



Modelización de un ecosistema de humedal. Representaciones socioambientales de los estudiantes de secundaria e implicaciones para la enseñanza de la ecología

- Modeling a Wetland Ecosystem: High School Students' Socio-Environmental Representations and Implications for Ecology Teaching
- Modelagem de um ecossistema de área úmida. Representações socioambientais de estudantes do ensino médio e implicações para o ensino de ecologia

Susana Abella* 
Álvaro García-Martínez** 

* Magíster en Educación. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. nsbaellap@udistrital.edu.co

** Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. alvaro.garcia@udistrital.edu.co

Forma de citar este artículo:

Abella, S. y García-Martínez, Á. (2024). Modelización de un ecosistema de humedal. Representaciones socioambientales de los estudiantes de secundaria e implicaciones para la enseñanza de la ecología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (56), 135 - 152. <https://doi.org/10.17227/ted.num56-17256>

Resumen

Este artículo de investigación presenta los resultados de la implementación de un diseño didáctico fundamentado en el modelo “reloj de arena” para la enseñanza de la ecología. Este se basa en la historia ambiental y las interacciones entre organismos en el espacio-tiempo de manera sistémica. Este trabajo se realizó con 16 estudiantes de secundaria de un colegio público en Bogotá, y se centró en los ecosistemas de humedales como referencia. A partir de la modelización, la historia ambiental y la georreferenciación se fundamentaron las actividades orientadoras. Estas consistieron en: 1) una salida de campo al humedal Torca, y 2) un video sobre la historia ambiental de los humedales en Bogotá. Los estudiantes, en parejas, construyeron maquetas que reflejaban su percepción inicial del humedal, las cuales fueron refinadas constantemente a



través de la socialización y la retroalimentación, hasta llegar a una segunda versión más compleja. Esta investigación tiene un enfoque cualitativo y se trata de un estudio de caso múltiple. Para el análisis, se empleó el software NVivo con tres categorías preestablecidas: el modelo material, el enfoque intercultural y los factores socioecológicos. Se tuvieron en cuenta ambas versiones de las maquetas y se generaron nubes de palabras a partir de las transcripciones de las exposiciones. Entre los resultados, se destaca que los estudiantes fueron capaces de georreferenciar cuerpos de agua, cerros orientales, vías, basura y construcciones, no solo a partir del video, sino también gracias a la experiencia en el recorrido. La mayoría comprendió los sucesos del pasado como resultado de las condiciones socioculturales y ambientales actuales. Las maquetas, como recurso didáctico, evidencian la importancia de desarrollar modelos como herramientas sensoriales que facilitan la construcción de explicaciones.

Palabras clave

didáctica de la ecología; modelización; ecosistema de humedal; historia ambiental; georreferenciación

Abstract

This research article presents the results of implementing a didactic design based on the “hourglass model” for teaching ecology. This model is based on environmental history and the interactions among organisms in space-time systemically. This study was conducted with 16 high school students from a public school in Bogotá, focusing on wetland ecosystems as a reference. The guiding activities were based on modeling, environmental history, and georeferencing. These activities included: 1) a field trip to the Torca wetland, and 2) a video about the environmental history of wetlands in Bogotá. The students, in pairs, constructed models that reflected their initial perception of the wetland, which were continually refined through socialization and feedback until they arrived at a more complex second version. This research has a qualitative approach and is a multiple-case study. For analysis, NVivo software was used with three pre-established categories: the material model, the intercultural approach, and socio-ecological factors. Both versions of the models were considered, and word clouds were generated from the transcriptions of the presentations. Among the results, it is highlighted that students were able to georeference bodies of water, eastern hills, roads, garbage, and buildings, not only from the video but also thanks to the experience on the field trip. Most students understood past events as a result of current socio-cultural and environmental conditions. The models, as a didactic resource, demonstrate the importance of developing models as sensory tools that facilitate the construction of explanations.

Keywords

didactics of ecology; modeling; wetland ecosystem; environmental history; georeferencing

Resumo

Este artigo de pesquisa apresenta os resultados da implementação de um design didático fundamentado no modelo “ampulheta” para o ensino da ecologia. Este modelo baseia-se na história ambiental e nas interações entre organismos no espaço-tempo de maneira sistêmica. Este trabalho foi realizado com 16 estudantes do ensino médio de uma escola pública em Bogotá, e centrou-se nos ecossistemas de áreas úmidas como referência. Com base na modelagem, história ambiental e georreferenciação, foram estabelecidas atividades orientadoras, que consistiam em: 1) uma saída de campo ao pântano de Torca, e 2) um vídeo sobre a história ambiental das áreas úmidas em Bogotá. Os estudantes, em duplas, construíram maquetes que refletiam sua percepção inicial da área úmida, as quais foram constantemente refinadas por meio da socialização e do feedback, até chegar a uma segunda versão mais complexa. Esta pesquisa tem uma abordagem qualitativa e trata-se um estudo de caso múltiplo. Para a análise, foi utilizado o software NVivo com três categorias pré-estabelecidas: o modelo material, a abordagem intercultural e os fatores socioecológicos. Consideraram-se ambas as versões das maquetes e foram geradas nuvens de palavras a partir das transcrições das apresentações. Entre os resultados, destaca-se que os estudantes foram capazes

de georreferenciar corpos d'água, morros orientais, estradas, lixo e construções, não apenas a partir do vídeo, mas também graças à experiência na saída de campo. A maioria compreendeu os eventos passados como resultado das condições socioculturais e ambientais atuais. As maquetes, como recurso didático, demonstram a importância de desenvolver modelos como ferramentas sensoriais que facilitam a construção de explicações.

Palavras-chave

didática da ecologia; modelagem; ecossistema de áreas úmidas; história ambiental; georreferenciação

Introducción

Uno de los objetivos fundamentales de la enseñanza de la ecología es que los estudiantes comprendan las relaciones entre la especie humana y su entorno. Como señaló Margalef (1974, citado por Fernández y Casal, 1995) hace más de 50 años, los problemas de conservación y explotación de la naturaleza tienen una base ecológica y deben ser abordados desde una perspectiva educativa, y mediante la formulación de leyes y regulaciones. Por lo tanto, en la actualidad se considera que es relevante explorar otros campos del conocimiento para enriquecer la ecología, como los territorios ecosistémicos, desde perspectivas éticas, históricas, geológicas, geográficas, entre otras.

