

# Modelización matemática temprana para promover la educación estadística en conexión con la sostenibilidad en estudiantes de 4-5 años

Ángel Alsina <sup>1</sup>   
María Salgado <sup>2</sup>   
Claudia Vásquez <sup>3</sup> 

## Resumen

En los últimos años se ha incorporado el término Modelización Matemática Temprana (MMT) para enfatizar los conocimientos iniciales que utilizan los estudiantes de las primeras edades en el proceso de traducción de contextos del mundo real a las matemáticas. En concreto, la MMT se conceptualiza como un proceso que ayuda a crear los primeros modelos de naturaleza concreta a partir de un proceso de reflexión que implica idas y vueltas constantes entre los contextos reales y las matemáticas, que los estudiantes de los primeros niveles movilizan. Desde esta perspectiva, el objetivo de este capítulo es describir y analizar la implementación de una actividad de MMT en la que, a partir del planteamiento de un reto que emerge de un contexto real, un grupo de 21 estudiantes de 4-5 años llevan a cabo un ciclo de modelización para promover la educación estadística conectada con la sostenibilidad. Dicho ciclo considera siete fases: comprensión, estructuración, matematización, trabajo matemático, interpretación, validación y presentación. Los principales hallazgos muestran, por un lado, que los estudiantes de educación infantil son capaces de crear unos primeros modelos concretos; y, por otro lado, que el ciclo de modelización promueve que los estudiantes desarrollen conocimientos estadísticos, como la recolección y organización de datos y su interpretación, de manera integrada con diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y competencias de sostenibilidad. Se concluye que para este fin se requiere profesorado que tenga conocimientos y habilidades para acompañar el proceso de MMT en la infancia.

---

<sup>1</sup> angel.alsina@udg.edu  
Universidad de Girona, España

<sup>2</sup> maria.salgado@usc.es  
Universidad de Santiago de Compostela, España

<sup>3</sup> cavasque@uc.cl  
Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

Alsina, A., Salgado, M., & Vásquez, C. (2025). Modelización matemática temprana para promover la educación estadística en conexión con la sostenibilidad en estudiantes de 4-5 años. En A. Solares-Rojas, & A. P. Preciado Babb (Eds.), *La investigación en modelización matemática: un diálogo entre educadores de Latinoamérica y España* (pp. 285–310). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S2/2025/01-12>

**Palabras clave**

Modelización matemática temprana, educación estadística, educación para la sostenibilidad, educación infantil.

**Abstract**

In recent years, the term Early Mathematical Modelling (EMM) has been introduced to emphasize the early knowledge that early learners use in the process of translation between real-world contexts and mathematics. Specifically, EMM is conceptualized as a process that helps to create the first models of a concrete nature based on a process of reflection that involves constant back and forth between real contexts and the mathematics that early learners mobilize. From this perspective, the aim of this chapter is to describe and analyze the implementation of an EMM activity in which, starting from a real problem, a group of 21 students from 4-5 years old carry out a modelling cycle to promote statistical education connected with sustainability. This cycle considers seven phases: comprehension, structuring, mathematization, mathematical work, interpretation, validation and presentation. The main findings show, on the one hand, that early childhood education students are able to create first concrete models and, on the other hand, that the modelling cycle promotes students to develop statistical knowledge such as data collection, data organization and their interpretation in an integrated way with several Sustainable Development Goals (SDGs) and sustainability competences. It is concluded that this requires teachers who have the knowledge and skills to guide the EEM process in childhood.

**Keywords**

Early mathematical modelling, Statistical education, Education for sustainability, Early childhood education.

Desde la perspectiva del enfoque competencial de las matemáticas, diversas aproximaciones a la modelización matemática enfatizan que el desarrollo progresivo de esta competencia requiere, por un lado, partir de un contexto o situación; y, por otro lado, tener en cuenta que se trata de un proceso que incluye elementos diversos como la estructuración del aspecto a modelar, el trabajo matemático o la interpretación, la validación y la exposición del modelo generado (Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2004; Niss, 2002). Desde este marco, la modelización matemática se ha caracterizado como un proceso que utiliza la matemática para representar, analizar, hacer predicciones o proporcionar información sobre los fenómenos del mundo real (Bliss & Libertini, 2019).

La mayoría de las aportaciones respecto a la modelización matemática se han pensado desde la etapa de educación primaria hasta la educación universitaria, quedando fuera la educación infantil. Sin embargo, debido a la importancia que tiene la creación de modelos tanto en aplicaciones de la vida real como en la propia educación matemática, se asume que es necesario proporcionar conocimientos y herramientas al profesorado de esta etapa escolar para que puedan guiar a sus estudiantes de manera eficaz. En este

escenario, Alsina y Salgado (2021) proponen el término Modelización Matemática Temprana (MMT) para aglutinar las aportaciones en torno a la incorporación de la modelización matemática en las primeras edades.

Paralelamente, en los últimos años se ha introducido con fuerza la educación estadística en los currículos de educación infantil de distintos países (Vásquez & Cabrera, 2022); con el propósito de desarrollar desde edades tempranas los conocimientos y las competencias necesarias para interpretar críticamente la gran avalancha de datos provenientes del mundo real, con el objetivo de obtener conclusiones acerca de ellos y tomar decisiones.

Desde este marco, es necesario prestar atención a la relación existente entre la modelización matemática y la estadística, pues “la modelización forma parte inseparable de la actividad estadística” (Batanero, 2001, p. 1), por lo que su enseñanza y aprendizaje debe ser considerada como una actividad de modelización y no como un conjunto de reglas y fórmulas (Cobb, 2007). Esto genera un importante reto para el profesorado, pues la forma de concebir la enseñanza de las matemáticas, en general, y de la estadística, en particular, debería cambiar y transitar hacia una enseñanza desde un enfoque competencial, centrada en preparar al alumnado para que participe activa y críticamente en la construcción de una sociedad más justa, respetuosa, sostenible y resiliente. Para ello, es necesario avanzar hacia una alfabetización interdisciplinar que considere una Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), que favorezca el desarrollo de competencias de sostenibilidad (Alsina & Mulà, 2022).

El objetivo de este trabajo es describir y analizar la implementación de una actividad de modelización aplicada en un grupo de estudiantes de educación infantil. Se llevó a cabo un ciclo de modelización de siete fases, partiendo del planteamiento de un reto que emerge de un contexto real (Blum & Leiß, 2007): comprensión, estructuración, matematización, trabajo matemático, interpretación, validación y presentación. En el análisis de la actividad se activan conocimientos asociados a la estadística que mantienen conexión con la sostenibilidad. Este análisis se realiza a partir de dos instrumentos, el primero referido a Rubric for the Evaluation of Mathematical Modeling Processes (REMMMP, por su acrónimo en inglés), diseñado y validado por Toalongo-Guamba et al. (2022), que considera las fases del ciclo de Blum y Leiß (2007) y cuenta con indicadores específicos para la etapa de educación infantil. El segundo instrumento corresponde a un conjunto de indicadores asociados al ciclo de investigación estadística con foco en sostenibilidad.

