

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay**

ISSN en línea: 2789-3855, 2026

Estrategias discursivas en proyectos de modelización matemática: evidencias desde el Bachillerato Internacional en Costa Rica

Discursive strategies in mathematical modeling projects: evidence
from the International Baccalaureate in Costa Rica

Melvin Ramírez Bogantes

meramirez@itcr.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0001-5516-0085>

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Costa Rica

Julio Marín Sánchez

julio.marin.sanchez@una.cr

<https://orcid.org/0009-0006-1114-137X>

Universidad Nacional de Costa Rica

Costa Rica

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.5959>


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos


LATAM

Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades

Artículo recibido: 20 de enero de 2026.

Aceptado para publicación: 01 de junio de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.5959>

Estrategias discursivas en proyectos de modelización matemática: evidencias desde el Bachillerato Internacional en Costa Rica

Discursive strategies in mathematical modeling projects: evidence from the International Baccalaureate in Costa Rica

Melvin Ramírez Bogantes

meramirez@itcr.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0001-5516-0085>

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Costa Rica

Julio Marín Sánchez

julio.marin.sanchez@una.cr

<https://orcid.org/0009-0006-1114-137X>

Universidad Nacional de Costa Rica

Costa Rica

Artículo recibido: 20 de enero de 2026. Aceptado para publicación: 01 de junio de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

En Costa Rica, tres proyectos estudiantiles de modelización matemática desarrollados en el Bachillerato Internacional emplearon datos locales para abordar problemáticas de agricultura, biología y salud. Más allá de sus resultados técnicos, estos trabajos constituyeron espacios de comunicación del conocimiento matemático, en los que los estudiantes tradujeron fenómenos reales en representaciones discursivas dirigidas a interlocutores específicos. Mediante un diseño de estudio de casos múltiples y un análisis categorial de contenido, se examinaron cuatro dimensiones: estrategias de estructuración discursiva, gestión de la multimodalidad, construcción del destinatario y tensiones entre rigor formal y accesibilidad comunicativa. Los hallazgos muestran que la competencia comunicativa no es un derivado automático del dominio matemático, sino una práctica retórica que requiere enseñanza intencionada; que la articulación entre texto e imagen es una habilidad que los estudiantes desarrollan de forma desigual; y que la tensión entre rigor y accesibilidad puede convertirse en objeto de aprendizaje explícito. El estudio contribuye a la comprensión de la comunicación matemática en contextos escolares latinoamericanos y ofrece orientaciones para el diseño de secuencias didácticas que integren explícitamente la dimensión discursiva de la modelización.


Palabras clave: modelización matemática, bachillerato internacional, educación matemática, proyectos estudiantiles, comunicación matemática, Costa Rica

Abstract

In Costa Rica, three student mathematical modeling projects developed within the International Baccalaureate used local data to address problems in agriculture, biology, and health. Beyond their technical outcomes, these projects functioned as sites for mathematical knowledge communication, where students translated real-world phenomena into discursive representations intended for specific stakeholders. Using a multiple case study design and categorical content analysis, four dimensions

were examined: discursive structuring strategies, multimodal resource management, audience construction, and tensions between formal rigor and communicative accessibility. Findings show that communicative competence is not an automatic byproduct of mathematical mastery, but a rhetorical practice that requires intentional teaching; that the articulation between text and image is a skill students develop unevenly; and that the tension between rigor and accessibility can become an explicit object of learning. The study contributes to the understanding of mathematical communication in Latin American school contexts and offers guidance for the design of instructional sequences that explicitly integrate the discursive dimension of mathematical modeling.

Keywords: mathematical modeling, international baccalaureate, mathematics education, student projects, mathematical communication, Costa Rica

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Estrategias discursivas en proyectos de modelización matemática: evidencias desde el Bachillerato Internacional en Costa Rica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (3), 490 – 504. <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.5959>

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la matemática enfrenta un reto persistente: superar la percepción de ser una disciplina abstracta y desconectada de la vida cotidiana. Diversos estudios en educación matemática han destacado que la modelización constituye un medio para vincular las matemáticas con fenómenos reales y con la toma de decisiones en contextos concretos (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Niss & Blum, 2020). Sin embargo, la atención investigativa ha privilegiado los procesos cognitivos de construcción del modelo, dejando en un plano secundario la dimensión comunicativa: la manera en que los estudiantes transforman datos y modelos en discursos comprensibles para públicos diversos.

Desde la perspectiva de la alfabetización académica (Carlino, 2013; Lea & Street, 1998), cada representación matemática —ya sea un gráfico, un mapa o una ecuación— implica elecciones discursivas y retóricas que median tanto la comprensión individual como la interacción social. En el aula, esas elecciones determinan cómo los estudiantes explican, justifican y negocian el sentido de sus resultados, configurando la matemática como un lenguaje social además de formal. Esta perspectiva resulta especialmente pertinente en el contexto del Bachillerato Internacional (BI), donde los proyectos de modelización exigen que los estudiantes dirijan sus productos a interlocutores concretos dentro y fuera del aula.