Enseñar y aprender ecología implica comprender las condiciones ambientales percibidas por organismos heterogéneos en el espacio-tiempo, así como la distribución de los organismos y las interacciones que dependen de las contingencias (Scheiner y Willig, 2011). Partir del contexto real es fundamental para ampliar las perspectivas de los estudiantes sobre los ecosistemas. También lo es la utilización de estrategias didácticas que permitan identificar las representaciones que tienen del mundo que les rodea. Para profundizar en la comprensión del territorio, es necesario reconocer aspectos históricos y adoptar miradas críticas al transitar por las rutas que habitualmente recorren hacia la escuela o a casa, pero que rara vez se examinan detenidamente.

Con el propósito de contribuir a la comprensión y el cuidado del entorno natural en el ámbito escolar, este artículo surge de una propuesta didáctica derivada de un trabajo de investigación doctoral que se centró en un ecosistema de humedal cercano a la institución educativa seleccionada para la intervención. En este documento se describe una de las actividades principales, que consistió en caracterizar los procesos de modelización de ocho grupos de estudiantes de secundaria en relación con el humedal Torca, a partir de un video que incorpora georreferenciación e historia ambiental del agua y los humedales de Bogotá.

El proceso de modelización se llevó a cabo mediante la elaboración de maquetas después de visitar el humedal y ver el video “Humedal Torca, un chapuzón en nuestra historia”, elaborado por la autora principal de esta investigación. Este video relata la historia de Bogotá desde sus inicios hasta la formación de humedales y construcciones que han afectado estos ecosistemas, incluyendo posturas sobre su preservación y restauración. Tras sistematizar y analizar los trabajos de los estudiantes, se evidencia un avance en el aprendizaje en cuanto al reconocimiento geográfico e histórico del humedal y la ciudad, aunque se observan limitaciones en el reconocimiento de la biodiversidad y la representación a escala. Sin embargo, se espera consolidar los resultados con las demás actividades que enfatizan el pensamiento organísmico-sinecológico (Magntorn, 2007).

Antecedentes

La modelización es un proceso que facilita la transición del pensamiento abstracto al complejo (Graells, 1999) y permite comunicar las diferentes formas de percibir el mundo (Izquierdo, 2017). Para que se produzcan procesos de educación científica efectivos, es fundamental que el docente esté actualizado, seleccione cuidadosamente las actividades con el fin de fomentar el razonamiento argumentativo en sus estudiantes, y les proporcione las herramientas para expresar y aplicar lo aprendido en ciencias. La literatura científica ha propuesto varios momentos metodológicos para el desarrollo de estrategias de modelización, que incluyen la construcción, utilización, evaluación, replanteamiento y revisión de modelos, ya que estos son fundamentales para fortalecer el razonamiento de los estudiantes en torno a conceptos científicos (Schwarz, 2009).

En este caso específico, más que centrarse en ideas científicas, se trata de abordar la importancia de reconocer y cuidar el entorno, y evitar actitudes extractivistas que alejan al ser humano de su responsabilidad ambiental. Es crucial que el enfoque ambientalista o ecologista no se limite a la identificación de problemas, sino que también promueva acciones concretas dirigidas hacia el cambio social. La didáctica de la ecología “posibilita un mayor acercamiento a las problemáticas ambientales desde la desestructuración del pensamiento antropocéntrico que permite el abordaje de los conceptos estructurantes de la ecología y una posición responsable frente a la problemática ambiental” (Robles-Piñeros y Tateo, 2023, p. 702).

Algunos estudios han señalado la falta de comprensión de los estudiantes sobre los ecosistemas, ya que a menudo se limitan a descripciones reduccionistas de las características de estos espacios biodiversos, sin comprender sus complejas relaciones. Para abordar esta situación, autores como Gil-Quilez y Martínez-Peña (1992) proponen trabajar con un mayor nivel conceptual desde la didáctica, así como fomentar el dominio de actitudes y procedimientos de investigación propios de la ecología.

Los cambios reales se producen a través de la modificación de actitudes, valores y creencias hacia la naturaleza, lo que requiere el diseño de estrategias didácticas y educativas efectivas. Como afirmó Leopold (1949, citado en Baena, 2012, p. 6), “las obligaciones ambientales carecen de sentido sin conciencia”, por lo que es fundamental promover una mayor conciencia social hacia la tierra. En este sentido, la inclusión de la historia ambiental y la georreferenciación en la enseñanza de la ecología es fundamental para reconocer los humedales como parte del territorio y avanzar hacia una comprensión más profunda de la complejidad de los organismos, incluido el ser humano.

Referentes teóricos

Modelización y enseñanza de las ciencias

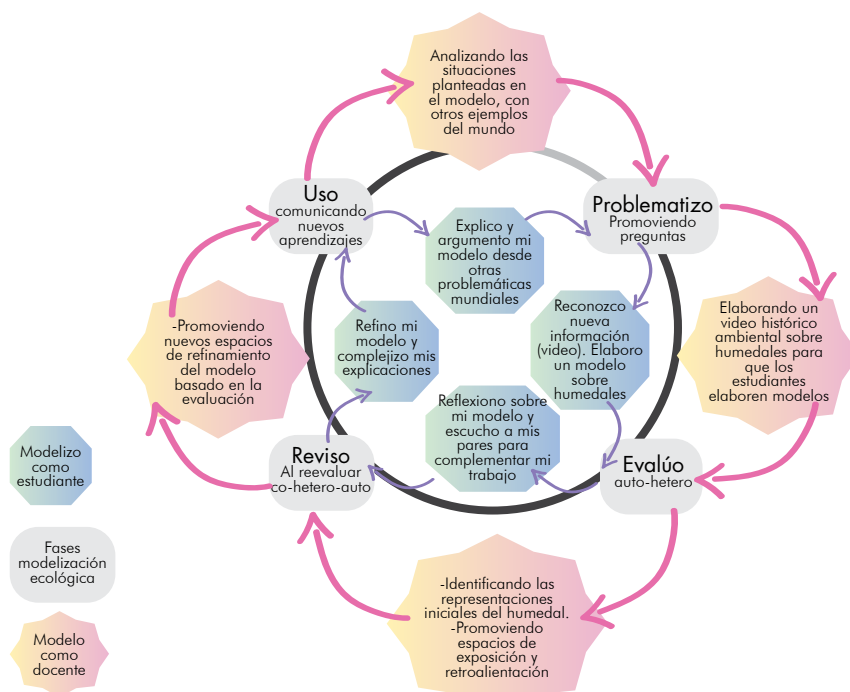
Respecto a la modelización para el aprendizaje de las ciencias, Schwarz y White (2010) proponen una rúbrica con cinco categorías —temas de prácticas de modelado, construir, evaluar, revisar y utilizar (p. 44)—, con el objetivo de que los estudiantes comprendan que los procesos de modelado son aprendizajes continuos, siempre mediados por la comunicación. En el contexto de la enseñanza de la ecología, se entiende que los fenómenos no son unicausales, sino que están influenciados por varios factores en una dinámica multicausal (Abella y García-Martínez, 2021a).

