendo los criterios de la taxonomía socioformativa de Tobón. En ese sentido, se ha propuesto la rúbrica de osorio-Toro et al. (2023, p. 272), que diferencia cuatro dimensiones de análisis y cinco niveles de desempeño (ver tabla 2.1). Las dos primeras dimensiones analizan el grado en que los modelos de los estudiantes manifiestan conocimientos importantes recogidos en los resultados de aprendizaje. La tercera analiza los recursos de diseño utilizados por los estudiantes y el grado de autonomía con que son capaces de elaborar los modelos. La última dimensión se refiere a las habilidades de comunicación en la presentación y explicación del modelo.

Tabla 2.1. Rúbrica para evaluar los modelos

Dimensiones	Preformal	Receptivo	Resolutivo	Autónomo	Estratégico
Terminología anatómica internacional	Sin nociones básicas del uso de esta terminología.	Aplicación de sus nociones básicas.	Limitaciones en su comprensión.	Buen manejo de esta terminología.	Excelente manejo.
Ubicación espacial	No logra ubicar las estructuras en diferentes planos, cortes y vistas.	Muestra dificultades en ubicar las estructuras en diferentes planos, cortes y vistas	Confusión en la comprensión de la forma, ubicación y relación de las estructuras en los diferentes planos y vistas.	Comprende la forma, relación y ubicación de la estructura, el órgano o el sistema representado, teniendo en cuenta los diferentes planos y vistas.	Comprende la forma, relación y ubicación de la estructura, el órgano o el sistema representado teniendo en cuenta los diferentes planos, vistas y cortes
Recursos de diseño y grado de autonomía en su ejecución	Construcción simple del modelo, réplica de imágenes del texto sin ninguna novedad.	Desempeño mecánico ante la construcción del modelo anatómico (uso de modelos existentes).	Construcción de modelo anatómico que representa la forma, relación y función de las estructuras anatómicas de forma general.	Aborda la construcción del modelo de forma novedosa con autonomía.	Aplicación de estrategias complejas y creativas para la construcción del modelo anatómico (puede incluir correlación anatomoclínica).
Explicación y presentación del modelo	No hay claridad en la explicación y presentación del modelo, las ideas que se representan no tienen relación con el tema.	Poca claridad en la explicación y presentación del modelo, las ideas representadas son poco entendibles.	Explicación básica del modelo, el modelo presenta algunas deficiencias.	La explicación y las ideas que se representan en el modelo se presentan en forma lógica y están relacionadas con el tema.	Claridad y precisión en la explicación del modelo, es capaz de detallar el proceso para la construcción de este y su respectiva representación.

Nota. Adaptado de la propuesta de taxonomía socioformativa de Tobón (2017).

2.9. Conclusiones

Para desarrollar la propuesta de construcción de modelos de AMH es fundamental que «los estudiantes asuman un alto compromiso, puesto que es necesario una búsqueda y análisis constante de información, así como la puesta en marcha de actividades prácticas creativas que permitan representar la estructura, órgano o sistema del cuerpo humano de interés» (Osorio-Toro *et al.*, p. 279).

Cheng *et al.* (2017) plantean que la modelización es una estrategia de aprendizaje efectiva, puesto que los estudiantes construyen sus propias representaciones, permitiéndoles plantear sus propias explicaciones (Osorio-Toro *et al.*, 2023, p. 279). También es necesario que los estudiantes cuenten con asesoría por parte de un grupo de profesores que actúen como guías y facilitadores del proceso, gestionando redes de apoyo que permitan llevar a cabo la propuesta de modelización que está planteando el grupo de estudiantes (Osorio-Toro *et al.*, 2023, pág. 279).

El abordaje de una propuesta de E-A-Ev desde la construcción de modelos o modelización permite acercarnos al propósito de la alfabetización científica en el área de la salud, dado que brinda herramientas para desarrollar el pensamiento científico en los estudiantes. En esta propuesta fue clave la observación, la búsqueda de información, el contraste de modelos, la argumentación y la actitud crítica frente al conocimiento que se desarrolla, lo que nos lleva no solo a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje, sino que contribuye a la formación de profesionales con mejor conocimiento y una actitud más proactiva hacia el aprendizaje, lo cual deriva en una mejor formación como profesionales en el área de la salud.

En este trabajo, el modelo para el proceso de construcción de modelos propuesto por Justi (2006) ha sido un referente importante para la elaboración de la propuesta presentada. Se parte del planteamiento de un objetivo específico y, a partir de aquí, se espera que el estudiante obtenga y organice las experiencias, así como la búsqueda de fuentes adecuadas. Se enfatiza en la importancia que tiene la creatividad para lograr elaborar un modelo

mental; posteriormente en la toma de la decisión acerca de la forma de representación, la comprobación del modelo y la finalización de este por medio de su socialización (Osorio-Toro *et al.*, 2023, p. 280). No obstante, hay que resaltar que la propuesta que se hace en este trabajo es más específica, ya que se circunscribe a la modelización con estudiantes que se encuentran aprendiendo sobre la AMH (Osorio-Toro *et al.*, 2023, p. 280), lo cual puede ser un referente importante en la enseñanza de esta disciplina en el área de la salud.

Referencias

- Bareither, M. L., Arbel, V., Growe, M., Muszczynski, E., Rudd, A. y Marone J. R. (2013). Clay modeling versus written modules as effective interventions in understanding human anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 6 (3), 170-176.
- Becerra, B., Núñez, P., Vergara, C., Santibáñez, D., Krüger, D. y Cofré, H. (2022). Developing an instrument to assess pedagogical content knowledge for evolution. *Research in Science Education*, 1-17.
- Bohórquez, F. y Gutiérrez, E. (2004). Modelos pedagógicos y cambios curriculares en medicina. *Revista de la Facultad de Salud de la Universidad del Cauca*, 9-19.
- Candela, B. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Góndola*, 12 (2) 158-172.
- Chaker, R., Gallot, M., Binay, M., y Hoyek, N. (2021). User experience of a 3D interactive human anatomy learning tool. *Educational Technology y Society*, 24 (2), 136-150.
- Chen, S., Pan, Z., Wu, Y., Gu, Z., Li, M., Liang, Z., Pan, H. (2017). *The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trial*. Scientific Reports.
- Cheng, M. M. y Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 39 (9), 1173-1193. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1319989>
- Creswell, J. W., y Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage.

- Ferrin-Becerra, G. A., Cordoba-Chasoy, A. M., y Osorio-Toro, S. (2021). Disección de la mano y su relación teórico-práctica en rehabilitación: hallazgo de una variación anatómica. *Entramado*, 17 (2), 280-290.
- García, E. G., & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 31, 7-24.
- Ghosh, S. (2017). Cadaveric dissection as an educational tool for anatomical sciences in the 21s century. *Anatomical Sciences Education*, 10 (3), 286-299.
- Hernández-Sampieri, R., y Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 24 (2).
- Langlois, J., Bellemare, C., Toulouse, J. y Wells, G. (2019). Spatial abilities training in anatomy education: a systematic review. *Anatomical Science Education*, 13 (1), 71-79. <https://doi.org/10.1002/ase.1873>
- Loughran, J., Mulhall, P., y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of research in science teaching*, 41(4), 370-391.
- McHanwell, S., Davies, D. C., Morris, J., Parkin, I., Whiten, S., Atkinson, M. *et al.* (2023). A core syllabus in anatomy for medical students-Adding common sense to need to know. *European Journal of Anatomy*, 11(S1), 3-18.
- Mitrousias, V., Karachalios, T. S., Varitimidis, S. E., Natsis, K., Arvanitis, D. L., & Zibis, A. H. (2020). Anatomy learning from prosected cadaveric specimens versus plastic models: a comparative study of upper limb anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 13 (4), 436-444.
- Moro, C., Štromberga, Z., Raikos y Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10 (6), 549-559.
- Muñoz, L. F., Zúñiga, J. y Osorio, S. (2021). Prototipo anatómico para el aprendizaje del VII par craneal que simula un impulso nervioso en relación con la base del cráneo. *Revista Boletín Redipe*, 10 (12), 457-475.

- Nilsson, P. y Karlsson, G. (2019). Capturing student teachers' pedagogical content knowledge (PCK) using CoRes and digital technology. *International Journal of Science Education*, 41(4), 419-447.
- Oliva Martínez, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37 (2), 5-24.
- Oliva Martínez, J. M., Aragón Mendez, M. D., Jiménez-Tenorio, N. y Aragón Núñez, L. (2018). La modelización como enfoque didáctico y de investigación en torno a la educación científica. *International Journal for 21st Century Education*, 5 (1), 3-18.
- Osorio-Toro, S. (2022). Preparación y desarrollo de un curso de preanatomía dirigido a estudiantes del programa académico de Medicina y Cirugía. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 52, 323-344.
- Osorio, S., Rodríguez, A. y Zúñiga, J. (2023). Sociodemographic factors and academic performance of medicine and surgery students in a course of gross human anatomy. *International Journal of Morphology*, 41 (5), 1372-1381. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022023000501372>
- Osorio-Toro, S., Blanco, Á. y Zambrano, A. (2023). Modelización en la enseñanza de la anatomía macroscópica humana. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 54, 265-284.
- Pujol, S., Baldwin, M., Nassiri, J., Kikinis, R. y Shaffer, K. (2016). Using 3D modeling techniques to enhance teaching of difficult anatomical concepts. *Academic Radiology*, 23(4), 507-516.
- Restrepo, E. (2018). *Etnografía: alcances, técnicas y éticas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima.
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. En: S. K. Abell y Lederman, N. G. (eds.). *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum..
- Rodríguez, R., Losardo, R. y Bivignat, O. (2019). La anatomía humana como disciplina indispensable en la seguridad de los pacientes. *International Journal of Morphology*, 37 (1), 241-250.
- Schön, M., Steinestel, K., Spiegelburg, D., Risch, A., Seidel, M., Schurr, L. et al. (2022). Integration of scientific competence into gross anatomy teaching using poster presentations: feasibility and perception among medical students. *Anatomical Sciences Education*, 15 (1), 89-101. <https://doi.org/10.1002/ase.2031>
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Morata.

- Susilawati, W. y Sugilar, H. (2021). Technological pedagogical content knowledge analysis. *Numerical: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 5 (1), 1-8.
- Trejos, L. E. P., Zúñiga, J. R. y Osorio, S. T. (2022). Enseñanza-aprendizaje de la función muscular a partir del análisis de movimiento. *Revista Boletín Redipe*, 11 (2), 101-112.
- Wicaksono, B. y Dwipa, N. M. S. (2020). PCK (pedagogical content knowledge) profile of mathematics education students at Universitas PGRI Yogyakarta. *Journal of Physics*, 1538 (1), 012108. IOP.
- Yin, R. K. (2003). *Investigación sobre estudio de casos. Diseño y métodos*. Sage.

Investigación y diseño de proyectos pedagógicos productivos: potenciando la formación científica escolar

LEIDY YURANI VILLA GARCÍA 

Universidad Federal de Pará
Institución Educativa Eustaquio Palacios
leidy.villa@correounivalle.edu.co

ALFONSO CLARET ZAMBRANO 

Universidad del Valle
alfonso.zambrano@correounivalle.edu.co

Resumen

Este capítulo presenta una propuesta de enseñanza de las ciencias con finalidades de la alfabetización científica tipo II en el contexto de la educación media técnica. En ese sentido, propone avanzar en la transformación del enfoque rentable con el que se desarrollan los proyectos pedagógicos productivos (PPP) hacia un enfoque orientado en la formación científica educativa necesaria para el ingreso a la educación superior, haciendo uso de problemas socio-científicos (PSC) como propuesta alternativa en las especialidades de la educación media técnica. El enfoque de investigación se centró en una metodología cualitativa, materializado en un estudio de caso. Dentro de los resultados, fue posible: caracterizar el PPP con enfoque rentable a través del estudio curricular de la especialidad, la construcción de una propuesta curricular alterna para el desarrollo de un PPP enfocado a la formación científica educativa desde un PSC y, por fin, fueron contrastadas las propuestas de PPP. Con esto, el análisis nos lleva a verificar el mejoramiento de los resultados en la prueba pedagógica donde se demuestra la formación científica educativa para el desarrollo de pruebas estandarizadas que se consideran el principal medio de ingreso a la educación superior. Así, la investigación ofrece un punto de vista sobre la in-

clusión de los PSC en la formación de los estudiantes en la media técnica desde una perspectiva interdisciplinaria con el fin de potencializar y contribuir a mejorar los procesos en que se prepara al estudiante para el ingreso a la educación superior y al campo laboral.

Palabras clave: alfabetización científica, proyecto pedagógico productivo, educación media técnica, problema sociocientífico, propuesta curricular.

3.1. Introducción

La evolución de la educación en Iberoamérica (Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Argentina, Colombia, entre otros países) ha sido influenciada por diversas políticas y reformas educativas, enmarcadas en un contexto de productividad y competitividad (Calvo, 2006). De esta manera, se asume que el desarrollo social de una región no se debe pensar en la relación entre la política de Estado, las ciencias y la educación. En el caso particular de Colombia, el Estado ha constituido una propuesta curricular dividida por niveles de formación desde preescolar, básica, media y la educación superior (Ley 115, 1994), cada uno con sus propósitos, funciones y formas de organización específicos.¹ De tal manera que se permite la alfabetización científica y tecnológica (ACT) para mitigar el déficit del conocimiento en la sociedad (Gallego, 2020) en atributos como la autonomía, el dominio y la comunicación (Fourez, 1995). Sin embargo, estos niveles «al no estar articulados entre sí, no permiten hablar de un sistema educativo identificable por las relaciones e interacciones que deben existir entre sus componentes y actores, con respecto a un todo» (Gómez, 2001).

