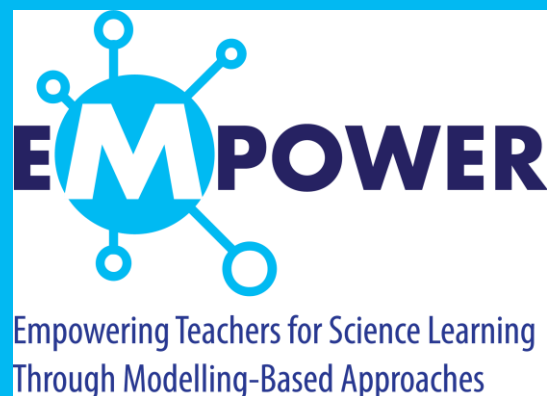


INFORME CONSOLIDADO DE EMPOWER

EL USO DEL APRENDIZAJE BASADO EN LA MODELIZACIÓN (MBL) EN LOS PLANES DE ESTUDIOS DE CIENCIAS DE CUATRO PAÍSES

2026



Proyecto Erasmus+ EMPOWER

CAPACITACIÓN DE LOS DOCENTES PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS A TRAVÉS DE LA MODELIZACIÓN

Equipo del proyecto del paquete de trabajo (por orden alfabético)

Tom Bielik (SRU), Evridiki Eracleous (EUC), Felicitas Haupts (IPN), Wouter van Joolingen (UU), Moritz Krell (IPN), Kim Krijtenburg-Lewerissa (UU), Kim Eleni Lobner (IPN), Victor López-Simó (UAB), Loucas Louca (EUC), Marios Papevridipidou (UCY), Chloi Savvidou (EUC), Èlia Tena-Gallego (UAB), Kyriaki Vakkou (UCY)

Índice

.....	1
1 Introducción.....	2
2 Metodología.....	2
3 Antecedentes	5
4 Conclusiones	5
4.1 Estrategias para el uso del MbL.....	5
4.2 Definiciones de la competencia en modelización	6
4.3 Importancia de los modelos en las ciencias naturales	6
4.4 Tipos de modelos	6
4.5 Contextos de uso de los modelos.....	7
4.6 Prácticas de modelización	7
4.7 Conocimientos de metamodelización	7
4.8 Objetivo del texto curricular	8
5 Conclusiones	8

1 Introducción

Este informe consolidado presenta un análisis comparativo de cómo se representa el aprendizaje basado en la modelización (MbL) en los currículos de ciencias de los cuatro países europeos socios: España (Cataluña), Alemania, los Países Bajos y Chipre. A partir de los informes nacionales¹ elaborados en el marco del proyecto EMPOWER, el análisis tiene como objetivo identificar patrones y tendencias comunes, así como diferencias clave en la conceptualización y el tratamiento pedagógico del MbL en los documentos curriculares formales. Los países participantes en el proyecto representan una amplia gama de sistemas de gobernanza educativa, desde sistemas altamente centralizados, como el de Chipre, hasta estructuras descentralizadas y federales, como las de Alemania y España, pasando por un sistema semicentralizado con flexibilidad curricular, como el de los Países Bajos. Estas diferencias estructurales influyen de manera significativa en cómo se articula, se implementa y se apoya el MbL en los planes de estudios nacionales.

En todos los sistemas educativos analizados, los planes de estudios de ciencias hacen hincapié en elementos fundamentales como la investigación científica, la comprensión conceptual y la aplicación al mundo real. Sin embargo, el MbL no se posiciona de manera uniforme dentro de estos marcos; el grado en que el MbL se enmarca como una práctica científica distinta, una competencia básica o una herramienta didáctica de apoyo varía considerablemente entre los países. En algunos contextos, surge como una práctica científica explícita vinculada al pensamiento disciplinar, mientras que en otros permanece integrada en procesos de investigación más amplios o aparece como una herramienta didáctica práctica vinculada a temas de contenido específicos. Estas diferencias reflejan no solo variaciones estructurales, sino también orientaciones epistemológicas divergentes hacia la educación científica.

2 Metodología

Todos los informes nacionales se basaron en un análisis cualitativo de contenido, guiado por un marco de codificación común desarrollado en el seno del consorcio EMPOWER. Esta estructura analítica común permitió realizar una comparación sistemática entre diversos contextos curriculares, a pesar de las diferencias sustanciales en los formatos, el alcance y las estructuras educativas de los planes de estudios. El análisis se centró en identificar referencias a modelos, prácticas de modelización, competencias de modelización y conceptos relacionados en los documentos curriculares oficiales.

¹ Aunque en el programa participan cuatro países diferentes (España [Cataluña], Alemania, los Países Bajos y Chipre), los dos socios de Chipre han elaborado informes independientes, uno centrado en la educación primaria (de 6 a 12 años) y el otro en la asignatura de Biología de los primeros cursos de secundaria (de 12 a 15 años). Por lo tanto, contamos con un total de cinco informes nacionales.

