



ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN EN UNA EXPERIENCIA DE MODELACIÓN MATEMÁTICA ESCOLAR SOBRE CONSUMO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLES

ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE RESOLUÇÃO EM UMA EXPERIÊNCIA DE MODELAGEM MATEMÁTICA ESCOLAR SOBRE CONSUMO E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS

Santiago Giovanetti¹

 ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-6669-5247>

Susana Riquelme²

 ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-7280-682X>

Roberto Vilches³

 ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-1942-9918>

Iván Pérez Vera⁴

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2636-652>

RESUMEN

Esta investigación analiza las estrategias de resolución desarrolladas por estudiantes durante una experiencia de modelación matemática orientada al consumo y producción sostenibles (ODS 12). El objetivo fue comprender cómo los estudiantes movilizan sus saberes matemáticos para analizar y

¹ Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación UMCE, Santiago, Chile, Correo electrónico: santiago.giovanetti2021@umce.cl

² Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación UMCE, Santiago, Chile, Correo electrónico: susana.riquelme2021@umce.cl

³ Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación UMCE, Santiago, Chile, Correo electrónico: roberto.vilches2021@umce.cl

⁴ Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación UMCE, Santiago, Chile, Correo electrónico: ivan.perez@umce.cl



cuestionar el impacto ambiental de la industria del Fast-Fashion, articulando la matemática con problemáticas sociales y ambientales cercanas a su realidad. El estudio se sustenta en un enfoque teórico sociocultural, donde el aprendizaje se concibe como una práctica situada y mediada culturalmente (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991). La modelación matemática escolar se entiende como una herramienta que resignifica el conocimiento al transformar los objetos matemáticos en saberes con sentido contextual. Asimismo, la interdisciplina, en diálogo con la Educación Ambiental, posibilita la comprensión de fenómenos complejos y la formación de una ciudadanía crítica y responsable. Metodológicamente, se adoptó un enfoque cualitativo mediante estudio de casos, con una situación de aprendizaje estructurada en cinco fases (Balda, 2022) e implementada con treinta estudiantes de educación secundaria. La recolección de datos se basó en los productos matemáticos generados y la observación directa de las interacciones grupales. Los resultados evidencian que los estudiantes, a través del trabajo colaborativo, construyen modelos significativos sustentados en el razonamiento proporcional, resignificando la matemática escolar como una herramienta para interpretar, evaluar e intervenir en fenómenos socioambientales reales.

Palabras clave: Modelación matemática escolar, Educación sociocultural, Educación ambiental, Pensamiento proporcional, Consumo y producción sostenibles.

RESUMO

Esta investigação analisa as estratégias de resolução desenvolvidas por estudantes durante uma experiência de modelagem matemática orientada ao consumo e à produção sustentáveis (ODS 12). O objetivo foi compreender como os estudantes mobilizam seus saberes matemáticos para analisar e problematizar o impacto ambiental da indústria do Fast-Fashion, articulando a matemática com problemáticas sociais e ambientais próximas de sua realidade. O estudo fundamenta-se em um enfoque teórico sociocultural, no qual a aprendizagem é concebida como prática situada e mediada culturalmente (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991). A modelagem matemática escolar é compreendida como uma ferramenta que ressignifica o conhecimento, ao transformar objetos matemáticos em saberes com sentido contextual. Além disso, a interdisciplinaridade, em diálogo com a Educação Ambiental, possibilita a compreensão de fenômenos complexos e a formação de uma cidadania crítica e responsável. Metodologicamente, adotou-se um enfoque qualitativo por meio de estudo de caso, com uma situação de aprendizagem estruturada em cinco fases (Balda, 2022) e implementada com trinta estudantes do ensino médio. A coleta de dados baseou-se nos produtos matemáticos gerados e na observação direta das interações grupais. Os resultados evidenciam que os estudantes, por meio do trabalho colaborativo, constroem modelos significativos sustentados no raciocínio proporcional, ressignificando a matemática escolar como ferramenta para interpretar, avaliar e intervir em fenômenos socioambientais reais.

Palavras-chave: Modelagem matemática escolar, Educação sociocultural, Educação ambiental, Pensamento proporcional, Consumo e produção sustentáveis.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Matemática y ciudadanía

La formación ciudadana constituye un eje esencial de la educación respetuosa e inclusiva en las comunidades escolares al promover la convivencia democrática (Ministerio de Educación de Chile, 2023). En Chile, este principio se consolida con la Ley N.º 20.911, que crea el Plan de Formación Ciudadana para los establecimientos reconocidos por el Estado. Dicha ley exige incorporar acciones que fortalezcan la comprensión de la democracia, el ejercicio responsable

de derechos y deberes, la participación crítica, la valoración de la diversidad y el compromiso con el entorno social y natural (Ministerio de Educación de Chile, 2016). Así, el sistema educativo asume la tarea de formar ciudadanos activos y conscientes de su papel en una sociedad democrática y sostenible.

Integrar estos propósitos en la enseñanza de las matemáticas resulta indispensable, pues las ciencias basadas en la matemática cumplen un rol clave en la generación de conocimiento y en la formación de ciudadanos críticos (Flores y Pérez, 2023). Sin embargo, persisten enfoques tradicionales que reducen la matemática a la aplicación mecánica de procedimientos, desconectándola de las problemáticas reales del estudiantado (Andrade y Guzmán, 2018).

Por ello, se requieren experiencias de aprendizaje contextualizadas que vinculen la matemática con la realidad social y fomenten competencias con sentido ciudadano (Alvis-Puentes et al., 2019). Los ambientes de aprendizaje deben propiciar la reflexión crítica sobre fenómenos sociales, reconociendo que las matemáticas forman parte de la cultura tecnológica y de las estructuras sociales y políticas (Skovsmose, 2000). Integrar la formación ciudadana en la enseñanza matemática permite desarrollar pensamiento crítico, sostenibilidad y participación responsable.

1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El planeta enfrenta hoy una crisis climática sin precedentes, manifestada en fenómenos extremos como olas de calor, inundaciones y sequías que afectan ecosistemas y comunidades humanas (IPCC, 2023). La preocupación ambiental comenzó a consolidarse en la segunda mitad del siglo XX (Manzanares, 2020, p. 74). En 1987, el *Informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo* introdujo el concepto de desarrollo sostenible, entendido como el satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras (Organización de las Naciones Unidas, 1987).

Posteriormente, en el 2000, se aprobó la Declaración del Milenio que estableció los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), orientados a transformar las pautas insostenibles de desarrollo. En 2015 fueron reemplazados por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que constituyen un plan global para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar una prosperidad equitativa (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Entre ellos, el ODS 12, “Producción y Consumo Responsables”, destaca por promover la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de residuos, impulsando estilos de vida sostenibles. Los ODS representan un marco internacional que orienta políticas y prácticas hacia la sostenibilidad, situando la protección del medio ambiente como un compromiso ético, político y social ineludible para los Estados y las comunidades (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

En este contexto y en relación con los temas tratados en la presente investigación, resulta imprescindible considerar el papel del *Fast-Fashion* como uno de los fenómenos contemporáneos que más tensionan el cumplimiento del ODS 12. Este modelo de moda rápida “se basa en la reproducción acelerada de colecciones de alta costura mediante procesos de producción de bajo costo, lo que permite ofrecer prendas a precios significativamente reducidos” (Cervantes et al., 2025, p. 147). En esencia, el *Fast-Fashion* implica la fabricación masiva de ropa en función de tendencias cambiantes y de una innovación constantemente

inducida, lo que introduce millones de prendas en el mercado y promueve en los consumidores la renovación acelerada de su vestuario (Greenpeace México, 2021).

1.3 Educación Ambiental

En el contexto de la crisis climática actual, la Educación Ambiental (EA) se reconoce como un proceso formativo esencial que trasciende la transmisión de información ecológica, orientándose al desarrollo de una ciudadanía crítica y activa. Su propósito es dotar a los estudiantes de competencias para comprender la complejidad de las problemáticas socioambientales e intervenir de manera informada en su entorno, tal como lo plantean la Declaración de Tbilisi (UNESCO, 1977) y la Carta de Belgrado (PNUMA, 1975). Estas bases promueven el pensamiento crítico frente a modelos de producción y consumo insostenibles (como el Fast-Fashion), la capacidad de analizar información y la participación en la búsqueda de soluciones.

Desde una perspectiva sociocultural, la EA se fortalece cuando se enraíza en las realidades y experiencias de los estudiantes, permitiendo construir significados a partir del diálogo entre saberes científicos, escolares y cotidianos (Vygotsky, 1979). Así, el aprendizaje ambiental se convierte en una práctica situada y culturalmente mediada.