En estos niveles educativos, destacamos el nivel de educación media, el cual permite que el estudiante se alfabetice para su ingreso en la educación superior o al campo laboral ofreciendo las especialidades para este fin. La Ley General de Educación (115 de 1994) en su artículo 27, sobre la duración y finalidad de la educación media, plantea que «constituye la culminación, con-

1. Ver ley 115 de 1994.

solidación y avance en el logro de los niveles anteriores y comprende dos grados, el décimo (10.º) y el undécimo (11.º). Y tiene como fin la comprensión de las ideas y los valores universales y la preparación del ingreso del educando a la educación superior y al trabajo» (p. 9).

Bajo este panorama, las instituciones educativas ofrecen diversas especialidades que se materializan bajo una propuesta curricular orientada² por un proyecto pedagógico productivo (PPP) en el contexto institucional. Lo anterior permite el desarrollo de competencias básicas, laborales y ciudadanas que se relacionan con los conocimientos teóricos y prácticos³ específicos de la especialidad (MEN, 2010).⁴ De manera tal que los estudiantes sean sujetos activos en los procesos educativos, desarrollando un pensamiento crítico al resolver problemas y tomar decisiones basadas en la evidencia científica. Estos aspectos sociocognitivos les permiten desarrollar competencias, habilidades y destrezas para construir el conocimiento, dominar la información y ser autónomos para investigar, comprender los hechos y comunicarlos al participar en discusiones dentro de un contexto de educación media.

Estas pretensiones en la formación de los estudiantes guardan gran relación con la visión de alfabetización científica tipo II propuesta por Roberts (2007), la cual se enfoca en aprender a razonar para tomar decisiones fundamentadas y realistas, y para dar respuesta a situaciones personales y comunitarias de manera pertinente en el entorno físico y social, vinculando conocimientos y consideraciones éticas. Desde esta visión se desarrolla una propuesta alternativa que busca trascender el enfoque rentable y que permita articular el enfoque productivo de desarrollo de competencias laborales con la formación científica escolar que lleve a los nuevos ciudadanos a obtener el acceso y el éxito académico en la educación superior, además de potenciar su des-

2. Aspectos que enmarcan esta propuesta en la visión II de la alfabetización científica.

3. De esta manera, los PPP desempeñan el mismo papel que la práctica docente en los programas de licenciatura.

4. Ministerio de Educación Nacional (2010). *Proyectos pedagógicos productivos, una estrategia para el aprendizaje escolar y el proyecto de vida* (documento de trabajo). Bogotá DC.

empeño como ciudadanía comprometida social y éticamente con su contexto social, laboral y físico.

Así, esta propuesta alternativa para la educación media técnica tiene como objetivos:

- Consolidar toda la formación que el estudiante ha recibido en los niveles educativos previos, incluyendo preescolar, básica primaria y básica secundaria.
- Establecer una conexión directa con la educación superior.
- Vincularse el campo laboral (sector productivo), lo que permite una formación laboral y fuente de financiación, pasantías, proyectos de investigación, dotaciones entre otros. Además, los estudiantes tendrán la oportunidad de especializarse en un campo específico de la producción de bienes y servicios (Gómez, 2001).

El mecanismo que se ha diseñado para lograr esta articulación es el PPP. Participar en procesos prácticos como los PPP puede ser mucho más productivo que seguir desarrollando una enseñanza centrada en la explicación de contenidos conceptuales (O'Neill y Polman, 2004). En este caso se presentan tres componentes: el proyecto (que se refiere a la metodología de proyectos que responden a situaciones problemáticas en contextos productivos), lo pedagógico (procesos de enseñanza, desarrollo de competencias, construcción de aprendizajes) y lo productivo (entendido en términos económicos, intelectuales y actitudinales, aunque se enfoca principalmente en los aspectos rentables).

Sin embargo, las investigaciones realizadas en Colombia sobre las propuestas curriculares de las especialidades en la educación media técnica (Zambrano *et al.*, 2011; Villa, 2015; Soto y Duque, 2017) han identificado que los PPP se están ofreciendo con un enfoque de productividad exclusivamente económica, priorizando la rentabilidad y descuidando la formación científica educativa. Esto desarticula la propuesta curricular (Novoa, 2004; Gómez, 2001) e impide que los estudiantes ingresen en la universidad.

Lo anterior fortalece la crítica que se ha presentado en la educación media técnica en el país desde los años cuarenta del siglo

pasado, que ha sido ignorada por la política educativa y ha estado, en gran medida, ausente de la investigación educativa en el país. Siendo está considerada como educación «para pobres», o menos capaces, y destinada a ofrecer una formación ocupacional de bajo nivel de calificación y desconociendo las grandes diferencias curriculares e institucionales existentes entre las diversas modalidades que conforman este nivel, como lo es la académica que se enfoca en la formación científica educativa exclusiva para la continuidad a la educación superior (Gómez, 1998). En este sentido, es importante resaltar en pocas ocasiones se da la oportunidad de aplicar los conocimientos científicos en contextos reales, y con esto el desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Por eso en el desarrollo de este trabajo es necesario replantear la materialización de la propuesta curricular de la especialidad a través de los PPP, de tal manera que este no implique exclusivamente los aspectos económicos, sino también los socioculturales para lograr una formación científica educativa.⁵ Por tanto, se plantea: ¿cómo transformar un proyecto pedagógico productivo enfocado en la rentabilidad de tal manera que este permita la formación científica educativa para el ingreso a la educación superior?

Buscando resolver esta pregunta, es importante resaltar que el índice de ingreso de la universidad de los estudiantes de las especialidades es muy bajo; no obstante, el PPP no es exclusivamente la razón por la cual esto sucede, pero influye directamente. Debido a que el desarrollo curricular del PPP se queda exclusivamente en la práctica tecnológica orientada hacia actividades rentables, y no hacia a la formación científica educativa propia para ingresar a la universidad y para la formación ciudadana; es decir, no hay relación de estas actividades con los conocimientos biológicos físicos y químicos (principios, leyes y teorías que implica el desarrollo de estos proyectos) y sus implicaciones en la cotidianidad.

5. Donde los estudiantes fortalezcan su autonomía, desarrollen su pensamiento crítico al dominar, comprendan y comuniquen hechos en un contexto específico al ser alfabetizados científicamente.

Bajo este panorama, las experiencias de otros países (Inglaterra, Noruega, Australia) nos muestran que el punto de referencia para tener en cuenta y fortalecer la formación científica educativa es el uso de los problemas sociocientíficos (PSC), los cuales tendremos en cuenta para promover una alfabetización científica tipo II (Roberts, 2007) en el caso colombiano. Además, si estas experiencias no tienen como eje fundamental la rentabilidad, sino que, por el contrario, giran en torno a la formación científica educativa y, en el caso colombiano, se mezcla la rentabilidad y la formación científica educativa, entonces, transformar el PPP con las características de un PSC no es posible, debido a que el PPP siempre seguirá con su orientación hacia lo rentable. La única alternativa es construir un PPP orientado hacia la formación científica educativa que permita la inclusión de un problema sociocientífico en el aula.

Esto significa que la legislación que orienta el desarrollo de los PPP en su dualidad debe ser replanteada y orientarse exclusivamente en la formación científica educativa que prepare al estudiante para el ingreso a la educación superior. (Este es un caso particular que hemos estudiado, pero el recorrido por instituciones con trabajos enfocados a los PPP ha demostrado aspectos similares; lo único que hace este trabajo es llamar la atención sobre este punto y la necesidad de revisar la educación media técnica). Es tal la necesidad y la obligatoriedad de relacionarse con lo productivo que la articulación de las especialidades en un gran porcentaje se hace con el SENA, ente cuya tarea fundamental es preparar para ingresar a lo laboral, y no a la educación superior. De ahí las diferentes dificultades que se han presentado con esta propuesta.⁶

Lo cual demuestra que la formación en media técnica en Colombia está en crisis y se debe definir si esta se relaciona con la universidad o se forma una educación tecnológica superior, como, por ejemplo, el Massachusetts Institute of Technology

6. Un ejemplo de las dificultades que se han presentado del convenio con el SENA es la aplicación del programa de formación propuesto por ellos y el trabajo con formatos inmodificables, de tal manera que los maestros pierden su autonomía en el desarrollo curricular.

como mejor alternativa para que Colombia pueda producir su propia tecnología y no dependa de otros países.

En este caso, replantear los PPP hacia una formación científica educativa permite el aprendizaje de los estudiantes en contexto, al considerar los problemas de base científica y de las decisiones tomadas acerca de ellos. De manera que se aproxime a los conocimientos frontera de la ciencias, aceptando que en la escuela no se resolverán estos, pero sí se permitiera a los profesores ir más allá y cultivar hábitos mentales que promueven la conciencia ética y el compromiso de emitir argumentos para tomar posición crítica de los estudiantes, la resolución de un problema y la sensibilidad moral de escuchar las voces disidentes mediante la alfabetización científica (Driver *et al.*, 1996; Driver *et al.*, 2000; Kolstø, 2001; Sadler, 2004, en Zeidler *et al.*, 2005). Lo anterior, permite concluir que, si se orienta la propuesta curricular de un PPP hacia la formación científica educativa, aumentan las posibilidades de ingresar a la educación superior y la formación de ciudadanos comprometidos con su sociedad.

Bajo este panorama, es importante saber que un cambio de este tipo exige modificaciones en el tiempo y el espacio con relación a la estructura curricular, pero en este capítulo se pretende dar a conocer un estudio exploratorio⁷ inicial que permita conocer las implicaciones de los planteamientos presentados en la hipótesis que se propone; la cual asume que transformar un PPP orientado exclusivamente hacia la rentabilidad por un PPP orientado hacia la formación científica educativa en la propuesta curricular de las especialidades permite tener las bases para el ingreso en la educación superior: desde el aprendizaje de los estudiantes en contexto, incluyendo aspectos, morales, éticos, culturales y la aproximación a los conocimientos frontera de la ciencia.⁸

7. Los estudios de caso exploratorios generalmente identifican relaciones potenciales entre variables, determinan tendencias y proyectan investigaciones posteriores.

8. Aspecto que se ha desarrollado en países como Inglaterra desde hace más o menos diez años.

3.2. Metodología

Para resolver la problemática, se presentó un enfoque metodológico cualitativo e interpretativo a modo de estudio de caso, debido a que se investigó un caso único. La transformación de un PPP enfocado a la rentabilidad a un PPP orientado hacia la formación científica educativa en una propuesta curricular y en una especialidad para una institución educativa particular permite comprender la actividad del maestro en la formación de los estudiantes en media técnica (George y Bennett, 2005; Yin, 1994; Stake, 1999). Asimismo, se desarrollaron cuatro etapas descritas a continuación:

- *Etap 1. Selección de la muestra.* En esta etapa se seleccionó una institución educativa con media técnica y especialidades (para efectos de esta investigación una especialidad directamente relacionada con las ciencias naturales, como, por ejemplo, la especialidad ambiental). La cual cumplió con los siguientes criterios: contar con el nivel de media técnica (en este sentido, ofrecía especialidades), orientar sus especialidades con PPP y aceptar por parte de los docentes la participación para el desarrollo del estudio de caso. Bajo este panorama, cumpliendo con los criterios anteriormente citados se selecciona la institución educativa Eustaquio Palacios (en adelante, IE Eustapa). Esta cuenta con seis especialidades: electricidad residencial, mantenimiento de equipos de cómputo, diseño gráfico, procesamiento de alimentos, ambiental, educación física y deporte. La selección de la especialidad que se va a intervenir en el estudio de caso ha de estar orientada por docentes del área de ciencias. Bajo este criterio, la IE Eustapa cuenta con dos especialidades: procesamiento de alimentos y ambiental. Para esta investigación se ha seleccionado la especialidad de ambiental debido a que esta cumple con el tercer criterio para la selección.
- *Etap 2. Análisis del desarrollo de los PPP a la luz de la propuesta curricular actual.* Este análisis permitió comprender el desarrollo de la propuesta curricular planificada a través de los PPP

en la IE Eustapa para la especialidad ambiental según las orientaciones curriculares dadas por el Estado, e identificar los beneficios y limitaciones de esta estrategia educativa. Para el análisis curricular de la especialidad se identifican cuáles son las áreas obligatorias y fundamentales, las áreas técnicas que orientan la especialidad seleccionada y sus propósitos, y la articulación que presentan estas en la construcción del PPP. Es decir, cómo las áreas fundamentales y técnicas recogen el proyecto pedagógico productivo y las falencias que estos han presentado de tal manera que no integran las competencias básicas, ciudadanos y laborales.