El corpus de materiales analizados varió significativamente entre los distintos países. En Alemania, el análisis abarcó 67 documentos curriculares de los 16 estados federados, lo que refleja la naturaleza descentralizada del sistema educativo, lo que dio como resultado 1322 referencias al MBL. En Chipre, se examinaron los planes de estudios de ciencias de primaria y de biología de los primeros cursos de secundaria (12-15 años) a través de guías para el profesorado, lo que dio como resultado 114 referencias en la enseñanza de las ciencias de primaria y 215 referencias en la enseñanza de la biología de secundaria. El informe neerlandés se centró en los objetivos básicos nacionales recientemente desarrollados, identificando 30 referencias a MBL, mientras que el plan de estudios catalán en España solo arrojó un pequeño número (2) de casos relevantes. La tabla 1 que figura a continuación resume los materiales analizados.

Tabla 1 Documentos curriculares analizados

<i>País</i>	<i>Plan de estudios analizado</i>	<i>Referencias identificadas</i>
<i>Alemania</i>	67 documentos del plan de estudios de biología de 16 estados federados, alumnos de 5 a 11 años	1322, una media de 19 referencias por estado (mínimo: 0, máximo: 97)
<i>Chipre</i>	9 documentos curriculares, 6 para alumnos de 6 a 12 años en ciencias de primaria y 3 para alumnos de 12 a 15 años en biología.	114 (ciencias de primaria) 215 (biología de primeros cursos de secundaria)
<i>España</i>	1 documento curricular para la educación primaria (1.º a 6.º curso)	2 (educación primaria)
<i>Países Bajos</i>	1 documento curricular para la educación primaria (cursos 1.º a 6.º) y 1 documento curricular para la educación secundaria inferior (cursos 7.º a 9.º). El análisis se centró en el ámbito «El ser humano y la naturaleza» ² del currículo.	5 (educación primaria) 25 (educación secundaria inferior)

El esquema de codificación abarcó múltiples dimensiones, incluyendo definiciones de la competencia de modelización, la importancia de los modelos, los tipos de modelos, los contextos de uso, las prácticas de modelización, los conocimientos de metamodelización y las estrategias didácticas. A cada unidad textual se le podían asignar múltiples códigos, y los casos que carecían de suficiente detalle se clasificaron como «sin especificar». En todos los países, una característica destacada del análisis fue la frecuente aparición de categorías sin especificar, lo que indica una falta de orientación explícita en los textos curriculares. La tabla 2 que figura a continuación presenta el esquema analítico utilizado.

² Este ámbito se refiere a las ciencias naturales y la tecnología, su naturaleza y las interacciones entre los seres humanos y la naturaleza.

Tabla 2 Esquema de codificación utilizado para el análisis de las referencias sobre MBL

Categoría	Subcategoría
<i>Definiciones de la competencia en modelización</i> <i>Importancia de los modelos</i>	Especificada
	Sin especificar
	... en las ciencias naturales
	... en el proceso educativo
	... en el proceso de modelización en Ciencias
<i>Tipos de modelos</i>	Sin especificar
	Mentales
	Conceptuales
	Físicos
	Modelos disponibles en el laboratorio de la escuela
	Modelo simple
	Modelo 3D
	Diagrama
	Dibujo
	Modelo digital
	Modelo mental
	Modelo 2D
	Modelo de juego de roles
	Múltiples modelos
	Sin especificar
<i>Contextos de uso del modelo</i> <i>Prácticas de modelización</i>	Creación de modelos
	Uso de modelos/selección de modelos
	Evaluación de modelos
	Revisión de modelos
	Sin especificar
<i>Conocimientos de metamodelización</i>	Conocimiento de las propiedades y funciones de los modelos
	Conocimiento del proceso de modelización
	Sin especificar
<i>Otros</i>	Importancia del razonamiento basado en la modelización
	Uso de modelos para comprender el concepto de un sistema físico
	Sin especificar
<i>Objetivo del texto</i>	Para el profesor
	Para el alumno
<i>Formas/estrategias de uso de MBL</i>	Modelos ya elaborados
	Modelos ya elaborados por otros estudiantes
	Desarrollar modelos desde cero
	Sin especificar