Lejos de ser una disciplina aislada, la EA asume un rol interdisciplinario, articulando distintas áreas del conocimiento para abordar fenómenos complejos. En esta articulación, la matemática adquiere un papel clave: permite cuantificar el impacto ambiental, interpretar variables como el consumo de agua o las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y evaluar alternativas sostenibles.

En Chile, este enfoque se sustenta en la Ley General de Educación (Ley N.º 20.370), que incorpora la sostenibilidad como principio rector (Chile, 2009), y en los Objetivos de Aprendizaje Transversales (Ministerio de Educación de Chile, 2012; 2015), consolidando la EA como un espacio para vincular la modelación matemática con la acción ciudadana y la transformación social.

1.4 Problemática y objetivo de la investigación

Dado este contexto y la urgencia de promover el desarrollo sostenible, la enseñanza de la matemática se enfrenta al desafío de articularse con problemáticas reales que fomenten una ciudadanía crítica y comprometida, ya que suele centrarse en procedimientos formales desvinculados de los temas del entorno o de las situaciones socioculturales cercanas al estudiantado. A esto se suma que los jóvenes, en general, desconocen temas como el ODS 12 o el consumo responsable, lo que limita su posibilidad de comprender y cuestionar el impacto de sus decisiones diarias.

De este modo, el presente artículo se enmarca en una visión sociocultural de la educación matemática, en la que la modelación matemática se asume como metodología de intervención para abordar un objeto de estudio situado en la educación ambiental. Se explora su potencial para favorecer una conciencia crítica en torno a la relación entre el consumo, la sostenibilidad y las matemáticas, mediante el análisis de las estrategias de resolución que emergen cuando los estudiantes enfrentan una situación de modelación vinculada al impacto ambiental de la industria de la moda, particularmente del Fast-Fashion.

2. ELEMENTOS TEÓRICOS

En este estudio adoptamos un enfoque teórico que integra tres dimensiones complementarias: la educación sociocultural, que actúa como paradigma general y concibe el aprendizaje como una práctica socialmente situada y mediada culturalmente; la modelación matemática escolar, entendida como la herramienta que articula los saberes matemáticos con fenómenos del entorno; y la interdisciplina, en diálogo con la educación ambiental, como horizonte que permite abordar la complejidad del fenómeno estudiado. En coherencia con estos ejes, se incorpora además el pensamiento proporcional como forma de razonamiento que emerge en las prácticas de modelación matemática, posibilitando comprender cómo los estudiantes movilizan sus saberes matemáticos para interpretar relaciones de magnitud en contextos significativos.

2.1 Educación sociocultural

La perspectiva sociocultural de la educación, propuesta por Vygotsky (1979), sostiene que aprender es un proceso que ocurre en un contexto social, donde el conocimiento se construye a través de la mediación cultural, las interacciones sociales y el uso de herramientas simbólicas. Esta mirada, ampliada por Wertsch (1991), plantea que las funciones mentales superiores se desarrollan primero en el plano social y luego se interiorizan individualmente.

Desde esta perspectiva, Viché (2021) concibe la educación sociocultural como una práctica inclusiva orientada a promover el bienestar individual y la convivencia, fortaleciendo redes de identidad cultural y fomentando relaciones basadas en la interacción y el reconocimiento mutuo.

La sala de clases deja de ser así un espacio neutro para convertirse en un entorno culturalmente rico, donde los estudiantes interactúan con herramientas como el lenguaje, los símbolos y la matemática. En este marco, “el aprendizaje y el desarrollo cognitivo no se conciben como procesos individuales, sino como procesos mediados culturalmente que ocurren en contextos socialmente estructurados” (Martínez, 1999, p. 19).

Enseñar implica, por tanto, crear escenarios de participación donde los estudiantes construyan significados compartidos. Según Hitt y Quiroz-Rivera (2017), “una representación espontánea ligada a la resolución de un problema [...] podrá evolucionar en la discusión con otros y convertirse en un signo dentro de esa micro comunidad” (p. 159). Estas dinámicas de interacción son esenciales, pues en el intercambio de significados emerge la comprensión colectiva (Martínez, 1999; Guerra, 2020).

En síntesis, el enfoque sociocultural desafía las concepciones individualistas del aprendizaje, proponiendo una comprensión contextualizada y situada del conocimiento.

2.2 Modelación matemática escolar

Para este artículo, comprendemos la modelación matemática en los términos propuestos por Arrieta y Díaz (2015) como una práctica que articula dos entidades: una denominada modelo y otra denominada lo modelado. El modelo permite actuar sobre el fenómeno bajo estudio (lo modelado), y su existencia no es independiente de la actividad de quien modela; más bien, emerge en el acto mismo de intervenir en la realidad. En este sentido, un modelo matemático

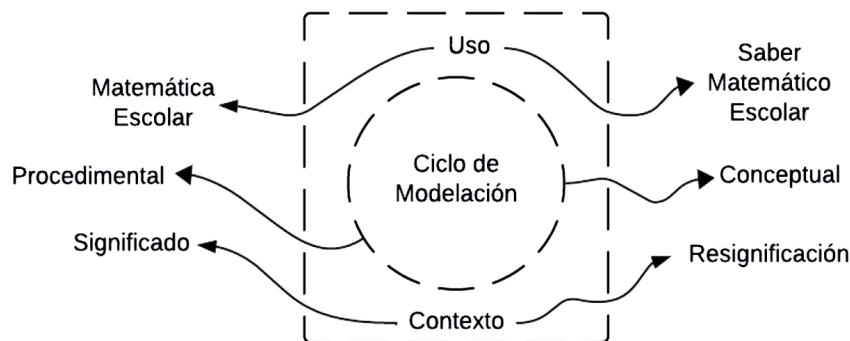
se concibe como una herramienta dinámica que adquiere significado a través del proceso de modelar.

De esta articulación, entre el modelo y lo modelado, se constituye una nueva entidad para quien modela, denominada Dipolo Modélico (DM). Los DM, al articularse en red, configuran una red de modelos asociada al fenómeno, interconectados mediante los procedimientos, las intencionalidades y los argumentos que emergen de la actividad (Pérez y Carrasco, 2018, p. 2).

Por su parte, Cordero y Suárez (2010) y Pérez (2020) plantean que la modelación matemática no sólo permite representar fenómenos, sino que también contribuye a la resignificación del conocimiento matemático en tanto los estudiantes asignan nuevos significados a los elementos matemáticos involucrados en el proceso de modelación.

En esta línea, Pérez y Salazar (2024) señalan que la modelación, desde una perspectiva sociocultural, se fundamenta en las herramientas del modelador, las cuales, en interacción con las experiencias, generan una comprensión profunda del fenómeno estudiado. Según los autores mencionados, un estudiante que participa en una actividad de modelación debe poseer objetos, procedimientos y significados de la matemática escolar; sin embargo, al vivenciar un ciclo de modelación, estos saberes se transforman tanto por su uso como por su relación con el contexto, convirtiendo la matemática escolar en un saber matemático escolar, lo procedimental en conceptual, y resignificando los significados tanto por el uso como por el contexto.

Figura 1. Transformaciones al vivenciar un ciclo de modelación matemática escolar.



Fuente: Tomado de Pérez y Salazar (2024b, p. 17).

Este proceso de resignificación convierte los conceptos abstractos en herramientas útiles para la interpretación y predicción de fenómenos, promoviendo así un aprendizaje significativo y contextualizado.

En síntesis, Arrieta y Díaz (2015), Cordero y Suárez (2010) y Pérez y Salazar (2024) coinciden en definir el proceso de modelación (la interacción entre el modelo y lo modelado) como una práctica no lineal ni estática, sino una interacción dinámica que sigue fases esenciales. En primer lugar, se identifica un fenómeno o problema; luego, se construye un modelo utilizando herramientas matemáticas; posteriormente, el modelo se valida al contrastarlo con datos reales o experimentales; y, finalmente, se interpreta y aplica para

intervenir en el fenómeno estudiado, asignando significado a sus componentes desde el contexto del problema. Estas fases evidencian que la modelación no es una actividad meramente técnica, sino una práctica reflexiva que conecta el mundo real con el conocimiento matemático.