- *Etapa 3. Diseño y desarrollo de un caso particular donde el PPP permita la formación científica educativa.* En esta etapa se planteó el desarrollo de un diseño metodológico alternativo de un proyecto pedagógico productivo orientado a la formación científica educativa, que se aplicó como un caso particular en la IE Eustapa. Para explicar los resultados de este proceso, se presentará la propuesta alternativa del PPP orientado hacia la formación científica educativa en cuatro fases: 1) generalidades de la propuesta; 2) el PPP desarrollado a través de problemas sociocientíficos; 3) tareas problemas (problemas que resolver desde cada área); 4) un producto final (proyecto). Cabe resaltar que esta propuesta se aplicó en el grado 9 (estudiantes que iniciarán la especialidad ambiental) articulando las siguientes disciplinas: biología, química, física, ciencias sociales, lenguaje, tecnología e informática.
- *Etapa 4. Contraste entre el desarrollo de los PPP enfocados hacia la rentabilidad y la alternativa de los PPP orientados hacia la formación científica educativa.* En esta etapa se realiza un contraste en el desarrollo del PPP en clase y la propuesta alternativa de este.

3.3. Resultados

Los resultados serán presentados según las etapas metodológicas anteriormente descritas. En este caso, dentro de la etapa 1

como se planteó anteriormente se seleccionó la IE Eustapa y la especialidad ambiental para el estudio de caso. Posteriormente, en la etapa 2 se realiza el análisis del desarrollo de los PPP a la luz de la propuesta curricular actual donde, según el sistema institucional de evaluación y promoción de la institución (SIEP), en el nivel de formación media técnica se ofrecen 14 asignaturas obligatorias y fundamentales, que representa un 80 % de la carga académica en educación media técnica. Y las asignaturas técnicas corresponden al 20% de la carga académica de los estudiantes, siendo específicas de la especialidad. En este sentido, la especialidad ambiental presenta tres asignaturas técnicas para el grado 10 (fisiología, vegetal, ecología humana y emprendimiento) y tres asignaturas en el grado 11 (paisajismo, producción de material vegetal y PPP).

Las asignaturas de la especialidad buscan un mismo fin; sin embargo, hasta el momento la articulación depende exclusivamente del estudiante, lo que no permite que se desarrolle a cabalidad. Adicionalmente, se pretende que se articule a través del trabajo del curso que lleva el nombre de proyecto pedagógico productivo, el cual implica exclusivamente la creación de una empresa. Teniendo presente el propósito del PPP donde se plantea «formar un estudiante autónomo, crítico y reflexivo, que utilice sus potencialidades y competencias laborales en el sector productivo enfocadas en el manejo de viveros» (PPP, especialidad ambiental). Aquí no se explicita el componente educativo de los PPP en el desarrollo de habilidades científicas para comprender los fenómenos socioculturales y científicos. Tampoco se expresan los pensamientos divergentes, creativos básicos para innovar en su cotidianidad.

En este caso, se evidencia que los PPP no se articulan en la estructura curricular de la institución educativa. Adicionalmente, este PPP no es abordado en la educación básica secundaria, ni en la básica primaria se plantea exclusivamente a estudiantes de 10 y 11. Según lo anterior se puede evidenciar la desarticulación que existe entre los niveles de formación. De esta manera, y para identificar las dificultades y fortalezas en el desarrollo de la especialidad del PPP, se realizaron entrevistas a maestros y estudian-

tes de la especialidad a través de las cuales se asume que los estudiantes no tienen exploración vocacional; en este sentido, se inscriben en la especialidad que a ellos les llame la atención en el grado noveno, antes de ingresar a la media técnica, sin conocer los propósitos, la metodología de trabajo y la línea de formación de esta. Los estudiantes afirman que ingresan en la especialidad, pues «Mis compañeros estaban aquí» (Sandoval, comunicación personal, 15 de abril de 2015) y no tienen expectativas en función de ella, ya que aseguran que ingresan para que «Me prepare, por si no me es posible entrar a la universidad pública y pueda trabajar para pagar una» (Arango, comunicación personal, Cod.15041520); «Quiero crear mi propia empresa» (Barona, comunicación personal, Cod.15041521); «Realmente quiero estudiar otra cosa, entonces lo que quiero es aprender lo que más pueda, de algo me puede servir» (Nupan, comunicación personal, 15041522). Así:

- Las asignaturas obligatorias y fundamentales no están articuladas de tal forma que refuercen o ayuden a alcanzar los propósitos de la especialidad, esto se evidencia en los propósitos de las asignaturas.
- No existe una articulación con empresas que permitan la práctica profesional a los estudiantes.
- El proyecto pedagógico productivo se asume por su rentabilidad, y no por su valor educativo; en este caso, el PPP se asume desde la creación de una empresa.
- Los PPP no surgen del común acuerdo de docentes y estudiantes; por el contrario, son planteados desde los docentes o desde las instituciones que ofrecen capacitaciones a la institución. Al ser el proyecto pedagógico productivo, en el mecanismo desde el cual se forman los estudiantes, este debe ser objeto de discusión y construcción de los estudiantes, de aquí que se deba permitir al estudiante participar de su construcción.
- Durante el desarrollo del PPP, los docentes han encontrado como problemática la apatía, el desinterés y la falta de proyecto de vida por parte del estudiantado; en este sentido, ellos

no se sienten implicados y visualizan el PPP como una actividad que permite cumplir los objetivos de una asignatura.

- La especialidad ha logrado incorporar una perspectiva de trabajo creativo de manera gradual. Aunque el proceso es muy lento y quizás todavía no se consigan identificar los resultados en el aprendizaje, estos han ido evolucionando con el tiempo.

Igualmente, el análisis del desarrollo del PPP en relación con la articulación con el SENA, aspecto que fundamentalmente muestra su enfoque rentable, arroja las siguientes dificultades (ver tabla 3.1):

Tabla 3.1. Problemáticas curriculares identificadas en la especialidad

Categoría	Problemáticas identificadas
La planta docente	Las especialidades están a cargo de un número limitado de docentes, lo cual hace que los docentes de las demás áreas no sientan responsabilidad en la misma. En este caso, son cuatro docentes los directamente en cargados de las áreas técnicas.
La articulación curricular	Desarticulación de las áreas fundamentales con el proyecto pedagógico productivo se puede observar en el análisis de los propósitos de las asignaturas, pues ninguna de ellas tiene en cuenta el desarrollo del PPP. Las áreas de la especialidad no se articulan entre sí, y se espera que las competencias planteadas por el SENA sean un eje de articulación. Sin embargo, estos aspectos no son tomados en cuenta de manera colectiva. El proyecto pedagógico productivo se asume por su rentabilidad, y no por su valor educativo; adicionalmente se ve como aspecto clave para la articulación, y no en beneficio del estudiante. En este sentido, se plantea que la articulación de las asignaturas las haga el estudiante de manera independiente.
La articulación con otras instituciones	Las relaciones que establece el SENA con las instituciones educativas coacciona la práctica docente, afecta al proyecto pedagógico institucional; por tanto, se convierte en una actividad adicional. El convenio con el SENA es asumido desde la aplicación del programa de formación propuesto por ellos y el trabajo con formatos inmodificables.
Los estudiantes	Los estudiantes no ven la importancia de estas especialidades, consideran que es por hacer algo en 10 y 11, y posteriormente pueden estudiar cualquier cosa que les guste.

Fuente: elaboración propia.

Lo anterior permite pensar en que la política educativa que orienta la educación media técnica limita al estudiante en su ingreso a la educación superior. Así se fortalece la crítica que se ha presentado a la educación media técnica, la cual consideran como educación «para pobres» y que ofrece una formación ocupacional de bajo nivel.

Con respecto a la etapa 3, en el diseño y desarrollo de un caso particular donde el PPP permita la formación científica educativa, se asume que, los problemas sociocientíficos (PSC) constituyen la forma de replantear la propuesta curricular, permitiendo el aprendizaje de los estudiantes en contexto, al considerar los problemas de base científica y de las decisiones tomadas acerca de ellos. De manera que se aproxima a los conocimientos frontera de la ciencias, aceptando que en la escuela no se resolverán estos, pero permiten a los profesores ir más allá y cultivar hábitos mentales que promueven la conciencia ética y el compromiso de emitir argumentos para tomar posición crítica de los estudiantes, la resolución de un problema y la sensibilidad moral de escuchar las voces disidentes (Driver *et al.*, 1996; Driver *et al.*, 2000; Kolstø, 2001; Sadler, 2004, en Zeidler *et al.*, 2005). Lo anterior permite concluir que, si se orienta la propuesta curricular de un PPP hacia la construcción de un PSC, aumentan las posibilidades de ingresar en la educación superior.

Se presenta a continuación una propuesta alternativa donde se describen las cuatro fases presentadas en la metodología.

Generalidades de la propuesta

Dentro de las generalidades para el desarrollo de un PPP orientado a la formación científica educativa se puede identificar los estándares básicos de competencias, contenidos curriculares e indicadores de desempeño desde las diferentes áreas, que serán tenidos en cuenta en la propuesta alternativa (lenguaje, informática, biología, tecnología, química y física) y el modelo de inclusión del PSC al aula de clases que se utilizará en este caso el modelo de praxis colectiva, cuyas principales características se encuentran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Características del modelo de inclusión de PSC en el aula (praxis colectiva)

Modelo	Praxis colectiva
Jerarquía	El proceso se orienta por las necesidades que presentan los participantes del proceso.
Fuente del conocimiento	Generalmente se basa en conocimientos locales. El conocimiento de las ciencias es subordinado a las necesidades del colectivo y desafiado con frecuencia
Vista del conocimiento	Hechos y teorías de la ciencia «académica» son vistos como irrelevantes para las necesidades de la comunidad. La ciencia está distribuida de forma heterogénea entre los grupos y las comunidades.
Controversia	Podría ser en torno a un tema en particular, en este caso se trabajará la minería, pero la visión de la ciencia es cuestionable.
Pedagogía	El conocimiento es compartido y también se distribuye con los participantes. La autoridad esta moldeada por la praxis.
Evaluación	Se visualiza como un proceso al resolver problemáticas concretas en el asunto sociocientífico.

Fuente: Rueda y Garzón (2016, p. 44), adaptado de Levinson (2008, p. 138).

El PPP desarrollado a través de un problema sociocientífico

En esta propuesta, el asunto sociocientífico seleccionado es la minería. Esto se debe a que el sector de ladera donde se encuentra ubicada la institución es una zona minera. En este caso, desde este asunto se genera una situación problemática concreta que sirve de contexto para dar inicio al proceso educativo. Para esto se diseñó y desarrolló un material audiovisual (vídeo) que fuera útil para introducir y explicar la situación del problema. A continuación, se presenta la sinopsis del vídeo *La minería en Colombia*.⁹ Este video ilustra la situación presente de la explotación minera en Colombia. En él se muestra la gran diversidad biológica que presenta nuestro país, que es privilegiado en cuanto a recursos hídricos y mineros. Se sustenta que la explotación minera de oro en alta montaña requiere 10 000 litros de agua por segundo y se compara

9. El recurso educativo se encuentra en: https://www.youtube.com/watch?v=4ma2rbCG_rY

con el porcentaje de trabajo que ofrece, en el país, el dinero que gana un minero al día, los impuestos que paga la minería, las regalías que aportan los mineros, los daños ambientales y sociales, los elementos tóxicos utilizados en el proceso, el envenenamiento y las malformaciones genéticas irreversibles, la contaminación del aire y la producción de suelos estériles que impiden el resurgimiento de vida (Villa, 2015, p. 83; Londoño y Muñoz, 2016, p. 134).

Para concretar el PSC, se plantea la siguiente pregunta problema: ¿cómo influye la práctica de la minería en el contexto ambiental, social, tecnológico, político, económico y cultural de la ladera de Cali?¹⁰

Tareas problemáticas orientadas desde las diferentes áreas

Partiendo del PSC general, cada una de las áreas plantean tareas específicas a modo de subpreguntas que permitan la articulación de los estándares de competencias y la construcción de los núcleos conceptuales durante el periodo escolar (tabla 3.3)

Para el desarrollo de cada una de las tareas problemas, los profesores realizan el diseño de actividades curriculares concretas. Veamos de manera general el plan de aula que hay que desarrollar desde las áreas implicadas.

Producto final (proyecto)

En el interior del grupo se forman pequeños grupos de discusión para que desde el PSC diseñen un problema propio, el cual resolverán desde los constructos en las diferentes áreas. Dentro de estos problemas específicos encontramos:

- ¿Cómo orientar a las personas para que tomen conciencia de las causas y las consecuencias de la minería ilegal en la salud y el medioambiente?

10. Pregunta presentada en el proyecto pedagógico productivo en la institución y seguimiento que se encuentra en Villa (2015).

Tabla 3.3. Tareas problema desde cada una de las disciplinas participantes

Pregunta que concreta el PSC en el PPP	Tarea problema
¿Cómo influye la práctica de la minera en el contexto ambiental, social, tecnológico, político, económico y cultural de la ladera de Cali?	<p>Español: ¿Cómo se han asumido las practicas mineras desde la época de la conquista y la colonia? ¿Cómo argumento de manera critica sobre la minería y el cambio socioeconómico desde la conquista y la Colonia?</p> <p>Ciencias naturales ¿Cómo influye la práctica de la minería en la flora y la fauna del contexto? ¿Cómo afectaría la actividad minera el suelo? ¿Cómo los fenómenos naturales se pueden ver alterados por la actividad minera?</p> <p>Sociales ¿Cómo identificar el proceso histórico de la actividad minera en Colombia especificamente en el departamento del Valle?</p> <p>Tecnología e informática ¿Cómo visualizar la importancia de la tecnología e informática en las practicas mineras que se dan en el sector?</p>

Fuente: Villa (2015, p. 83).