3 Antecedentes

La estructura de los sistemas educativos nacionales desempeña un papel fundamental a la hora de determinar cómo se integra la enseñanza de las ciencias en los planes de estudios. El sistema federal de Alemania da lugar a un panorama curricular diverso en sus 16 estados, cuya coordinación se lleva a cabo mediante estándares educativos comunes. Este sistema federal da lugar a diferentes tipos de centros educativos en los distintos estados alemanes y a distintos enfoques sobre cómo y cuándo se imparten las asignaturas de ciencias, ya sea de forma integrada o como materias independientes (por ejemplo, Biología). España opera de manera similar dentro de un marco descentralizado, aunque el plan de estudios catalán sigue alineado con las directrices nacionales, especialmente en la enseñanza de las ciencias. Por el contrario, los Países Bajos combinan los objetivos básicos nacionales con una autonomía significativa a nivel escolar, lo que permite a los docentes flexibilidad en la implementación. Chipre, en comparación, sigue un modelo altamente centralizado en el que las guías detalladas para el profesorado influyen considerablemente en las prácticas docentes. El Ministerio de Educación de Chipre ha elaborado guías didácticas para cada unidad de Ciencias Naturales en la educación primaria y para Biología en la educación secundaria. Estas guías ayudan a los docentes a trasladar el plan de estudios a la práctica en el aula, presentando posibles estructuras de lecciones, objetivos de aprendizaje, áreas de contenido, actividades en el aula, materiales, hojas de trabajo y oportunidades de evaluación.

4 Conclusiones

4.1 Estrategias para el uso del MbL

En todos los países, el análisis revela una falta general de articulación explícita de las estrategias didácticas para implementar el MbL. En Alemania, el 80 % de las referencias se incluyen en la categoría «sin especificar», lo que indica que los documentos analizados no proporcionan una orientación detallada sobre cómo se debe integrar el MbL en la práctica docente. En Chipre, el 27 % de las referencias no especifican las estrategias de MbL que se emplean. En el caso de España, no se identificaron estrategias explícitas. En los Países Bajos, la ausencia de estrategias prescritas refleja una elección de diseño deliberada, ya que el plan de estudios deja una flexibilidad significativa a los centros y al profesorado.

Quando se especifican estrategias, los modelos ya elaborados son el enfoque más mencionado tanto en el nivel de primaria como en el de secundaria, especialmente en Chipre (46,5 %) y Alemania. La construcción de modelos desde cero también está presente, sobre todo en Chipre (39 %). Sin embargo, el uso de modelos generados por los alumnos es prácticamente inexistente. *En general, los resultados sugieren que los planes de estudios*

tienden a dar prioridad al uso de modelos en lugar de definir claramente los enfoques pedagógicos para el MbL.

4.2 Definiciones de la competencia en modelización

En todos los países, hay una ausencia o una presencia mínima de definiciones explícitas de la competencia en modelización. En Alemania y España no se identificaron tales definiciones. En Chipre, solo alrededor del 3 % de las referencias proporcionan definiciones. En los Países Bajos, aunque el plan de estudios incluye definiciones de modelos y modelización, no las enmarca como parte de una estructura de competencias claramente definida. Esta falta general de definición indica que el MbL no se conceptualiza como una competencia científica distinta dentro de los planes de estudios.

4.3 Importancia de los modelos en las ciencias naturales

La importancia de los modelos solo se articula parcialmente en los planes de estudios analizados y, en muchos casos, permanece implícita. En Alemania, las referencias a la importancia de los modelos representan el 8 % del total de códigos, y en Chipre, alrededor del 21 % de las referencias especifican explícitamente el papel de los modelos dentro de la ciencia. El plan de estudios español no ofrece declaraciones explícitas sobre el papel epistémico de los modelos, mientras que en los Países Bajos, los modelos se describen funcionalmente como herramientas para comprender y explicar fenómenos, sin un análisis exhaustivo de su importancia científica. En general, los modelos se enmarcan principalmente como herramientas de representación y explicación, más que como construcciones epistémicas centrales en el desarrollo del conocimiento científico. Esto sugiere que el papel más profundo de los modelos en el razonamiento científico no se aborda de forma sistemática en la mayoría de los planes de estudios.

4.4 Tipos de modelos

El análisis revela una amplia variedad de tipos de modelos en los distintos países, aunque su identificación explícita varía considerablemente. En Chipre predominan los modelos físicos, especialmente en la educación primaria (44 %), donde se utilizan con frecuencia para representar fenómenos científicos observables. En la educación secundaria inferior (12-15 años), destacan tanto los modelos mentales (48 %) como los físicos (32 %). Los planes de estudios alemanes también hacen referencia a cinco grupos de tipos de modelos, siendo los modelos funcionales (25 %) los más destacados. El plan de estudios neerlandés también ofrece una lista extensa, que incluye modelos digitales, analógicos, conceptuales y disciplinarios, como los modelos de partículas y climáticos. Por el contrario, el plan de estudios español no identifica explícitamente los tipos de modelos.

A pesar de esta diversidad, una gran proporción de referencias sigue sin especificarse en todos los países, lo que limita la claridad de las expectativas respecto a los tipos de modelos con los

que los alumnos deben trabajar. Como resultado, la variedad y la progresión de los tipos de modelos no siempre se articulan de forma sistemática.

