

# Los modelos de inmunidad y vacunas en los libros de texto de la enseñanza obligatoria

## Immunity and vaccine models in secondary education textbooks

DOI: 10.7203/DCES.42.21899

**Marta Gómiz Aragón**

*Universidad de Cádiz*, marta.gomizaragon@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2114-9918>

**María del Mar Aragón Méndez**

*Universidad de Cádiz*, mariadelmar.aragon@uca.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5997-389X>

**José María Oliva**

*Universidad de Cádiz*, josemaria.oliva@uca.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2686-6131>

**RESUMEN:** En este trabajo se estudia el modelo de inmunidad y vacuna que presentan los libros de texto de educación secundaria, considerados un nexo entre el currículum y la práctica docente. El objetivo de nuestro estudio era explorar qué contenidos se incluyen en dichos modelos y cómo se articulan. A la vez, se propone un procedimiento basado en la elaboración de mapas conceptuales para alcanzar tal fin. En general, los modelos de los libros de texto de nuestro corpus de estudio presentan procesos celulares de la inmunidad centrados en lo individual antes que en lo colectivo. Las conclusiones de esta investigación suponen un diagnóstico parcial de cómo se aborda la enseñanza de la inmunología en las aulas para así diseñar un modelo que permita poner en práctica estrategias y recursos que impliquen al alumnado en la modelización de la inmunidad.

**PALABRAS CLAVE:** modelos, libros de texto, inmunología, educación para la salud, educación secundaria

**ABSTRACT:** This paper studies the immunity and vaccine model presented by secondary education textbooks, which are considered a link between the curriculum and teaching practice. The objective of our study was to explore what contents are included in these models and how they are articulated. At the same time, a procedure based on the elaboration of concept maps is proposed to achieve this goal. In general, the textbook models in our study corpus present cellular processes of immunity focused on the individual rather than the collective. The conclusions of this research involve a partial diagnosis of how the teaching of immunology is approached in the classroom to design a model that allows the implementation of strategies and resources that involve students in the modelling of immunity.

**KEYWORDS:** models, textbooks, immunology, health education, secondary education

**Fecha de recepción:** noviembre de 2021

**Fecha de aceptación:** abril de 2022

---

Financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/\_Proyecto EDU2017-82518-P.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un proyecto más amplio sobre el diseño y evaluación de propuestas didácticas desde enfoques de modelización. En concreto, se sitúa ante el reto de implicar al alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en procesos de modelización en torno a la inmunidad y las vacunas, tópicos que pueden encuadrarse en el marco de la Educación para la Salud.

La elección de este tema se justifica por al menos dos motivos. En primer lugar, por formar parte del currículum escolar español, en concreto del tercer curso de la ESO (14-15 años), accediendo a él toda la población, en una etapa en la que el alumnado se encuentra en pleno desarrollo y tiene el potencial necesario para adquirir comportamientos positivos en la promoción para la salud. En segundo lugar, porque la temática es hoy de enorme actualidad social, lo que la hace de interés desde el punto de vista de la alfabetización científica y la formación de una ciudadanía crítica y responsable.

Uno de los problemas relativos a la enseñanza de la inmunidad y las vacunas descansa en el establecimiento de un modelo escolar. La inmunidad es un tema de gran complejidad científica que exige tomar decisiones sobre qué trasposición didáctica es la más conveniente. El tópico de la inmunidad se contempla en el currículum oficial del sistema educativo español (RDL 1105/2014, de 26 de diciembre; tabla 1) pero el nivel de concreción de los conceptos relacionados con el sistema inmunitario que deben ser tratados en la ESO es bajo; no llegándose a demarcar claramente cuál es el modelo de inmunidad que se ha de abordar en las aulas.

**TABLA 1.** Contenidos curriculares, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje sobre el sistema inmunitario y las vacunas contemplados en la normativa actual.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
Sistema inmunitario. Vacunas.	Determinar el funcionamiento básico del sistema inmune, así como las continuas aportaciones de las ciencias biomédicas.	Explica en que consiste el proceso de inmunidad, valorando el papel de las vacunas como método de prevención de las enfermedades.