- ¿Cómo ha afectado la salud de los pobladores de Siloé la contaminación en aire y agua que provoca la minería?
- ¿Cómo han cambiado los ecosistemas en Siloé a causa de la minería?

El desarrollo de estas problemáticas permite que los estudiantes mejoren su comprensión conceptual y aprendan más acerca de la naturaleza del conocimiento cuando participan en investigaciones, con tal de que haya suficientes oportunidades y el apoyo para la reflexión (Hodson, 1992). Esto no implica que se planteen los estudiantes como científicos exactamente debido a los contextos distintos en los que se realizan las practicas, con una intencionalidad determinada. Pero es necesario aclarar que «ambos [estudiante y científico] no son receptores pasivos de información, sino que utilizan sus teorías como marcos activos para interpretar la realidad (Driver, 1986)» (Marín. 2003).

Por otro lado, se presenta un contexto de exigencia cognitiva para la construcción del conocimiento del estudiante, de tal manera que se involucren aspectos económicos, éticos, políticos, culturales, científicos y sociales desde una visión de sistema.

Proceso de evaluación

El proceso de evaluación se realiza de una forma continua e integral, de tal manera que se analiza el progreso y las dificultades que van presentando los estudiantes. Este proceso se analiza desde los ejercicios que se producen individualmente y en grupo, las pruebas saber al final del periodo escolar: consultas, proyectos, resolución de problemas, ensayos, observación, proposición, conclusiones y autoaprendizaje, así como otras que se consideren pertinentes para formar integralmente a los estudiantes.

Además, se plantean los diarios de campo y portafolios como estrategia de seguimiento, debido a que su registro es frecuente y cuidadoso de las interacciones pedagógicas. También se permite identificar las habilidades y falencias en los estudiantes, llevando al docente a la reflexión de este proceso. Por último, en esta etapa se aplica una prueba tipo ICFES que permite identificar la formación científica educativa, pues, por cuestiones de fechas, no es posible esperar el desarrollo de las pruebas saber.

Finalmente, en la etapa 4 se presenta el contraste entre el desarrollo de los PPP enfocados a la rentabilidad y la propuesta alternativa desarrollada de un PPP enfocado con un PSC (ver tabla 3.4).

Es importante resaltar que, adicionalmente a esta comparación presentada, se identificaron variables que permiten ampliar el contraste como: destino ocupacional del egresado (donde se analiza el destino ocupacional de egresado vs. la prueba tipo ICFES presentada por los estudiantes), interés en participar en la educación media técnica (donde se compara por qué han escogido la especialidad), habilidades de desarrolladas por los estudiantes, material de trabajo guías vs. desarrollo de una problemática y articulación de la especialidad con el SENA.

Tabla 3.4. Comparación entre la propuesta curricular orientada por un PPP enfocado a la rentabilidad y un PPP orientado hacia la formación científica educativa

Características	PPP enfocado a la rentabilidad	PPP orientado a la formación científica educativa
Propósito general	En este caso se gira en torno al diseño, desarrollo y construcción de empresa con un enfoque de rentabilidad.	Aquí plantea como propósito fundamental la alfabetización científica, donde, más que resolver el problema, se busca un razonamiento informal por parte del estudiante. Este consiste en la generación y evaluación de posiciones en respuesta a cuestiones complejas que no tienen solución clara.
Integración con las diferentes áreas	El desarrollo es propio a una asignatura específica en la media técnica. Ahora bien, cuando se habla de interdisciplinariedad se refiere a la participación de los agentes educativos (estudiantes, profesor, padre de familia, directivo), y no necesariamente de las disciplinas.	Para su desarrollo es necesaria la interdisciplinariedad.
Tipo de problemática	Las problemáticas son específicas del sector productivo y permiten la creación de empresa.	Son problemas indeterminados con múltiples soluciones, las cuales no tienen respuestas correctas individuales y no son sujetas a algoritmos simples. Es decir, son problemas controversiales. Para asumir la propuesta de un PPP orientado hacia la formación científica educativa es necesario trabajar en el interior del aula un problema; como controversial, este debe: (i) tener diferentes creencias, valores y explicaciones, (ii) no se resuelve bajo evidencia, (iii) involucra personas o grupos diferentes.
Interés	Incursionar en el sector productivo.	Aumentar el interés de los estudiantes por la ciencia mediante la colocación en contenido de aprendizaje de la ciencia en un contexto social.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Conclusiones

Considerando la necesidad de transformar un PPP enfocado en la rentabilidad de tal manera que permita la formación científica educativa que sirva como base para el ingreso en la educación superior, se constata que esta transformación en la propuesta curricular de una especialidad se realiza a través de la inclusión de un problema sociocientífico y, gracias a este proceso, se presenta una viabilidad en la mejora de la capacidad crítica y las pruebas estandarizadas que permiten el ingreso a la educación superior.

Bajo este panorama, se materializó metodológicamente un estudio de caso con una propuesta alternativa al PPP orientado a la formación científica educativa. Este proceso implicó incluir un problema sociocientífico en el aula de tal manera que se articulen las diferentes áreas para su desarrollo. Por tanto, fue necesario el trabajo colectivo de los docentes de diferentes asignaturas y un compromiso activo de los estudiantes en el desarrollo del PSC a través de las disciplinas involucradas.

Este estudio constató que las especialidades no están asumiendo la formación con la complejidad educativa que exige. En este caso, el programa curricular que se desarrolla en la especialidad no articula los niveles educativos, asumiendo la formación del estudiante que esta únicamente en los niveles 10-11, y no como un proceso formativo desde el nivel de formación de primera infancia, básica primaria o básica secundaria para finalizar en media técnica. Adicionalmente, no tienen relación con los niveles de formación que continúan. En este caso es necesaria la relación con la educación superior y con los distintos grupos de investigación.

Otro aspecto que se nos permite plantear de la articulación de la institución educativa con el SENA conlleva reforzar la problemática de la desarticulación entre los niveles educativos, pues la propuesta de articulación se centra en los grados 10-11. Adicionalmente, esta articulación orienta al estudiante únicamente en el campo laboral, pues genera operarios y deja de lado la posibilidad de que continúe con la educación superior. Por tal razón, es importante que las articulaciones en la educación media téc-

nica se realicen con universidades donde se evidencie la continuidad en la educación superior y la relación con el sector productivo y donde se presente la conexión con el campo laboral.

Se pudo evidenciar que, para lograr la integración entre los diferentes conocimientos planteados en esta investigación, los PPP se proyectan como el eje central de la propuesta curricular en la especialidad, donde la resolución de una problemática sociocientífica permite la orientación en la formación científica educativa que requiere de la intervención de los diferentes campos disciplinares, y la articulación con el sector productivo se desarrolla a través de la asignatura emprendimiento. Igualmente, mediante este estudio se logran plantear orientaciones teórico-prácticas para la construcción y desarrollo de los PPP por parte de los estudiantes en las especialidades a través de la resolución de una problemática específica.

Por tanto, se concluye que desarrollando un proceso de enculturación científica de los estudiantes, como es el caso de resolver un problema sociocientífico, el estudiante podrá integrar el conocimiento científico, ciudadano y laboral en una especialidad, lo cual no solo le permitirá fortalecer las bases de ingreso a la educación superior o al campo laboral, sino también desarrollar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones basadas en evidencia científica de acuerdo con las orientaciones de la alfabetización científica.

Referencias

- Calvo, C. (2006). *Del mapa escolar al territorio educativo: diseñando la escuela a partir de la educación*. Anthropos
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott P. (1996). *Young people's images of science*. Open University.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), pp. 3-15.
- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.

- Fourez, G. (1995). *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. Universidade Estadual Paulista.
- Gallego-Torres, A. P. (2020). La alfabetización científica y tecnológica. La necesidad de evolucionar hacia nuevos modelos. *Revista Científica*, 38 (2), 132.
- George, A., & Bennett A. (2005). *Case studies and theory development in the social sciences*. MIT.
- Gómez, V. M. (1998). *Educación para el trabajo. Un estudio de la educación técnica industrial*. Magisterio.
- Gómez, V. (2001). La política de equidad social y la transformación de la educación superior. Plantea el tema de la equidad social en las oportunidades educativas. *Nómadas*, 6. <http://www.ucla.edu/vi/viacadem/dtaa/EquidadSocial.pdf>
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues. *Science Education*, 85 (3), 291-310.
- Levinson, R. (2008). A theory of curricular approaches to the teaching of socio-scientific issues. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1 (1), 133-151. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37427/28748>
- Londoño, C. y Muñoz, Y. (2016). *Propuesta pedagógica que permite el desarrollo de competencias científicas en el aula de manera que se articule la evaluación interna con la evaluación externa* (tesis). Universidad del Valle.
- Marín, N., (2003). Conocimientos que interaccionan en las enseñanzas de las ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 65-78
- Ministerio de Educación Nacional (2010). *Proyectos pedagógicos productivos, una estrategia para el aprendizaje escolar y el proyecto de vida*. Bogotá.
- Novoa Barrero, A. R. (2004). *Educación y producción en el desarrollo rural: una innovación metodológica en el caso de Colombia*. Bogotá
- O'Neill, D. K. y Polman, J. L. (2004). Why educate «little scientists»? Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (3), 234-266.

- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. En: S. K. Abell y Lederman, N. G. (eds.). *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum.
- Rueda Garzón, L. y Garzón Molina, M. (2016). *Propuesta educativa para la integración de las ciencias naturales a través de un problema socio-científico* (tesis). Universidad del Valle.
- Sadler, T. D. (2004). Moral and ethical dimensions of socio-scientific decision making as integral components of scientific literacy. *The Science Educator*, 13, 39-48.
- Soto, L. & Duque, Y. (2017). *Implementación piloto de un proyecto pedagógico productivo de básica primaria: el caso de la reproducción sexual de las plantas*. Universidad Del Valle.
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Morata.
- Villa, L. (2015). *Transformando la orientación de un PPP desde lo rentable a la formación científica educativa*. Universidad Del Valle
- Yin, R. (1994). *Case study research: design and methods*. Sage.
- Zambrano, A. C., Rengifo, L. A., Salazar, T., Villa, L. Y., Mejia, A. y Polanco, M. K. (2011). *Inserción de la biotecnología en la educación básica y media rural. Estudio curricular*. Universidad del Valle.
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M. y Howes, E. (2005). Beyond STS: a research based framework for socio-scientific issues education. *Science Education*, 89 (3), 357-377.

La investigación y el diseño como fuente para construir contextos argumentativos

TATIANA IVETH SALAZAR-LÓPEZ 
CINVESTAV, Unidad Monterrey
tatiana_salazar@cinvestav.mx

GONZALO PEÑALOZA 
CINVESTAV, Unidad Monterrey
g.pjimenez@cinvestav.mx

Resumen

En este estudio presentamos ideas a profesores de ciencias naturales sobre el diseño de actividades intencionadas para promover la habilidad de la argumentación científica en sus estudiantes. Partimos de resultados de investigación sobre dicha habilidad provenientes del campo de la educación en ciencias, para después materializarlos en la creación de contextos argumentativos que derivan en actividades de aula. Presentamos dos ejemplos que ilustran situaciones de aprendizaje potentes para promover la argumentación científica: «Una excursión y diez sospechosos de Chagas» y «¿Qué hacemos con el río?». El análisis del referente teórico sobre cuestiones sociocientíficas y argumentación científica fueron claves para el diseño de actividades.

Palabras clave: argumentación científica, problemática de Chagas, cuestiones sociocientíficas, investigación basada en diseño, educación ambiental.

4.1. Introducción

Buena parte de las ideas que damos por sentadas en la actualidad se desarrollaron en medio de debates; por ejemplo, que la Tierra gira alrededor del Sol es un hecho aceptado por la mayoría de las personas. Sin embargo, en el pasado no fue así, y la idea suscitaba controversias. Para que se lograra su aceptación hubo que desafiar sistemas de creencias y valores muy arraigados, que terminaron reconfigurándose conforme las observaciones, los instrumentos; y las evidencias se construyeron, refinaron y ampliaron. Así, los argumentos a favor del heliocentrismo se robustecieron a la luz de las evidencias, y en el marco de otros debates ideológicos y procesos sociales terminaron por aceptarse, consolidarse y extenderse.

El caso es que las ideas que los seres humanos construyen para comprender y transformar el mundo son continuamente debatidas, y no se llega a consensos de manera simple, sino a través de discusiones, por lo que incluso se requieren largos periodos de tiempo para llegar a consensos. En el campo de la biología, otro ejemplo es la discusión sobre las relaciones filogenéticas entre diferentes especies de humanos ya extintas y los *Homo sapiens*, la única de este género que sobrevive aún. Conforme se refinan procedimientos genéticos, informáticos o de datación, y se recaban más fósiles, las explicaciones e hipótesis sobre esta cuestión se revalúan y se modifican los argumentos que se elaboran. Así, hoy se sabe que los humanos modernos tienen rastros en su genoma que permiten concluir que en el pasado hubo cruzamientos entre *Homo sapiens* y neandertales, algo que era impensable hace décadas. Con lo anterior, se pone de relieve ese carácter de controversia y de consenso que es parte de la producción del conocimiento científico.