En Costa Rica, el Bachillerato Internacional está presente en un número reducido de centros educativos, tanto públicos como privados, lo que lo convierte en un contexto educativo singular dentro del sistema nacional. A pesar de su creciente implementación, la producción investigativa sobre las prácticas pedagógicas desarrolladas en este programa desde el ámbito costarricense es aún escasa, y prácticamente inexistente en lo que respecta a la dimensión comunicativa de la modelización matemática. Esta ausencia contrasta con el potencial que estos proyectos tienen para articular matemática escolar, problemas locales y formación ciudadana, y justifica la pertinencia de documentar y analizar sistemáticamente estas experiencias desde una perspectiva discursiva.

Este artículo presenta tres estudios de caso realizados en el BI en Costa Rica, en los que estudiantes desarrollaron proyectos de modelización matemática aplicados a problemáticas locales. El análisis se centra en las estrategias comunicativas y discursivas que emergen en estos procesos: cómo los estudiantes estructuran sus explicaciones, qué recursos multimodales seleccionan y priorizan, de qué manera conciben al destinatario de sus resultados y qué tensiones se generan entre el lenguaje matemático formal y las necesidades comunicativas del contexto.

Las preguntas de investigación que orientan este trabajo son:

- ¿Qué decisiones discursivas adoptan los estudiantes al traducir fenómenos reales en representaciones matemáticas?
- ¿Cómo median esas decisiones la comunicación con docentes, pares y actores locales?
- ¿Qué desafíos y aprendizajes comunicativos se evidencian en la práctica de modelización?

El artículo se organiza de la siguiente manera: primero se expone el marco conceptual que articula los constructos de modelización matemática y comunicación discursiva; luego se describe el diseño metodológico basado en estudio de casos múltiples; posteriormente se presentan los resultados organizados en torno a estrategias discursivas comunes y singulares; a continuación, se desarrolla la discusión en diálogo con la literatura reciente; y finalmente se ofrecen conclusiones y recomendaciones.

DESARROLLO

Marco conceptual

El estudio se articula en torno a tres conceptos centrales que se definen a continuación.

Modelización matemática

La modelización matemática es el proceso mediante el cual se traduce un problema del mundo real a un lenguaje matemático, se opera con ese lenguaje para obtener resultados y se reinterpreta la solución en el contexto original (Borromeo Ferri, 2018). Este ciclo no es lineal: implica decisiones iterativas sobre qué variables incluir, qué simplificaciones son legítimas y cómo validar el modelo. En contextos escolares, la modelización adquiere valor pedagógico en la medida en que involucra a los estudiantes en una práctica auténtica de resolución de problemas, movilizandolos simultáneamente competencias matemáticas, tecnológicas y comunicativas (Niss & Blum, 2020).

Comunicación matemática y discurso multimodal

La comunicación matemática refiere al conjunto de actos mediante los cuales un sujeto transmite, negocia o construye significados matemáticos con otros (Borromeo Ferri, 2018; Abrahamson et al., 2020). En los proyectos de modelización, esta comunicación adopta una naturaleza multimodal: combina texto escrito, representaciones gráficas (diagramas, dispersiones, mapas), símbolos formales y narrativas explicativas. Cada modalidad conlleva convenciones propias y supone decisiones retóricas sobre su adecuación al destinatario y al propósito comunicativo.

El concepto de retórica matemática, entendido como el conjunto de estrategias de presentación y argumentación que los estudiantes despliegan para persuadir a una audiencia de la validez de sus modelos, resulta central para comprender cómo la comunicación media la recepción de los resultados (Morgan et al., 2014). Un modelo matemáticamente correcto puede resultar opaco o inaccesible si no se acompaña de las decisiones retóricas adecuadas para el interlocutor previsto.

Alfabetización académica y discursiva

La alfabetización académica (Carlino, 2013; Lea & Street, 1998) designa el dominio de las convenciones discursivas propias de las disciplinas académicas, lo que incluye géneros textuales, formas de argumentar y modos de citar la evidencia. En el contexto de la matemática escolar, esta alfabetización implica que los estudiantes aprendan no solo a resolver problemas, sino a escribir sobre ellos: a justificar sus decisiones metodológicas, a interpretar sus resultados para audiencias no especializadas y a posicionarse como productores de conocimiento. Los proyectos del BI operan en esta intersección: exigen una escritura que articule rigor matemático con claridad comunicativa.

Diseño metodológico

Este estudio adoptó un enfoque cualitativo, interpretativo y descriptivo, centrado en comprender cómo los estudiantes del Bachillerato Internacional (BI) construyen y comunican conocimiento matemático a través de proyectos de modelización. Se empleó la estrategia de estudio de casos múltiples (Yin, 2018), que permite profundizar en la complejidad de cada experiencia y, al mismo tiempo, identificar patrones transversales en las prácticas discursivas y representacionales de los participantes.

Selección de casos

Se analizaron tres proyectos estudiantiles desarrollados entre 2021 y 2023 en el marco de las Exploraciones Matemáticas del Programa de Diplomado del BI en un liceo público de Costa Rica. Los criterios de selección fueron:

Diversidad temática: garantizando problemáticas de diferentes áreas (agricultura, biología y salud).

Riqueza comunicativa: priorizando informes con explicaciones fundamentadas y uso variado de recursos multimodales.

Pertinencia contextual: vinculando los problemas con realidades cercanas al estudiantado y su comunidad.