Por lo tanto, para enseñar ecología, se recurre al ciclo de modelización propuesto por Abella y García-Martínez (2021a), que enfatiza en no predecir fenómenos para

explicarlos, ya que los principios biológicos no son aplicables a lo inanimado (Mayr, 2006). Se requieren otro tipo de decisiones que involucren pensamiento cultural, ético, geográfico, histórico y político-económico para comprender los ecosistemas de humedal.

La figura 1 presenta el ciclo de modelización adaptado para el contexto de la actividad. Se evidencian cuatro momentos que pueden iniciarse según las necesidades didácticas. Para esta investigación, se sigue la sugerencia de los autores al desarrollar las actividades en el orden: problematizo, evalúo, reviso y uso. En los momentos en que los estudiantes modelizan, pueden utilizar dibujos, esquemas, mapas, diagramas, y en este caso particular, modelos materiales como maquetas. Desde la perspectiva docente, es posible diseñar diferentes recursos didácticos. Como se muestra en la adaptación de la figura, para esta investigación el recurso es un video.

Figura 1. Ciclo de modelización



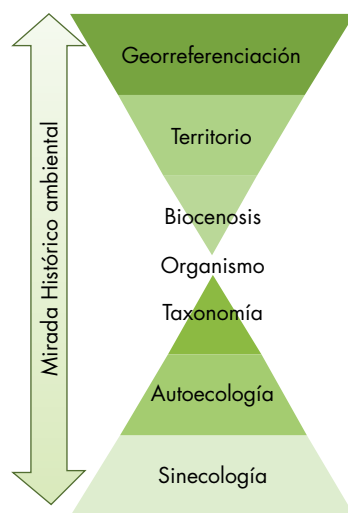
Fuente: adaptado de Abella y García-Martínez (2021a).

Enseñanza de la ecología

Una vez definido el referente desde la modelización, este se relaciona con la postura desde la enseñanza de la ecología, utilizando el modelo de reloj de arena propuesto por Abella y García-Martínez (2021b). En este modelo, los autores parten de los principios de la teoría ecológica de Scheiner y Willig (2008) que explica cómo los organismos se distribuyen en el tiempo y se relacionan con su entorno y con otros organismos, para poder explicar la historia ambiental como principio para la comprensión ecosistémica. El nombre del modelo se debe a la relevancia que se da a la incidencia del tiempo en estos cambios ecológicos. El otro extremo del diagrama del reloj de arena lo fundamentan los autores desde la estrategia de *Reading Nature* (Magntorn, 2007). Esta parte de la capacidad que deben tener los estudiantes para identificar organismos. Luego, aborda la taxonomía, que refiere la capacidad de los estudiantes para identificar organismos inicialmente con sus nombres comunes y así poder caracterizarlos. Más adelante, pasa a la autoecología, que se refiere a las características del organismo —ya que desde su morfología, comportamiento, alimentación, adaptaciones, distribución y abundancia se comprende su nicho—. Finalmente, cierra con la sinecología, que estudia las relaciones entre individuos que se evidencian en las cadenas y redes alimenticias que implican al humano y el contexto general. Las relaciones de los organismos con el entorno (vistas como dinámicas de nicho) son importantes para comprender las relaciones entre individuos de forma sistémica (Robles-Piñeros y Abella, 2021).

La figura 2 incluye una flecha vertical y bidireccional que implica una relación entre el paso del tiempo y las modificaciones en los ecosistemas desde la extensión o ubicación geográfica hacia la sinecología, debido a los cambios en la relación de los organismos.

Figura 2. Modelo reloj de arena teórico-metodológico para la enseñanza de la ecología



Fuente: Abella y García-Martínez (2021b, p. 5).

Al ser el objetivo de esta investigación ahondar en la comprensión de los estudiantes de secundaria sobre el territorio del ecosistema de humedal, principalmente desde la ubicación geográfica (para el desarrollo del pensamiento espacial) y la relación con los cambios histórico-ambientales, se toma la parte superior de la figura 2, denominada georreferenciación. Se da este paso para proporcionar la contextualización necesaria previa a la profundización netamente orgánica-sinecológica.

Dispuesto así, la modelización es un medio para comprender las representaciones sobre el humedal desde una mirada ecológica que se complejiza y deja de lado la idea de poner límites al territorio para definir ecosistemas. Este efecto secundario surge del fracaso temporal de los científicos para encontrar criterios fisonómicos u otros criterios empíricos mediante los cuales podrían definir las fronteras del ecosistema en todos los casos empíricos de manera objetiva y precisa (Schizas *et al.*, 2018). Para categorizarlos, se vuelve aún más relevante comprender que los ecosistemas no son porciones estrictamente delimitadas.

Metodología

Referentes metodológicos

El enfoque es cualitativo, ya que se recogieron datos de la literatura histórica y ambiental del humedal Torca que luego fueron presentados a los estudiantes. Estos últimos expresaron sus procesos de aprendizaje mediante maquetas, lo que les exigió realizar procesos cognitivo-lingüísticos de explicación e incluso argumentación. Así, se adopta desde el paradigma interpretativista, ya que se concibe la realidad como una construcción social que depende de los significados que cada estudiante atribuye a esa realidad (Bisquerra *et al.*, 2009).

Por otra parte, se trata de un estudio de caso múltiple (Castiblanco y Vizcaíno, 2010), dadas las características de los estudiantes. Se buscó encontrar en sus explicaciones nuevas construcciones en torno a la percepción del humedal Torca, y que estas fueran objeto de análisis sensible a sus narrativas y discurso.