No obstante, los debates no solo se dan en las ciencias y en su terreno ontológico y epistemológico, sino también en otros ámbitos. Desde hace varias décadas se viene construyendo evidencias y observaciones que permiten afirmar que las actividades humanas están alterando el clima del planeta (Oreskes, 2018); estableciéndose el consenso entre la comunidad científica de

que el cambio climático es real y que es causado por la acción humana. A pesar de esto, algunos sectores sociales con intereses económicos y políticos particulares niegan su existencia, esgrimiendo que hay incertidumbres, que la evidencia presentada no es contundente y que no hay consenso científico. Con esto, se pretende negar la responsabilidad directa de ciertos sectores productivos en el cambio climático y evitar acciones que puedan tener consecuencias en el sistema económico actual. Desde luego, como en toda actividad científica, queda mucho por entender sobre el cambio climático, pero esto no supone su inexistencia.

Estos breves ejemplos muestran que la producción del conocimiento científico es un proceso social, en el que permanentemente se debaten ideas en el marco de intereses, creencias y valores. En muchos asuntos, la actividad científica y los aspectos sociales interactúan. De modo que es necesario considerar diversas evidencias, explicaciones y argumentos para hacerse una idea lo más completa posible de la realidad. Esto cobra aún más sentido en el panorama actual, en que circulan noticias falsas sobre problemáticas que son de carácter sociocientífico (Puig *et al.*, 2021); lo cual implica que para abordarlas las personas deban desarrollar habilidades de pensamiento científico que les permita diferenciar e identificar intereses, evidencias, falacias, etc. En efecto, este tipo de cuestiones son un escenario muy enriquecedor para desarrollar el pensamiento y las habilidades científicas (Zimmerman, 2007), para que los sujetos puedan entender, explicar, argumentar y tomar decisiones.

En este sentido, en la enseñanza de las ciencias se plantea la necesidad de crear escenarios educativos para que los estudiantes comprendan la actividad científica como un proceso, y no solo como un producto. En otras palabras, se plantea el reto de comprender no solo lo que se sabe, sino también cómo se sabe (Duschl, 1998), entendiendo que la actividad científica se caracteriza por el disenso y la pugna entre elementos conceptuales y metodológicos en el marco de contextos culturales y sociales. Estas pretensiones están en concordancia con una finalidad de carácter social, ético y político y, en consecuencia, con el alcance de una alfabetización científica tipo III en la cual la ciudadanía

se comprometa con su participación en debates públicos (Liu, 2013) y desarrollo de acciones sociales y políticas (Bencze *et al.*, 2020) relacionados con problemáticas sociocientíficas y socioambientales (Sandoval, 2014; Valladares, 2021).

De acuerdo con Kuhn (2011), el pensamiento científico puede definirse como una búsqueda de información intencional en que la curiosidad moviliza acciones para satisfacerla. En consecuencia, hacer ciencias implica que las personas realicen acciones deliberadas como: formular preguntas, probar hipótesis, investigar y evaluar evidencias e ideas (Jirout y Klahr, 2012; Morris *et al.*, 2012). Esas habilidades son parte de un conjunto que, en el campo de la educación en ciencias se denominan habilidades científicas. De acuerdo con Ortiz y Cervantes (2015), son consideradas como acciones y destrezas que se ejecutan para resolver problemas de la vida en variadas situaciones, y son diferentes de otras habilidades, ya que forman parte del modo de intervención de los científicos en el mundo.

En tanto el pensamiento científico tiene como punto de partida la exploración del mundo, se ha planteado que su desarrollo comienza desde el nacimiento y es estimulado por medio de las interacciones que el sujeto establece con el entorno; además, puede ser promovido por la educación (Sagir, 2011). En ese contexto se plantea el reto para la escuela de promover y enriquecer habilidades relacionadas con este tipo de pensamiento, como la argumentación. Así, diversos estudios en las aulas de ciencias han venido explorando las prácticas docentes, las actividades didácticas, los recursos, etc., y señalan que es necesario transformar las prácticas de enseñanza de las ciencias, que tienden a presentarla como un cuerpo de conocimientos acabado y que se puede transmitir y recibir pasivamente. Esto limita la participación de los estudiantes y sus oportunidades para construir y discutir sobre evidencias, explicaciones, elementos conceptuales, etc., que son la base del conocimiento científico y un elemento clave en la argumentación científica (Jiménez, 2010).

Considerando lo anterior, en este estudio reflexionamos sobre las posibilidades y características de prácticas de enseñanza de la biología que promuevan la argumentación científica. Así,

se exponen algunas características que se consideran claves para el diseño de actividades y presentamos algunos ejemplos que denotan cómo estas se expresan en propuestas para el aula que están en sintonía con la visión III de la alfabetización científica (Sandoval, 2014; Candela, 2023), ya comentada en la introducción de este texto. En general, esperamos aportar ideas para responder a la pregunta: ¿qué características debe tener una actividad de enseñanza para promover el desarrollo de la argumentación científica?

4.2. La argumentación en la educación en ciencias

Una condición que afecta nuestras ideas sobre la argumentación es el hecho de que esta habilidad es utilizada en diversos escenarios de la vida cotidiana. No obstante, en nuestras interacciones cotidianas no siempre llevamos a cabo procesos argumentativos elaborados, del mismo modo que en ocasiones no evaluamos los argumentos apropiadamente. La amplia disseminación de noticias falsas es un ejemplo de cierta falta de preparación para valorar apropiadamente las ideas que circulan. Es decir, las habilidades argumentativas no se desarrollan espontáneamente. Como plantean Grooms *et al.* (2018), la argumentación científica tiene sus propias características y estas no necesariamente son reconocidas por el público en general. En ese sentido, Manz (2015) caracteriza la argumentación científica como un discurso cargado de normas y compromisos epistemológicos que son compartidos por la comunidad científica. Por consiguiente, es necesario que, en diversos espacios educativos, especialmente en la escuela, se promuevan las habilidades y los conocimientos asociados a la argumentación, poniéndolos en práctica en las aulas.

Recuperando las ideas de Duschl (2008) respecto a los valores compartidos por la comunidad científica, en el momento de argumentar se destaca que los datos se transforman en evidencias/pruebas para sustentar una afirmación. Por ejemplo, en el caso del virus SARS-CoV-2, la estructura primaria de su reconoci-

da proteína Spike es un dato que puede interpretarse y elaborarse para construir evidencia sobre el origen del virus (Andersen *et al.*, 2020). De modo que la comunidad científica valora: el uso de evidencias/pruebas para sustentar las afirmaciones que se plantean en un argumento, la calidad y suficiencia de estas y la consistencia entre la interpretación de los datos y el conocimiento científico actual. Este compromiso epistemológico de las ciencias implica que sus criterios de veracidad se sustentan, en última instancia, en evidencias/pruebas que pueden ser verificables por otros.

En coherencia con el campo de la investigación científica, la educación en ciencias tiene particular interés en el estudio de la argumentación científica, haciendo especial énfasis en el análisis de las evidencias/pruebas y cómo estas se integran en las justificaciones para establecer conclusiones (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2011; Varela *et al.*, 2020; Zohar y Nemet, 2001). En esa perspectiva, se entiende la argumentación como el análisis de los enunciados basándose en pruebas/evidencias (Jiménez, 2010). Así, los datos corresponden a los hechos, a la información a la que se apela y que es utilizada para componer el argumento. De ese modo, para argumentar se requiere seleccionar información relevante, construir datos para transformarlos en pruebas y establecer una conclusión, así como emplear ideas de las disciplinas científicas y su lenguaje, entre otras (Archila, 2015; Revel Chion *et al.*, 2014).

Por otro lado, crear las condiciones para que en las aulas se modelen procesos de argumentación científica es una oportunidad para aprender sobre la naturaleza de la actividad científica (Milanovic y Trivic, 2020), denotar su carácter social y construir conocimientos conceptuales (Erduran, 2019; Grooms *et al.*, 2018; Faize *et al.*, 2018; Sampson *et al.*, 2011; Salazar-López y Carrillo-Tripp, 2022).

4.3. Abordajes de la argumentación en educación en ciencias

El estudio de la argumentación ha sido objeto de atención por más de dos décadas, por parte de los investigadores en el campo de la educación en ciencias. En los eventos académicos y en las revistas de investigación, divulgación y difusión del área se reconoce la argumentación como una línea de investigación con diversas contribuciones que reafirman su pertinencia y dan cuenta de lo que se sabe sobre esta y de las formas de su promoción en la escuela. A continuación, desarrollamos algunas de esas grandes ideas sin la pretensión de lograr presentar un panorama completo sobre esa línea. Pero sí con la intención de recuperar algunas ideas claves que aportan elementos para el diseño de actividades intencionadas para promover la argumentación científica.

Un primer resultado de investigación deriva de la propuesta de Toulmin (1958) que sostiene que un argumento se organiza en seis componentes: datos, garantías, respaldos, conclusión, cualificador modal y excepciones. Basándose en ello, Erduran *et al.* (2004) elaboraron una rúbrica para identificar dicha estructura y sus partes. La lógica es que cuantos más componentes tenga el argumento, más robusto puede ser considerado este. De esa forma, la estructura del argumento ha sido una idea considerada para apoyar a los estudiantes en la construcción de sus argumentos y también para sus procesos argumentativos. Por otro lado, los componentes del argumento han sido objeto de estudio por parte de Berland y McNeill, (2010) y Osborne *et al.* (2016) para producir progresiones de aprendizaje, que son instrumentos útiles para diseñar actividades y reflexionar sobre cómo aumenta el nivel de complejidad en el proceso, de modo que se «dosifica» la introducción de ideas nuevas para que los estudiantes mejoren su dominio de esta habilidad científica.

Una segunda idea, resultado de la investigación, parte del componente «datos» del argumento y analiza la producción de estos en función de quien los genera. En ese sentido, Hug y McNeill (2008) proponen las categorías de datos de primera y de

segunda mano. Los primeros suponen que los estudiantes son los llamados a producir datos para elaborar su argumento; por lo tanto, realizan acciones vinculadas a experimentos (diseño del experimento, recabación y procesamiento de datos). Los segundos indican que los datos fueron recabados por otros; de esa forma, los estudiantes recuperan datos provenientes de la literatura para elaborar su argumento. Estas diversas formas de interactuar con los datos ha sido objeto de estudio para entender sus efectos sobre el desarrollo de la habilidad (Blanco y Díaz de Bustamante, 2014; Ramírez y Salazar-López, 2022; Salazar-López *et al.*, 2021; Varela *et al.*, 2020). En el plano de la enseñanza el aporte se centra en la construcción de actividades en que los datos aparecen ya sea porque los recaban los estudiantes, o porque el docente se los presenta a partir de la literatura. En consecuencia, esta forma de abordar la argumentación invita a reflexionar sobre qué datos se usan y cómo se presentan en las actividades de aula.

Finalmente, una tercera idea proveniente de los resultados de investigación es la relación que se establece entre la argumentación científica y las cuestiones sociocientíficas (CSC). Estas últimas se consideran como contextos relevantes que estimulan el interés por comprender una situación en la que el conocimiento científico es una referencia que aporta a la comprensión holística del fenómeno; sin embargo, no es la única. Este tipo de contextos son caracterizados porque no tienen una única solución por tratarse de dilemas complejos y abiertos (Sadler, 2004) e involucrar diversas referencias (social, cultural, política, ética, ambiental, científica, entre otras). Así, el posicionamiento final al que llegan los estudiantes es una articulación de las diversas referencias implicadas en el dilema.

Por otro lado, las CSC han sido vinculadas con la argumentación científica con la intención de comprender cómo las evidencias participan en el razonamiento. De acuerdo con Capkinoglu *et al.* (2019), las CSC llevan a los estudiantes a construir argumentos con justificaciones basadas en evidencia científica sólida. De ese modo, esta perspectiva basada en la investigación educativa sugiere diseñar actividades que consideren temáticas que se

encuadran en las CSC, pues son terreno fértil para promover la argumentación, al articular el conocimiento científico como una referencia para entender y resolver problemáticas sociocientíficas de relevancia individual y social. Además, se considera que son un medio para estimular la participación ciudadana.

4.4. La enseñanza como diseño

Una de las actividades naturales para los profesores de ciencias es la creación de escenarios de aprendizaje que posibiliten la interacción de las ideas de los estudiantes con conocimientos científicos, el desarrollo de habilidades relacionadas con las ciencias y la valoración, en un sentido amplio, de la actividad científica. El proceso de diseño es un puente necesario entre el currículo, los planes de estudios, la formación docente y la práctica en el aula (Brown, 2009). En cierto sentido, todo lo que se hace en el campo educativo, pedagógico y didáctico, en diferentes niveles e instancias, debe expresarse en el aula de clases. En efecto, eso constituye una medida de su relevancia.

El quehacer del maestro involucra, por una parte, la conceptualización de los contenidos y la definición de las estrategias pertinentes y, por otra parte, la ejecución de su plan en el aula de clases (Macalalag y Duncan, 2010). En este primer proceso, el docente examina implícita o explícitamente múltiples consideraciones y pone en juego sus perspectivas didácticas y pedagógicas, sus creencias y sus conocimientos, entre otros aspectos.