Fuente: RDL 1105/2014, de 26 de diciembre

A esto hay que sumar planteamientos sobre qué prácticas de modelización se pueden llevar a cabo y qué recursos favorecen la construcción de un modelo escolar sobre la inmunidad y las vacunas. Las investigaciones de Maguregi González et al. (2017a, 2017b) justifican la importancia de presentar el modelo de inmunidad en diferentes contextos porque favorece la construcción de un modelo de inmunidad más adecuado por parte del alumnado y facilita la transferencia de dicho modelo. Por su parte, Orrego Cardozo et al. (2019) y Elmazouni et al. (2018) coinciden en destacar el valor que tiene caracterizar los modelos de inmunidad que maneja previamente el alumnado como mediadores del proceso de enseñanza y aprendizaje. En el contexto de la enseñanza obligatoria se han publicado varias propuestas didácticas sobre inmunología, algunas basadas en prácticas de modelización (Ageitos y Puig, 2016; Girón Gambero, Blanco López, y Lupión Cobos, 2015; Lukin, 2013).

Uno de los principales recursos para la actividad docente en general, y para la enseñanza de las ciencias en particular, es el libro de texto (de Pro Bueno, Sánchez Blanco, y Valcárcel Pérez, 2008; del Carmen, 2001). El libro de texto, al ser un mediador del aprendizaje, debe evaluarse, por una parte, por la calidad de sus aspectos didácticos y, por otra, por su potencial a la hora de promover estrategias docentes innovadoras (González Jiménez y Macías Gómez, 2001). La bibliografía sobre el uso de los libros de texto para el diagnóstico de determinados tópicos de enseñanza es suficientemente amplia (Gil González y Cortés Gracia, 2021; Martínez Losada y

Martínez Barros, 2003; Ocelli y Valeiras, 2013; Perales Palacios y Vílchez González, 2015) y las conclusiones de las investigaciones sobre ellos permiten generar referentes para la elaboración de propuestas didácticas.

La falta de concreción del tópico de inmunidad en el currículo deja un vacío en cuanto a qué modelo escolar conviene desarrollar en el aula. El análisis de los libros de texto, como forma de acercamiento a la práctica docente, puede ser útil para detectar tanto los consensos actuales entre las diferentes editoriales como las posibles carencias del modelo presentado por cada una de ellas. Encontramos antecedentes con esta intencionalidad en los trabajos de Gándara, Gil-Quílez y Sanmartí (2002) y de Puig y Jiménez-Aleixandre (2015).

El foco de este artículo se sitúa en un intento de concretar qué modelo de inmunidad y vacunas ofrecen habitualmente los libros de texto para a partir de ahí proponer un modelo escolar para la enseñanza y el aprendizaje de la inmunidad y las vacunas.

## 2. MODELOS Y MODELOS CIENTÍFICOS ESCOLARES

En este trabajo se considera que los modelos son representaciones de sistemas y fenómenos reales (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000) que permiten describir, explicar o predecir situaciones y hechos (Adúriz-Bravo, 2012). Estos juegan un papel primordial en la enseñanza de la ciencia (Justi, 2006; Treagust et al. 2002) y también en la ciencia en sí, ya que su construcción, aplicación, puesta a prueba y revisión, son actividades centrales en la práctica científica académica y profesional. Los modelos científicos funcionan como una herramienta para responder a preguntas científicas y para comunicar ideas (Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez, Oliva, 2017; Adúriz-Bravo, 2012; Halloun, 2007; Oh y Oh, 2011). Son modelos conceptuales y explícitos, al ser representaciones externas consensuadas por una comunidad científica (Greca y Moreira, 2000). Aunque los modelos son representaciones simplificadas e idealizadas de la realidad, el hecho de ser fruto del acuerdo entre profesionales científicos les confiere precisión, es decir, unos límites de aplicación definidos y estables.

En el ámbito educativo, la comunidad docente consensua los modelos que van a ser enseñados. Estos son fruto de la transposición didáctica de los modelos científicos, simplificándolos y reestructurándolos, es decir, adaptándolos a las características del alumnado al que van dirigidos y a su contexto. Algunos autores se refieren a los modelos escolares como modelos especialmente diseñados para que el alumnado se aproxime al modelo consensuado; son modelos para la enseñanza, recursos para el aprendizaje que han sido denominados *teaching models* (Coll, France, y Taylor, 2005; Treagust et al., 2002), representaciones didácticas de los modelos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001) o modelos pedagógicos (Islas y Pesa, 2003). Los modelos escolares son modelos conceptuales (Greca y Moreira, 2000) y, como tales, pueden definirse y explicitarse de forma precisa y completa en forma de tramas de conceptos o ideas, conforme con el conocimiento científicamente aceptado. Precisamente, esta clase de modelos son aquellos sobre los que sitúa el foco de la presente investigación, como veremos después, definidos y estructurados en torno a mapas conceptuales que reflejan la organización de conocimientos integrados en los textos escolares.