4.5 Contextos de uso de los modelos

Los modelos se emplean en una amplia gama de contextos científicos, reflejando la estructura de contenidos de cada plan de estudios. En los planes de estudios centrados en la biología, como los de Chipre y Alemania, el MbL está estrechamente vinculado a temas como las células, la fisiología humana y los sistemas ecológicos. En los contextos de educación primaria de Chipre, el MbL se asocia con frecuencia a temas como la Tierra y el cielo, la electricidad y el cuerpo humano. En los Países Bajos, el MbL aparece en ámbitos científicos más amplios, incluyendo los sistemas físicos, la química y las ciencias de la Tierra. En España, aunque no se hace hincapié explícito en el MbL, este puede inferirse en relación con ideas científicas clave como los ecosistemas y los sistemas de energía.

4.6 Prácticas de modelización

Un patrón constante en todos los países es el predominio del uso de modelos sobre otras prácticas de modelización, como la creación, la evaluación o la revisión de modelos. Se espera que los alumnos utilicen los modelos con mayor frecuencia, mientras que las oportunidades para participar en la creación de modelos están presentes, pero son menos frecuentes. Prácticas como la evaluación y la revisión de modelos están significativamente infrarrepresentadas. En Alemania, el uso de modelos representa el 66 % de las prácticas de modelización, mientras que la revisión está casi completamente ausente (2 %). La creación de modelos representa el 19 %, y la evaluación de modelos, el 13 %. En Chipre se observa una distribución similar, con el uso de modelos (alrededor del 42 %) y la creación (23 %) predominando, y la evaluación (10 %) y la revisión (10 %) ocurriendo solo de forma esporádica. En España, solo se menciona explícitamente la creación de modelos, mientras que en los Países Bajos están presentes todos los aspectos del ciclo de modelización, en los niveles educativos superiores. Estos resultados indican que algunos planes de estudios no respaldan el ciclo completo de modelización, lo que podría limitar las oportunidades de los estudiantes de abordar la modelización como un proceso científico iterativo y reflexivo.

4.7 Conocimientos de metamodelización

El conocimiento sobre metamodelización es la dimensión menos desarrollada en todos los países. En Chipre, la mayoría de las referencias no abordan explícitamente la metamodelización (87 %). En Alemania, solo se presta una atención limitada a la naturaleza y la función de los modelos (7 %), mientras que en España estas referencias están ausentes. Los documentos analizados de los Países Bajos incluyen referencias explícitas tanto a las propiedades como a las limitaciones de los modelos, especialmente en las vías educativas más avanzadas. Cuando se aborda el conocimiento sobre metamodelización, se centra

principalmente en la comprensión de los modelos como representaciones, más que en la comprensión del proceso de modelización en sí mismo. Esto sugiere que los planes de estudios analizados no abordan de forma activa el desarrollo de una comprensión reflexiva de la modelización como práctica científica.

4.8 Objetivo del texto curricular

En todos los países, la mayoría de las referencias al MbL se dirigen a los alumnos (en lugar de solo a los profesores), haciendo hincapié en la modelización como parte del texto curricular. En Chipre, aproximadamente el 63 % de las referencias están orientadas a los alumnos, mientras que el 37 % restante se dirige a los profesores. Del mismo modo, en Alemania, el 39 % de las referencias al MbL se dirigen a los profesores y el 61 % a los alumnos. En los Países Bajos y España, las referencias se enmarcan casi exclusivamente en términos de resultados de aprendizaje de los alumnos. Esto indica que el MbL en los planes de estudios analizados se presenta principalmente como una actividad para los alumnos, aunque varía el grado de orientación pedagógica que se proporciona a los profesores.

5 Conclusiones

El análisis transnacional revela que el MbL está presente en todos los planes de estudios examinados, pero no se desarrolla de manera sistemática como un componente coherente o explícito de la educación científica. En la mayoría de los casos, el MbL aparece como un elemento implícito dentro de procesos de investigación más amplios, en lugar de como una práctica científica claramente definida. La ausencia de definiciones explícitas de la competencia en modelización contribuye aún más a esta falta de claridad conceptual.

En todos los países se hace un claro hincapié en el uso de modelos, mientras que otros aspectos importantes de la modelización, como la evaluación y la revisión, se abordan con menos frecuencia. Este desequilibrio sugiere que los alumnos pueden tener oportunidades limitadas para participar en el ciclo completo de MbL y desarrollar una comprensión más profunda del papel epistémico de los modelos en la ciencia. Además, la escasa atención prestada al conocimiento sobre metamodelización indica que los planes de estudios no apoyan suficientemente la comprensión reflexiva de la naturaleza y la finalidad de los modelos.

Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the National Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

This work is licensed under CC BY-NC 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