### **Marco Teórico**

Hoy más que nunca es imperativo ofrecer al alumnado experiencias de aprendizaje que les permitan integrar y conectar conocimientos matemáticos,

y de otras disciplinas, con problemáticas reales de su entorno. En este capítulo se aborda esta cuestión a partir de la interrelación entre la modelización matemática y la educación estadística, como se ha señalado en la introducción.

### *La modelización matemática en las primeras edades*

En los últimos años se observa un creciente interés a nivel internacional por incorporar la modelización matemática en las distintas etapas educativas, conectándola con problemáticas reales, sociales y científicas (Solares et al., 2018). La etapa de educación infantil no ha quedado exenta de este desafío.

Como se ha señalado anteriormente, Alsina y Salgado (2021) introducen el término MMT para caracterizar la actividad que realizan los estudiantes de las primeras edades para crear los primeros modelos matemáticos. En concreto, estos autores definen la MMT como

un proceso que, en el marco de la resolución de problemas reales, ayuda a crear los primeros modelos para analizar, explicar y comprender la realidad, a partir de un proceso de reflexión que implica idas y venidas constantes entre los contextos reales y las matemáticas que los niños de los primeros niveles movilizan (p. 35).

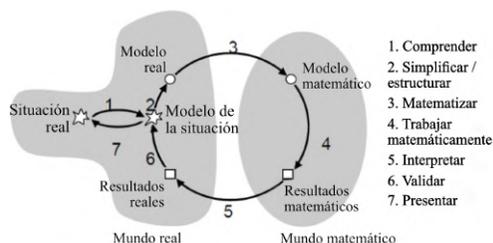
Más adelante, Alsina et al. (2021) concretan que

el desarrollo cognitivo de los niños y las niñas de Educación Infantil condiciona en buena medida la posibilidad de llegar a la abstracción, ya que su pensamiento es eminentemente concreto y, por lo tanto, los modelos que son capaces de crear también lo son, razón por la cual los denominamos modelos concretos (p. 76).

Desde esta perspectiva, Alsina y colaboradores han diseñado, implementado y analizado diversas actividades de MMT en infantil (Alsina & Salgado, 2021; 2022a; 2022b; 2022c; Alsina et al., 2021; Salgado & Alsina, 2023; Toalongo-Guamba et al., 2021). Para ello, han considerado las fases del ciclo de modelización de Blum y Leiß (2007), mostrados en la Figura 1.

**Figura 1**

*Ciclo de modelización matemática*



*Nota.* Fuente: Blum y Leiß (2007, p. 225)

Toalongo-Guamba et al. (2021), por ejemplo, implementan una actividad de modelización matemática en un grupo de estudiantes de 5-6 años para establecer un sistema de numeración. Para el análisis de la implementación, utilizan los indicadores de educación infantil de la rúbrica REMMP. Los datos muestran que los estudiantes son capaces de hacer un trabajo

matemático adecuado para generar un modelo concreto, pero presentan lagunas en las restantes fases del ciclo (comprensión, estructuración, matematización, interpretación y validación). Estas lagunas se incrementan en la fase de exposición/presentación, que es la más débil de todo el proceso de modelización. Alsina y Salgado (2021, 2022a, 2022b, 2022c), Alsina et al. (2021) y Salgado y Alsina (2023) tratan de ir concretando de manera más afinada tanto los elementos que intervienen durante el proceso de modelización como las características específicas de los modelos que pueden crear los niños y las niñas de infantil.

Así, por ejemplo, se ha puesto de manifiesto que las fases del ciclo de modelización más frecuentes en niños de 3 años son las de Comprensión e Interpretación. Esto parece indicar que, en este primer nivel y con el apoyo y la guía de la maestra, los niños empiezan a desarrollar habilidades como vincular el contenido del problema con sus conocimientos previos (comprensión), o comparar la solución con el problema inicial, de manera que, con base en el trabajo previo, son capaces de responder a lo que pregunta la maestra.

En menor medida, también se han encontrado evidencias como la simplificación del problema (Estructuración), o empezar a utilizar objetos matemáticos para la representación (Matematización). En cambio, no se han encontrado evidencias sobre otras fases, como la del Trabajo Matemático, la Validación o la Exposición/Presentación. Estos datos son relevantes ya que plantean que los niños de 3 años todavía no tienen la suficiente madurez para utilizar el trabajo matemático de forma sistemática, con el fin de proponer soluciones del problema y obtener un modelo matemático inicial.

En estudiantes de 5 años se ha identificado que las fases del ciclo modelización correspondientes a la Comprensión y la Estructuración están más consolidadas, de manera que son capaces de utilizar de forma sistemática sus conocimientos previos, buscar alternativas, etc. Además, se ha observado una mayor presencia de habilidades asociadas a la Matematización y el Trabajo Matemático, de manera que los niños de esta edad son ya capaces de sustituir los elementos del contexto real por objetos matemáticos, explicando su uso y proponiendo soluciones para el problema, obteniendo un modelo matemático inicial.

A finales de la Educación Infantil aparecen habilidades asociadas a las fases de Interpretación, Validación y Presentación/Exposición, de manera que empiezan a comparar la solución con el problema inicial, argumentando los resultados obtenidos. De igual manera, justifican el modelo propuesto, identificando si es siempre válido o si requiere cambios, y comunican las decisiones tomadas a lo largo del proceso de modelización y el modelo concreto obtenido a través de diferentes lenguajes y/o representaciones (dibujos, esquemas, tablas de valores, etc.). Además, escuchan las observa-

ciones y/o sugerencias de sus compañeros y/o de la maestra para afinar el modelo entre todos.

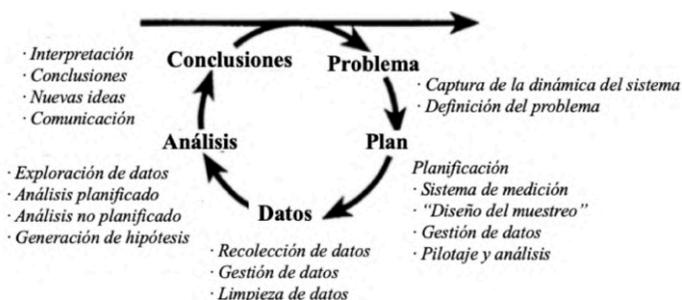
A partir de todos estos estudios preliminares, Alsina y Salgado (2022c) describen diversas orientaciones para que el profesorado de infantil pueda introducir de manera eficaz actividades de MMT en el aula en conexión con distintos ejes temáticos: números y operaciones, álgebra, geometría, medida, estadística y probabilidad.

### *La educación estadística en las primeras edades y sus conexiones con la sostenibilidad*

El eje de la estadística, punto de atención de este capítulo, se vislumbra como uno de los temas a profundizar en la agenda de la investigación en educación matemática durante las próximas décadas (Bakker et al., 2023). Por tanto, se requiere una manera diferente de abordar la enseñanza de la estadística y que incorpore a la modelización, pues uno de sus objetivos es favorecer que el alumnado desarrolle un pensamiento estadístico para construir y utilizar modelos que contribuyan a comprender el entorno que les rodea (Wild & Pfannkuch, 1999). En esta dirección, diversos organismos e investigaciones sugieren una enseñanza de la estadística concebida como un proceso investigativo de resolución de problemas y toma de decisiones. Para ello, Wild y Pfannkuch (1999) proponen el ciclo de investigación estadística, que considera las siguientes fases: Problema, Plan, Datos, Análisis y Conclusiones, conocidas por el acrónimo PPDAC (Figura 2).