En este marco, resulta de interés para la enseñanza de las ciencias preguntarse sobre qué modelos enseñar para, posteriormente, plantearse cómo implicar al alumnado en las prácticas de modelización. Desde esta perspectiva, la modelización (Oliva, 2019) se entiende como un proceso que permitiría una progresión de los modelos mentales del alumnado, adquiriendo un conjunto de conocimientos y, simultáneamente, habilidades y destrezas, favoreciendo la comprensión sobre la naturaleza de los modelos y la traslación del aprendizaje de la modelización a nuevos contextos para permitir la toma de decisiones fundamentadas en contextos reales.

Particularmente, disponer de una base científica adecuada en temas como el de las vacunas, supone un factor esencial en la adopción por la ciudadanía de medidas de prevención y en el desarrollo de actitudes favorables hacia la vacunación (Portillo-Blanco et al., 2022).

### **3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

Considerando el potencial de la información que proporcionan los libros de texto sobre las prácticas docentes, este trabajo tiene como objetivo reconstruir el modelo de inmunidad y vacuna implícito en libros de texto de 3º de ESO del sistema educativo español, único nivel en el que se trata este tópico en la enseñanza obligatoria. Se pretende ofrecer una aproximación del panorama de enseñanza de estos tópicos y disponer de un referente para la elaboración futura de una propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la inmunidad y las vacunas, siguiendo una estrategia de modelización.

Para la consecución del objetivo que orienta este estudio se plantean dos preguntas: ¿Qué contenidos incluyen los modelos de inmunidad y vacunas presentados en los libros de texto? ¿Cómo se articulan dichos contenidos?

### **4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Corpus del estudio**

En este estudio se analizan cinco libros de texto de 3º de ESO de la materia de Biología y Geología (anexo I). La selección de las editoriales seleccionadas se debe a que son de uso muy común entre los centros de secundaria de nuestro entorno. A partir de ahora los libros de texto se nombrarán con las letras LT seguidas de otra letra identificativa: A, B, C, D o E, por ejemplo, en lugar de «libro de texto A», se usarán las siglas LTA.

#### **4.2. Procedimiento**

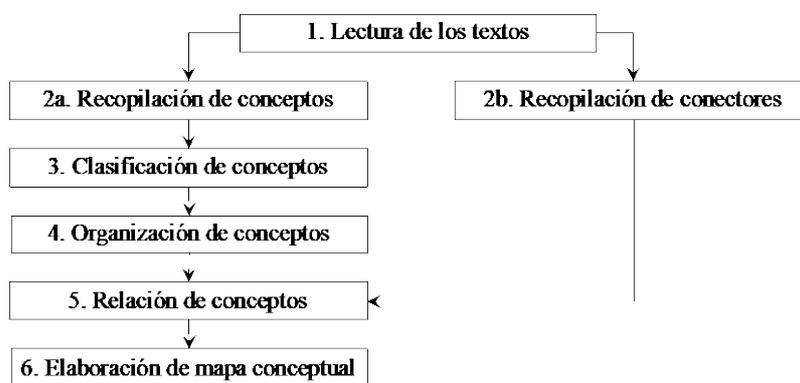
Para acceder a la naturaleza del modelo de inmunidad y vacuna presentado en los textos se han utilizado los mapas conceptuales (Novak, Gowin y Otero, 1988) como herramientas que permiten reconstruir la trama de contenidos implicados (del Carmen, 1996). De hecho, han servido para representar las relaciones significativas entre los conceptos presentados en los libros, proporcionando una síntesis en torno al modelo de inmunidad y vacunas que parecen manejar aquellos.