Contexto y población

Participaron 18 estudiantes de décimo grado del Colegio Aquileo Parra I. E. D. de la ciudad de Bogotá, provenientes de los estratos socioeconómicos 2 y 3. El colegio está rodeado por el canal de agua Torca, que desemboca muy cerca en el humedal Torca. El grupo estaba conformado por 6 hombres y 10 mujeres, con edades comprendidas entre los 15 y 17 años. Fueron seleccionados de forma aleatoria-intencional cualitativa, ya que, por interés propio, en este grado escolar eligen una línea de investigación y la de ellos fue ciencias ambientales. Para las actividades, el trabajo se desarrolló en parejas, por lo que referimos en los resultados a 8 grupos desde el inicio del trabajo colaborativo.

Instrumentos para la recolección de datos

El instrumento utilizado para recopilar datos es una rúbrica que consta de tres categorías *a priori*: el *modelo material* para identificar la composición de la maqueta, seguido por las *categorías abordaje intercultural* y *factores socioecológicos*, dado que el video histórico hace énfasis en estas. Este instrumento se basa en la propuesta de Abella *et al.* (2022), que justifica las categorías para el análisis también de dibujos. La validez interna del instrumento es respaldada por el grupo de investigación, mientras que la validez externa se garantiza por la participación de expertos en modelización en la enseñanza de la ecología, quienes

validaron la relevancia de las variables categorizadas mencionadas (Hernández *et al.*, 2000). Como criterio de calidad, se llevó a cabo una triangulación (Coller, 2000) entre los resultados de las dos versiones de las maquetas, así como con la retroalimentación y las exposiciones.

A continuación, se presenta la tabla 1 que detalla las categorías de la rúbrica utilizada y sus fundamentos.

Tabla 1. Rúbrica con categorías para el análisis de maquetas

Categorías y contextos teóricos		
Categorías	Fundamentos georreferenciales y territorio en maquetas	Sustento teórico
Modelo material	- La iconicidad es diferenciable a través de colores, texturas, pictogramas, símbolos, etiquetas, gráficas y formas. - La perspectiva es macro (desde el aire), meso (al nivel de lo que la vista percibe) o micro (sabiendo que hay microorganismos poco o nada visibles). La composición puede estar a escala o sobredimensionar aspectos. - Distribuye los elementos del paisaje desde la geolocalización del mundo real.	Las maquetas como modelos materiales permiten evidenciar los procesos metacognitivos de los estudiantes durante el trabajo grupal. Los sistemas de información geográfica (SIG) cobran relevancia en la escuela porque la interacción con la experiencia del espacio vivido promueve el pensamiento crítico acerca de la relación entre ciudadanía y responsabilidad (Hammond <i>et al.</i> , 2018).
Abordaje intercultural	Aborda la representación cultural heredada del agua como sagrada o como eje de rituales ancestrales. Representa aspectos culturales propios de alguna época específica.	Partir de lo local, esto es, desde los aprendizajes previos que tienen los estudiantes y no solamente desde la mirada occidental, para tratar de identificar saberes cotidianos y heredados que ayudan a reducir la tensión entre las distintas miradas sobre la ciencia (Molina <i>et al.</i> , 2014)
Factores socioecológicos	- Presenta actividades humanas (pescar, nadar, caminar, cultivar, pasear, muestrear, enseñar, sembrar). - Incorpora aspectos urbanísticos como casas, escuelas, carreteras, puentes, vehículos, entre otras. - Ubica al humano en dos o más funciones. - Usa símbolos de restauración o señalización como cercas para el cuidado del humedal, letreros, senderos. - Incorpora problemáticas ambientales: contaminación por cementerios, basura, contaminación del aire. - Representa, en general, un ambiente prístino. - Evidencia la influencia del humano en cambios históricos del ambiente del ecosistema.	La ciudad se ha transformado y expandido. Esto se evidencia en la geografía y biodiversidad. Las necesidades humanas modifican el paisaje, por ejemplo, con la canalización de ríos, que resulta en la formación de otros cuerpos de agua (Palacio-Castañeda, 2008).

Fuente: elaboración propia.

Con dichas categorías, se esperaba que los estudiantes representaran, utilizando diferentes materiales, convenciones y etiquetas, el momento o momentos histórico-ambientales que consideraban relevantes para su comprensión del ecosistema de humedal, desde diferentes perspectivas (ancestral, cultural, biogeográfica, social, ambiental y política).

Procedimiento para el análisis de la información

Para cumplir con el objetivo, se sigue el ciclo de modelización de la figura 1. Es importante

destacar que el trabajo siempre se realizó en grupos (parejas) a quienes se les asignó un color para diferenciarlos (amarillo, rojo, fucsia, morado, gris, azul y verde). Una vez que los estudiantes observaron el video “Humedal Torca, un chapuzón en nuestra historia” (Abella, 15 de junio de 2021), elaboraron la primera versión de la maqueta. Posteriormente, la socializaron de forma grupal y recibieron retroalimentación de forma escrita mediante una rúbrica detallada en la tabla 2 (con autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación), para que refinaran sus maquetas.

Tabla 2. Rúbrica auto y coevaluación de las maquetas. Ejemplo de uno de los grupos (gris)

Elementos de Humedal Torca como patrimonio biocultural, un “Chapuzón” en nuestra historia	Versión 1	Versión 2
Aborda de alguna manera la representación cultural heredada del agua como “sagrada” o como eje de rituales ancestrales.	No	No
Relaciona distintos sistemas de conocimientos para encontrar oportunidades de diálogo.	No	No
Otros:		
Presenta humanos o actividades humanas (trabajar, pescar, conducir, nadar, coleccionar agua, caminar, cultivar, pasear, muestrear, enseñar, sembrar).	No	Si, uno está nadando.
Incorpora aspectos urbanísticos como casas, escuelas, carreteras, puentes, vehículos, entre otras.	Si, la carretera	Si, la carretera
Usa símbolos de restauración, o señalización como cercas para el cuidado del humedal, letreros, senderos.	No	No
Incorpora problemáticas ambientales: contaminación por cementerios, basura, calidad del aire.	Si, basura en los cuerpos de agua	Si, basura en los cuerpos de agua
Otros:		
Representa elementos no materiales como características climáticas o la ubicación.	Si	Si

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, los estudiantes realizaron una nueva exposición de la segunda versión de las maquetas, la cual fue grabada y transcrita. Esta socialización también fue evaluada con base en los aspectos que tuvieron en cuenta

y aquellos que podrían mejorarse (tabla 3), siguiendo la perspectiva de la modelización como una construcción continua para el aprendizaje (Schwarz et al., 2009).