**Figura 2**

*Ciclo de investigación estadística (PPDAC)*



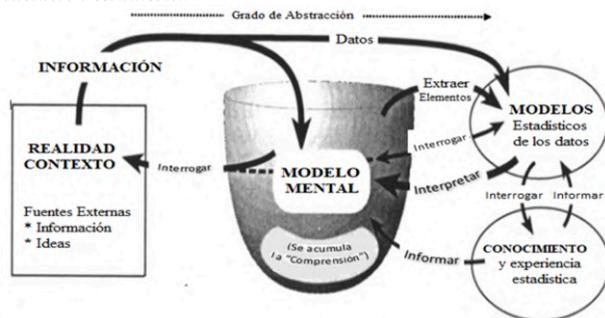
*Nota.* Fuente: Wild y Pfannkuch (1999, p. 226)

A partir de este ciclo, que mantiene vínculos con el ciclo de Blum y Leiß (2007), se propone desafiar al alumnado a que apliquen sus conocimientos para resolver problemas reales, que partan de un contexto relevante de tipo económico, social o ambiental, en el sentido que plantea la Organización para las Naciones Unidas (ONU) (UNESCO, 2017). Esto permitirá que los estudiantes construyan y desarrollen modelos estadísticos para aprender

sobre la realidad contextual a medida que avanza una investigación estadística (Figura 3).

Se requiere que, una vez planteado un problema real que emerja de un contexto relevante, los estudiantes de las primeras edades pongan en marcha sus conocimientos acerca de la recolección y organización de datos a partir de tablas estadísticas de recuento y de frecuencias; se inicien en la representación gráfica de los datos a partir de gráficos de barras simples, esto con el apoyo de material; y, finalmente, extraigan unas primeras interpretaciones basadas en comparaciones directas entre los datos (las frecuencias de cada categoría), y no solo utilizar medidas de tendencia central, que son propias de niveles superiores (Alsina, 2021).

**Figura 3**  
*Proceso de modelación estadística*



Nota. Fuente: Wild y Pfannkuch (1999, p.230)

En lo que respecta a la vinculación de este proceso con la EDS, la ONU, como se ha señalado, reconoce tres grandes dimensiones de acción: económica, social y ambiental, a partir de las que se sugieren 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Figura 4).

**Figura 4**  
*Objetivos de Desarrollo Sostenible*



Nota. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2017)

Estos objetivos cubren una amplia variedad de temáticas que desafían a contar con una educación holística, integradora y transformadora, que facilite que las generaciones actuales y futuras puedan alcanzar aprendizajes cognitivos, socioemocionales y conductuales específicos y, en especial, desarrollar competencias de sostenibilidad (UNESCO, 2017). Por consiguiente, el rol del profesor es clave porque debe favorecer que los estudiantes: *a*) reconozcan y comprendan las relaciones necesarias para analizar sistemas complejos, así como lidiar con la incertidumbre (competencia de pensamiento sistémico); *b*) comprendan y evalúen múltiples escenarios futuros, de modo que a partir de los datos y de la problemática presentada evalúen las consecuencias de sus acciones (competencia de anticipación); *c*) comprendan y reflexionen sobre las normas y valores que subyacen en nuestras acciones (competencia normativa); *d*) desarrollen e implementen colectivamente acciones innovadoras que fomenten la sostenibilidad (competencia estratégica); *e*) comprendan y respeten las necesidades, perspectivas y acciones de otros, de modo que faciliten la resolución de problemas colaborativa y participativamente (competencia de colaboración); *f*) cuestionen normas, prácticas y opiniones, con el fin de reflexionar sobre los valores, percepciones y acciones propias, y para adoptar una postura en el discurso de la sostenibilidad (competencia de pensamiento crítico); *g*) reflexionen sobre el rol que cada uno tiene en la comunidad local y en la sociedad (competencia de autoconciencia); y *h*) apliquen estrategias de resolución para abordar problemas de sostenibilidad complejos e idear opciones de solución equitativa que fomenten el desarrollo sostenible (competencia integrada de resolución de problemas).

Estas competencias “representan lo que los ciudadanos sostenibles necesitan específicamente para lidiar con los desafíos complejos de la actualidad. Son relevantes para todos los ODS y también permiten a los individuos vincular los distintos ODS entre sí” (UNESCO, 2017, p. 11).

## **Método**

Con el propósito de describir cómo los niños y las niñas de educación infantil llevan a cabo un ciclo de modelización para promover la educación estadística en conexión con la sostenibilidad, se ha realizado una investigación etnográfica desde un enfoque cualitativo (Cohen et al., 2018).

### *Contexto y participantes*

El estudio se llevó a cabo con un grupo 12 niños y 9 niñas de 4 a 5 años, pertenecientes a un colegio público de Galicia, España. El grupo de clase estaba a cargo de una maestra y de un maestro en formación. El principal motivo de elección de este grupo es que la maestra, que es una de las autoras de este trabajo, se ha formado en MMT.

**Figura 5**

*Sesiones de clases implementadas vinculadas al MMT*



*Descripción de la actividad*

La actividad de MMT diseñada e implementada busca otorgar oportunidades de aprendizaje para ayudar a los estudiantes a crear sus primeros modelos. Para ello, se llevaron a cabo cinco sesiones de clases (Figura 5) en las que se abordaron las fases del ciclo de modelización (Blum y Leiß, 2007), vinculadas a conocimientos de estadística en conexión con la sostenibilidad. Estas se describen a continuación.

*Sesión 1. Motivación*

Inicia con la llegada y lectura de una carta de una Organización No Gubernamental (ONG), en la que se dice que en las próximas semanas tienen programado un viaje a África, concretamente a un poblado del interior en el que residen muchos niños y niñas de 4 años. Nos solicitan ayuda porque quieren comprar calzado de moda para llevárselo a estos niños y niñas en su próxima visita. A partir de la lectura y del interés de grupo de colaborar, la docente plantea preguntas sobre qué es una ONG y la ubicación geográfica de África. Algunas de las preguntas son: ¿les podemos ayudar?, ¿por qué llevarán calzado?, ¿cómo tiene que ser?, ¿qué características debe tener?, ¿será igual según el sexo? Se trata de responder a preguntas como estas a través del desarrollo de las diferentes tareas para ayudar a la ONG, fomentando la vinculación de contenidos estadísticos con aspectos de la educación para el desarrollo sostenible.

*Sesión 2. Identificación de las características de los zapatos*

Durante la asamblea, la maestra plantea diversas preguntas para que empiecen a caracterizar cómo son los zapatos de moda.

*Sesión 3. Identificación de otras características de los zapatos*

La maestra vuelve a pedir a los estudiantes que observen sus zapatos y que, además de decir que los de moda son “blancos”, digan algún otro aspecto o característica de los zapatos de moda para 4 años, de modo que puedan responder a la ONG. La maestra les invita a que saquen nuevamente un zapato y lo agrupen, atendiendo a si tienen velcro, cremallera o cordones, así como a su tamaño.