En una primera fase, se utilizaron los textos escritos y las imágenes de los diferentes libros para identificar aquellos conceptos que forman parte del modelo de inmunidad y vacunas. A continuación, dichos conceptos se clasificaron según cinco dimensiones: ‘Aspectos generales sobre inmunidad e infecciones’, donde se incluyen conceptos relativos tanto a las enfermedades infecciosas como a los agentes causales y la transmisión; ‘Respuesta inmunitaria innata’, que agrupa los elementos y mecanismos de la inmunidad inespecífica; ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’, que de manera análoga incluye aquellos conceptos relacionados con la inmunidad específica; ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’, que recoge los conceptos relacionados con la memoria, la tolerancia y la autolimitación del sistema inmunitario; y ‘Formas de adquisición de la inmunidad’, donde se situarían, como sugiere Maguregi et al. (2017a, 2017b) aquellos conceptos relacionados con los diferentes contextos en los que participa el sistema inmunitario con el fin de alcanzar la inmunidad. Las dimensiones no son conceptos incluidos en los mapas, pero supusieron un primer nivel de agrupamiento de los términos y conceptos manejados, posibilitando el estudio comparativo de los cinco modelos expuestos. La elección de estas

dimensiones se justifica por diferentes motivos. De una parte, porque son las que comúnmente sirven para organizar el conocimiento científico sobre inmunología, no solo en los libros de texto escolares, sino también de textos genuinamente científicos. (Abbas, Lichtman y Pillai, 2017; Murphy y Weaver, 2016). De otra, porque esta separación facilita la comprensión de las relaciones que se establecen entre diferentes conceptos y que repercute, por tanto, en la construcción del modelo de inmunidad y vacunas o, como es el caso que nos ocupa, para comprender el modelo de inmunidad y vacunas presentado en los libros de texto.

En una segunda fase se procedió a la síntesis del modelo de inmunidad y vacunas subyacente, representándolo a través de mapas conceptuales. Una vez que los conceptos se recopilaban y se clasificaban en las diferentes dimensiones, se organizaron en el panel del software empleado para, finalmente, establecer las relaciones entre conceptos (figura 1).

**FIGURA 1.** Diagrama del procedimiento a seguir en el análisis de los libros de texto.



Fuente: Elaboración propia

Los conceptos se organizaron según su orden de aparición en el discurso de los libros de texto. Los mapas se empezaron a construir de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. En general, los conceptos que aparecieron en primer lugar en el texto fueron normalmente conceptos más generales o abstractos y que, por ello, se relacionaban con un mayor número de conceptos de carácter más concreto y específico. Ello otorgó a las representaciones un importante carácter jerárquico. Los conceptos que se encuentran en niveles inferiores tienen una conexión de subordinación con los que se sitúan más arriba en la rama, pudiendo ser esta relación de causa-efecto, temporal –lo que sucede antes en niveles superiores– o de pertenencia a un conjunto –un sistema o conjunto en niveles superiores y las partes en inferiores. Por otra parte, aquellos conceptos que están a la misma altura aparecen en los textos en proposiciones coordinadas, en subapartados de un mismo epígrafe, en un mismo nivel de listado o se corresponden, bajo un criterio temporal, con sucesos o mecanismos inmunitarios simultáneos.

Las relaciones entre conceptos se expresaron a través de conectores consistentes en palabras, frases cortas o locuciones que aparecían textualmente en los libros analizados, de modo que las proposiciones que se derivan de la lectura del mapa conceptual reflejan ideas explícitas en los libros de texto. Las relaciones se establecieron, normalmente, entre conceptos pertenecientes a una misma dimensión, pero también entre conceptos de diferentes dimensiones. Ello obligó a establecer relaciones cruzadas entre distintas dimensiones del mapa. Por otra parte, también fueron frecuentes las ramificaciones en la estructura del mapa, ya que el discurso no era siempre lineal, sucediéndose ideas que giraban en torno a un mismo concepto central recurrente.

Los mapas se generaron mediante el software Cmaptools (Cañas et al., 2004), asignando colores identificativos para los conceptos de una misma dimensión. Además, las relaciones entre conceptos de una misma dimensión se representaron con líneas continuas, mientras que para las relaciones cruzadas entre dimensiones diferentes se usaron líneas punteadas. Las flechas se

emplearon cuando la dirección de las relaciones podría suponer alguna confusión para la lectura del mapa.