Tabla 3. Aspectos para mejorar las maquetas. Ejemplo con dos grupos

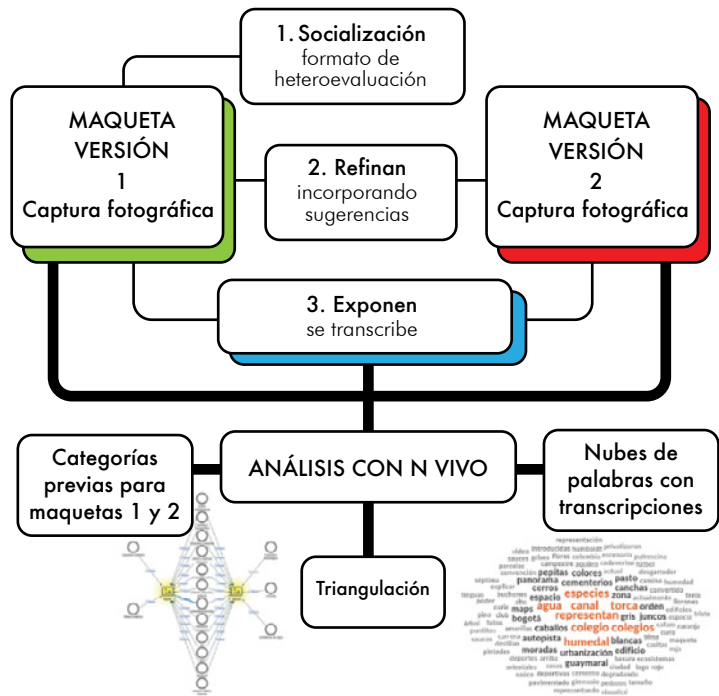
Basados en la retroalimentación, hacer ajustes a las maquetas para refinarlas de acuerdo a lo que consideren que las podría mejorar.

Yo como evaluador			
	Mi compañero	Lo que tuvo en cuenta	Lo que podría mejorar
1	Morado	Línea temporal con todo lo mencionado por la profe y los conceptos claves del video visto en clase.	Hablar de la contaminación del río Bogotá y del cuerpo de agua del humedal torca - Guaymaral
2	Amarillo	El antes y después del humedal torca y la urbanización y contaminación del humedal.	Tal vez mostrar más la urbanización del humedal y la contaminación en la actualidad.

Fuente: elaboración propia.

El análisis cualitativo se llevó a cabo utilizando el software NVivo. En este proceso, se asignaron códigos a las categorías mencionadas en la tabla 1 y se contrastaron las versiones inicial y final de las maquetas que fueron fotografiadas. Para las transcripciones de las exposiciones, se generaron análisis que mantuvieron las ideas en las que hicieron énfasis. A partir de esto, se construyeron nubes de palabras y esquemas que permitieron identificar los términos más utilizados para correlacionarlos con las categorías establecidas.

Figura 3. Metodología para el análisis de los procesos de modelización



Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo la triangulación, se relacionó horizontalmente la información de cada grupo desde las 3 categorías mencionadas, así como las nubes de palabras y el análisis general. Verticalmente, se correlacionaron todos los grupos para realizar análisis integradores en relación con el lenguaje utilizado y las ideas a las que dieron mayor importancia en las exposiciones.

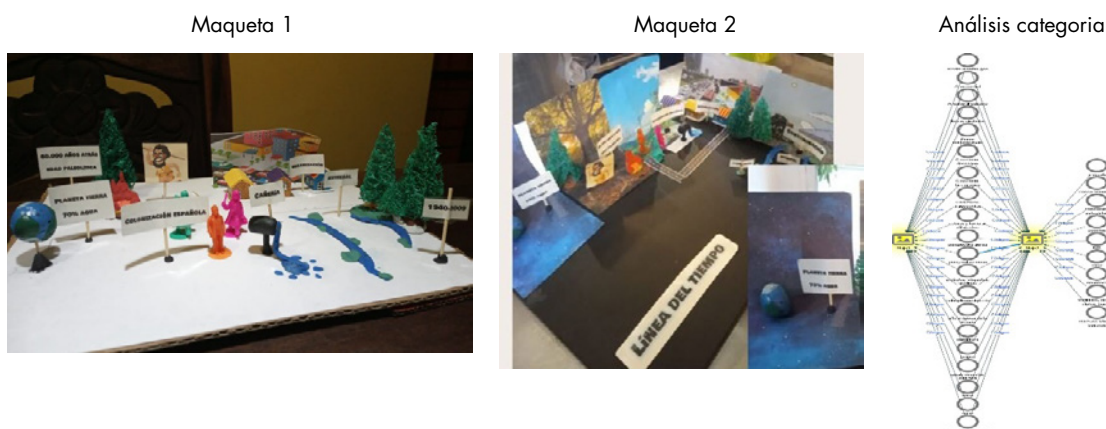
Resultados y análisis

La comprensión de los estudiantes respecto al territorio y el ecosistema de humedal, desde la ubicación geográfica y la relación con los cambios histórico-ambientales, se analiza bajo las categorías de un instrumento para el análisis de maquetas, comparando las dos versiones y sus respectivas exposiciones. Posteriormente, se presenta un análisis general por categoría que abarca a todos los grupos

participantes, para luego triangular los esquemas arrojados por el software NVivo.

A continuación, la figura 4 presenta un ejemplo de las dos versiones de las maquetas del grupo morado¹. La imagen del análisis categorial es arrojada por NVivo. Allí se aprecian dos recuadros pequeños amarillos que corresponden a la maqueta inicial (recuadro amarillo de la izquierda) y la maqueta final (recuadro amarillo de la derecha). De cada uno de estos recuadros, se proyectan líneas hacia óvalos; cada óvalo representa uno de los descriptores de las categorías mencionadas en la tabla 1. Los 9 óvalos a la derecha indican las categorías representadas en la versión 2 que no estaban presentes en la versión 1. Esto indica la importancia de la retroalimentación por parte de los demás grupos, dada la evidencia de la incorporación de nuevos elementos enriquecedores para los modelos finales.