2.3 Interdisciplina y educación ambiental

La educación ambiental enfrenta, al ser llevada al aula, un desafío persistente: la fragmentación del conocimiento. Según Infante-Malachias y Araya-Crisóstomo (2023), esta fragmentación de contenidos impide que docentes y estudiantes reflexionen críticamente sobre los problemas desde una mirada global. Ello ocurre a pesar de que los lineamientos internacionales enfatizan que la formación ambiental debe desarrollarse desde la interdisciplina. Sin embargo, Eschenhagen (2007) evidencia que esta orientación no se ha concretado plenamente, lo que demuestra una carencia histórica. En el mismo sentido, Reséndiz (2023) señala que diversos autores, incluso en investigaciones anteriores, ya destacaban la relevancia de la interdisciplinariedad para el fortalecimiento de la educación ambiental, así como para la construcción de una mirada crítica respecto de su historia, su cultura y los problemas ambientales.

En este contexto, la interdisciplina se reafirma como una alternativa necesaria. León (2013) la define como la integración coordinada de diversas disciplinas interconectadas, que permite evitar enfoques aislados o fragmentados. Desde esta perspectiva, la interdisciplina se convierte, como plantean Bell et al. (2022), en una respuesta pedagógica, didáctica y metodológica frente a la fragmentación del conocimiento. Su propósito es integrar saberes provenientes de múltiples campos para abordar las problemáticas desde una mirada compleja y articulada. Esta integración favorece el desarrollo de la capacidad para identificar conexiones entre diferentes áreas del conocimiento, estimula el análisis crítico de las situaciones y facilita la transferencia de aprendizajes obtenidos dentro y fuera del entorno escolar (Infante-Malachias y Araya-Crisóstomo, 2023).

De acuerdo con esta visión, la educación ambiental se comprende como un “proceso permanente de carácter interdisciplinario destinado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio físico circundante” (Chile, 1994, Art. 2, letra h). A ello se suma la disposición legal de que “el sistema educativo incluirá y fomentará el respeto por el medio ambiente natural y cultural, la buena relación y el uso racional de los recursos naturales y su sostenibilidad” (Chile, 2019, Art. 1, letra l).

En síntesis, la educación ambiental enfrenta el reto de superar la fragmentación del conocimiento, y la interdisciplina se plantea no solo como una exigencia normativa, sino también como una vía pedagógica que promueve la comprensión crítica y global de las problemáticas socioambientales, integrando saberes que permiten abordar la complejidad de los fenómenos contemporáneos desde una perspectiva educativa transformadora.

2.4 Articulación teórica: educación sociocultural, modelación matemática, interdisciplina y educación ambiental

A modo de síntesis, este trabajo adopta como paradigma general la educación sociocultural, entendida desde Vygotsky (1979) como un proceso de construcción de significados situado en la interacción social y mediado culturalmente. En este marco, la modelación matemática

se concibe como la herramienta que articula la matemática escolar con fenómenos complejos del entorno. De acuerdo con Pérez y Salazar (2024), en la interacción entre las herramientas matemáticas y las experiencias del estudiantado se producen transformaciones significativas de los saberes, resignificando lo procedimental en conceptual y vinculando el conocimiento con la realidad.

Abordar problemáticas ambientales vinculadas al ODS 12 exige una mirada interdisciplinaria capaz de superar la fragmentación entre los saberes matemáticos y los fenómenos socioambientales. Esta integración sitúa la modelación en diálogo con la educación ambiental, la cual, desde su carácter interdisciplinario (Chile, 1994, Art. 2, letra h), fomenta una ciudadanía informada, crítica y comprometida con la sostenibilidad.

En conjunto, estos tres ejes teóricos articulan un aprendizaje situado, culturalmente mediado y orientado a la acción transformadora. Esta articulación teórica sienta las bases para introducir un cuarto eje emergente: el pensamiento proporcional, identificado en el análisis de los resultados como un componente central en la construcción de los modelos elaborados por los estudiantes. Este razonamiento, que surge en contextos sociales y culturales específicos, se examina en el apartado siguiente donde se profundiza en su papel dentro de los procesos de modelación matemática escolar.

2.5 Pensamiento proporcional

El uso frecuente de la regla de tres, entendida como un procedimiento asociado a la proporcionalidad, invita a reflexionar sobre si su aplicación constituye realmente una manifestación del pensamiento proporcional. De acuerdo con Reyes-Gasperini y Cantoral (2014), este tipo de pensamiento surge a partir de diversos razonamientos que se desarrollan progresivamente en contextos sociales y culturales. Los autores identifican seis niveles: el razonamiento cualitativo, que establece relaciones entre magnitudes sin emplear números; el razonamiento aditivo simple, que vincula incrementos unitarios con aumentos constantes; el razonamiento aditivo compuesto, que reconoce que la suma de dos elementos del dominio equivale a la suma de sus imágenes; el razonamiento multiplicativo, que utiliza una constante para determinar cualquier valor a partir del valor unitario; el razonamiento inter, que mantiene la proporción entre magnitudes; y el razonamiento intra, que identifica una razón constante entre dominio y codominio.

Estos niveles permiten analizar las respuestas de los estudiantes y orientar las intervenciones didácticas hacia la comprensión de la proporcionalidad como una relación constante entre dos magnitudes (Reyes-Gasperini, 2013). No obstante, en la enseñanza tradicional, las razones y proporciones se han abordado como procedimientos mecánicos, siendo la regla de tres el recurso más habitual para determinar un valor desconocido dentro de una proporción. Su estructura formal se expresa como $a/b = c/x$ y se resuelve mediante multiplicación cruzada.

Sin embargo, resolver proporciones de forma automática no implica necesariamente un razonamiento proporcional. García y Farfán (2016) sostienen que este se evidencia en la capacidad de decidir si un problema se aborda mediante una proporción directa, inversa u otro tipo de relación numérica. En esta misma línea, Reyes-Gasperini (2013) y Mochón (2012) coinciden en que la regla de tres puede considerarse parte del pensamiento proporcional sólo

cuando su uso se enmarca en una reflexión contextualizada, fundamentada en la comprensión de las relaciones entre magnitudes y en su sentido dentro del contexto del problema.

3. ABORDAJE METODOLÓGICO

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo utilizando la metodología de estudio de casos con el objetivo de diseñar e implementar una situación de aprendizaje, la que permitió comprender cómo los estudiantes construyen significados en torno a la sostenibilidad y el consumo responsable a través de la modelación matemática. Para ello, utilizamos como diseño de situación de aprendizaje las cinco fases de la estructura de situaciones de Balda (2022).

3.1 Enfoque cualitativo y estudio de casos

La presente investigación se inscribe en el paradigma cualitativo, en tanto busca comprender fenómenos educativos desde una perspectiva interpretativa centrada en los significados que construyen los sujetos en torno a su experiencia. Este enfoque asume que la realidad es una construcción social e intersubjetiva; por ello, el conocimiento emerge de la interpretación de discursos, acciones y contextos situados. En esta línea, Capocasale (2015) sostiene que el paradigma cualitativo se interesa por “comprender e interpretar la realidad construida por los sujetos”, con el propósito de “penetrar en el mundo construido y compartido por los sujetos y comprender cómo funcionan a partir de sus acuerdos intersubjetivos” (p. 44). En consecuencia, el análisis se orienta a desentrañar los sentidos que los participantes atribuyen a sus prácticas en las situaciones donde actúan.

3.2 Estudio de casos

Como estrategia metodológica optamos por el estudio de casos que posibilita investigar un fenómeno contemporáneo en su contexto real: en este trabajo, los productos matemáticos generados por estudiantes frente a una situación de aprendizaje alineada con el ODS 12. Tal como afirma Yin (1989; como se citó en Jiménez, 2012, p. 142), el estudio de casos es “una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo en su contexto real, donde los límites entre el fenómeno y el contexto no se muestran de forma precisa, y en el que múltiples fuentes de evidencia son utilizadas”.