#### *Sesión 4. Análisis del tamaño de los zapatos*

La sesión comienza con trabajo grupal, recordando los puntos trabajados el día anterior. En pequeños grupos manipulan, observan, exploran y comparan la longitud de los zapatos.

#### *Sesión 5. Concreción de las características de los zapatos de moda*

A partir del planteamiento de diversas preguntas, emerge un diálogo en el que se producen interacciones de diferente tipo (maestra-estudiantes; estudiantes-maestra; estudiantes-estudiantes), hasta que los estudiantes llegan a concretar qué información hay que dar a la ONG para comprar los zapatos de moda para 4 años.

La maestra registra los números de los zapatos en folios y los pega en la pared. El alumnado se levanta y se coloca en fila detrás de su número; después, la maestra pregunta de qué número hay más zapatos.

Seguidamente, cada niño marca en la pizarra con una  $x$  encima del número de su zapato y un miembro de la fila escribe el número.

Todos los niños y las niñas aplauden y se les invita, de modo individual, a que describan con dibujos, números, colores, etc. los datos para contestar a la ONG. Finalmente, se vota la descripción que se va a utilizar para responder a la ONG.

A lo largo de estas cinco sesiones de clases se describen siete fases, según los diferentes momentos de la actividad de modelización: la fase 1 es motivacional para los estudiantes; en la fase 2, el docente promueve la comprensión de la actividad para que los estudiantes comiencen a estructurar sus ideas, de acuerdo con las dos primeras fases del ciclo de modelización; en la fase 3, los niños, en equipos y en grupo, realizan la matematización, trabajo e interpretación para generar un modelo concreto a partir del problema real propuesto; en las fases 4 y 5 se promueve la puesta en común de las ideas, modelos de los estudiantes y de los equipos de trabajo. En las fases 6 y 7, se validan y presentan los resultados, propuestas y acuerdos, argumentándolos y justificándolos. En estas dos últimas fases, la docente intenta conseguir que, a través de la interacción, la negociación y el diálogo, los estudiantes creen un modelo más refinado y compartido por todos.

#### *Procedimiento de análisis*

Los datos se obtuvieron mediante observación no participante (Cohen et al., 2018); se videograbaron las cinco sesiones de clases, con duración aproximada de una hora cada una. Para la videograbación se utilizaron dos cámaras, una fija, enfocada al grupo completo, y otra en movimiento para capturar con mayor precisión las interacciones entre los estudiantes y la maestra, para así poder focalizarse en las discusiones del alumnado en forma individual y grupal. Posteriormente, se transcribieron los videos de clase de

forma completa, identificando episodios de interés, es decir, situaciones vinculadas a las fases del ciclo de modelización matemática temprana (comprensión, estructuración, matematización, trabajo matemático, interpretación, validación, exposición/presentación) y aquellas asociadas a conocimientos de estadística en conexión con la sostenibilidad. Por lo tanto, los datos de estudio corresponden a las transcripciones literales de las sesiones de clases, así como a las capturas de imágenes que acompañan a las transcripciones y que sirven de soporte para la comunicación verbal.

**Tabla 1**  
*Indicadores traducidos al español de la rúbrica REMMP para la educación infantil*

Componentes	Indicadores de Educación Infantil (3-6 años)
<b>1. Comprensión</b>	1.1 Relaciona el contenido de la situación problemática con sus conocimientos previos.
	1.2 Plantea preguntas referentes a la situación problemática.
	1.3 Enuncia el tipo de solución que generaría la situación problemática, por ejemplo: un patrón, un número, un gráfico, etc.
	1.4 Representa a través de dibujos las características principales de la situación problemática.
<b>2. Estructuración</b>	2.1 Identifica los principales elementos de la situación problemática.
	2.2 Propone ideas y/o supuestos que contribuyen a la simplificación de la situación problemática.
<b>3. Matematización</b>	3.1 Sustituye los elementos reales por objetos matemáticos.
	3.2 Explica la utilización de objetos matemáticos.
<b>4. Trabajo matemático</b>	4.1 Emplea diversas estrategias acordes a su edad que permitan proponer soluciones a la situación problemática.
	4.2 Utiliza objetos matemáticos acordes a su edad para solucionar la situación problemática.
	4.3 Obtiene un modelo matemático inicial como consecuencia del trabajo previo.
<b>5. Interpretación</b>	5.1 Compara la solución con la situación problemática inicial.
	5.2 Argumenta la validez de los resultados obtenidos.
<b>6. Validación</b>	6.1 Justifica el modelo propuesto mediante argumentos válidos.
	6.2 Valora si el modelo obtenido proporciona una solución parcial o total a la situación problemática inicial.
<b>7. Exposición / presentación</b>	7.1 Explica el porqué de las decisiones tomadas a lo largo de cada una de las fases del proceso.
	7.2 Explica el modelo obtenido aplicado en la situación del contexto real, sus alcances y limitaciones mediante un lenguaje acorde a su edad.
	7.3 Utiliza diferentes tipos de ejemplos, representaciones, esquemas, dibujos, gráficas, tablas de valores, lenguaje simbólico, etc.
	7.4 En caso de uso de tecnología en alguna o varias fases del proceso expone claramente en qué momento, cómo y para qué la utilizó.
	7.5 Escucha observaciones y/o sugerencias planteadas por compañeros y/o profesor.
	7.6 Responde a las observaciones y/o sugerencias de compañeros y profesor utilizando un lenguaje acorde a su edad.

*Nota.* Fuente: Toalongo-Guamba et al. (2022,; p. 11-12)

*Instrumento de análisis*

Para analizar la presencia de las fases de la MMT en la actividad descrita, se ha utilizado la rúbrica REMMP (Toalongo-Guamba et al., 2022). En la Tabla 1 se muestran los indicadores específicos para la etapa de educación infantil.

En lo que respecta a los conocimientos estadísticos, en conexión con la sostenibilidad, que emergen durante la implementación de la actividad, se utilizó un conjunto de indicadores asociados al ciclo de investigación estadística con foco en sostenibilidad (Tabla 2), que involucran las distintas fases del ciclo de investigación estadística y las competencias de sostenibilidad.

**Tabla 2**

*Indicadores asociados al ciclo de investigación estadística con foco en sostenibilidad*

Competencia de sostenibilidad en conexión con el ciclo de investigación estadística	Indicadores
<b>1. Pensamiento sistémico</b>	1.1 Identifica y comprende la pregunta de investigación estadística involucrada. 1.2 Identifica las variables involucradas en el problema y la relación entre estas.
<b>2. Anticipación</b>	2.1 Comprende y evalúa, a partir de los datos y sus conclusiones, múltiples escenarios futuros.
<b>3. Normativa</b>	3.1 Reflexiona respecto a las normas y valores que subyacen a nuestras acciones en función del problema planteado.
<b>4. Estratégica</b>	4.1 Valora distintas alternativas para la recogida de los datos. 4.2 Propone acciones innovadoras para fomentar y reflexionar en torno a la sostenibilidad a partir de la problemática planteada.
<b>5. Colaboración</b>	5.1 Escucha y respeta las opiniones e ideas de los demás, facilitando el trabajo colaborativo y participativo.
<b>6. Pensamiento crítico</b>	6.1 Reflexiona a partir de la pregunta de investigación planteada. 6.2 Comprende que los datos proporcionan información. 6.3 Explica y reflexiona respecto a cómo leer e interpretar los datos.
<b>7. Autoconciencia</b>	7.1 Reflexiona a partir de los datos respecto de las consecuencias de sus acciones.
<b>8. Resolución de problemas</b>	8.1 Evalúa distintos tipos de representaciones estadísticas, seleccionando la más apropiada. 8.2 Describe características clave del conjunto de datos para dar respuesta a la pregunta de investigación. 8.3 Extrae conclusiones apropiadas a partir del análisis y la comprensión del problema.