Figura 4. Ejemplo comparativo de las maquetas 1 y 2 con diagrama por categorías del grupo morado



Fuente: elaboración propia.

¹ Por cuestiones de extensión, no se pueden presentar los resultados de todos los grupos, pero sí se incorporan en los análisis.

Una vez realizada la codificación de las maquetas, se lleva a cabo un análisis cualitativo y comparativo entre las categorías representadas en los grupos. Después, se contrasta con las nubes de palabras. En la tabla 4 se presenta un ejemplo con dos grupos, el amarillo y el morado. Allí se destaca la incidencia del video utilizado como eje para el reconocimiento de la transformación del paisaje, así como la salida al humedal, impactado principalmente por las basuras aledañas. La reflexión constante busca evitar posturas antropocéntricas o completamente ecocéntricas, y comprender el territorio como el resultado de interacciones bióticas y abióticas en las que el humano siempre ha tenido participación (Nunes-Neto y Conrado, 2021). En este sentido, el territorio adquiere un valor intrínseco que impide considerarlo únicamente como un recurso al servicio de la humanidad.

Tabla 4. Análisis categorial de las maquetas

Análisis comparativo de maquetas					
Categorías					
Grupos	Modelo material	Abordaje intercultural o histórico	Factores socioecológicos	Nubes de palabras tras exposición	Análisis general por grupo
	Iconicidad, perspectiva, escala, georreferencia	Ancestral, cultural, momento histórico	Actividad de humanos, urbanístico, restauración, contaminación, unidad de paisaje	Palabras más usadas frente a las maquetas	
Amarillo	Tanto para el modelo inicial como para el final, usan diferentes texturas, colores y objetos claramente representados por figuras pequeñas. En su mayoría no están a escala. Incluyen dos momentos, los años 2000 y 2021 en letreros. Para el modelo final, procuran mejorar la escala. La distribución geográfica se corresponde con la real, evidenciada con la autopista norte y los cerros orientales en el modelo final.	Retoman dos momentos históricos: diferencian el 2000 y el 2021. Hacen alusión al paso del tiempo y el aumento de basura, así como a la reducción de pasto por degradación del cuerpo de agua y debido al incremento poblacional sin conciencia ambiental.	La actividad humana se evidencia en ambas versiones de la maqueta, con autorepresentación en caminata en el humedal. Una de ellas se modela tomando fotos. Desde lo urbano hay carros, vías, casas, edificios, escuelas y senderos. No incluyen los cementerios (un aspecto fundamental). Por otra parte, hay contaminación del aire (mencionan que por los carros) y del agua, así como basuras en el cuerpo de agua. Son evidentes 5 unidades de paisaje, entre las que destacan: cerros orientales, cuerpo de agua, autopista norte, canal Torca y urbanización. Elaboran en ambas versiones algunas relaciones ecológicas, entre ellas, individuos agrupados conformando poblaciones. Carece de profundidad en cuanto a relaciones tróficas.	Las representaciones por convenciones son con “bolitas” de colores para avifauna, peces, animales muertos y vegetación. Hay cambios significativos en el año 2000 frente al cuerpo de agua por área y color. Hacen énfasis en el deterioro causado por la sociedad, urbanización y basuras.	Centran su atención en los últimos 20 años. Hacen una importante representación histórica con dos momentos: 2000 y 2020. Un aspecto que no se evidencia en las maquetas, y que fue retroalimentado por los compañeros, es el asunto de los cementerios. El reconocimiento de cambios histórico-ambientales contribuye a una aproximación intercultural que busca comprender que la naturaleza depende también de comportamientos culturales. Sin embargo, es un bajo espectro en tiempo dado todo lo trabajado desde la prehistoria. Hay una percepción negativa frente a la expansión urbana, dadas las necesidades humanas, que afecta el humedal. Al refinar el modelo, incorporan pensamiento espacial y dan cuenta del territorio con ubicación geográfica.

Grupos	Modelo material	Abordaje intercultural o histórico	Factores socioecológicos	Nubes de palabras tras exposición	Análisis general por grupo
	<i>Iconicidad, perspectiva, escala, georreferencia</i>	<i>Ancestral, cultural, momento histórico</i>	<i>Actividad de humanos, urbanístico, restauración, contaminación, unidad de paisaje</i>	<i>Palabras más usadas frente a las maquetas</i>	
Morado	En ambas versiones de las maquetas se utilizan materiales y pinturas diversas. En particular, este grupo representa 5 diferentes épocas (paleolítica, colonización, urbanizaciones con construcción del acueducto en 1888, 1940 con el humedal completo y la actualidad). La perspectiva de ambas versiones es macro, ya que hay representaciones de vista aérea y los cambios históricos del área del cuerpo de agua. También representan a escala meso. En la maqueta inicial se ignora la distribución espacial, como los cerros orientales o la autopista norte, pero para la versión final se incorporan, así como el canal Torca e imágenes de fondo que dan cuenta de los cambios históricos del paisaje que se va urbanizando.	Durante la exposición, se menciona la importancia de tener presente las comunidades muiscas, por Bochica y el salto del Tequendama, pero en su representación se dio mayor preponderancia al paleolítico medio (debido a la escasez de asentamientos humanos y las características de abundante agua) y a la colonización (por la canalización del agua).	La maqueta inicial incluye representaciones de humanos de diferentes épocas y con distintos papeles. Se observa un hombre del paleolítico, así como personajes alusivos a los que canalizaron. En la versión final se añaden fotografías de fondo con conductores y personas en entornos urbanos. En ambas maquetas se señalizan las cañerías como desagües de contaminación, y para la versión final también se agregan señales de smog y basura en el cuerpo de agua. En la versión 1 se identifican 5 unidades de paisaje, las cuales se amplían hasta 7 en la versión 2. Los organismos incluidos en la versión 2 tienen funciones específicas dependiendo de la época, pero principalmente se representan árboles y humanos, sin hacer referencia a otros reinos.	Se hace énfasis en los cambios ambientales ocasionados por adaptaciones desde nómadas y grupos indígenas hasta la colonización. Se destaca el pasado de Bogotá como el lago Humboldt, y se menciona a Bochica como parte de la historia, ahora representado por caños canalizados que benefician a hogares y humanos, además de la autopista norte. Se alude al petróleo, diversos cuerpos de agua, el río Bogotá, humedales y mares. Las construcciones se reflejan en el agua sucia, representando momentos del pasado como 1960, 1888 y 1951.	Estas maquetas, divididas por momentos históricos, dan cuenta de lo que el grupo consideró representativo frente a la historia del agua en Bogotá, resaltando momentos específicos del video trabajado. En la versión 2, incorporaron carreteras, que mencionaron en la exposición pero no eran parte del modelo inicial. En la retroalimentación, se les sugirió incorporar otras especies, pero solo incluyeron árboles. El grupo se enfoca en los cambios sustanciales del agua, desde la historia del lago Humboldt hasta los ríos, humedales y la canalización por el acueducto hasta la actualidad. Reconocen en la historia las transformaciones ambientales que responden a las necesidades de cada época. La postura histórica está acompañada por algunos referentes de ubicación geográfica, sin puntualizar dado que son varios momentos y lugares representados para explicar esos cambios hídricos.