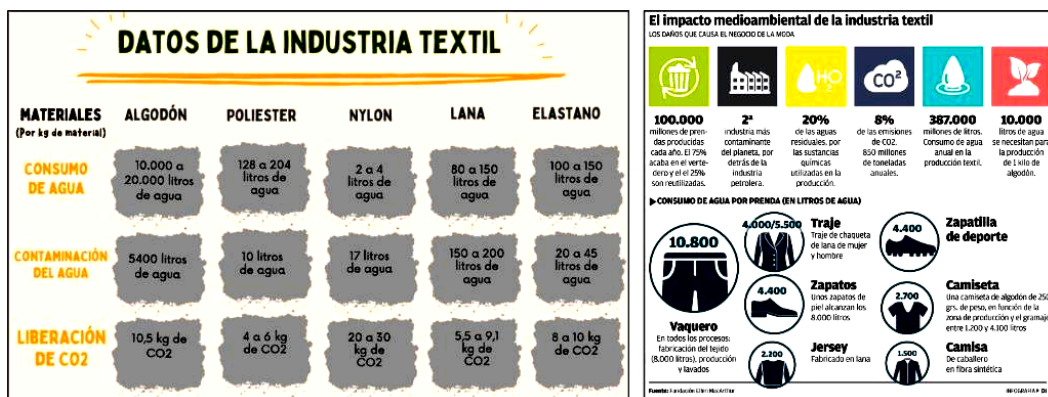
Desde una perspectiva cualitativa, el estudio de casos permite analizar, en profundidad, fenómenos educativos complejos, atendiendo su ambigüedad y particularidad (Jiménez, 2012). Según Villarreal y Landeta (2007; como se citó en Jiménez, 2012, p. 142), esta estrategia resulta pertinente cuando se requiere “explicar relaciones causales complejas, realizar descripciones de perfil detallado, generar teorías o aceptar posturas teóricas exploratorias o explicativas, [y] analizar procesos de cambio longitudinales”. En este caso estudiado, dicho enfoque se ajusta a la necesidad de caracterizar productos de modelación matemática elaborados por estudiantes sin prescribir estrategias ni herramientas de antemano, observando cómo movilizan conocimientos previos para responder a una problemática real vinculada con la sustentabilidad.

3.3 Situación de aprendizaje

Para abordar la problemática, se diseñó una situación de aprendizaje compuesta por siete preguntas o problemas clave, distribuidos según las cinco fases propuestas por Balda (2022): introducción, exploración, procedimental, consolidación y ejercitación. Cada fase se orientó a favorecer la comprensión del impacto ambiental asociado al consumo y a la contaminación del agua, así como a las emisiones de CO₂, mediante procesos de modelación matemática que promueven una lectura crítica del fenómeno del Fast-Fashion. En coherencia con el paradigma cualitativo y el estudio de casos, la secuencia prioriza la producción de evidencias situadas (modelos, representaciones y argumentaciones) que permitan interpretar los significados construidos por la población estudiantil en torno a la relación entre matemática, tecnología y sostenibilidad.

En la primera fase, denominada “Conociendo el Fast-Fashion y su impacto ambiental”, la población estudiantil analizó diversas infografías compuestas con información cuantitativa sobre el impacto ambiental de la industria textil. Este recurso integró datos sobre el consumo y la contaminación del agua, así como sobre la liberación de CO₂ asociados a distintos materiales y prendas de vestir. Las infografías se utilizaron como disparador de reflexión y diálogo inicial, promoviendo la identificación de variables relevantes y la problematización del fenómeno desde una perspectiva ambiental y social. Los datos visualizados (referidos al uso de recursos naturales y emisiones por tipo de material textil) constituyeron la base para las actividades posteriores de estimación, comparación y modelación matemática, conectando la información ambiental con el razonamiento cuantitativo escolar.

Figura 2. Impacto ambiental de la industria textil: consumo de agua, contaminación y emisiones de CO₂ por material y prenda.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Fundación Ellen MacArthur e informes ambientales.

El análisis guiado de esta infografía facilitó la construcción de un contexto de significación compartido, donde los estudiantes discutieron sobre el uso de recursos naturales, la contaminación del agua y la relación entre decisiones de consumo y sostenibilidad, sentando las bases para la formulación de modelos en las siguientes fases.

En la Tabla 1 se presenta una síntesis de la planificación de la situación de aprendizaje, donde se describen los objetivos, actividades y preguntas orientadoras que guiaron el proceso de modelación.

Tabla 1. Resumen de actividades de la situación de aprendizaje

Fase	Objetivo principal	Actividades y metodología	Preguntas o problemas claves
Introducción - “Conociendo el <i>Fast-Fashion</i> y su Impacto Ambiental”	Crear un contexto significativo e informar sobre el consumo masivo de ropa.	Se presentan videos y una infografía sobre el consumo de Fast-Fashion para iniciar una discusión guiada. Luego de las preguntas se les presenta infografías sobre el impacto del Fast-Fashion.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué opinas sobre cómo la sociedad consume ropa hoy en día? • ¿Sabes qué materiales componen tus prendas? • ¿Qué impacto ambiental crees que tiene la cultura del Fast-Fashion?
Exploración - “Dimensionando el impacto de tu ropa”	Identificar variables y organizar información relevante a partir de datos concretos.	Los estudiantes eligen una de tres etiquetas de ropa y estiman libremente su impacto ambiental, usando el objeto matemático que consideren conveniente.	La actividad principal consiste en estimar el impacto ambiental de la prenda escogida.
Procedimental - “Outfits de impacto (ambiental)”	Crear un modelo matemático inicial y formular una hipótesis a partir de la información organizada.	Utilizando fichas con información de distintas combinaciones de ropa (“outfits”), los estudiantes diseñan un modelo matemático para evaluar el impacto ambiental.	La tarea es construir un modelo y generar una hipótesis inicial que responda al problema.
Consolidación - “Vestir con responsabilidad”	Validar y fundamentar el modelo matemático creado y la hipótesis propuesta.	Se realiza una discusión entre los grupos, donde cada uno defiende el modelo que creó para sustentar su postura y conclusiones.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el <i>outfit</i> más sustentable? • ¿Cuáles fueron sus criterios para tomar aquella postura?
Ejercitación - “Consumo consciente y matemática crítica”	Aplicar el modelo consolidado para resolver problemas estandarizados y contextualizados.	Los estudiantes utilizan su modelo para resolver problemas de aplicación sobre el impacto ambiental del uso cotidiano de ropa.	<ul style="list-style-type: none"> • Problema 1: Calcular los kg de CO₂ emitidos para producir 700 kg de ropa de una tienda (algodón, lana, mezcla). • Problema 2: Calcular el agua utilizada para confeccionar el uniforme completo de 400 alumnos.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se basó en los productos y registros generados durante la implementación de la situación de aprendizaje descrita previamente. En este estudio, el cuestionario no se concibió como un instrumento independiente, sino como la materialización didáctica de la situación de aprendizaje diseñada bajo la estructura propuesta por Balda (2022). Este instrumento integró las siete preguntas o problemas clave, distribuidos en las cinco fases (introducción, exploración, procedimental, consolidación y ejercitación), estas orientadas a promover la reflexión y la modelación matemática en torno al impacto ambiental del Fast-Fashion.

Siguiendo la definición de Hernández et al. (2014), el cuestionario “consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir” (p. 217); en este caso, permitió identificar las herramientas y objetos matemáticos movilizados por los estudiantes al abordar problemas asociados al consumo y contaminación del agua, así como a las emisiones de CO₂ derivadas de la producción textil.

De forma complementaria, se empleó la observación directa, entendida como el “registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta que se manifiesta” (Hernández et al., 1991, p. 316). Esta técnica permitió documentar interacciones, discusiones y decisiones adoptadas por los grupos durante el proceso de resolución y modelación, aportando evidencia cualitativa sobre la construcción colectiva de significados y las estrategias de validación emergentes en la actividad.

3.5 Contexto y muestra

La muestra estuvo conformada por treinta estudiantes de segundo año medio, con un promedio de 16 años, pertenecientes a una institución diferenciada por sexo, enfocado en este caso en el masculino. La selección se realizó por conveniencia, considerando la disponibilidad de los participantes durante el periodo de transición entre semestres académicos, y contó con la autorización y acompañamiento del Departamento de Matemática de la institución.

La situación de aprendizaje se desarrolló en diez grupos de tres integrantes, con el propósito de fomentar el trabajo colaborativo y la argumentación conjunta. La intervención se llevó a cabo en dos bloques pedagógicos consecutivos de 45 minutos, en un aula tradicional. Esto permitió observar de manera directa cómo los estudiantes articulan ideas, justifican decisiones y elaboran modelos para resolver los problemas propuestos. Aunque la intervención se implementó con diez grupos, el análisis en profundidad se centró en dos de ellos (G1 y G2), seleccionados por su diversidad de estrategias y riqueza analítica. Esta decisión responde a un criterio de muestreo teórico-intencional (Stake, 1995; Patton, 2015), coherente con la naturaleza interpretativa del estudio.

3.6 Procedimiento de análisis de datos

El análisis de los datos se desarrolló bajo una estrategia cualitativa interpretativa, orientada a comprender los significados, razonamientos y transformaciones del conocimiento matemático que emergieron durante la implementación de la situación de aprendizaje. Las unidades de análisis correspondieron a los productos escritos elaborados por los estudiantes (respuestas al

cuestionario–situación de aprendizaje) y a los registros de observación directa obtenidos durante las sesiones.