## Resultados

En primer lugar, se muestran los resultados asociados a las distintas fases del ciclo de modelización. En una segunda instancia, se analizan los conocimientos de estadística que emergen y que mantienen conexión con las competencias de sostenibilidad.

### *Fases del ciclo de modelización matemática temprana*

Como se puede observar en la Tabla 3, la fase de comprensión del ciclo de modelización, propuesto por Blum y Leiß (2007), está presente en la actividad descrita, ya que se observan dos indicadores, donde los estudiantes empiezan a establecer vínculos entre el problema (describiendo los zapatos según diferentes criterios) y sus conocimientos previos, de forma que se puedan identificar, de forma colaborativa, las principales características: color, tamaño, etc. Esta cuestión se puede observar en las transcripciones de los indicadores 1.1 y 1.2.

**Tabla 3**

*Fase Comprensión*

Indicadores REMMP	Evidencia
1.2	Profe: ¿Cómo serán los zapatos?, ¿todos iguales? Na Al: Nooo, diferentes. No L: Diferentes. No R: Cada uno de un color. Na C: De cristal, como Cenicienta. Profe: Que bien, los hay de diferentes materiales. ¿Y África?, ¿qué es? Na Al: Un sitio.
1.1	Profe: ¿Es aquí cerca del cole? No R: Nooo. Profe: ¿Dónde? No R: Cerca de la abuela (vive en Santo Domingo) Profe: Lejos entonces... No R: Hay que ir en avión y dormir en el avión.

En lo que respecta a la fase de estructuración (Tabla 4), por un lado, algunas de las acciones indican que los estudiantes identifican los elementos importantes del problema (indicador 2.1, Tabla 1), como los atributos de su calzado para empezar a definirlos (color, tamaño, etc.), junto con otros criterios dudosos, como si son brillantes y si hay calzado exclusivo para el sexo femenino. Por otro lado, algunas aportaciones simplifican el problema, como indicar que los zapatos de moda para 4 años son los que llevan ellos, basta con observarlos para poder definirlos (indicador 2.2).

**Tabla 4**  
*Fase Estructuración*

Indicadores REMMP	Evidencia
2.2	<p>Profe: ¿Cómo son los zapatos de moda de 4 años?            Ao R: Fútbol.            Profe: Sí, el fútbol está de moda.            Aa Al: Pero no son zapatos.            Ao R: Pero hay de fútbol            Ao Ma: Yo tengo en casa unos zapatos que brillan mucho.            Profe: Pero, ¿brillar es estar de moda?            Ao Ma: Sí.            Profe: Pero, ¿los pones por la calle?            Ao Ma: No, si quieres los traigo un día.            Ao R: Con dibujos de mariposa.            Profe: Pero, eso ¿es moda?, ¿véis por la calle niños que lleven zapatos con mariposas?            Ao R: No, no. ¿Miramos los nuestros?            Profe: ¡Qué buena idea! Vamos a observar nuestros zapatos, ¿sacamos uno? Y lo ponemos en el centro para que todos los podamos ver.            (Observamos todos los zapatos)            Profe: ¿Vosotros creéis que el zapato que está de moda es amarillo?            Niños: Noooo.            No Lu: Hay muy poco amarillo.</p>
2.1	<p>Profe: Claro, ¿qué color creéis que se lleva?, ¿cal puede ser?            Na Al: Rosas son muchos.            Profe: ¿Rosas?            Na Al: Sí para las niñas.            Profe: Pero, no sabemos cuántas niñas hay, si hay más que niños... ¿rosa no puede ser para los niños?            Na Al: No.            No R: A mí no me gusta.            Profe: ¿Por qué?            No R: Porque no.            No Mr: A mí tampoco me gusta.            Profe: Puede no gustarte, pero ¿podrías ponerlos?            No Mr: (Piensa... y queda callado)            Profe: Yo conozco un futbolista no sé cuál es, pero famoso que juega con botas rosas.            No R: ¿Sí?, pues yo quiero entonces.            Profe: Pero, claro si te gusta... Pero, vamos con el problema, ¿cuál color elegimos?, ¿cuál está de moda?            (se colocan en el centro en una fila todos juntos (Figura 6) y el alumnado les dice a las docentes que también los pongan, en un primer momento no son conscientes que no cumplen "tener 4 años")            Profe: Entonces, observar... ¿qué veis?            Na Lu: Hay 2 muy grandes.            No R: Los de las profes.            Profe: ¿Sí?            No R: No tienen 4 años.            Profe: ¿Entonces?            No TM: Los sacamos.</p>

**Figura 6**  
*Zapatos en línea*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

**Tabla 4 (Continúa)**  
*Fase Estructuración*

Indicadores REMMP	Evidencia
(Continúa)	Na Al: Las plumas están de moda. Profe: Vale, pero aquí ves plumas, hay alguno que tenga plumas.
2.1	Niños: Nooo. No Mr: No están de moda, porque si no el viento se las lleva. Na Al: Pero podrían estar pegadas.

En cuanto a la fase de matematización (Tabla 5), se evidencia el indicador 3.1 cuando los estudiantes sustituyen elementos reales (zapatos) por objetos matemáticos (número y nociones de tamaño).

**Tabla 5**  
*Fase matematización*

Indicadores REMMP	Evidencia
3.1	Profe: ¿Y el más pequeño? Na Em: El último, el de Emma el más pequeño. Profe: Entonces, el más grande ¿cómo es? Na Al: Así (señala con las manos una distancia) Profe: ¿Y el más pequeño? Na Al: Así (señala con las manos) Profe: Y ¿cómo sabemos el tamaño? Porque no le podemos decir a la ONG así y así. Na Ca: El número. Profe: Que buena idea, ¿los miramos? Na Ca: El mío es 2 y 9. Es grande lo ves.

La fase de trabajo matemático (Tabla 6) se ha identificado cuando los estudiantes realizan mediciones indirectas, comparando entre dos zapatos, discriminando dígitos y/o utilizando cinta métrica, aunque, en algunos casos, no tienen control sobre su uso o sobre la comprensión de grandes números. Sin embargo, se dan cuenta de que cuanto mayor sea el número de dígitos, mayor será el número, como se muestra en la evidencia de los indicadores de esta fase (indicador 4.1).

Además, como se puede observar en el indicador 4.3, proponen un modelo matemático parcial. Como se menciona en la descripción de la actividad, se afirma que el zapato blanco es el de moda al haber mayor número de ellos, lo que lleva a un estudiante a afirmar que les gustará a todos los niños de África.