En este marco, cada mapa resultó de un proceso de deconstrucción y reconstrucción posterior de la información científica aportada por cada libro. Todo ello se llevó a cabo a través de un proceso dinámico e iterativo. Por tanto, estos mapas conceptuales tienen un carácter necesariamente subjetivo, al depender de la interpretación otorgada al conjunto en el proceso de reconstrucción. No obstante, dicha tarea se ha realizado de manera colegida y consensuada por los investigadores. De esta manera se ha pretendido responder a las dos preguntas de investigación planteadas.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. ¿Qué contenidos sobre inmunidad y vacunas incluyen los libros de texto?

Los contenidos identificados en el conjunto de libros de texto que forman el corpus de este estudio y que son el conjunto de conceptos que configuran el modelo de cada uno de ellos, se muestran en la tabla 2 y se clasifican de acuerdo con las distintas dimensiones del modelo de inmunidad y vacunas que se plantean en este análisis.

**TABLA 2.** Conceptos de las diferentes dimensiones hallado en el conjunto de libros de texto analizados.

Dimensión	Conceptos
Aspectos generales sobre inmunidad e infecciones	Inmunidad/Sistema inmunitario/Mecanismos de defensa; sistemas de defensa; defensas/ Propio; extraño/Enfermedades infecciosas; infecciones/Organismos patógenos; agentes patógenos; microorganismos patógenos.
Respuesta inmunitaria innata	Inespecífica/Congénita/Independiente/Barreras naturales; barreras pasivas; barreras físicas; barreras estructurales; barreras químicas; barreras biológicas; barreras ecológicas; mucosas; piel; secreciones; fluidos; sustancias antimicrobianas; sustancias dañinas; hormonas; proteínas; enzimas; cilios; moco; mucus; cerumen; lágrimas; saliva; ácido del estómago; jugo gástrico; semen; flujo vaginal; flora vaginal; flora intestinal; flora bucal; microorganismos no patógenos/Respuesta inflamatoria; vasodilatación; inflamación; enrojecimiento; calor; dolor/Fagocitos; fagocitosis.
Respuesta inmunitaria adaptativa	Específica/Adquirida/Respuesta inmune/Linfocitos; linfocitos T; linfocitos B; células plasmáticas/Anticuerpos; proteínas/Inmunidad humoral; inmunidad celular.
Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa	Memoria inmunitaria; células de memoria; linfocitos de memoria/Respuesta secundaria/Eficazmente; rápidamente/Nueva infección; futuros ataques
Formas de adquisición de la inmunidad	Vacunación/Vacunas/Sueros/Inmunización artificial; inmunidad natural; inmunidad artificial/Patógenos no infecciosos; patógenos debilitados; patógenos sin componentes; componentes de patógenos; patógenos no virulentos, patógeno atenuado; patógeno muerto; microorganismos muertos; microorganismos debilitados.