Fuentes de información

Para cada caso se emplearon tres tipos de materiales:

Informes finales escritos elaborados por los estudiantes: que constituyen el corpus principal del análisis discursivo.

Productos matemáticos: diagramas, gráficos, ecuaciones, modelos de regresión y explicaciones textuales, analizados como artefactos multimodales.

Entrevista semiestructurada con el docente orientador del grupo: como fuente complementaria de datos sobre el proceso de acompañamiento y la recepción de los resultados.

La entrevista tuvo una duración aproximada de 45 minutos y se realizó al finalizar el período de evaluación de los proyectos en 2023. Se organizó en torno a tres ejes temáticos: el proceso de acompañamiento durante la modelización, las decisiones comunicativas observadas en los estudiantes y la recepción de los informes por parte de distintos interlocutores. Fue grabada con consentimiento del participante, transcrita en su totalidad y analizada mediante las mismas categorías aplicadas al corpus documental (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Estrategia de análisis y categorías

El análisis se realizó mediante análisis categorial de contenido (Bardin, 1991), procedimiento que permite organizar el corpus en dimensiones temáticas predefinidas y emergentes. Se establecieron cuatro categorías analíticas:

Estrategias de estructuración discursiva: formas en que los estudiantes organizan la presentación del problema, el proceso de modelización y los resultados (secuencialidad, uso de subtítulos, conectores lógicos, párrafos de cierre).

Gestión de la multimodalidad: decisiones sobre qué representaciones visuales se incluyen, cómo se articulan con el texto y qué función comunicativa cumplen (ilustrar, argumentar, simplificar, persuadir).

Construcción del destinatario: marcas textuales que revelan a quién dirigen su comunicación los estudiantes (uso de jerga técnica vs. lenguaje accesible, nivel de explicitación de procedimientos, apelaciones al contexto local).

Tensiones entre rigor formal y accesibilidad comunicativa: momentos en que el lenguaje matemático técnico y las necesidades de claridad para el interlocutor entran en conflicto o se negocian discursivamente.

El análisis fue realizado por ambos investigadores de forma independiente, con una triangulación posterior de interpretaciones para garantizar la consistencia de las categorías aplicadas. Los patrones identificados en cada caso fueron contrastados entre sí para determinar similitudes y diferencias en las estrategias comunicativas desplegadas.

Descripción de los casos

A continuación, se presentan los tres proyectos analizados. La descripción de cada caso enfatiza el contexto comunicativo en que se desarrolló, más que los detalles técnicos del modelo matemático empleado.

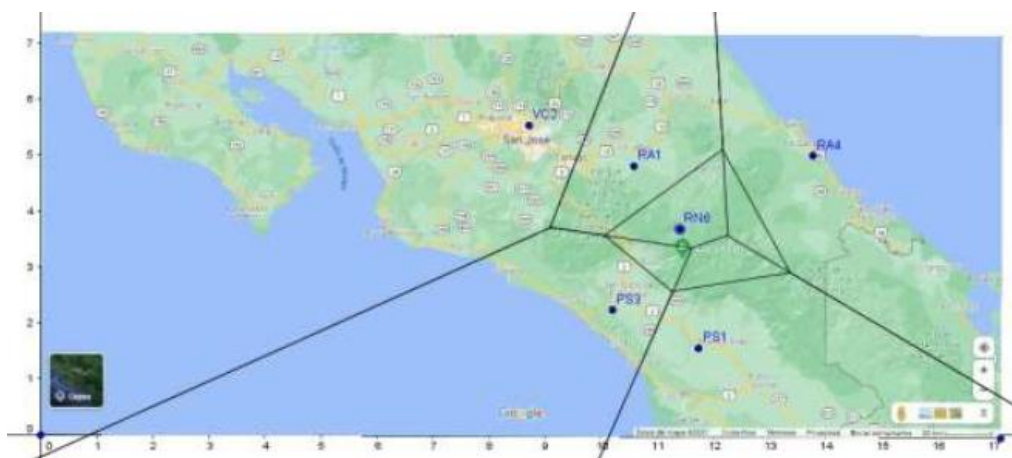
Caso 1: Ubicación óptima de una planta bananera

Este proyecto surgió de una problemática agrícola concreta en el Caribe costarricense: determinar la mejor localización para una nueva plantación a partir de datos climáticos locales. Desde el punto de vista comunicativo, el desafío central no residió en la construcción del modelo matemático, sino en hacer legibles sus resultados para una audiencia que incluía potencialmente a agricultores y tomadores de decisiones locales sin formación matemática formal.

La estudiante eligió como recurso comunicativo principal la producción de mapas visuales —en particular, diagramas de Voronoi que dividen el territorio según zonas de influencia de distintos puntos de referencia climática. Esta elección es significativa: en lugar de presentar tablas de datos o fórmulas, optó por una representación espacial que traduce lo cuantitativo en una imagen territorialmente reconocible para el interlocutor local. El mapa no ilustra el argumento: es el argumento. Esta inversión de la relación texto-imagen —en que lo visual no depende del texto, sino que lo fundamenta— constituyó la estrategia retórica más característica de este caso.

Figura 1

Diagrama de Voronoi para determinar la ubicación de una nueva planta bananera considerando la temperatura como factor



Fuente: Trabajo estudiantil (2021).