Es decir, previamente a las interacciones en el aula se desarrolla un proceso clave: la planeación. Su relevancia es tal que se ha propuesto concebir la enseñanza como una actividad de diseño en la que los maestros disponen diversos recursos para crear un escenario en el aula que promueva el aprendizaje de sus estudiantes (Knight-Bardsley y McNeill, 2016). Concebir la enseñanza y el quehacer del docente de esta forma implica transformar las ideas sobre su naturaleza, tomando distancia de la concepción según la cual es un agente técnico encargado de aplicar para aproximarse a una idea en la que es considerado un su-

jeto que activamente crea, innova, construye y diseña experiencias (Whittington y Tekkumru-Kisa, 2020). Esto supone que gran parte de los esfuerzos para mejorar los procesos de aprendizaje deberían enfocarse en cualificar los procesos de diseño (Zaragoza *et al.*, 2021). Así, por ejemplo, se deberían crear las condiciones para que los maestros tengan el tiempo suficiente para reflexionar y planear asertivamente sus actividades (Brown y Livstrom, 2020) y fortalecer sus capacidades para el diseño de experiencias en el aula (König *et al.*, 2020).

En el contexto de reconocer la importancia del proceso de creación y de apoyar a los profesores se han propuesto diferentes modelos que guíen el diseño de actividades para el aula (Nawani *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2023; Rusznyak y Walton, 2011; Theoharis y Causton-Theoharis, 2011). En general, estos modelos se basan en un enfoque constructivista que supone que la participación de los estudiantes es clave y que las actividades deben crear las condiciones para que las ideas de los estudiantes se expongan, se cuestionen y se reconfiguren (Gagnon y Collay, 2005). Para esto se proponen fases que van desde tratar de identificar lo que saben los estudiantes sobre una cuestión dada, hasta revalorar sus ideas a la luz de nuevas evidencias o informaciones que se hacen circular en el curso de la actividad. Cabe aclarar que una revisión de las diferentes variantes de este esquema general desborda el alcance de este texto, por lo que no se ahonda al respecto.

Específicamente, el diseño de escenarios educativos orientados a promover la argumentación científica implica para los profesores reconocer las diversas conexiones que determinada cuestión científica puede tener con la sociedad, definir el contexto argumentativo, establecer las formas de orientar la participación activa de los estudiantes y prever las interacciones posibles entre el conocimiento científico y otros campos del conocimiento que puedan aportar a la comprensión de la cuestión. No proponemos aquí un modelo rígido o una secuencia estricta de pasos que deban seguirse, sino que delineamos una posible ruta para diseñar experiencias que fomenten la argumentación.

4.5. De los resultados de investigación al diseño de contextos argumentativos

Se parte del supuesto de que las CSC son terreno fértil para la elaboración de contextos argumentativos, ya que permiten explorar diferentes puntos de vista, intereses o usos de la información científica, entre otros. Como se mencionó antes, este tipo de situaciones no tienen soluciones definitivas o plenamente verdaderas, sino que dan pie a dilemas en los cuales es necesario ponderar diversas variables y afectaciones. Debido a esto, es posible encontrar en las CSC muchos argumentos con diferentes tipos de respaldos y evidencias.

Las CSC no son evidentes ni vienen dadas; en realidad se requiere construirlas mediante un proceso de reflexión e indagación que permita definir sus límites y alcances. Situaciones que aparentemente no revisten conflictos o dilemas pueden problematizarse cuando se reflexiona sobre estas para identificar intereses y perspectivas, y señalar que las personas tienen distintas posiciones al respecto. No obstante, algunas cuestiones tienen ciertas características propias de las CSC, que permiten un abordaje más claro para los estudiantes.

En este sentido, señalamos los momentos que se consideran clave para construir una CSC en función de ser un contexto argumentativo. En primer lugar, se sugiere seleccionar una CSC con base en el interés que puede suscitar en los estudiantes y su relevancia personal y social. Además, se recomienda seleccionar situaciones en las que claramente el conocimiento científico es un elemento para tener en cuenta y que ha generado evidencias y argumentos pertinentes para su comprensión y discusión. Una vez seleccionada la CSC se identifican los diferentes actores que están involucrados en esta. Por lo general, en toda CSC convergen actores con intereses diferentes, que pueden ser contrapuestos. En ese marco, sus argumentos contienden, lo que implica que cada posición trata de predominar usando evidencias o quizás tergiversando los hechos. Esto supone, por ejemplo, una oportunidad para identificar y caracterizar falacias argumentativas. Lo que cabe resaltar es la importancia de precisar qué se dice sobre la CSC y quién lo dice.

Los conocimientos científicos sobre la CSC son importantes para valorar su articulación en los argumentos que se exponen. Esto no quiere decir que los argumentos que usen datos científicos sean válidos en sí mismos, ya que deben tenerse en cuenta aspectos políticos, culturales o éticos. De cualquier manera, se sugiere recabar la información que se ha producido en torno a la CSC.

Con los elementos señalados es posible construir un estado de la CSC lo más completo posible, denotando tensiones, soluciones, argumentos, etc. Se trata de elaborar una comprensión que abarque diferentes aspectos de la cuestión. Basándonos en esta comprensión de la CSC, se propone establecer un desafío que invite a reflexionar y a tomar posición.

Otro elemento de esta elaboración del contexto argumentativo es lo que aquí se denomina desarrollo de procesos argumentativos, el cual se refiere a que en cada paso de la construcción de la CSC es necesario llevar a cabo acciones en función identificar o construir argumentos y caracterizarlos. Los primeros tres momentos de este proceso se sugieren para el docente que construye la CSC como contexto argumentativo y el último momento para los estudiantes que abordan el desafío en torno a la CSC.

En el siguiente apartado vamos a presentar dos ejemplos de contextos argumentativos con los que buscamos representar las ideas clave para diseñarlos que fueron expuestas. En la figura 4.1 presentamos la ruta de construcción ya descrita.

4.6. Ejemplo 1: la problemática de Chagas

Este contexto argumentativo se titula: *Una excursión y 10 sospechosos de Chagas*. Como su nombre indica, parte de la enfermedad de Chagas. Las temáticas relacionadas con la salud pueden ser categorizadas como CSC, dado que para comprender el origen y propagación de las enfermedades es necesario recurrir a diferentes referencias para entender y construir una idea al respecto lo más completa posible. Para conocer más sobre la multi-referencialidad vinculada a Chagas sugerimos consultar a Revel Chion (2015) y Sanmartino *et al.* (2015). Por otro lado, de

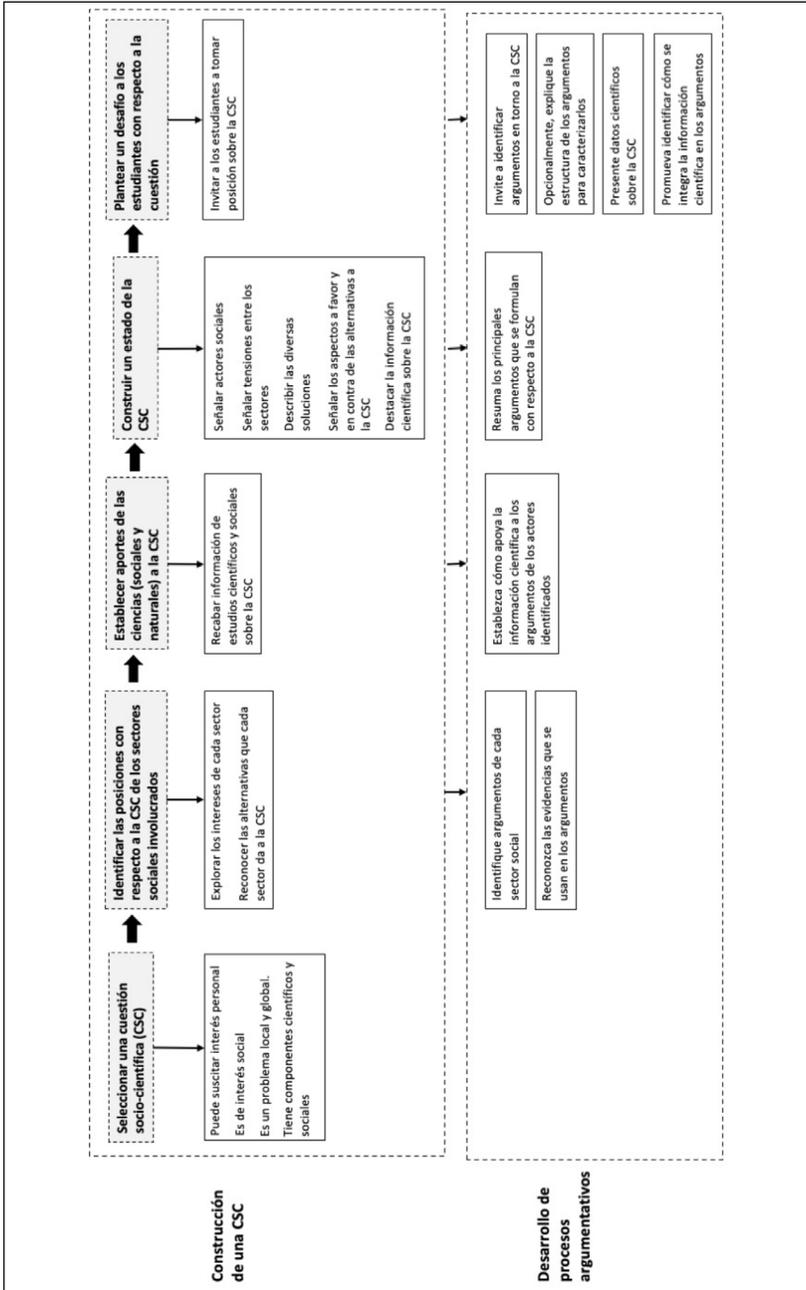


Figura 4.1. Construcción de una CSC como contexto argumentativo. Fuente: elaboración de los autores.

acuerdo con Ameiva (2014), la problemática de Chagas es considerada un problema de salud pública que trasciende la localidad latinoamericana, pues hay reportes de infección por Chagas en países europeos debido a los fenómenos de migración de las poblaciones. De esa forma, la problemática de Chagas es de envergadura global. Consideramos que esta CSC, aunque no es cercana a los estudiantes, es relevante a nivel individual y social en los contextos latinoamericanos para comprender su origen, propagación y prevención.

Partimos de la representación social vinculada a Chagas: esta es una enfermedad de los pobres y también es olvidada (Valdez, 2015), con la intención de mostrar que para la atención de esta es necesario recurrir a diversos sectores, como, por ejemplo, el político, para que genere programas holísticos en los que la educación sea una herramienta fundamental para promover la participación ciudadana al respecto. Por otro lado, se acude a los científicos, dado que existe poca investigación relacionada con la producción de fármacos que traten la enfermedad en su etapa avanzada y en personas adultas. Con lo anterior, se denotan algunos de los sectores que participan en la CSC para su comprensión y resolución. A continuación, se presenta el escenario que detona acciones que promueven la argumentación científica.

Contexto argumentativo

Un grupo de amigos y amigas se reunieron en Monterrey, «la ciudad de las Montañas», y decidieron explorar el Cerro de la Silla, montaña emblemática de la ciudad. Hace tiempo que no pasaban tiempo juntos y la idea parecía estupenda para convivir y conocer un poco más los espacios naturales que ofrece Monterrey. La subida al cerro era retadora e implicaba adentrarse en senderos con vegetación. En algunos tramos, la vegetación estaba alta, llegaba un poco más arriba de la rodilla. Pero llegar a la cima y poder divisar la ciudad desde arriba era la recompensa a todo el esfuerzo físico y las condiciones adversas del camino. Al final de la tarde, todo el grupo se encontraba ya reunido en la cima, disfrutando de las vistas y la brisa.

Al día siguiente, todos comenzaron a compartir las fotografías mediante el grupo de Whatsapp. Rodrigo comentó sobre las picaduras de insectos y las molestias que estas le estaban generando. El caso de Rodrigo era compartido por otros dos colegas, uno de ellos, Julián, era muy sensible y presentaba síntomas de alergia, así que decidió consultar con un médico. El médico le explicó que la mayoría de las ronchas eran producidas por los mosquitos. Sin embargo, había dos erupciones que le llamaban la atención, pues presentaban una lesión mayor. El doctor le comentó que podría ser la picadura de una chinche vector del *T. cruzi*, protozoo que causa la enfermedad de Chagas. Así, el médico le indicó que esperara un par de semanas para realizar estudios de sangre, con los que determinar si estaba infectado, ya que no siempre las chinches portan el microorganismo.

Los síntomas de Julián fueron aumentando con el transcurso del tiempo; tuvo fiebre y dolor intestinal. El médico le comentó que los resultados de los exámenes indicaban que había sido infectado y que ahora tenía el microorganismo en su cuerpo. También le dijo que hizo bien en consultar al médico rápidamente, ya que la enfermedad en etapa aguda tiene mayor probabilidad de ser tratada. Además, su infección podría quedar en el estado de crónica indeterminada, que significa que el protozoo no está comprometiendo el funcionamiento de órganos.

Al identificar la presencia del *T. cruzi*, el médico quedó sorprendido y preocupado. Entonces, decidió reportar el caso a salubridad. Los especialistas en esta enfermedad decidieron ir al Cerro de la Silla con la intención de recolectar algunos individuos y hacerles pruebas. En esa jornada de captura de chinches recolectaron 10 individuos.