Fuente: elaboración propia.

Tras el análisis de cada uno de los grupos, se encontró que, respecto a la categoría del modelo material, todos los grupos utilizaron diferentes materiales y texturas según su alcance, representando lo que consideraban prioritario para comprender un humedal.

La perspectiva fue meso para 6 grupos en la versión 1 y luego ampliaron a meso y macro al abarcar mayores extensiones geográficas, comprendiendo que el humedal no es solo una

porción vegetal con el cuerpo de agua, sino todo el contexto y la contingencia. De los otros dos grupos, uno se mantuvo en macro, abarcando Cundinamarca, y el otro grupo cambió de macro a meso, haciendo mayores detalles para el territorio del humedal. Solamente un grupo de los 8 modeló a escala sin sobredimensionar algún aspecto, esto se debe a que utilizaron materiales caseros, mas no porque quisieran dar mayor importancia emocional a

ciertos elementos, como ocurre en el dibujo (Martikainen y Hakoköngäs, 2022), sino debido a los recursos con los que contaban en casa para modelar.

En cuanto a las georreferencias, 6 de las 8 maquetas incorporaron letreros, calles y lugares referenciando norte, sur, oriente y occidente. De las otras dos, una en la versión 1 no lo incorporaba y en la segunda versión lo hizo, mientras que la otra maqueta no tenía coherencia geográfica en ninguna de las dos versiones. El pensamiento espacial no solo proviene del aprendizaje escolar pedagógico, sino de la experiencia (Arenas y Salinas, 2013), y los estudiantes tienen poco conocimiento sobre la ciudad y sus características geográficas. Al invitarles no solo a ver, sino a observar en detalle el humedal, los cementerios y el canal Torca, se facilita la modelización gracias al recorrido realizado en este territorio, que se complementa desde la experiencia al usar el video.

Respecto al abordaje intercultural e histórico, se encontró que aunque el video histórico-ambiental sobre las transformaciones del agua y los humedales en Bogotá menciona las representaciones que las comunidades muiscas u otras comunidades tienen o han tenido frente al agua, solamente uno de los grupos lo incluyó, ya que la mayoría comprende estos sucesos del pasado como resultado de las condiciones actuales. Las maquetas son solo una de las actividades desarrolladas; se espera que, tras la aplicación de otras actividades, los estudiantes hagan mención o reconozcan aspectos culturales del pasado que están vigentes y se relacionen con los aprendizajes en ecología, como el uso de plantas medicinales, la resiliencia ecosistémica y la relación armoniosa del ser humano con el agua.

Desde un enfoque sociocultural (Molina *et al.*, 2014), solo uno de los grupos reconoció conocimientos ancestrales al ampliar el imaginario sobre los recursos para el desarrollo de la sociedad. La relación entre contexto social y cultura fue mencionada por 6 grupos al comprender el uso de GPS para realizar mapas, pues consideraron que la transformación del paisaje no siempre equivale a progreso. Esto redundó en posturas de la cultura frente al manejo de residuos y su afectación al agua. La perspectiva histórico-ambiental es fundamental para comprender el territorio desde las ciencias naturales, ya que una cuestión no es científica de forma aislada, sino que se nutre de diferentes referentes para entenderlo —a saber, el conjunto de prácticas emergentes de historiadores, filósofos, científicos y sociólogos en los últimos casi cincuenta años (Osborne, 2014)—. Comprender la historia ambiental de Bogotá implica entender el estado actual de humedales y cuerpos de agua (Palacio, 2008), como se evidencia en las maquetas de todos los estudiantes.

En cuanto a la categoría de factores socioecológicos, 3 de los 8 grupos presentaron actividades humanas explícitas desde la versión 1 de sus maquetas, y luego 3 grupos más que no lo tenían lo adaptaron para la versión 2. Los 2 grupos restantes nunca lo incluyeron, comprendiendo desde las exposiciones que al incorporar aspectos urbanísticos lo sobreentendían como presencia humana

Además, este hecho contribuye a la complejización del pensamiento hacia una comprensión multidimensional de la ecología.

Al modelizar un ecosistema de humedal, los estudiantes parten de situaciones contextualizadas que enriquecen sus argumentos y explicaciones desde posturas éticas ambientales, lo que les permite tomar decisiones como ciudadanos responsables. Desde el papel del docente, se enriquecen las prácticas en enseñanza de la ecología al reconocer las representaciones socioambientales de los estudiantes tras la intervención didáctica.

Aunque aún hay dificultades con la representación a escala, en 6 grupos las coordenadas o referentes geográficos dan cuenta de la ubicación del territorio y el humedal trabajado. Los grupos en su totalidad reconocen, a partir de la visita al humedal, del video y la modelización, que los cuerpos de agua actuales son el resultado de intervenciones humanas y de las mismas dinámicas naturales.

En cuanto a la conservación, ningún grupo incluyó en la maqueta o en la exposición a la Secretaría de Ambiente o la organización RAMSAR, entre otras entidades mencionadas en el video y en la salida, para reconocer las labores de cuidado, restauración y preservación. Esto muestra una mirada pesimista al resaltar sobre todo los cambios hacia la degradación o disminución del territorio del ecosistema de humedal Torca.