Caso 2: Estimación del área foliar en hojas de limón dulce

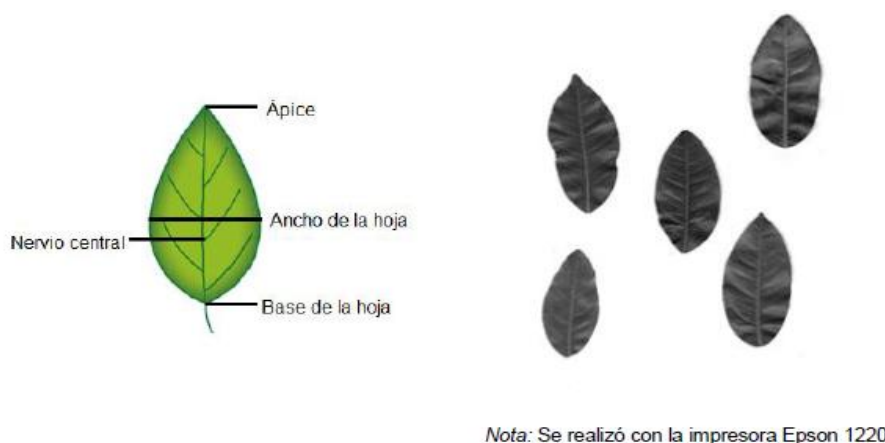
Este proyecto buscó construir un modelo predictivo para estimar el área foliar de hojas de *Citrus limettioides* a partir de mediciones de campo. El interlocutor previsto era doble: el evaluador académico del BI, familiarizado con el lenguaje estadístico, y los productores agrícolas, que podrían beneficiarse de una herramienta sencilla para estimar el crecimiento vegetal sin recurrir a equipos especializados.

Esta dualidad de destinatarios generó una tensión discursiva identificable a lo largo del informe. La estudiante empleó gráficos de dispersión y ecuaciones de regresión como sus principales vehículos de comunicación; sin embargo, en varios momentos estas representaciones aparecen sin introducción

textual ni interpretación posterior, asumiendo en el lector un dominio de las convenciones estadísticas que no necesariamente poseen los destinatarios no académicos. Esta discontinuidad entre el modelo construido y su presentación al lector constituyó el principal reto comunicativo del proyecto: el dominio técnico superó al discursivo en varios tramos del informe.

Figura 2

Representación de las dimensiones de la hoja y digitalización de muestras para la estimación del área foliar en Citrus limettioides (Limón dulce)



Fuente: Trabajo estudiantil (2021). Nota: Se utilizó una impresora Epson 1220 para el registro de las hojas.

Caso 3: Relación entre índice de masa corporal y rendimiento físico

Este proyecto analizó la relación entre el índice de masa corporal de estudiantes de primaria y su desempeño en una prueba física. Más allá de los procedimientos cuantitativos empleados, lo que distingue a este caso desde el punto de vista comunicativo es su dimensión ética y social: los datos involucraron a personas menores de edad y los resultados podrían incidir en percepciones sobre cuerpo, salud y rendimiento escolar.

Ante este contexto, los estudiantes desarrollaron una estrategia discursiva de doble destinatario explícita: secciones técnicas dirigidas al evaluador del BI y secciones de recomendaciones redactadas en un registro narrativo accesible, orientadas a la comunidad educativa. Esta segmentación intencional del texto según el interlocutor fue la más elaborada de los tres casos y evidenció una conciencia discursiva del impacto social de los datos: los autores incluyeron notas contextualizadoras que prevenían interpretaciones estigmatizantes de los resultados, lo que no ocurrió de manera explícita en los otros dos proyectos.

Figura 3

Registro de procedimientos para relacionar el índice de masa corporal con el tiempo en recorrer una distancia de 100 metros



Fuente: Trabajo estudiantil (2023).

RESULTADOS

El análisis categorial de los tres informes permitió identificar patrones discursivos transversales y estrategias singulares en cada caso, organizados en torno a las cuatro categorías establecidas.

Estrategias de estructuración discursiva

Los tres estudiantes organizaron sus informes con una estructura narrativa que refleja el ciclo de modelización: planteamiento del problema, descripción del proceso de recolección de datos, presentación del modelo y discusión de resultados. Sin embargo, la densidad y la calidad argumentativa de cada sección variaron significativamente entre casos.

En el Caso 1, la estudiante adoptó una estructura altamente visual: los mapas ocuparon el centro del argumento y el texto funcionó como comentario de las imágenes. Esta inversión de la relación texto-imagen —en la que lo visual no ilustra el texto, sino que lo ancla— constituye una estrategia discursiva poco convencional en el género académico escolar, que resultó eficaz para el propósito comunicativo de hacer accesibles los resultados a una audiencia local.

En el Caso 2, el informe siguió una estructura más convencional, con mayor peso en la justificación metodológica y la interpretación estadística. No obstante, se identificaron dificultades para articular el lenguaje técnico de la estadística con la narrativa explicativa: en varios pasajes, los gráficos y las ecuaciones aparecieron sin mediación textual suficiente, asumiendo en el lector un conocimiento previo que no necesariamente poseen los destinatarios del proyecto.