**Tabla 6**

*Trabajo matemático*

Indicadores REMMP	Evidencia
<p>4.1      Profe: ¿Cuál es de moda?            Na Al: Contamos el más.            Profe: Cuentas los blancos, ¿cuántos hay?            Na El: 1, 2, 3, 4 y 5.            Profe: ¿Cuántos?            Niños: Cinco.            Profe: ¿Y cuántos hay con algo rojo?            Niños: Dos.</p>	

**Figura 7**

*Recuento de zapatos*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

**Tabla 6 (Continúa)**

*Trabajo matemático*

Indicadores REMMP	Evidencia
4.3	<p>Na Al: La torre blanca es más alta. Ganan los blancos.                      No R: Los blancos son los ganadores, tenis blancos.                      No Lu: Son los más.                      Profe: Claro aquí en estas torres, en estos edificios están según su color.                      Na E: La de blanco y la de negro.                      Na C: Y el azul y rosa.                      Profe: ¿Comprobamos?, ¿cómo lo podemos comprobar?                      Na Al: Contando. (Sale a contar cuantos pisos tiene cada edificio (torre) Imagen 3)                      Profe: Pues, que bien ya sabemos el color de moda, hay que decirle a la ONG que los compre blancos.                      No R: Y así son para niños y niñas, los blancos nos gustan a todos.</p>

**Figura 8**

*Organizando los datos. Fuente: elaboración propia*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

**Tabla 6 (Continúa)**

*Trabajo matemático*

Indicadores REMMP	Evidencia
4.3	<p>Profe: ¿Qué número tenéis? Se invita al alumnado que saque un zapato y busque su número en el zapato. A continuación, en pequeño grupo se les indica que ordenen de menor a mayor los zapatos de su grupo, para facilitar a posteriori discriminar tamaño e invitar a utilizar objetos y estrategias matemáticas.                      (Algunos estudiantes no encontraron número, por lo que compararon y pudieron o no estimar e intentar conocer su número; siendo consciente que la mayoría del alumnado no tiene adquiridos la comprensión de los números y cantidades que se trataban)                      Aun así, se invita, a manipular, observar, explorar y comparar; para a partir de ahí extraigan datos, y finalmente en grupo aula observar si se pueden extrapolar al resto de grupos (Figura 9)</p>

**Figura 9***Ordenación de los zapatos según longitud*

*Nota.* Fuente: elaboración propia

**Tabla 6 (Continúa)***Trabajo matemático*

Indicadores REMMP	Evidencia
4.3 (Continúa)	<p>Profe: ¿Qué número tiene tu zapato No R?            No R: Un 2 y un 7.            Profe: ¿Qué número es un 2 y un 7?            No Tm: 27.            Profe: Dime No Ma ¿qué número tiene tu zapato?            No Ma: Aquí tengo este, por aquí esto y aquí esto (señalando todas las letras y números que tiene su zapato)            Profe: Pero el tamaño es uno, entonces la longitud (el largo) solo puede ser un número. ¿Buscamos?            No Ma: ¿Me ayudas?            Profe: Mira aquí, un 2 y un 6, 26. ¿Y tú No A?            No A: Un 2 y un 8.            No Tm: 28.            Profe: ¿Y Mr, qué número tienes?            No Mr: Un 2 y un 6.            No Ma: Como yo, como el mío, igual.            Na Lu: Un 8 y un 2.            Profe: Primero, ¿cuál está?, ¿te fijas?            Na Lu: El 2.            Profe: ¿Entonces?            Na Lu: Un 2 y un 8, 28.            Profe: Muy bien, 28.            No Lu: Un 1 y un 3.            Profe: Primero...            No Lu: Un 3 y un 1.            Profe: Ohhh. ¿qué número es este?            Na Al: Diferente            Profe: ¿Por qué?            Na Al: No lleva 2.            No Tm: Un 30.            Profe: ¿Por qué dices treinta?, ¿qué números aparecen en tú zapato?            No Tm: Un 3 y un 0.            Na Al: Igual que No Lu.            No Tm: No igual no, yo tengo un 0.</p>

Para la fase de interpretación (Tabla 7), se observa que los indicadores están vinculados a la quinta fase del ciclo de Blum y Leiß (2007). Por ejemplo, los zapatos blancos son mayoría, estableciendo relaciones entre los diferentes colores y resultando el color de moda. Los de moda, entonces, resultan ser los que más se repiten. Otros estudiantes también aportan ciertos argumentos para justificar la validez de los resultados. Por ejemplo, si los números son grandes, significa que son más grandes los zapatos.

**Tabla 7**  
*Fase de interpretación*

Indicadores REMMP	Evidencia
5.1, 5.2	Profe: ¿Qué hay más blancos o rojos? No Mn: Blancos. Profe: ¿Y cuántos más blanco que rojos hay? No P: 5 y 2. Profe: Si 5 blancos y 2 con algo rojo, más blancos hay, pero ¿cuántos más?
5.1, 5.2	Profe: ¿Cuál es el más grande? No Tm: Mmm... Profe: ¿Los comparáis? (imagen 13) No Tm: El de No Lu. Profe: ¿Por qué? No Tm: Mira (Figura 10), es más, le sale aquí.

**Figura 10**  
*Comparación de las dos suelas*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

En la fase de validación (Tabla 8) explican todas las características de su modelo y lo argumentan mediante razonamientos validados (indicador 6.1). Además, evalúan y ofrecen una solución (total o parcial) para elegir los zapatos de moda para 4 años (indicador 6.2), llegando a generalizar (indicador 6.3). Estas justificaciones y evaluaciones ocurren a un nivel macro, es decir, en grupo.

**Tabla 8***Fase de validación*

<b>Indicadores REMMP presente</b>	<b>Evidencia</b>
<b>6.1, 6.2, 6.3</b>	<p>Profe: Ya tenemos las características de los zapatos. BLANCOS, DE VELCRO Y EL NÚMERO 28.</p> <p>No R: Seguro le sirven a todos.</p> <p>Na Al: Y le gustan</p> <p>Profe: Porque vosotros tenéis buen gusto y vais a la moda. Seguro, es 28... Una cosa ¿Por qué 10?, un zapato del número 10 les valdría.</p> <p>No P: Ese no lo tenemos</p> <p>Na Tm: Es muy pequeño.</p> <p>Na Al: Más que Saínza, el de ella es 2 y 3.</p> <p>Profe: Ah.</p> <p>Na Al: Y tiene 4 años.</p> <p>Profe: ¿Y del número 40?</p> <p>Niños: Nooooo</p> <p>Profe: ¿Por qué?</p> <p>Na C: Es de profes.</p> <p>No R: es el tuyo.</p> <p>No Tm: De 4 años no puede ser grandísimo, eso lo tiene mi mamá. De Lucas era con 3. Y el más, es el 32</p>

Al finalizar el trabajo grupal, se anima a los estudiantes a reunir las diferentes estrategias empleadas y las decisiones tomadas por los equipos y por los estudiantes a lo largo de la actividad, donde se estableció el zapato de moda para 4 años, atendiendo a su longitud, color y otros aspectos. En los indicadores 7.5 y 7.6 de la Tabla 9, por ejemplo, se muestra cómo los estudiantes escuchan observaciones de otros compañeros y de la profesora, además, responden a estas observaciones y/o sugerencias utilizando un lenguaje acorde a su edad.