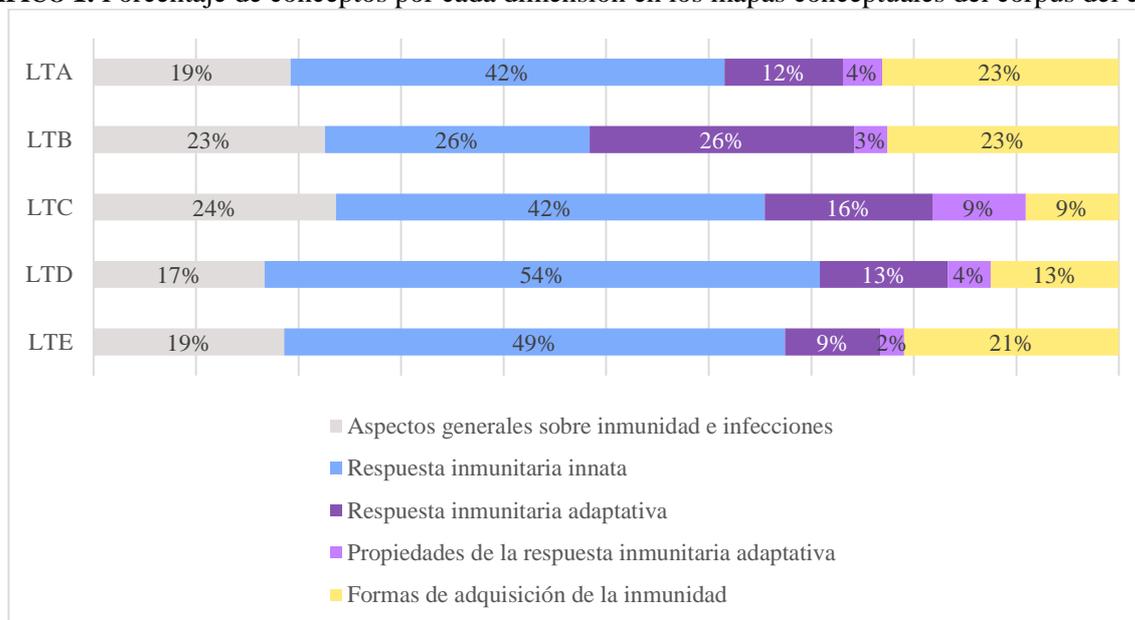
Fuente: Elaboración propia

Por si mismos, estos conceptos dan poca información acerca del modelo de inmunidad y vacunas presentado por los libros de texto. Sin embargo, es interesante conocer en primer lugar el conjunto de conceptos que forma parte de cada uno de los libros para, posteriormente, ver cómo se

articulan. En el gráfico 1 se contabiliza la proporción de conceptos correspondiente a cada una de las dimensiones propuestas.

En líneas generales, en todos los libros de texto destaca la importancia, en cuanto al número de conceptos, que se le otorga a la respuesta inmunitaria innata respecto a la respuesta adaptativa y sus propiedades, en concreto sobre la memoria inmunitaria, aun siendo esta el fundamento de la vacunación como forma de inmunización.

**GRÁFICO 1.** Porcentaje de conceptos por cada dimensión en los mapas conceptuales del corpus del estudio



Fuente: Elaboración propia

Una circunstancia que se da en todos los casos es la ausencia de contenidos relacionados con la vacunación como fenómeno colectivo de salud pública. En este sentido el concepto de *inmunidad de grupo*, considerado de gran importancia en inmunología, está ausente en todos los libros de texto del corpus de estudio. Esto supone una deficiencia del modelo de inmunidad y vacunas que presentan los libros de texto puesto que, de esta manera, se obvia la oportunidad de tratar la importancia colectiva de la vacunación en el aula.

Otro aspecto destacable es el lenguaje empleado en los textos, que sugiere metáforas del sistema inmunitario. En la definición de sistema inmunitario que se da en los diferentes libros de texto es común el uso de términos bélicos como «defender», «destruir», «invadir» o «atacar» (tabla 3).

Potencialmente, dentro del marco de la modelización, estas metáforas podrían servir para reconstruir una analogía completa (Oliva, 2008) que contribuya a la creación y validación en el aula de un modelo. No obstante, si la interpretación de las metáforas no aparece guiada, como es el caso de todos los libros del corpus de este estudio, la comprensión de éstas puede derivar por cauces muy alejados de su intencionalidad didáctica.

TABLA 3. Descripciones del sistema inmunitario en los libros de texto del corpus de estudio

Libro de texto	Definición de sistema inmunitario
LTA	El sistema inmunitario es el conjunto de mecanismos de defensa que tiene el cuerpo humano ante las enfermedades infecciosas.
LTB	El sistema inmunitario es un conjunto de estructuras y procesos biológicos capaz de detectar y destruir cualquier elemento extraño que nos invada.
LTC	Los elementos del sistema inmunitario tienen la capacidad de distinguir lo que pertenece a nuestro cuerpo y lo que es ajeno a él, y atacar a esto último.
LTD	[El sistema inmunitario] <sup>1</sup> Defiende nuestro organismo frente a los gérmenes patógenos.
LTE	El sistema inmunitario es el encargado de frenar su avance y eliminarlos [los microbios].

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, los contenidos incluidos en los libros de texto son similares en todos ellos y versan sobre los mecanismos celulares de la inmunidad, es decir, permiten un entendimiento de la respuesta inmunitaria que va más allá de lo meramente descriptivo, aunque no son suficientes para profundizar en procesos moleculares. Por otra parte, los conceptos escogidos por cada editorial se centran en aspectos individuales de la inmunidad, dejando a un lado los colectivos.

## 5.2. ¿Cómo se articulan los contenidos incluidos?

### Articulación de los contenidos del LTA

Los conceptos incluidos aparecen en el mapa de la figura 2 y tienen su correspondencia con las dimensiones ‘Aspectos generales sobre inmunidad e infecciones’, ‘Respuesta inmunitaria innata’, ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’ y ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’. Como se puede observar, se establecen relaciones entre diferentes dimensiones. En concreto, se incluye la siguiente relación: *Cuando el patógeno entra en el organismo, un fagocito lo digiere y libera unas sustancias que alertan a algunos linfocitos y se activan*<sup>2</sup>, la cual permite tener una visión integrada de las respuestas innata y adaptativa.