En el Caso 3, la estructuración discursiva fue la más elaborada: el informe incluyó secciones explícitas de contextualización ética, discusión de limitaciones y recomendaciones dirigidas a la comunidad educativa. Esta organización refleja una mayor conciencia del destinatario y del impacto social de los resultados.

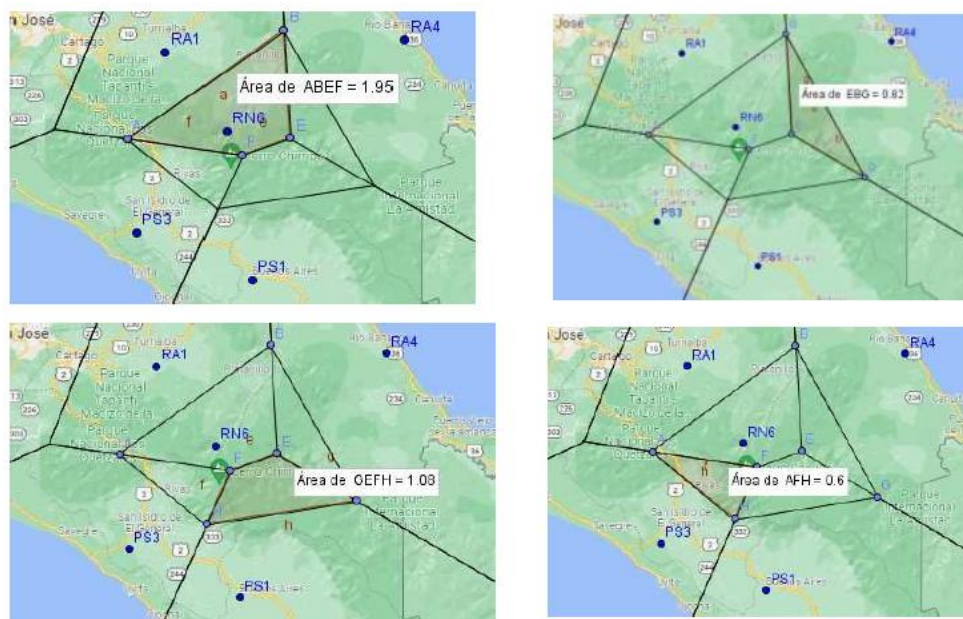
Gestión de la multimodalidad

Los tres proyectos hicieron uso intensivo de recursos visuales: mapas, diagramas de dispersión, figuras de campo y gráficas de regresión. Sin embargo, el modo en que estos recursos se articularon con el texto escrito difirió considerablemente.

En el Caso 1, la articulación fue altamente cohesionada: cada mapa contaba con una leyenda detallada, una introducción en el texto y un párrafo de análisis posterior. Esta coherencia multimodal contribuyó a que los resultados fueran legibles para interlocutores sin formación matemática avanzada.

Figura 4

Diagrama de Voronoi final con el nuevo sitio (RN8) agregado, mostrando la reducción de área en las celdas de RA1, RA4, PS1 y PS3



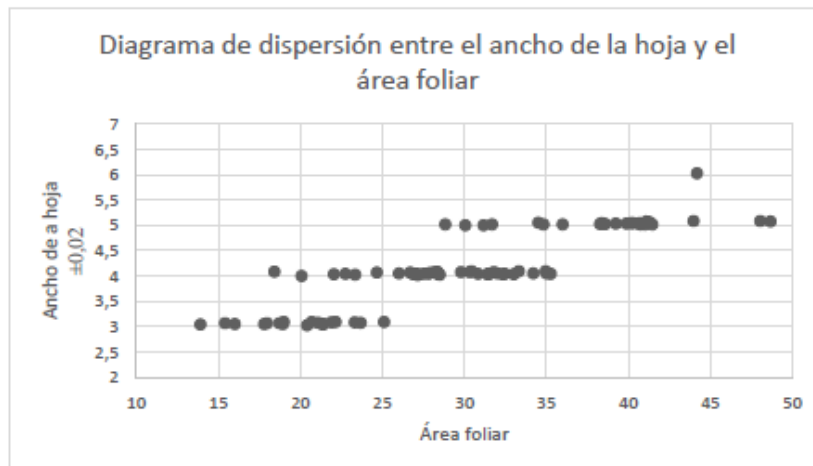
Fuente: Trabajo estudiantil (2021).

La figura 4 evidencia esta cohesión: el mapa actualizado comunica por sí solo el impacto de incorporar un nuevo sitio de referencia, pues las fronteras entre zonas se desplazan visualmente sin necesidad de una ecuación que lo explique. El lector sin formación matemática puede seguir el argumento observando cómo cambia el territorio.

En el Caso 2, en cambio, varios gráficos de dispersión fueron incluidos sin introducción textual explícita ni análisis posterior, lo que generó una discontinuidad comunicativa: el lector debía inferir por sí mismo la relevancia y la interpretación de la imagen. Este patrón sugiere que la estudiante asumió como obvia la lectura del gráfico, sin considerar que no todos los lectores comparten las convenciones de interpretación propias del discurso estadístico.