Durante el desarrollo de las actividades se incluyeron aspectos sobre el valor intrínseco de la biodiversidad *per se* y la relación entre ubicación geográfica y reconocimiento del territorio. Sin embargo, es importante que los estudiantes comprendan que, aunque existan relaciones políticas de por medio, el cuidado y la preservación son responsabilidad de todos (Castro-Moreno *et al.*, 2021).

Los principales aprendizajes desde la ecología se basan en la valoración y reconocimiento del humedal Torca como un territorio ambiental cercano a la escuela. Por otra parte, se reflexionó sobre las acciones ambientales y antrópicas que modifican los ecosistemas y, por ende, la biodiversidad, desde la adaptación de los organismos. Algunas reflexiones importantes emergen desde la atención a los focos de contaminación de los cuerpos de agua, como los desechos sólidos, los vertimientos y la afectación de los cementerios.

Como parte de una investigación más amplia, este documento espera enriquecer con una próxima publicación los aprendizajes de los estudiantes frente a los organismos y las interacciones ecosistémicas mencionadas en el esquema de reloj de arena, desde el nivel de organismo hasta la sinecología.

Referencias

Abella, S. (15 de junio del 2021). *Humedal Torca, un chapuzón en nuestra historia* [video]. https://www.youtube.com/watch?v=GnBkBEduBHc&t=1261s&ab_channel=SusanaAbella

- Abella, S. y García-Martínez, Á. (2021a). Propuesta de un ciclo de modelización para la enseñanza de la ecología en secundaria tomando un humedal como referente. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Número Extraordinario, 3007-3012.
- Abella, S. y García-Martínez, Á. (2021b). *Propuesta de un modelo teórico-metodológico para la enseñanza de la ecología en secundaria teaching in secondary school* (ponencia). XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. XIII Enpec Em Redes, 2021. Brasil-Virtual. https://editora-realize.com.br/editora/anais/enpec/2021/trabalho_completo_ev155_md1_sa101_id1508_29062021123829.pdf
- Abella, S., Bermúdez, G. y García-Martínez, Á. (2022). Desarrollo de un instrumento para evaluar dibujos del concepto ecosistema; propuesta para el aprendizaje de la ecología en secundaria. *Bio-grafía*. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18085>
- Alier, J., Sejenovich, H., Baund, M. y Leff, E. (2014). Pensamiento ambiental latinoamericano: patrimonio de un saber para la sustentabilidad. *Gobernanza ambiental en América Latina, 2000*, 39-72. <https://doi.org/10.5840/enviroethics201234Supplement58>
- Arenas-Martija, A. y Salinas-Silva, V. (2013). Giros en la educación geográfica: renovación de lo geográfico y lo educativo. *Revista de Geografía Norte Grande*, 56, 143-162.
- Baena, J. (2012). *Aldo Leopold y su ética de la tierra*. <http://www.revistamundoverde.net/articulos/aldo-leopold-y-su-etica-de-la-tierra>
- Bisquerra, R., Dorio, I., Gómez-Alonso, J., Latorre-Beltrán, A., Martínez-Olmo, F., Masot-Lafon, I. et al. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.
- Castro-Moreno, J., Valbuena-Ussa, É., Escobar-Gil, G., Roa-Acosta, R. y López-Roa, L. (2021). Multidimensionalidad de la biodiversidad. Aportes a la formación inicial de profesores de biología en Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 50, 131-148.
- Coller, X. (2000). *Estudio de casos* (vol. 30). Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Fernández-Manzanal, R. y Casal-Jiménez, M. (1995). La enseñanza de la ecología. Un objetivo de la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 295-311.
- Castiblanco, O. y Viscaino, D. (2010). *Introducción a la investigación cualitativa*. Autor: Uwe Flick [reseña]. *Góndola. Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 5(2), 67-76.
- Gil-Quilez, M. y Martínez-Peña, B. (1992). *Aprendizaje de la ecología*. Terradas.
- Graells, P. (1999). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) aplicadas a la educación. Algunas de sus líneas de investigación. *Educación*, 25(3), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Hammond, T., Bodzin, A., Anastasio, D., Holland, B., Popejoy, K., Sahagian, D. y Farina, W. (2018). "You Know You Can Do This, Right?": Developing Geospatial Technological Pedagogical Content Knowledge and Enhancing Teachers' Cartographic Practices with Socio-Environmental Science Investigations. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(4), 305-318. <https://doi.org/10.1080/15230406.2017.1419440>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2000). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Izquierdo, M. (2017). Atando cabos entre contexto, competencias y modelización. ¿Es posible enseñar ciencias a todas las personas? *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 309-326.

- Magntorn, O. (2007). *Reading Nature Developing Ecological Literacy through Teaching* (tesis de doctorado). Swedish National Graduate School in Science and Technology Education.
- Martikainen, J. y Hakoköngäs, E. (2022). Drawing as a Method of Researching Social Representations. *Qualitative Research*, 23(4). <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/14687941211065165>
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Katz.
- Molina, A., Mosquera, C., Utges, G., Mojica, L., Cifuentes, M., Reyes, J. y Martínez, C. (2014). *Concepciones de los profesores sobre el fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Nunes-Neto, N. y Conrado, D. (2021). Ensinando ética. *Educação Em Revista*, 37. <https://doi.org/10.1590/0102-469824578>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>.
- Palacio-Castañeda, G. (2008). *Historia ambiental de Bogotá y la Sabana 1850-2005*. Universidad Nacional de Colombia; Nomos.
- Robles-Piñeros, J. y Tateo, L. (2023). Isn't All about Trash... Children's Conceptions about Ecology and their Implications for Biology Education in Colombia. *Journal of Biological Education*, 57(3), 692-705.
- Scheiner, S. y Willig, M. (2008). A General Theory of ecology. *Theoretical Ecology*, 1(1), 21-28. <https://doi.org/10.1007/s12080-007-0002-0>
- Scheiner, S. y Willig, M. (2011). *The Theory of Ecology*. University of Chicago Press.
- Schizas, D., Papatheodorou, E. y Stamou, G. (2018). Transforming "Ecosystem" from a Scientific Concept into a Teachable Topic: Philosophy and History of Ecology Informs Science Textbook Analysis. *Research in Science Education*, 48, 267-300.
- Schwarz, C. y White, B. (2010). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 8, 165-205. <https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302>
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Krajcik, J. et al. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>