**Tabla 9***Fase de presentación*

<b>Indicadores REMMP</b>	<b>Evidencia</b>
<b>7.3</b>	<p>Niños: Aplaudieron y a continuación se le invita de modo individual que recojan con dibujos y/o números y/o grafías y/o colores los datos para contestar a la ONG. Finalmente se votó la mejor que se les comunica que es la que se va a utilizar para responder a la ONG.</p> <p>(La profesora registra los números en folios los pega en la pared) Y el alumnado se levanta y coloca en fila detrás de su número (Figura 11)</p>

**Figura 11**  
*Registrando datos*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

**Tabla 9 (Continúa)**  
*Fase de presentación*

Indicadores REMMP	Evidencia
7.5, 7.6	<p>Profe: Observando las filas, ¿cuál número creéis que está de moda?, ¿qué número es más probable que tenga un niño de 4 años de África?, ¿qué creéis?, ¿contamos?</p> <p>Profe: ¿Y en la del 28? Na En. ¿Los cuentas?</p> <p>Na En: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.</p> <p>Profe: ¿Y tú?</p> <p>Na En: 8.</p> <p>Profe: ¿Entonces?</p> <p>Na En: 8.</p> <p>Profe: Oh... Y en la del 23, No R. ¿cuántos sois?</p> <p>No R: Estoy yo solo, 1.</p> <p>Profe: ¿Y en tu fila No Ma:?</p> <p>No Ma: 1, 2, 3.</p> <p>Profe: ¿Y Na S?</p> <p>Na S: 1.</p> <p>Profe: Entonces, ¿cuál es de moda?, ¿en cuál hay más?</p> <p>Na Al: Esa la del 2 y 8.</p> <p>No Tm: 28.</p> <p>Na Al: Que compren de 2 y 8 para llevar.</p>

*Educación estadística en conexión con la sostenibilidad*

Los estudiantes activan conocimientos asociados al ciclo de investigación estadística, tales como la identificación del problema real planteado, la recolección y organización de los datos, la representación y/o la interpretación a partir de la comparación de dichos datos (Alsina, 2021). Estos conocimientos estadísticos se integran, por un lado, con algunos de los ODS, tales como equidad de género (ODS 5) y reducción de las desigualdades (ODS 10); por otro lado, se vinculan también con diversas competencias de sostenibilidad

(UNESCO, 2017). A continuación, se analizan de manera integrada estos conocimientos.

Para dar respuesta a la situación planteada por la maestra (¿cómo tiene que ser el calzado? ¿qué características debe tener?), los estudiantes deben empezar por identificar y comprender la pregunta de investigación planteada por la maestra, así como las variables involucradas (indicador 1.1 y 1.2 de la Tabla 2), en este caso son el color y tamaño de los zapatos. Esto los lleva a desarrollar la *competencia de pensamiento sistémico*, al reconocer y comprender las relaciones entre el contexto del problema planteado (búsqueda de zapatos por una ONG) y el ciclo de investigación estadística ejecutado, para caracterizar cómo deben ser tales zapatos. Desde esta perspectiva, el ciclo de modelización promueve que los estudiantes recolecten datos, los organicen, y los interpreten para obtener conclusiones.

Por otro lado, se observa la presencia de la *competencia estratégica*, ya que los estudiantes se hacen cuestionamientos y valoran distintas estrategias para caracterizar los zapatos que están de moda, aquellos que más se repiten dentro del grupo curso (indicador 4.1 de la Tabla 2). Se reúnen al centro de la clase para comenzar a dialogar entre ellos y tomar decisiones compartidas sobre la forma de agrupar los zapatos según características comunes. Incluso se plantean preguntas respecto a si existirán o no diferencias entre el zapato de moda y el número de calzado entre niñas y niños, o si el número más frecuente de calzado en África será similar al de la clase, dejando en evidencia indicios de la *competencia de anticipación*, al comprender y evaluar múltiples escenarios futuros a partir de los datos y sus conclusiones (indicador 2.1 de la Tabla 2).

Asimismo, se observa que durante el desarrollo de las cinco sesiones hay una escucha activa y respeto por las opiniones de los demás, en un ambiente de trabajo colaborativo y participativo, mediado por la maestra (indicador 5.1 de la Tabla 2). Esto da cuenta de la *competencia de colaboración*, pues se potencia que los estudiantes comprendan y respeten las perspectivas y acciones de sus compañeros con el propósito de alcanzar una resolución de problemas de manera colaborativa y participativa a partir del trabajo en grupos de trabajo grandes y pequeños. También está presente la *competencia de pensamiento crítico*, al reflexionar a partir de la pregunta de investigación y sobre cómo los datos que han recogido permiten o no dar respuesta a dicha pregunta, es decir, si tales datos proporcionan información útil (indicadores 6.1 y 6.2 de la Tabla 2). Finalmente, durante el transcurso de las distintas etapas del ciclo de investigación estadística, se observa que tanto el concepto de frecuencia, vinculado a la moda, como el uso de distintos tipos de representaciones estadísticas permiten evaluar distintos tipos de representaciones para describir al conjunto de datos y dar respuesta a la pregunta de investigación. Además, la maestra guía a los estudiantes en la extracción de

conclusiones adecuadas que permiten dar respuesta a la situación problema planteada. Por tanto, se abordan los distintos indicadores vinculados a la *competencia de resolución de problemas*.

### **Consideraciones finales**

En este capítulo se ha presentado un ciclo de Modelización Matemática Temprana implementado en un grupo de 21 estudiantes de 4 a 5 años. Dicho ciclo se ha analizado desde dos perspectivas asociadas: por un lado, se han considerado las siete fases del ciclo de modelización de Blum y Leiß (2007), es decir, comprensión, estructuración, matematización, trabajo matemático, interpretación, validación y presentación; y, por otro lado, se ha analizado con más detalle la presencia de la educación estadística en conexión con la sostenibilidad (UNESCO, 2017; Wild & Pfannkuch 1999).

En relación con las fases del ciclo de modelización de Blum y Leiß (2007), el análisis a partir de la rúbrica REMMP (Toalongo-Guamba et al., 2022) ha permitido consolidar los datos aportados en estudios preliminares, realizados por Alsina y su equipo (Alsina & Salgado, 2021; 2022a; 2022b; 2022c; Alsina et al., 2021; Salgado & Alsina, 2023; Toalongo-Guamba et al., 2021). En definitiva, se observa cómo los estudiantes pasan por las distintas fases del ciclo hasta llegar a la presentación a nivel macro, que hace que sea posible recoger observaciones y realizar los ajustes necesarios, con el objetivo de mejorar progresivamente el modelo y hacer uno más refinado.