Por otro lado, en la figura 2 se observa como el concepto *vacunas* está muy desconectado del resto del mapa. En efecto, la única relación que se establece con el modelo de inmunidad es la reacción que las vacunas provocan en los linfocitos. Además, hay dos ausencias destacables en el modelo que se maneja. Por una parte, la falta de relación del concepto *vacunas* con el concepto de *memoria inmunitaria*, por ser esta la base biológica de la vacunación, y por otra, la ausencia del concepto *inmunidad de grupo*, lo cual dificulta el abordaje de la importancia colectiva de la vacunación.

### Articulación de los contenidos del LTB

En el LTB, los conceptos de las dimensiones ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’ y ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’ se organizan en dos epígrafes que se presentan en el texto, como proposiciones coordinadas; por esta razón se han organizado en el mismo nivel del mapa.

<sup>1</sup> Lo escrito entre corchetes son comentarios o aclaraciones de los autores.

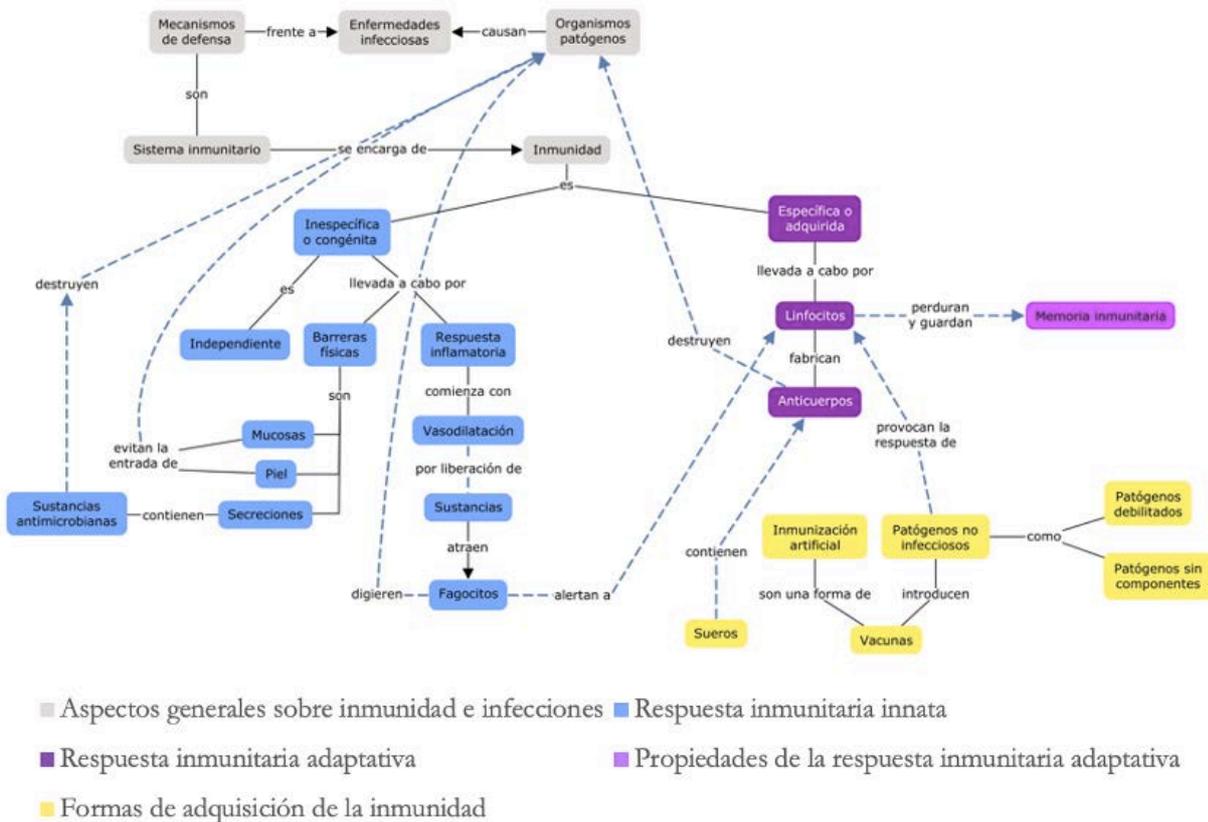
<sup>2</sup> Lo escrito en cursiva son palabras o frases que aparecen en los libros de texto.