Gráfico 1

Diagrama de dispersión entre el ancho de la hoja y el área foliar en *Citrus limettioides*



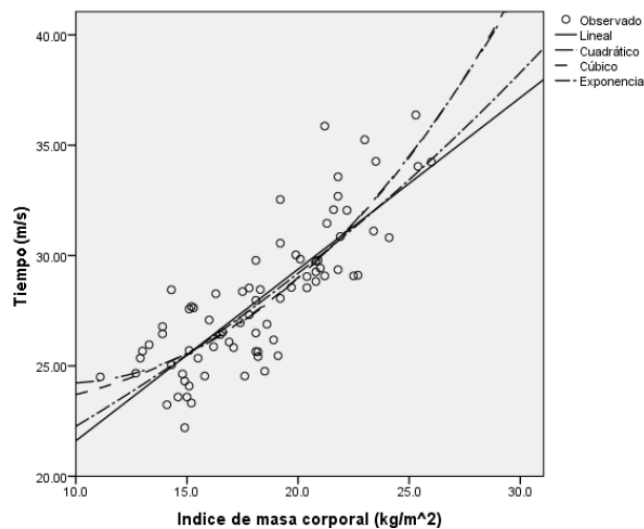
Fuente: Trabajo estudiantil (2021).

El gráfico 1 ilustra precisamente la discontinuidad identificada en este caso: el gráfico de dispersión aparece sin una oración introductoria que oriente al lector sobre qué observar, ni una interpretación posterior que traduzca la tendencia visual en una conclusión comprensible. La relación entre las variables queda implícita, asumiendo un dominio estadístico que no todos los destinatarios poseen.

En el Caso 3, la multimodalidad se empleó de manera más estratégica: los gráficos fueron acompañados de notas explicativas que traducen los valores numéricos a conclusiones cualitativas, facilitando la comprensión para una audiencia escolar.

Gráfico 2

Relación entre el índice de masa corporal y el tiempo en recorrer 100 metros en estudiantes de la Escuela Palermo, con diferentes modelos de ajuste



Fuente: Trabajo estudiantil (2023).

El gráfico 2 refleja la estrategia de doble destinatario del Caso 3: la superposición de múltiples modelos de ajuste satisface la exigencia técnica del evaluador, mientras que las notas cualitativas que la acompañan en el informe traducen esa complejidad en conclusiones accesibles para la comunidad educativa. La imagen opera simultáneamente en dos registros comunicativos.

Construcción del destinatario

Una de las dimensiones más reveladoras del análisis fue la construcción implícita del destinatario en los textos. Los tres informes mostraron oscilaciones entre un destinatario experto —el evaluador del BI, familiarizado con el lenguaje matemático formal— y un destinatario lego —agricultores, educadores, comunidad local—, lo que generó tensiones en el registro lingüístico empleado.

El Caso 1 presentó la mayor coherencia en la construcción del destinatario: la estudiante mantuvo a lo largo del informe un registro accesible, con glosarios implícitos y analogías que tradujeron los conceptos matemáticos al lenguaje cotidiano. Esta decisión retórica puede interpretarse como una respuesta consciente a la naturaleza aplicada del proyecto.

Los Casos 2 y 3 mostraron una tensión más marcada: en los apartados de justificación metodológica, el registro era técnico y denso; en los apartados de conclusiones, se volvía más narrativo y accesible. Esta alternancia sugiere que los estudiantes tenían claridad sobre el propósito comunicativo en ciertas secciones, pero no lograron mantener un hilo conductor coherente a lo largo del informe.

Tensiones entre rigor formal y accesibilidad comunicativa

Los tres proyectos evidenciaron la tensión constitutiva de la comunicación matemática aplicada: la necesidad de ser simultáneamente rigurosos en el lenguaje formal y comprensibles para una audiencia no especializada. Esta tensión se manifestó de maneras distintas en cada caso.

En el Caso 1, la tensión se resolvió predominantemente a favor de la accesibilidad: la estudiante sacrificó en algunos momentos la precisión técnica para priorizar la claridad comunicativa. Esto fue valorado positivamente por el docente orientador, quien señaló que el informe resultó comprensible para los interlocutores locales, aunque habría requerido mayor detalle metodológico para una audiencia académica especializada.

En el Caso 2, la tensión no se resolvió de forma consistente: el informe alternó entre fragmentos de alta densidad técnica y pasajes de escasa justificación argumentativa. Esta inconsistencia comunicativa fue identificada por el docente como el principal desafío del proyecto: la estudiante dominaba el modelo matemático, pero tenía dificultades para explicar sus decisiones a un lector externo.

En el Caso 3, la tensión se gestionó a través de una estrategia discursiva de doble destinatario: el informe incluyó secciones técnicas dirigidas al evaluador y secciones de recomendaciones dirigidas explícitamente a la comunidad educativa, lo que permitió satisfacer ambas expectativas comunicativas sin sacrificar ninguna.

La tabla 1 sintetiza de manera comparativa los hallazgos de los tres casos en relación con las cuatro categorías analíticas. Esta síntesis permite visualizar tanto los patrones transversales, presentes en los tres proyectos, como las estrategias singulares que distinguen cada caso, y sirve de base para la discusión que se desarrolla a continuación.