El proceso analítico se estructuró en tres momentos complementarios:

1. Organización y codificación inicial. Se transcribieron y organizaron las producciones de cada grupo, conformando un corpus de respuestas por fase del diseño de Balda (2022). A partir de una lectura abierta, se identificaron patrones de acción, argumentación y de uso de herramientas matemáticas, generando categorías emergentes que fueron contrastadas con los referentes teóricos de la educación sociocultural (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991) y la modelación matemática escolar (Arrieta y Díaz, 2015; Pérez y Salazar, 2024).
2. Análisis por fases del diseño didáctico. Las categorías resultantes se aplicaron a cada una de las cinco fases de la estructura de Balda (2022): introducción, exploración, procedimental, consolidación y ejercitación. Este procedimiento permitió reconstruir los procesos de modelación y resignificación del conocimiento matemático, así como las formas de razonamiento proporcional que surgieron al resolver los problemas planteados.
3. Interpretación teórica. Finalmente, se realizó una interpretación transversal sustentada en los tres ejes conceptuales del estudio: Educación sociocultural, modelación matemática e interdisciplina vinculada a la educación ambiental. Esto con el propósito de identificar cómo los estudiantes articularon saberes matemáticos y contextuales para dar sentido a la problemática del Fast-Fashion, transformando procedimientos rutinarios en herramientas conceptuales y argumentativas.

4. RESULTADO Y ANÁLISIS

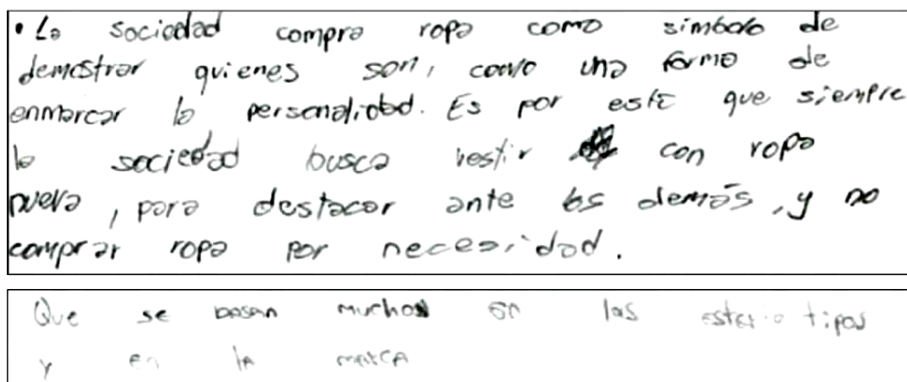
En esta sección se presenta el desarrollo de los estudiantes a partir de la intervención didáctica, considerando las producciones elaboradas por dos grupos (G1 y G2) durante la secuencia de aprendizaje. El análisis se organiza en torno a las cinco fases del diseño propuesto por Balda (2022): Introducción, exploración, procedimental, consolidación y ejercitación.

En cada fase se describen las estrategias, modelos y argumentaciones que emergieron de los estudiantes, junto con una interpretación teórica sustentada en los marcos de la educación sociocultural y la modelación matemática, la que orienta este estudio.

4.1 Resultados fase de introducción - Conociendo el Fast-Fashion y su Impacto Ambiental

Pregunta 1: ¿Qué opinas sobre la forma en que la sociedad consume productos hoy en día, especialmente cuando se trata de ropa?

Figura 3. Respuesta de los estudiantes en la pregunta 1.

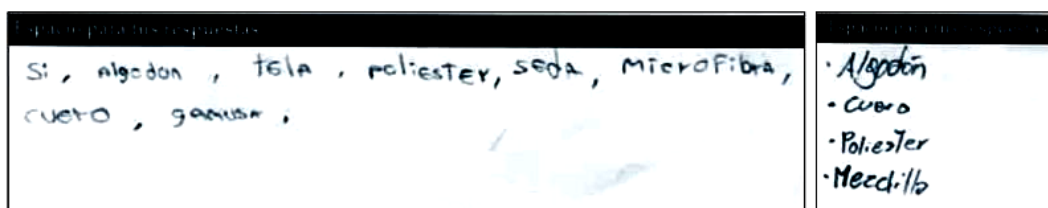


Fuente: Creación de los estudiantes.

Las respuestas de ambos grupos evidencian una mirada crítica sobre los patrones de consumo, resaltando la influencia de los estereotipos, las marcas y la validación social a través de la apariencia. El Grupo 1 señaló que “se basan mucho en los estereotipos y en la marca”, mientras que el Grupo 2 expresó que “la sociedad compra ropa como símbolo de demostrar quiénes son, como una forma de enmarcar la personalidad. Es por esto que siempre la sociedad busca vestir con ropa nueva, para destacar ante los demás, y no compran ropa por necesidad”. Ambas respuestas muestran que los jóvenes reconocen que vestir ha dejado de ser una necesidad básica para transformarse en una forma de identidad y estatus. Desde la perspectiva sociocultural de Wertsch (1991), el consumo se comprende como una práctica mediada por herramientas culturales y signos compartidos; los estudiantes reproducen y resignifican estas prácticas, mostrando cómo los significados sociales configuran modos de pensar y pertenecer culturalmente.

Pregunta 2: ¿Sabes qué materiales componen tus prendas favoritas? ¿Podrías nombrar algunos de estos materiales?

Figura 4. Respuesta de los estudiantes en la pregunta 2.



Fuente: Creación de los estudiantes.

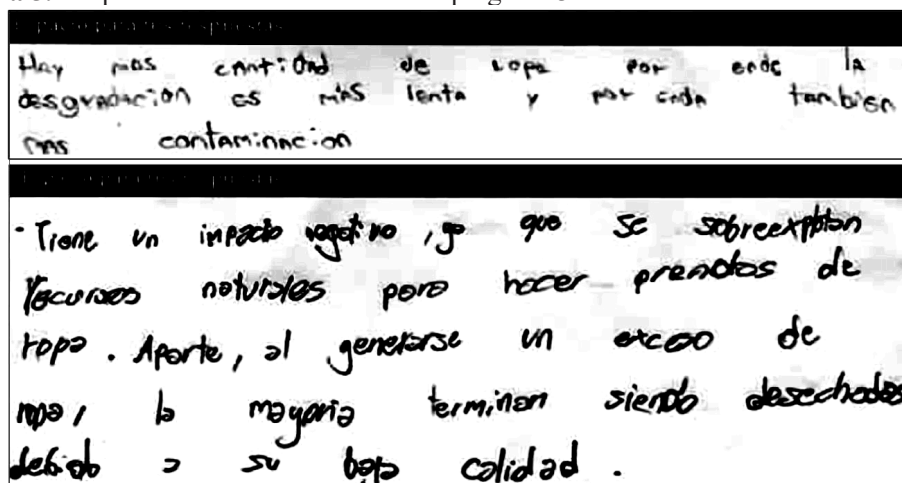
Los estudiantes reconocen materiales textiles propios y comunes de su cultura, tales como el algodón, poliéster o el cuero.

Desde la educación sociocultural, este resultado evidenció cómo el conocimiento cotidiano se construye en función de las experiencias y del entorno social inmediato y luego se interiorizan en el ámbito individual, tal como menciona Wertsch (1991). Los estudiantes

reconocen los materiales a través de su interacción con los objetos culturales que los rodean, lo que refleja que el aprendizaje no se produce de manera aislada, sino mediado por herramientas y prácticas compartidas.

Pregunta 3: ¿Qué impacto, en términos ambientales, crees que tiene la cultura del Fast-Fashion?

Figura 5. Respuesta de los estudiantes en la pregunta 3.



Fuente: Creación de los estudiantes.

Las respuestas de ambos grupos reflejan una visión crítica sobre el consumo y sus implicaciones ambientales. El Grupo 1 expresó que “hay más cantidad de ropa, por ende, la degradación es más lenta y por ende también más contaminación”, relacionando directamente la sobreproducción con el deterioro ambiental.

Por su parte, el Grupo 2 indicó que “tiene un impacto negativo, ya que se sobreexplotan recursos naturales para hacer prendas de ropa. Aparte, al generarse un exceso de ropa, la mayoría terminan siendo desechadas debido a su baja calidad”. Estas respuestas muestran que los jóvenes comprenden el fenómeno del Fast-Fashion, más allá de lo superficial, reconociendo las consecuencias ecológicas del consumo acelerado y su vínculo con la contaminación y el desperdicio.