En resumen, los estudiantes construyeron modelos concretos que les permitieron definir cuáles son los zapatos de moda para 4 años a partir de diferentes criterios. También han podido identificar ciertas limitaciones durante el proceso de modelización (por ejemplo, no atender a gustos personales, interpretar números de dos dígitos, etc.), y reconocieron que la apariencia exterior no significa que no puedan usarlo niños y niñas. A través de la presentación de las diferentes aportaciones, los estudiantes han podido perfeccionar su propio modelo y crear, en conjunto, un único modelo generalizable para definir los zapatos de moda para 4 años que la ONG pueda comprar y llevar a África.

Paralelamente, en el análisis efectuado desde la perspectiva de la activación de la educación estadística en conexión con la sostenibilidad se pueden destacar tres aspectos: primero, se observa que el alumnado transita por las distintas etapas o fases del ciclo de investigación estadística de Wild y Pfannkuch (1999), lo cual ha permitido explicitar algunos vínculos con el ciclo de Blum y Leiß (2007); segundo, la situación planteada se vincula con aspectos de algunos de los ODS (UNESCO, 2017), como equidad de género (ODS 5) o reducción de las desigualdades (ODS 10), entre otros; y tercero, que se activan algunas competencias de sostenibilidad descritas también por la UNESCO (2017), como la competencia de pensamiento sistémico, la

estratégica, la de colaboración, la de pensamiento crítico y la competencia de resolución de problemas.

En conclusión, la actividad descrita y analizada en este capítulo ha puesto en evidencia que la MMT puede ser un escenario óptimo para que los estudiantes activen conocimientos estadísticos, a la par que desarrollan competencias de sostenibilidad. Sin embargo, para que ello ocurra, y como se viene sugiriendo en diversos estudios preliminares (Alsina & Salgado, 2022c; Vásquez, 2020), se requiere que el profesorado disponga de los conocimientos necesarios, tanto en MMT como en educación estadística y sus conexiones con la sostenibilidad. La actividad analizada es un primer paso para ayudar al profesorado a vincular estos aspectos y ejemplificar sus potencialidades, por lo que en el futuro será necesario seguir indagando en estas cuestiones para ayudar al profesorado de las primeras edades a diseñar, implementar y evaluar ciclos de MMT, fundamentados en conocimientos estadísticos en conexión con la sostenibilidad.

### Agradecimientos

Trabajo desarrollado en el marco de los proyectos 2021 SGR 00767, financiado por la Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR) de Catalunya (España), el Proyecto de investigación PID2021-122326OB-I00 del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023. Convocatoria de "Proyectos de Generación de Conocimiento" España y el proyecto FONDECYT N° 1200356, financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) de Chile.

### Referencias

- Alsina, Á. (2021). "Ça commence aujourd'hui": alfabetización estadística y probabilística en la educación matemática infantil. *PNA*, 15(4), 243–266. <https://doi.org/g4ptzn>
- Alsina, Á. & Salgado, M. (2021). Introduciendo la Modelización Matemática Temprana en Educación Infantil: un marco para resolver problemas reales. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 33–56. <https://doi.org/nxp2>
- Alsina, Á. & Mulà, I. (2022). Sumando competencias matemáticas y de Sostenibilidad. Implementar y evaluar actividades interdisciplinarias. *Uno, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 95, 23-30. <http://hdl.handle.net/10256/21394>
- Alsina, Á. & Salgado, M. (2022a). Understanding Early Mathematical Modelling: First Steps in the Process of Translation Between Real-world Contexts and Mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 1719–1742. <https://doi.org/nxp3>

- Alsina, Á. & Salgado, M. (2022b). Iniciando la modelización matemática temprana en Educación Infantil: ¿Cómo razonan y qué hacen los niños de 3 años? *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 11(1), 1-38. <https://doi.org/nxpn>
- Alsina, Á. & Salgado, M. (2022c). Orientaciones didácticas para introducir la modelización matemática temprana en Educación Infantil. *Modelling in Science Education and Learning*, 15(2), 83-110. <https://doi.org/nxpx>
- Alsina, Á., Toalongo-Guamba, X., Trelles-Zambrano, C. & Salgado, M. (2021). Desarrollando habilidades de modelización matemática temprana en Educación Infantil: un análisis comparativo en 3 y 5 años. *Quadrante*, 30(1), 74-93. <https://doi.org/nxpz>
- Bakker, A., Cai, J. & Zenger, L. (2023). Temas futuros de la investigación en educación matemática: una encuesta internacional antes y durante la pandemia. *Educación Matemática*, 35(2), 9-46. <https://doi.org/nxp5>
- Batanero, C. (2001). Aleatoriedad, modelización, simulación. En Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas, (Ed), *Actas de las X Jornadas sobre el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas* (pp. 119-130). FESPM. <https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/Jaem2001.pdf>
- Bliss, K. & Libertini, J. (2019). What is mathematical modeling? En S. Garfunkel & M. Montgomery (Eds.), *Guidelines for assessment & instruction in mathematical modeling education* (pp. 7-21). Consortium for Mathematics and Its Applications and Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Blum, W. & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling (ICTMA 12). Education, engineering and economics* (pp. 222-231). Ellis Horwood. <https://doi.org/nzrb>
- Cobb, G. (2007). The introductory statistics course: A Ptolemaic curriculum? *Technology innovations in statistics education*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/gtztdtk>
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, L. (2018). *Research methods in education* (8a. Ed). Routledge. <https://doi.org/h8v5>
- Niss, M. (2002). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish Kom Project*. Roskilde University.
- Salgado, M. & Alsina, Á. (2023). Niños de 3 años empezando a desarrollar la competencia matemática a través de la modelización matemática temprana. *Ecociencia*. 10(3), 22-50. <https://doi.org/nxp4>
- Solares, A. Preciado, A. P., Peña, F., Ortiz, A., Sandoval, M., Soriano, R., Carrión, V. & Fuentes, M. (2018). Tendencias en Modelación Matemática en Latinoamérica. En T. E. Hodges, G. J. Roy & A. M. Tyminski (Eds.), *Proceedings of the 40th annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 88-100). University of South Carolina & Clemson University. <https://eric.ed.gov/?id=ED606557>

- Toalongo-Guamba, X., Alsina, Á., Trelles-Zambrano, C. & Salgado, M. (2021). Creando los primeros modelos matemáticos: análisis de un ciclo de modelización a partir de un problema real en Educación Infantil. *CADMO, Giornale Italiano di Pedagogia Sperimentale*, 1, 81–98. <https://doi.org/nxpq>
- Toalongo, X., Trelles, C. & Alsina, Á. (2022). Design, Construction and Validation of a Rubric to Evaluate Mathematical Modelling in School Education. *Mathematics*, 10, 4662. <https://doi.org/nxp7>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives*. UNESCO. <https://doi.org/nxp6>
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (2004). *Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003*. OECD. <https://doi.org/d6vqsz>
- Vásquez, C. (2020). Educación Estocástica en el aula escolar: una herramienta para formar ciudadanos de sostenibilidad. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 3(2), 1–20. <https://journals.uco.es/mes/article/view/12889>
- Vásquez, C. & Cabrera, G. (2022). La estadística y la probabilidad en los currículos de matemáticas de educación infantil y primaria de seis países representativos en el campo. *Educación Matemática*, 34(2), 245–274. <https://doi.org/nxpp>
- Wild, C. J. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–248. <https://doi.org/cmb36j>