Tabla 1

Síntesis comparativa de estrategias comunicativas por caso y categoría analítica

Categoría analítica	Caso 1: Planta bananera	Caso 2: Área foliar	Caso 3: IMC y rendimiento
Estructuración discursiva	Estructura visual-anclada: lo visual organiza el texto	Estructura convencional con vacíos argumentativos	Estructura elaborada con secciones éticas y de recomendaciones
Gestión de la multimodalidad	Altamente cohesionada: imagen introducida, analizada y contextualizada	Discontinua: gráficos sin introducción ni análisis posterior	Estratégica: imágenes acompañadas de notas cualitativas
Construcción del destinatario	Coherente y accesible a lo largo del informe	Oscilante entre registro técnico y narrativo	Doble destinatario explícito: evaluador y comunidad educativa
Tensión rigor / accesibilidad	Resuelta a favor de la accesibilidad	No resuelta de forma consistente	Gestionada mediante segmentación del texto por audiencia

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis categorial de los informes estudiantiles (2021-2023).

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio confirman y amplían la tesis de Borromeo Ferri (2018) de que la modelización matemática es, al mismo tiempo, un proceso cognitivo y un proceso discursivo. Los tres casos analizados ilustran que la capacidad de un estudiante para comunicar su modelo no es un producto derivado del dominio matemático, sino una competencia autónoma que requiere ser deliberadamente cultivada.

La categoría de construcción del destinatario resultó especialmente fértil para iluminar este punto. En los tres proyectos, las dificultades comunicativas no derivaron de un dominio matemático insuficiente, sino de la incapacidad o la falta de recursos para adaptar el discurso a interlocutores diversos. Esto coincide con lo señalado por Carlino (2013) respecto a la alfabetización académica: el dominio de los contenidos disciplinares no garantiza automáticamente el dominio de sus convenciones discursivas.

La gestión de la multimodalidad emergió como un nudo crítico de la comunicación matemática en estos proyectos. Morgan et al. (2014) señalan que la comunicación matemática no se limita al dominio del lenguaje simbólico formal, sino que exige que los estudiantes desarrollen competencias para representar y transmitir la información de formas significativas para distintas audiencias. Los casos analizados confirman este señalamiento: el dominio técnico de las herramientas (GeoGebra, Excel, ImageJ) no fue suficiente para garantizar una comunicación multimodal eficaz; los estudiantes necesitaron acompañamiento docente específico para aprender a articular imágenes y texto de manera cohesionada.

La tensión entre rigor formal y accesibilidad comunicativa, identificada en los tres casos, no debe interpretarse como un defecto que corregir, sino como una condición constitutiva de la comunicación matemática aplicada. Como señalan Santos-Trigo et al. (2021), las herramientas tecnológicas pueden enriquecer esta negociación cuando se usan de manera estratégica; sin embargo, su disponibilidad desigual puede profundizar las brechas comunicativas entre estudiantes con distintos niveles de acceso tecnológico.

Finalmente, el Caso 3 plantea una dimensión ética que merece atención específica en la investigación sobre comunicación matemática: cuando los datos involucran personas y los resultados pueden tener impacto en percepciones sociales —sobre el cuerpo, la salud, el rendimiento—, los estudiantes deben desarrollar competencias para comunicar de manera responsable. Este aspecto, poco explorado en la literatura sobre modelización escolar, constituye una línea de investigación relevante para futuros estudios.

CONCLUSIONES

Este estudio presenta algunas limitaciones que conviene señalar explícitamente. En primer lugar, el corpus analizado es reducido: tres casos provenientes de un único centro educativo, lo que limita la posibilidad de generalizar los hallazgos a otros contextos del BI en Costa Rica o en la región. En segundo lugar, el análisis se basó en los productos finales —informes escritos y la entrevista con el docente—, sin acceso a observaciones del proceso en tiempo real ni a los borradores intermedios, lo que restringe la comprensión de cómo evolucionaron las decisiones comunicativas a lo largo del proyecto. En tercer lugar, la perspectiva de los propios estudiantes sobre su experiencia discursiva no fue recogida directamente, lo que constituye una ausencia relevante que futuras investigaciones deberían subsanar. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos reportados, pero sí definen el alcance interpretativo del estudio y abren agenda para investigaciones con diseños más amplios.

Los tres proyectos analizados permiten concluir que la modelización matemática en el Bachillerato Internacional es un espacio privilegiado para el desarrollo de competencias comunicativas y discursivas, no solo de competencias técnicas. Las experiencias documentadas muestran que los estudiantes son capaces de producir argumentos matemáticamente fundados y comunicativamente elaborados cuando cuentan con acompañamiento docente, libertad para elegir problemas relevantes en su contexto y acceso a herramientas digitales adecuadas.

Desde el punto de vista comunicativo, los hallazgos más relevantes son tres. Primero, la competencia para construir un destinatario explícito —es decir, para adaptar el registro y los recursos multimodales a una audiencia específica— no emerge espontáneamente del proceso de modelización, sino que requiere una enseñanza intencionada de las convenciones discursivas propias de la comunicación matemática aplicada. Segundo, la articulación entre texto e imagen en los informes no es trivial: los estudiantes necesitan aprender que las representaciones visuales no se explican solas y que la cohesión entre modos semióticos es una responsabilidad del productor del texto. Tercero, la tensión entre rigor formal y accesibilidad comunicativa es constitutiva de la modelización aplicada y puede convertirse en un objeto de aprendizaje explícito, en lugar de ser tratada como un obstáculo.