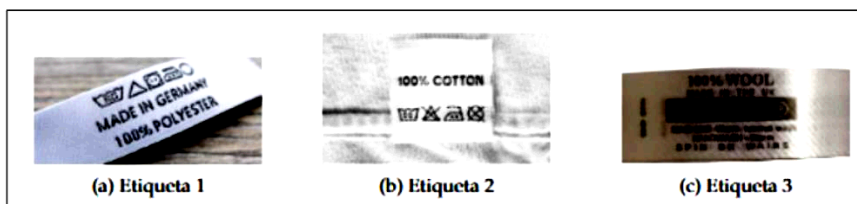
Desde la perspectiva sociocultural de Wertsch (1991), el consumo se entiende como una práctica mediada por herramientas culturales y signos compartidos; en este caso, los estudiantes resignifican estas prácticas al analizar críticamente cómo las dinámicas de consumo configuran sus modos de pensar, decidir y pertenecer dentro de una cultura que asocia la identidad con el vestir.

4.2 Resultados fase de exploración - Dimensionando el impacto de tu ropa

Esta situación fue intencionada para trabajar en la fase de exploración, se solicitó a los estudiantes que, a partir de la información de una etiqueta de ropa elegida de entre tres, estimaran el impacto ambiental de la prenda seleccionada. Esta actividad tenía como objetivo observar las estrategias iniciales que emergen al enfrentarse a un problema abierto de

modelación. La situación presenta tres etiquetas, la primera indicando su composición de 100% polyester, la segunda 100% cotton y la tercera 100% wool.

Figura 6. Etiquetas de ropa



Fuente: Situación de aprendizaje implementada, creación propia.

Además, como información complementaria se indica que una polera de polyester suele pesar entre 145 y 180 gramos, una de algodón (cotton) entre 130 y 150 gramos y un suéter de lana (wool) pesa entre 450 y 600 gramos. Aunque la instrucción fue que cada grupo tenía la libertad de escoger una de las tres etiquetas, ambos grupos eligieron la etiqueta de poliéster. A continuación, podemos observar el desarrollo que realizó cada grupo

Figura 7. Respuesta de los estudiantes pregunta 4.

Handwritten student work showing calculations for water and CO₂ consumption for different clothing items. The work is divided into two columns.

Left Column:

Poliester (1) (160 gr seca) → la media

1) 160L 25,6 litras $\frac{160 \cdot 160}{1000} = 25,6 \text{ L. consumo}$

2) 10L x $\frac{10 \cdot 160}{1000} = 1,6 \text{ L. de contaminación}$

3) 5 kg CO₂ 0,8 $\frac{5 \cdot 160}{1000} = 0,8 \text{ kg de liberación de CO}_2$

Right Column:

145 180g $\frac{10000 \cdot 1000}{20000} =$ $\frac{0,15 \cdot 2000}{1}$

1kg | 200L de agua

0,15kg | x = 30L agua

1kg | 10L de agua

0,15 | x = 1,5 contaminación de agua

1kg | 5kg

0,75 | 0,75 kg de CO₂

Fuente: Creación de los estudiantes.

Ambos grupos seleccionaron valores dentro del intervalo de gramajes propuesto, aunque se esperaba que trabajaran con el punto medio. El G1 eligió 160 g como peso de la prenda y el G2, 150 g. En cuanto a las variables, G1 utilizó 160 litros de agua por kilogramo de poliéster y 5 kg de CO₂ por kilogramo (el punto medio), mientras que G2 mantuvo el mismo valor para el CO₂, pero empleó 200 litros de agua, cercano al extremo superior del intervalo. Estas decisiones generaron variaciones en los resultados, aunque ambos grupos, mediante procedimientos distintos, arribaron al mismo objeto matemático: el razonamiento proporcional.

El modo en que abordaron la tarea refleja los principios de la educación sociocultural y la modelación matemática que sustenta esta investigación. A través de la interacción construyeron significados compartidos (Martínez, 1999); las etiquetas de ropa y las variables de impacto actuaron como herramientas mediadoras culturales (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991), todo esto permitiendo a los grupos desarrollar estrategias propias. La decisión de simplificar intervalos a valores únicos constituyó una representación espontánea que, tras la discusión, evolucionó hacia un modelo compartido, en línea con lo expuesto por Hitt y Quiroz-Rivera (2017).

Desde la perspectiva de la modelación, emergió un Dipolo Modélico (DM) (Arrieta y Díaz, 2015), articulando “lo modelado” (el impacto ambiental) con “el modelo” (el cálculo proporcional), el cual adquiere significado en la acción misma de resolver. Este proceso evidenció la transformación del saber descrita por Pérez y Salazar (2024), donde un objeto matemático escolar se convierte en saber matemático escolar. Así, la proporcionalidad se resignifica (Cordero y Suárez, 2010; Pérez, 2020), pasando de un procedimiento mecánico a una herramienta conceptual para comprender fenómenos socioambientales reales.

4.3 Resultados fase procedimental

Pregunta 5: Elige uno de los outfits y analiza su impacto ambiental según la materia prima de cada prenda.

El Grupo 1 separó cada prenda según sus materias primas. Luego sumó los gramos de cada material para obtener un peso total por tipo y aplicó la regla de tres para calcular el impacto ambiental en cada variable (CO₂, consumo y contaminación de agua). Finalmente, sumó los resultados parciales para presentar un valor global de impacto por variable.

Figura 8. Respuesta de los estudiantes G1 en la pregunta 5.

3. Outfits de Impacto (Ambiental)

¿Cuál es el impacto ambiental de un outfit promedio?

El propósito de esta sección es que calcules cuánto es el impacto ambiental de un outfit promedio, con el objetivo de que puedas dimensionar el gasto de agua y liberación de dióxido de carbono que se tuvo que producir para que una persona pueda vestirse de cierta forma un día.

Elige uno de los outfits y analiza su impacto ambiental según la materia prima de cada prenda.

Item	Weight	Material
Blusa	215 gr	algodón
camisa	125 gr	alg
Pantalón	1522 gr	alg
Botas	90 gr	Elk.
Botas	58 gr	Elk.

1) 15000 \times 872 = 13,080 → hilos para algodón

2) 5900 \times 872 = 4708,8 contaminación

3) 19,5 \times 872 = 9,156 → CO₂

1) 160 \times 90 = 14,4

2) 10 \times 90 = 0,9

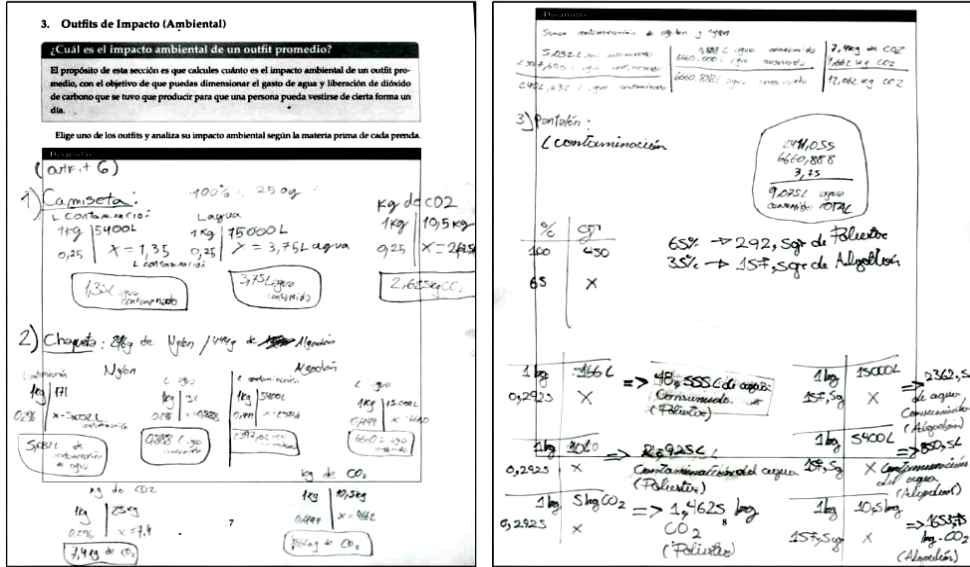
3) 5 \times 90 = 0,45

Variable	Value
Hilos usados	13,080 14,4 + 8,8 13,03,2
contaminación provocada	4708,8 0,9 + 2,03 4711,73
liberación CO ₂	9,15 0,45 + 0,52 10,12

Fuente: Creación de los estudiantes.

El Grupo 2, en cambio, analizó cada prenda de manera individual, calculando el impacto de estas tres variables mediante el mismo procedimiento proporcional. Sin embargo, no consolidó sus resultados finales, limitándose a valores parciales numéricos.

Figura 9. Respuesta de los estudiantes G2 en la pregunta 5.



Fuente: Creación de los estudiantes.