«Imagina que tú eres parte del equipo de salubridad y te dieron un espécimen para analizar. Al finalizar tu estudio elabora un dictamen sobre este y argumenta sobre la pregunta de si es o no un vector del *T. cruzi* el causante de la enfermedad de Chagas».

En este caso, el desafío con el que se reta a los estudiantes para producir argumentos es identificar si un insecto asignado, ya sea el espécimen real o fotografías de este, pertenece a las chinches vectores del *Trypanosoma cruzi*. En consecuencia, los es-

tudiantes son llamados a construir datos de primera mano que les permitan establecer un dictamen sobre su espécimen. Para lograrlo, los docentes pueden sugerir búsquedas de información o presentarles información ya organizada sobre morfología del insecto vector y el protozoo patógeno. En la identificación del insecto es clave centrar la atención en la estructura bucal, pues las chinches pueden tener tres hábitos alimenticios (fitófagas, depredadoras y hematófagas) y esta determina su condición de vector.

En la asociación civil, ¿de qué hablamos cuando hablamos de Chagas? Podrán encontrar diversos recursos como libros y vídeos con los que puede introducirse más información sobre la problemática de Chagas y continuar promoviendo la argumentación de los estudiantes. Por otro lado, en el desarrollo del contexto argumentativo, el docente puede presentar algunas de las representaciones sociales vinculadas a Chagas e invitar a los estudiantes a recabar información sobre las posturas y acciones contra el Chagas de algunos sectores como el científico, el epidemiológico y el político.

4.7. Ejemplo 2: la problemática ambiental en torno a un río

Este contexto argumentativo fue desarrollado por Guerrero (2020), se titula: *¿Qué hacemos con el río?* Fundamentalmente, se plantea una situación ambiental asociada con el manejo del río Santa Catarina, ubicado en Monterrey (México). Los problemas ambientales por definición involucran aspectos naturales y sociales. Esto supone que cualquier área natural ha sido afectada directa o indirectamente por las actividades humanas (Diegues, 2005), que es imposible separar la sociedad de la naturaleza y que cualquier sistema político y productivo conlleva formas específicas de relación entre humanos y naturaleza.

Las problemáticas ambientales son CSC que involucran actividades y necesidades humanas como la producción, la vivienda, la agricultura, etc. De manera que frecuentemente las alterna-

tivas de solución a estos problemas implican limitar o modificar actividades humanas, que pueden ser de gran importancia para la sociedad en su conjunto o para un grupo social específico. Esto conlleva tensiones, conflictos y perspectivas diferentes. En este caso, en el manejo de un río se evidencian los intereses de diversos sectores sociales y económicos. Por ejemplo, los constructores tienen intereses que pueden contraponerse diametralmente con personas y organizaciones ambientalistas.

El caso del río Santa Catarina ilustra las características antes descritas. Con el crecimiento de la población en Monterrey (México), la disponibilidad de agua se convirtió en un problema, y a mediados del siglo XX se realizaron obras para extraer agua de las zonas en las que se ubican los afluentes del río Santa Catarina. A la vez, se trató de canalizarlo en la parte céntrica de la ciudad. En este proceso no se consideró el impacto en los ecosistemas asociados al río, y poco a poco este se desecó. A finales del siglo pasado se construyeron zonas recreativas en la ribera, pero el arribo de un huracán provocó que el río se desbordara y arrastrara esas construcciones. La problemática del río está siempre presente para los habitantes de la ciudad, y diferentes sectores han propuesto soluciones que van desde la canalización total hasta la restauración ecológica.

Contexto argumentativo

Diferentes instancias particulares y públicas han visto en el lecho del río un espacio susceptible de ser intervenido para construir áreas de esparcimiento y recreación, que sean un atractivo para la ciudad y valoricen ciertas zonas aledañas. Por otra parte, como es sabido, Monterrey requiere nuevas vías que faciliten la circulación de los automóviles. Por esto se propone usar esta área para mejorar la infraestructura de la ciudad y prevenir su deterioro.

En contraparte, algunos ciudadanos y expertos en ecología afirman que es inadmisibles cualquier intervención sobre el río, pues gracias a que no se han hecho construcciones se ha dado una regeneración ecológica. En este río se han registrado más de 1000 especies de flora y fauna. De esas especies, 70 son aves re-

gionales y migratorias. Aunado a esto, algunos expertos señalan que, si bien el río no tiene actualmente una corriente de agua constante, la llegada de un huracán o de lluvias constantes aumentará su flujo, por lo que potencialmente puede causar daños graves. Además de estas dos posiciones casi antagónicas, existen diversas propuestas intermedias que se sustentan en posibilidades urbanísticas, ambientales y recreativas. En efecto, como producto de este debate existen muchos datos sobre la condición del río.

Con base en este contexto se dan algunas informaciones iniciales sobre la CSC y se pide a los estudiantes que redacten una carta al alcalde de la ciudad explicando la solución que proponen para el río. Posteriormente, se desarrollan actividades en las que los estudiantes deben identificar información científica sobre el estado del río, reconocer los principales sectores que tienen intereses en el río y extraer los argumentos principales que cada uno de ellos esgrime. En diversas actividades de roles se contraponen argumentos tratando de defender las posiciones de las diferentes partes involucradas. Finalmente, se propone a los estudiantes que escriban una carta al gobernador del Estado planteando soluciones y tratando de sustentarlas con la información que se ha recabado. Algunas preguntas que movilizan el abordaje de este contexto argumentativo son: ¿se debe incidir o no sobre el lecho del río Santa Catarina?; como ciudadano/a, ¿qué propones que debe hacerse con esta importante área de la ciudad?

4.8. Conclusiones

El quehacer de los docentes tiene un importante componente de planeación y diseño que generalmente no se visibiliza ni destaca. En este momento clave de la acción del profesor se ponen en juego diversos supuestos, conocimientos, diversas creencias y actitudes que configuran el marco en el cual se desarrolla el diseño de las experiencias en el aula. En este texto se presentó particularmente una reflexión tendiente a apoyar a los profesores en la

construcción de contextos argumentativos que sean la base para actividades que se enfoquen en promover la argumentación científica.

En la respuesta al interrogante: ¿qué características debe tener una actividad educativa para promover el desarrollo de la argumentación científica?, es evidente que el análisis de los resultados de investigación del campo de la educación en ciencias y, en particular, de la línea sobre la argumentación científica es una plataforma de partida, ya que se identifican características clave, que son una referencia para pasar a la fase de diseño. Esto se constituye en un punto de partida para crear actividades intencionadas al desarrollo de la argumentación científica en los estudiantes. En este estudio, presentamos una ruta posible para lograr estos diseños; enfatizando en la elaboración del contexto argumentativo.

La idea de contexto argumentativo se concibe como un mecanismo que despierta interés y moviliza a los estudiantes a participar en acciones que le permitan resolver el desafío que se establece. De modo que se busca quebrar el modelo tradicional de enseñanza por transmisión-recepción. Además, el vínculo que se establece entre el contexto argumentativo con las CSC busca que los aprendizajes que se construyan sean de relevancia personal y social para los estudiantes, y les dé herramientas para participar en la toma de decisiones, empleando un pensamiento crítico en el que concibe la participación de diferentes sectores en la comprensión de una problemática, entre los cuales la comunidad científica está aportando ideas.

Los ejemplos de contextos argumentativos que presentamos dejan entrever que estos son una actividad que se puede encadenar a otras; es decir, pueden ser considerados la base que da continuidad a una secuencia de actividades encaminada a la formación de una ciudadanía activa y comprometida democráticamente, conforme la visión III de la alfabetización científica (Valladares, 2021). En ese sentido, los docentes son llamados a continuar desarrollando sus capacidades de diseño para proponer actividades que atiendan a los propósitos que se plantean.

Referencias

- Ameiva, C. (2014). El chagas en la actualidad de latinoamérica: viejos y nuevos problemas, grandes desafíos. *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*, 62, 1-19
- Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C. y Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*, 2 (4), 450-452.
- Archila, P. A. (2015) ¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación? Lo que sugieren los avances actuales de investigación. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 20 (3), 399-432.
- Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J. y Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: defending and extending «science-in-context». *Cultural Studies of Science Education*, 15, 825-851.
- Berland, L. K. y McNeill, K. (2010). A learning progression for scientific argumentation: understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94 (5), 765-793. <https://doi.org/10.1002/sce.20402>
- Blanco Anaya, P., & Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (2), 35-52. <https://doi.org/10.5565/rev/eniencias.1009>
- Brown, M. W. (2009). The teacher-tool relationship: theorizing the design and use of curriculum materials. En: J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann y G. M. Lloyd (eds.). *Mathematics teachers at work: connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17-36). Routledge.
- Brown J. C. y Livstrom, I. C. (2020). Secondary science teachers' pedagogical design capacities for multicultural curriculum design. *Journal of Science Teacher Education*, 31 (8), 821-840, <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1756588>
- Candela Rodríguez, B. F. (2023). La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias. *Bio-grafía*, 16 (31). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.16.num31-19727>
- Capkinoglu, E., Yilmaz, S. y Leblebicioglu, G. (2019). Quality of argumentation by seventh graders in local socioscientific issues. *Journal*

- of Research in Science Teaching*, 57 (6), 827-855. <https://doi.org/10.1002/tea.21609>
- Diegues, C. (2005). *El mito moderno de la naturaleza intocada*. NUPAUB-USP.
- Duschl, R. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 3-20.
- Duschl, R. (2008). Quality argumentation and epistemic criteria. En: Erduran, S. y Jiménez-Aleixandre, M. (eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 159-175). Springer.
- Erduran, S., Simon, S. y Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88 (6), 915-933. <https://doi.org/10.1002/sci.20012>
- Erduran, S. (2019). Argumentation in chemistry education: an overview. En: S. Erduran (ed.). *Argumentation in chemistry education: research, policy and practice* (pp. 1-10). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781788012645-00001>
- Faize, F. A., Husain, W. y Nisar, F. (2018). A critical review of scientific argumentation in science education. *EURASIA. Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14 (1), 475-483. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80353>
- Gagnon, G. W. y Collay, M. (2005). *Constructivist learning design: key questions for teaching to standards*. Corwin.
- Grooms, J., Sampson, V. y Enderle, P. (2018). How concept familiarity and experience with scientific argumentation are related to the way groups participate in an episode of argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 55 (9), 1264-1286 <https://doi.org/10.1002/tea.21451>
- Guerrero, G. J. (2020). ¿Qué hacemos con el río? *Una investigación acerca de las prácticas argumentativas en un grupo de estudiantes del sexto grado de Educación Básica* (tesis de maestría). Programa de Maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Monterrey, Nuevo León, México. <https://repositorio.cinvestav.mx/handle/cinvestav/4765>

- Hug, B. y McNeill, K. (2008). Use of first-hand and second-hand data in science: does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education*, 30 (13), 1725-1751.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2011). *The role of justifications in integrating evidence in arguments: making sense of gene expression* (documentación presentada en congreso). European Science Education Research Association, Lyon, Francia.
- Jirout, J. y Klahr, D. (2012). Children's scientific curiosity: in search of an operational definition of an elusive concept. *Developmental Review*, 32, 125-160.
- Knight-Bardsley, A. y McNeill, K.L. (2016), Teachers' pedagogical design capacity for scientific argumentation. *Science Education*, 100, 645-672. <https://doi.org/10.1002/sce.21222>
- König, J., Bremerich-Vos, A., Buchholtz, C., Fladung, I. y Glutsch, N. (2020). Pre-service teachers' generic and subject-specific lesson-planning skills: On learning adaptive teaching during initial teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 43 (2), 131-150, <https://doi.org/10.1080/02619768.2019.1679115>
- Kuhn, D. (2011) What is scientific thinking and how does it develop? En: Goswami, U. (ed). *Handbook of childhood cognitive development* (2.ª ed.) (pp. 497-523). Wiley-Blackwell.
- Liu, X. (2013). Expanding notions of scientific literacy: a reconceptualization of aims of science education in the knowledge society. En: *Science education for diversity: theory and practice* (pp. 23-39). Springer.
- Macalalag, A. y Duncan, R. G. (2010). Changes in teachers' ability to design inquiry-based lessons during a two-year preparation program. En: Gomez, K., Lyons, L. y Radinsky, J. (eds.). *Learning in the disciplines*. Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2010) (vol. 1, pp. 199-206). International Society of the Learning Sciences.
- Manz, E. (2015). Representing student argumentation as functionally emergent from scientific activity. *Review of Educational Research*, 85(4), 553-590,
- Milanovic, V. D. y Trivic, D. D. (2020). Arguments of 14-year-olds in the context of history of the development of organic chemistry.