Las observaciones del docente orientador confirman que el acompañamiento fue fundamentalmente de naturaleza procesual —orientar decisiones, no transmitir respuestas—, lo que resultó eficaz para proyectos de esta naturaleza. Asimismo, el hecho de que estos trabajos figuren entre los mejor evaluados por el BI en 2021 sugiere que el enfoque adoptado —combinar rigor matemático con comunicación contextualizada— es valorado por el propio programa.

Retomando las preguntas que orientaron este trabajo, es posible ofrecer respuestas fundamentadas en los hallazgos. Respecto a la primera —qué decisiones discursivas adoptan los estudiantes al traducir fenómenos reales en representaciones matemáticas—, el análisis mostró que las decisiones más determinantes fueron la elección del modo semiótico principal (visual o textual), el nivel de mediación entre imagen y texto, y la selección del registro lingüístico. Estas decisiones no fueron siempre conscientes ni consistentes, pero resultaron decisivas para la legibilidad de los informes. En cuanto a la segunda pregunta —cómo median esas decisiones la comunicación con distintos interlocutores—, los tres casos evidenciaron que la coherencia entre las decisiones discursivas y el destinatario previsto fue el factor que más influyó en la calidad comunicativa del producto final: cuando esa coherencia

existió, como en el Caso 1, la comunicación resultó eficaz; cuando fue inconsistente, como en el Caso 2, generó opacidad. Finalmente, respecto a la tercera pregunta —qué desafíos y aprendizajes comunicativos se evidencian—, el principal desafío identificado fue la dificultad para articular rigor formal y accesibilidad de manera sostenida a lo largo del informe, mientras que el aprendizaje más significativo fue la comprensión progresiva de que comunicar matemática no es un acto neutro, sino una práctica retórica con consecuencias sociales.

Este estudio se posiciona como uno de los primeros en documentar de forma sistemática las prácticas comunicativas en proyectos de modelización matemática del BI en Costa Rica. Sus aportes ofrecen un punto de partida para el diseño de secuencias didácticas que integren explícitamente la enseñanza de la comunicación matemática y para investigaciones futuras que amplíen el corpus analizado e incorporen perspectivas de los propios estudiantes sobre su experiencia discursiva.

Consideraciones éticas

Los proyectos analizados forman parte de actividades académicas regulares del BI. Los productos estudiantiles fueron revisados con autorización del docente orientador del grupo y con preservación del anonimato de los participantes. Dado que los proyectos involucraron a estudiantes menores de edad como sujetos de estudio —en particular el Caso 3, donde se recopilaban mediciones antropométricas y de desempeño físico—, se obtuvo el consentimiento informado de los padres o tutores legales correspondientes, conforme a los procedimientos del centro educativo participante. Los datos personales de los participantes no forman parte de este artículo; las figuras e imágenes incluidas se citan de los trabajos originales con fines exclusivamente académicos y de divulgación investigativa.

Integridad académica

El presente trabajo se desarrolló siguiendo los principios de integridad académica y ética en la investigación. Para la redacción y el apoyo bibliográfico se hizo uso de herramientas de inteligencia artificial generativa —específicamente Claude— con el fin de facilitar la búsqueda de referencias relevantes y mejorar la claridad expositiva en algunos apartados. El empleo de dichas herramientas no sustituyó el análisis, la interpretación de los resultados ni la construcción de los argumentos presentados. Todas las decisiones relativas a la selección de fuentes, la organización de ideas y la elaboración crítica del manuscrito corresponden enteramente a los autores. En concordancia con las buenas prácticas académicas actuales, se declara de forma transparente este uso de inteligencia artificial, reconociéndolo como un recurso de apoyo técnico y lingüístico, sin menoscabo del carácter original y autoral de la investigación.

REFERENCIAS

Abrahamson, D., Nathan, M. J., Williams-Pierce, C., Walkington, C., Ottmar, E. R., Soto, H., & Alibali, M. W. (2020). The future of embodied design for mathematics teaching and learning. *Frontiers in Education*, 5, 147. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00147>

Bardin, L. (1991). *Análisis de contenido*. Ediciones Akal.

Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45–58.

Borromeo Ferri, R. (2018). Learning how to teach mathematical modeling in school and teacher education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68072-9>

Carlino, P. (2013). Alfabetización académica diez años después. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18(57), 355–381.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Lea, M. R., & Street, B. V. (1998). Student writing in higher education: An academic literacies approach. *Studies in Higher Education*, 23(2), 157–172. <https://doi.org/10.1080/03075079812331380364>

Morgan, C., Craig, T., Schütte, M., & Wagner, D. (2014). Language and communication in mathematics education: An overview of research in the field. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 46(6), 843–853. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0624-9>

Niss, M., & Blum, W. (2020). The learning and teaching of mathematical modelling. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315189314>

Santos-Trigo, M., Barrera-Mora, F., & Camacho-Machín, M. (2021). Teachers' use of technology affordances to contextualize and dynamically enrich and extend mathematical problem-solving strategies. *Mathematics*, 9(8), 793. <https://doi.org/10.3390/math9080793>

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 