En síntesis, ambos grupos emplearon estrategias distintas, pero coincidieron en el uso de la proporcionalidad como herramienta matemática central. La actividad evidenció su carácter interdisciplinario, al integrar las matemáticas con la educación ambiental para abordar el impacto ecológico de los “outfits”.

Desde la perspectiva sociocultural, los estudiantes utilizaron herramientas matemáticas como mediadoras culturales (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991), construyendo modelos numéricos con sentido en la discusión colectiva. Las diferencias en sus procedimientos reflejan la complejidad del proceso de modelación y cómo este permite resignificar el conocimiento matemático al aplicarlo en la comprensión de fenómenos reales.

4.4 Resultados fase de consolidación

Pregunta 6: Compara entre los grupos y responde: ¿Cuál es el outfit más sustentable? ¿Cuáles fueron tus criterios para tomar aquella postura?

Figura 10. Respuesta dada en la pregunta por los estudiantes en la pregunta 6.

el outfit 6 es el que se puede observar que tiene menos consumo de agua, comparamos los tres outfits que se presentaban frente al curso y era el con cifras más bajas.

Fuente: Creación de los estudiantes.



El Grupo 1 argumentó que “el outfit 10 es el que se puede observar que tiene menos consumo de agua; comparamos los tres outfits que se presentaron frente al curso y era el con cifras más bajas”. Por su parte, el Grupo 2 señaló que “el outfit más sustentable fue el outfit 3, ya que gasta menos agua y genera menos CO₂”.

Ambos grupos identificaron la sustentabilidad de los outfits a partir de criterios cuantitativos, como el consumo de agua y la emisión de dióxido de carbono, evidenciando la capacidad de comparar datos, argumentar y tomar decisiones informadas. Estas respuestas muestran un tránsito desde una reflexión más descriptiva hacia un razonamiento analítico sustentado en la modelación y el trabajo colaborativo.

Desde la perspectiva sociocultural, el aprendizaje se construyó colectivamente mediante la interacción y el diálogo al contrastar información. La interdisciplina se manifestó en la integración de saberes matemáticos, ambientales y sociales, donde las herramientas matemáticas, especialmente la modelación proporcional, permitieron comprender de manera crítica la relación entre consumo, impacto ambiental y sustentabilidad.

4.5 Resultados fase de ejercitación

Pregunta 7: Una tienda recibe mensualmente 700 kg de ropa para vender. Esta se distribuye de la siguiente manera: - 400 kg de poleras 100 % algodón - 100 kg de chalecos 100 % lana - 200 kg de poleras con 60 % algodón y 40 % poliéster. Pregunta: ¿Cuántos kilogramos de CO₂ se liberan en total al producir esta ropa?

Figura 11. Transcripción de respuesta de los estudiantes pregunta 7.

400 kg Alg · 1000 = 400,000
 100 chls · 1000 = 100,000
 200 pol. ester · 30 = 6,000
 Total = 406,000

Handwritten calculations shown in the image:
 $\frac{400}{1000} \times 1000 = 400$
 $\frac{100}{1000} \times 1000 = 100$
 $\frac{200}{1000} \times 30 = 6,56$

Fuente: Creación de los estudiantes.

El Grupo 1 calculó el total de algodón, lana y poliéster presentes en los kilogramos totales de ropa, aplicando la regla de tres para cada material. Se observó un error al considerar que la liberación de CO₂ por kilogramo era 1000 en lugar de 1, aunque luego sumaron correctamente los resultados parciales para obtener el valor total de emisión.

Este proceso refleja que el aprendizaje es un fenómeno social, donde los estudiantes construyen significados compartidos. El grupo elaboró una estrategia propia para resolver el problema, evidenciando que no operaron mecánicamente, sino que utilizaron la matemática como herramienta para interpretar y cuantificar un fenómeno ambiental real, otorgando así un sentido conceptual más profundo a los procedimientos aplicados.

5. CONCLUSIONES/ REFLEXIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Ciudadanía y sentido de la matemática. La integración explícita de la relación entre matemática y ciudadanía en la experiencia didáctica favoreció aprendizajes con mayor sentido crítico y contextualizado: los estudiantes vincularon contenidos matemáticos con fenómenos sociales globales (Fast-Fashion), posicionando la matemática como herramienta para tomar decisiones informadas sobre su realidad y no como un saber abstracto.

Este enfoque dio a la matemática un rol activo en el desarrollo del pensamiento crítico; mediante el trabajo colaborativo y el diálogo, las y los estudiantes construyeron significados compartidos, en coherencia con la perspectiva sociocultural que sitúa el aprendizaje como proceso mediado culturalmente (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991; Martínez, 1999). Se superaron rasgos de la enseñanza tradicional centrada en la repetición, al reconocer la utilidad pública de la matemática para analizar dilemas de consumo y sostenibilidad (Skovsmose, 2000). Ante lo anterior, reconocemos los debates sociales, políticos y culturales de mayor escala, como un escenario que favorece la relación matemática y ciudadanía, instalando y favoreciendo la discusión en el aula escolar.

Modelación matemática escolar y resignificación del saber. La modelación se consolidó como una herramienta pedagógica potente para matematizar objetivos de Educación Ambiental (EA). La situación de aprendizaje condujo desde una concienciación inicial (UNESCO, 1977; PNUMA, 1975) hacia una comprensión crítica del fenómeno. En la fase de exploración se observó un punto de inflexión: ante la necesidad de cuantificar el impacto, emergió de los propios saberes estudiantiles el razonamiento proporcional como modelo articulador. Este tránsito de lo cualitativo a lo cuantitativo habilitó la evaluación de escenarios y decisiones, núcleo de la EA (UNESCO, 1977).

Desde la teoría de la modelación, los estudiantes articularon lo modelado (impacto ambiental) y el modelo (cálculo proporcional), configurando Dipolos Modélicos (Arrieta y Díaz, 2015) y mostrando la resignificación del conocimiento: el objeto matemático escolar se transformó en saber matemático escolar al ser usado con propósito y en contexto (Cordero y Suárez, 2010; Pérez y Salazar, 2024).

ODS 12 como práctica situada. A lo largo de la secuencia, el ODS 12 se trabajó como práctica y no como contenido declarativo: desde las preguntas iniciales, el estudiantado reconoció problemáticas de consumo/producción de ropa; durante la modelación, interpretó datos y cuantificó impactos (agua, CO₂); y en consolidación/ejercitación comparó alternativas y justificó decisiones con criterios ambientales y sociales. El resultado fue una conciencia informada y una capacidad argumentativa para evaluar la sustentabilidad de opciones concretas, articulando criterios cuantitativos con juicios éticos propios de la ciudadanía responsable (UNESCO, 1977; PNUMA, 1975).

Articulación de los ejes teóricos. Los hallazgos muestran la coherencia entre los tres ejes del marco: (i) lo sociocultural aportó la mediación (herramientas, interacción, lenguaje) que habilitó la construcción de significados (Vygotsky, 1979; Wertsch, 1991); (ii) la modelación operó como puente entre los saberes escolares y el fenómeno socioambiental, permitiendo validar, interpretar y aplicar modelos en contexto (Arrieta y Díaz, 2015; Cordero y Suárez, 2010; Pérez y Salazar, 2024); y (iii) la interdisciplina propia de la EA evitó la fragmentación del conocimiento y favoreció decisiones informadas sobre consumo

responsable (Chile, 1994; UNESCO, 1977; PNUMA, 1975). En este marco, el pensamiento proporcional emergió como razonamiento clave en la construcción de modelos y en la toma de decisiones.

Aportes, limitaciones y proyecciones. Como aporte, el estudio muestra evidencia situada de cómo la modelación, en diálogo con la formación ciudadana y la EA, resignifica contenidos matemáticos y fortalece competencias para el análisis crítico de problemas reales. Entre las limitaciones, se reporta un análisis en profundidad de dos casos (G1 y G2) dentro de un curso, decisión coherente con el muestreo teórico-intencional del estudio cualitativo; no busca generalización estadística, sino comprensión analítica.

Como proyección, se sugiere (a) ampliar el análisis a más grupos y ciclos, (b) profundizar en trayectorias del pensamiento proporcional en tareas de EA, y (c) explorar rúbricas de validación de modelos que integren criterios matemáticos y socioambientales para la formación inicial docente y el diseño curricular.

En síntesis, la experiencia confirma que la modelación matemática + enfoque sociocultural + EA constituyen una vía fértil para formar ciudadanía: la matemática se vive como lenguaje y herramienta para comprender, cuestionar e intervenir el mundo en que se habita.