- Science & Education*, 29, 43-74. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00092-8>
- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M. y Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. En: H. Kloos, B. J. Morris y J. L. Amaral (eds.). *Current topics in children's learning and cognition* (pp. 61-82). InTech.
- Nawani, J., Von Kotzebue, L., Spangler, M. y Neuhaus, B. J. (2018). Engaging students in constructing scientific explanations in biology classrooms: a lesson-design model. *Journal of Biological Education*, 53 (4), 378-389. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1472131>
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A. y Yao, S.-Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53 (6), 821-884. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Oreskes, N. (2018). The scientific consensus on climate change: how do we know we're not wrong? En: Lloyd, E. y Winsberg, E. (eds.). *Climate modelling* (pp 65-99). Palgrave MacMillan.
- Ortiz, R. G. y Cervantes, C. M. L. (2015) La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama*, 9 (17), pp. 10-23.
- Park, W., Erduran, S., Song, J. y Kim, M. (2023). «It's a lesson with no correct answer»: design issues in preservice teachers' use of history of science for lesson planning. *International Journal of Science Education*, 45 (3), 181-203. [10.1080/09500693.2022.2154132](https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2154132)
- Puig, B., Blanco-Anaya, P. y Pérez-Maceira, J. J. (2021). «Fake news» or real science? Critical thinking to assess information on COVID-19. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.646909>
- Ramírez, L. D. y Salazar-López, T. I. (2022). La calidad del agua de los ríos: un contexto para explorar la competencia argumentativa en estudiantes de secundaria. *Revista de Ensino de Biología*, 15 (2), 925-949. <https://doi.org/10.46667/renbio.v15i2.719>
- Revel Chion, A. F. R. (2015). *Educación para la salud: enfoques integrados entre la salud humana y ambiente. Propuestas para el aula*. Paidós.
- Revel Chion, A. F. R, Meinardi, E. y Adúriz, A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciência & Educação*, 20(4), 987-1001.
- Rusznayk, L. y Walton, E. (2011). Lesson planning guidelines for student teachers: a scaffold for the development of pedagogical con-

- tent knowledge. *Education as Change*, 15 (2), 271-285. <https://doi.org/10.1080/16823206.2011.619141>
- Sadler, T. D. (2004). Moral and ethical dimensions of socioscientific decision-making as integral components of scientific literacy. *Science Educator*, 13 (1), 39-48.
- Sagir, S. U. (2011) Reviewing science and nature activities of preschool teachers. *Energy education science and technology. Part B. Social and Educational Studies*, 3 (3), 331-342.
- Salazar-López, T. I. y Carrillo-Tripp, M. (2022). Líneas argumentativas de profesores de biología sobre el origen del coronavirus SARS-CoV-2. *Enseñanza de las Ciencias*, 40 (2), 1-18. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3537>
- Salazar-López, T. I., Jiménez-Taboada, N. y Guerra-Ramos, M. T. (2021). Habilidades argumentativas en profesores en formación continua: el contexto de la enfermedad de Chagas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18 (2), art. 2602. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2602
- Sampson, V., Grooms, J. y Walker, J. P. (2011). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: an exploratory study. *Science Education*, 95 (2), 217-257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Sandoval, W. A. (2014). Conjecture mapping: an approach to systematic educational design research. *Journal of the Learning Sciences*, 23 (1), 18-36.
- Sanmartino, M. (2015). *Hablamos de Chagas: aportes para repensar la problemática con una mirada integral*. CONICET.
- Theoharis, G. y Causton-Theoharis, J. (2011) Preparing pre-service teachers for inclusive classrooms: revising lesson-planning expectations. *International Journal of Inclusive Education*, 15 (7), 743-761. <https://doi.org/10.1080/13603110903350321>
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University.
- Valdez, A. (2015). *Prácticas y representaciones sociales asociadas a la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en Zoh-Laguna, Calakmul, México* (tesis de doctorad). El Colegio de la Frontera Sur. ECOSUR.
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30 (3), 557-587.

- Varela, C. M. P., Blanco A. P. y Díaz, J. B. (2020). Establecimiento de líneas argumentativas en la resolución de un problema con enzimas. *Enseñanza de las Ciencias*, 38 (2), 163-180. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2823>
- Whittington, K. y Tekkumru-Kisa, M. (2020). Pre-service science teachers as curriculum designers: learning opportunities afforded in task selection. *Journal of Science Teacher Education*, 31 (5), 537-555. <https://doi.org/10.1080/1046560x.2020.17289>
- Zaragoza, A., Seidel, T. y Hiebert, J. (2021). Exploring preservice teachers' abilities to connect professional knowledge with lesson planning and observation. *European Journal of Teacher Education*. <https://doi.org/10.1080/02619768.2021.1996558>
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172-223
- Zohar, A. y Nemet, F. (2001). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (1), 35-62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

Semblanza autores

Robinson Viafara Ortiz



Profesor Titular de la Universidad del Valle, adscrito a la Escuela de Ciencias, Tecnologías y Culturas de la Facultad de Educación y Pedagogía. Magister en Educación con énfasis en la enseñanza de las Ciencias. Experiencia en la formación de educadores en ciencias y en la investigación en diversas líneas de investigación del grupo interinstitucional Ciencias Acciones y Creencias. Es autor de varios artículos, libros y capítulos de libro que abordan problemáticas de investigación de la historia de las ciencias, el conocimiento pedagógico del contenido y la relación entre las TIC y la enseñanza de las ciencias.

Boris Fernando Candela Rodríguez



Profesor asociado de la Universidad del Valle. Magíster en Educación con énfasis en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, Universidad del Valle. Investigador asociado en el Ministerio de Ciencias y Tecnologías de Colombia. Ha participado como investigador en diversos estudios sobre la enseñanza y aprendizaje de esta disciplina, labor de la que ha derivado la publicación de múltiples artículos, libros y capítulos de libro.

Alfonso Claret Zambrano



Profesor e investigador vinculado a la escuela de educación en ciencias, tecnología y cultura de la Facultad de Educación y Pedagogía en la Universidad del Valle. Ph. D. in Science Education of Institute of Education, University of London. Ha dedicado su vida investigativa al estudio de la enseñanza de las ciencias naturales, con especial interés por la biología y la química siendo reconocido en 2017 como investigador emérito por Colciencias con vigencia vitalicia y coordinando el grupo de investigación Ciencias, Acciones y Creencias, abordando líneas tales como: relación entre conocimiento común y conocimiento científico en el contexto de la enseñanza, aprendizaje y cambio conceptual de las ciencias, desarrollo curricular en ciencias experimentales, relación educación en ciencias y medios y nuevas tecnologías, relación entre el conocimiento del maestro y el conocimiento del estudiante, labor de la que ha derivado la publicación de múltiples artículos, libros y capítulos de libro.

Tatiana Iveth Salazar López



Docente e investigadora en el marco del programa de Investigadores por México del CONAHCYT, comisionada al CINVESTAV, Unidad Monterrey, en el programa de la Maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana. Doctora en Educación para la Ciencia egresada de la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho de Bauru (Sao Paulo, Brasil). Sus líneas de investigación son: el desarrollo de habilidades científicas (como la observación, explicación y argumentación científicas) en contextos de salud y educación ambiental. Además, de la formación de profesores de ciencias.

Sonia Osorio Toro



Fisioterapeuta, magister en Ciencias Biomédicas y doctora en Educación de la Universidad del Valle. Profesora asociada del Departamento de Morfología de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle, con experiencia en la enseñanza de la anatomía humana, interesada en comprender los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en este campo de conocimiento.

Leidy Yurani Villa García



Docente e investigadora vinculada al Instituto de Educación Matemáticas y Científica (IEM-CI), Universidad Federal de Pará. Docente adscrita a la SEM Santiago de Cali, Institución Educativa Eustaquio Palacios (Cali, Colombia). Licenciada en Educación Básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental. Magister en Educación con énfasis en enseñanza de las ciencias, Universidad del Valle (Cali, Colombia). Doctora en Educación en Ciencias y Matemáticas en la Universidad Federal de Pará (Belem do Pará, Brasil). Integran-te de los grupos de investigación sobre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (GECTSA, UFPA) y Ciencia, Acciones y Creencias de la Universidad del Valle en Colombia. Líneas de investigación: conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK), ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), formación de profesores de ciencia, desarrollo curricular.

Gonzalo Peñaloza Jiménez



Doctor en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Colombia y doctor en Enseñanza, Filosofía e Historia de las Ciencias de la Universidad Federal de Bahía en Brasil. Actualmente es investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzado del IPN (CINVESTAV) en su Unidad Monterrey y coordinador académico de la maestría en Educación en Biología para la Formación

Ciudadana de ese centro. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías de México. Su investigación se enfoca en comprender la relación entre la enseñanza de la biología, la política y la cultura.

Carlos Humberto Zuluaga Trujillo



Profesor de la Institución Educativa INEM Jorge Isaac, perteneciente a la Secretaría de Educación del Municipio de Santiago de Cali y profesor en la Universidad del Valle en los niveles de pregrado y doctorado en Educación con énfasis en la enseñanza de las ciencias. Doctor en Educación para las Ciencias en la Universidad Estadual Paulista «Julio de Mesquita Filho» sede Bauru, Saó Paul, Brasil

(2017). Ha participado en investigaciones dentro del grupo Ciencias Acciones y Creencias, además de evaluador y asesor de diferentes investigaciones dentro de la línea de investigación de la formación de profesores en ciencias, el conocimiento pedagógico del contenido, historia de las ciencias en la enseñanza y modelización en la enseñanza de las ciencias.

Índice

Introducción	9
Referencias bibliográficas	15
1. La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias	17
1.1. Introducción	18
1.2. Metodología	19
1.3. Análisis de datos	20
1.4. La IBD, las teorías de dominio específico y el ciclo de diseño iterativo en la educación en ciencias	23
1.5. La investigación basada en el diseño (IBD) y su aplicación en la educación científica: un enfoque metodológico	25
1.6. Relación entre el ciclo de la IBD y el desarrollo curricular .	26
1.7. La evolución de la investigación basada en el diseño (IBD) hacia un enfoque emancipador en la educación en ciencias: desafíos y oportunidades	29
1.8. Conclusiones	30
Referencias	31
2. El diseño de una propuesta de enseñanza aprendizaje de la anatomía humana a partir de la construcción de modelos	33

2.1. Introducción	34
2.2. Metodología	36
2.3. Resultados	39
2.4. Sustento teórico de la propuesta	41
2.5. Objetivos de aprendizaje	42
2.6. Actividades de la propuesta de E-A de la AMH.	43
Interés particular acerca de un sistema, una región o un órgano del cuerpo humano	43
Planteamiento de preguntas acerca del tema de interés	43
Comparación y análisis de textos de anatomía humana	45
La observación e indagación de diferentes modelos anatómicos existentes.	45
2.7. Experimentación	46
Identificación de dificultades para la comprensión del tema	49
Concertación de ideas y propósito del modelo	49
Trabajo interdisciplinar	50
Mejoras en el modelo.	50
Escritura	51
Socialización	51
2.8. Evaluación	51
2.9. Conclusiones	53
Referencias.	54
3. Investigación y diseño de proyectos pedagógicos productivos: potenciando la formación científica escolar	59
3.1. Introducción.	60
3.2. Metodología	66
3.3. Resultados	67
Generalidades de la propuesta	71
El PPP desarrollado a través de un problema sociocientífico	72
Tareas problemáticas orientadas desde las diferentes áreas	73
Producto final (proyecto).	73
Proceso de evaluación	75
3.4. Conclusiones	77
Referencias.	78

4. La investigación y el diseño como fuente para construir contextos argumentativos	81
4.1. Introducción.	82
4.2. La argumentación en la educación en ciencias.	85
4.3. Abordajes de la argumentación en educación en ciencias	87
4.4. La enseñanza como diseño.	89
4.5. De los resultados de investigación al diseño de contextos argumentativos.	91
4.6. Ejemplo 1: la problemática de Chagas	92
Contexto argumentativo.	94
4.7. Ejemplo 2: la problemática ambiental en torno a un río.	96
Contexto argumentativo.	97
4.8. Conclusiones	98
Referencias.	100
Semblanza autores	107

Investigación y diseño, una sinergia que orienta la construcción de propuestas de enseñanza de las ciencias

Este libro se presenta como un recurso esencial para investigadores y docentes en formación, así como para educadores en ejercicio en el ámbito de la educación científica. A través de un enfoque reflexivo y fundamentado, los autores exploran la interrelación entre investigación y diseño educativo, proponiendo estrategias efectivas para la construcción de la enseñanza en ciencias. Con un enfoque centrado en la enculturación científica, la obra ofrece un marco teórico que aboga por la implementación de proyectos de indagación que enriquezcan la enseñanza en los niveles de educación primaria, secundaria y terciaria.

El objetivo general del texto es promover procesos de reflexión crítica en el profesorado, destacando la importancia de adoptar una de las tres visiones de alfabetización científica que definen la identidad del currículo de ciencias. Se presentan herramientas y metodologías que permiten al educador diseñar propuestas didácticas innovadoras, fomentando así un aprendizaje significativo y contextualizado que empodera a los estudiantes en su comprensión del mundo natural. Este enfoque no solo busca mejorar las competencias científicas, sino también promover el pensamiento crítico, cultivar una actitud de curiosidad y cuestionamiento entre los alumnos.

Los autores **Robinson Viafara Ortiz, Boris Fernando Candela, Alfonso Claret Zambrano, Sonia Osorio, Carlos Zuluaga, Leidy Yurani Villa García, Tatiana Iveth Salazar-López y Gonzalo Peñaloza** son docentes e investigadores destacados del campo de la Educación en Ciencias. Con una amplia trayectoria en la formación docente y el desarrollo curricular, han trabajado incansablemente para impulsar prácticas educativas que transformen la enseñanza de las ciencias. Su compromiso con la investigación educativa y su pasión por la enseñanza se reflejan en cada página de esta obra, haciendo de este libro una guía indispensable para quienes buscan enriquecer la educación científica en sus contextos.

**Grupo interinstitucional «Ciencia, Acciones y Creencias»
UPN-UV, Universidad del Valle**