DECLARACIONES DE CONTRIBUCIONES DE LAS PERSONAS AUTORAS

Este artículo, basado en la investigación titulada “Aporte de la modelación matemática a la educación ambiental: una aproximación al consumo y producción sostenible en el aula escolar”, fue desarrollado por SGP, SRS y RVM, bajo la orientación de IPV.

La idea inicial fue planteada de forma conjunta, mientras que SGP, SRS y RVM se encargaron del marco teórico, la revisión bibliográfica, el diseño de la situación de aprendizaje y su implementación.

La discusión, análisis de los resultados y redacción final del artículo fueron realizados de manera colaborativa por SGP, SRS, RVM e IPV.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos que respaldan los resultados de este estudio están disponibles en el repositorio de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, en el vínculo de tesis de pregrado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas e instituciones que contribuyeron al desarrollo de esta investigación, brindando apoyo, orientación y recursos para su realización.

Agradecemos al Departamento de Matemática de la UMCE por su apoyo en la realización de esta investigación. También, expresamos nuestra gratitud al proyecto de vinculación con el medio "Red FerMat: modelación matemática y tecnología en el aula escolar", (código V-25-4) y al proyecto de investigación "Superación de obstáculos en el cálculo escolar mediante modelación matemática y tecnologías digitales en la formación docente" (código 13-2025-IED), ambos fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

5. REFERENCIAS

- Alvis-Puentes, J., Aldana-Bermúdez, E. y Caicedo-Zambrano, S. (2019). Los ambientes de aprendizaje reales como estrategia pedagógica para el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de básica secundaria. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 10(1), 63–78. <https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n1.2019.10>
- Andrade, T. y Guzmán, I. (2018). Educación matemática y formación ciudadana: Un estudio que confronta la matemática escolar, el currículo y las prácticas docentes. *PARADIGMA*, 39(1), 319–331. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2018.p319-331.id657>
- Arrieta, J. y Díaz, L. (2015). Una perspectiva de la modelación desde la Socioepistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 18(1), 19–48. <https://doi.org/10.12802/relime.13.1811>.
- Balda, P. (2022). Estructura para el diseño de situaciones de aprendizaje desde un enfoque socioepistemológico. *Investigación e Innovación en Matemática Educativa*, 7. <https://doi.org/10.46618/iime.148>
- Bell, R., Orozco, I. y Lema, B. (2022). Interdisciplinariedad, aproximación conceptual y algunas implicaciones para la educación inclusiva. *UNIANDES Episteme*, 9(1), 101–116.
- Capocasale, A. (2015). ¿Cuáles son las bases epistemológicas de la investigación educativa? *Abriendo puertas al conocimiento*, 32.
- Cervantes, C., Rangel-Lyne, L. y Ochoa-Hernández, M. (2025). Determinantes del comportamiento de compra *fast fashion* en centennials de México. *Estudios Gerenciales*, 41(175), 142-155. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2025.175.6919>
- Chile. (1994). *Ley N.º 19.300: Bases Generales del Medio Ambiente*. Diario Oficial de la República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
- Chile. (2009). *Ley N.º 20.370: Establece la Ley General de Educación*. Diario Oficial de la República de Chile. <https://bcn.cl/29xpy>
- Chile. (2019). *Ley N.º 20.845: De Inclusión Escolar*. Diario Oficial de la República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1078172>
- Cordero, F. y Suárez, L. (2010). Modelación - graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (RELIME)*, 13(4-II), 319-333.
- Eschenhagen, M. L. (2007). La educación ambiental superior en América Latina: una evaluación de la oferta de posgrados ambientales. *Theomai*, (16), 87–107.
- Flores, E. y Pérez, L. (2023). *Educación matemática y formación ciudadana en estudiantes de la unidad educativa Dr. Emilio Uzcategui periodo enero – marzo 2023* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11224>
- García, M. y Farfán, R. (2016). Una caracterización de actitudes hacia lo proporcional desde una perspectiva socioepistemológica. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 19(3), 773–783.
- Greenpeace México. (2021). *Fast fashion: de tu armario al vertedero*. Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9514/fast-fashion/>
- Guerra, J. (2020). El constructivismo en la educación y el aporte de la teoría sociocultural de Vygotsky para comprender la construcción del conocimiento en el ser humano. *Dilemas*

- Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 7(2).
<https://doi.org/10.46377/dilemas.v32i1.2033>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1991). Metodología de la investigación. *McGraw-Hill Education*.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). *McGraw-Hill Education*.
- Hitt, F. y Quiroz-Rivera, S. (2017). Aprendizaje de la modelación matemática en un medio sociocultural. *Revista Colombiana de Educación*, 73, 153–177.
- Infante-Malachias, M. y Araya-Crisóstomo, S. (2023). Interdisciplinariedad como desafío para educar en la contemporaneidad. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(1), 1-16. <https://doi.org/10.1590/1984-0411.88371>
- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report – Summary for Policymakers. *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/summary-for-policymakers/>
- Jiménez, V. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 8(1), 141–150.
- León, E. (2013). *La interdisciplinariedad y su incidencia en el aprendizaje significativo en los estudiantes de los sextos años de educación general básica de la escuela fiscal México de la ciudad de Ambato* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato].
- Manzanares, G. (2020). Desarrollo sostenible y políticas públicas: Enfoque de la ONU y ecología política. *Revista de la Academia Nicaragüense de Ciencias Jurídicas y Políticas*, 6(12), 73–87.
- Martínez, M. (1999). El enfoque sociocultural en el estudio del desarrollo y la educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 1(1), 16–37.
- Ministerio de Educación de Chile. (2012). *Bases Curriculares Primero a Sexto Básico*. Recuperado el 29 de enero de 2025, <https://www.curriculumnacional.cl>
- Ministerio de Educación de Chile. (2015). *Bases Curriculares 7.º básico a 2.º medio*. Recuperado el 29 de enero de 2025, <https://www.curriculumnacional.cl>
- Ministerio de Educación de Chile. (2016). *Orientaciones para la elaboración del Plan de Formación Ciudadana*. Recuperado de <https://convivenciaparaciudadania.mineduc.cl>
- Ministerio de Educación de Chile. (2023). *Actualización del Plan de Formación Ciudadana 199 para la Reactivación Educativa Integral*. <https://convivenciaparaciudadania.mineduc.cl/formacion-ciudadana/>
- Mochón, S. (2012). Enseñanza del razonamiento proporcional y alternativas para el manejo de la regla de tres. *Educación Matemática*, 24(1), 133–157.
- Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nota del Secretario General (A/42/427)*. Naciones Unidas. <https://ecominga.uqam.ca/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Recuperado de <https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-12-garantizar-modalidades-de-consumo-y-produccion-sostenibles-un-requisito-esencial-para-el>
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Pérez, I. y Carrasco, E. (2018). Análisis de ciclos epistémicos de figuración en base a dipolos modélicos. *Acta latinoamericana de matemática educativa*, 31(2), 1536–1543.

- Pérez, I. (2020). Una significación de los coeficientes de una función cuadrática: Una experiencia de modelación. Paulo Freire. *Revista de Pedagogía Crítica*, 23, 177–194.
- Pérez, I. y Salazar, P. (2024). Modelación matemática como propuesta de trabajo para superar obstáculos y dificultades en el cálculo escolar. Una experiencia en formación inicial docente. *Acta latinoamericana de matemática educativa*, 37(1). <https://alme.org.mx/revista/index.php/alme/article/view/100>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (1975). *Carta de Belgrado: Un marco global para la educación ambiental*. Seminario Internacional sobre Educación Ambiental.
- Reséndiz, J. (2023). De la construcción del campo a la interdisciplinariedad en la educación ambiental: El caso de la UNAM. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 18(00), e023168. <https://doi.org/10.21723/riace.v18i00.16195>
- Reyes-Gasperini, D. (2013). La transversalidad de la proporcionalidad. *Secretaría de Educación Pública*. ISBN: 978-607-9362-01-0
- Reyes-Gasperini, D. y Cantoral, R. (2014). Socioepistemología y Empoderamiento: la profesionalización docente desde la problematización del saber matemático. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 28(48), 360-382. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v28n48a18>
- Skovsmose, O. (2000). Escenarios de investigación. *Revista EMA*, 6 (1), 3-26.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. SAGE Publications.
- UNESCO. (1977). *Declaración de la Conferencia Intergubernamental de Tbilisi sobre Educación Ambiental*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org>.
- Viché, M. (2021). *Metodología de una educación sociocultural transformadora: De la dialogicidad y la transformación narrativa*. Lulu.com.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica.
- Wertsch, J. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Harvard University Press.