Como se observa en la figura 3, el concepto *inmunidad* no aparece en un nivel alto de la jerarquía de conceptos ya que surge por primera vez en el apartado ‘Las vacunas’ y no se relaciona con los conceptos de las dimensiones ‘Respuesta inmunitaria innata’, ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’ y ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’. Ello supone una clara debilidad del modelo de inmunidad manejado ya que no se explicita de forma clara cuál es la conexión entre sus diferentes elementos.

No obstante, en el mapa conceptual de la figura 3 existen relaciones relevantes como la que se da a través de los conceptos *fagocitos* y *antígenos*, lo cual permite reconocer la capacidad del sistema inmunitario de discriminar lo ajeno al organismo. En el LTB también se relacionan los conceptos *vacunación*, *memoria inmunitaria* e *inmunidad*, lo que supone una fortaleza ya que incluye un contexto distinto a la infección para presentar el modelo de sistema inmunitario.

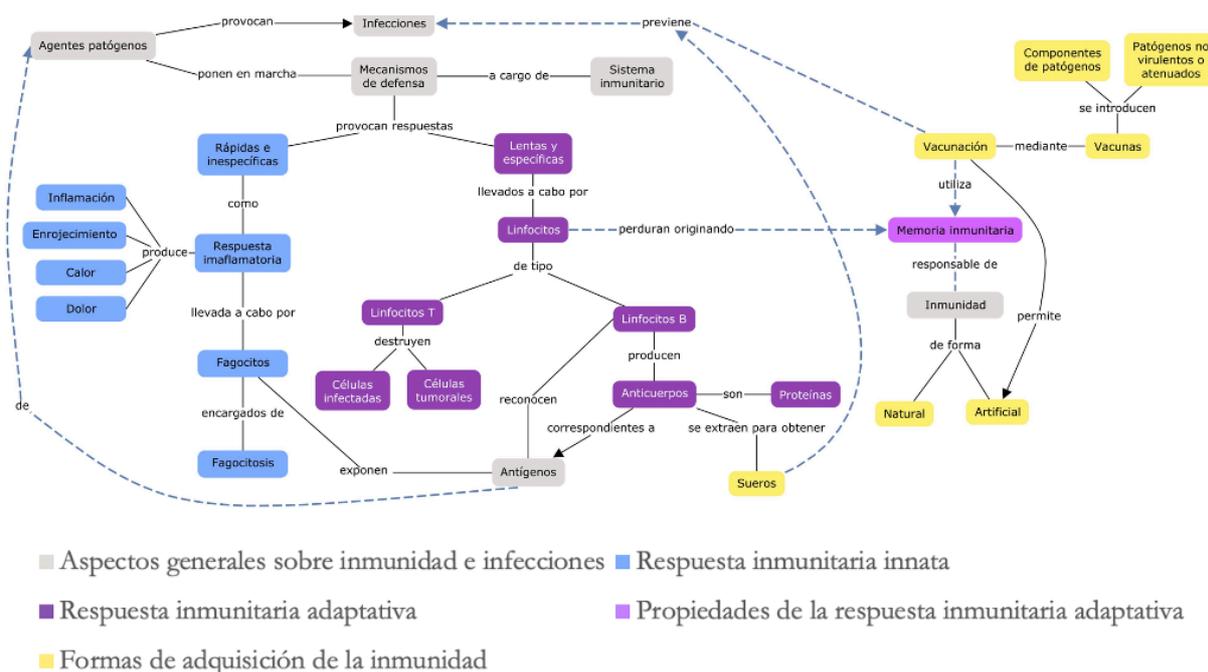
Igual que en el caso del LTA, en este mapa también se aprecia una correspondencia estructural con las dimensiones clásicas en el conocimiento de la inmunología.

FIGURA 2. Mapa conceptual construido a partir del modelo de inmunidad y vacunas implícito en el LTA.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3. Mapa conceptual construido a partir del modelo de inmunidad y vacunas implícito en el LTB.



Fuente: Elaboración propia

### Articulación de los contenidos del LTC

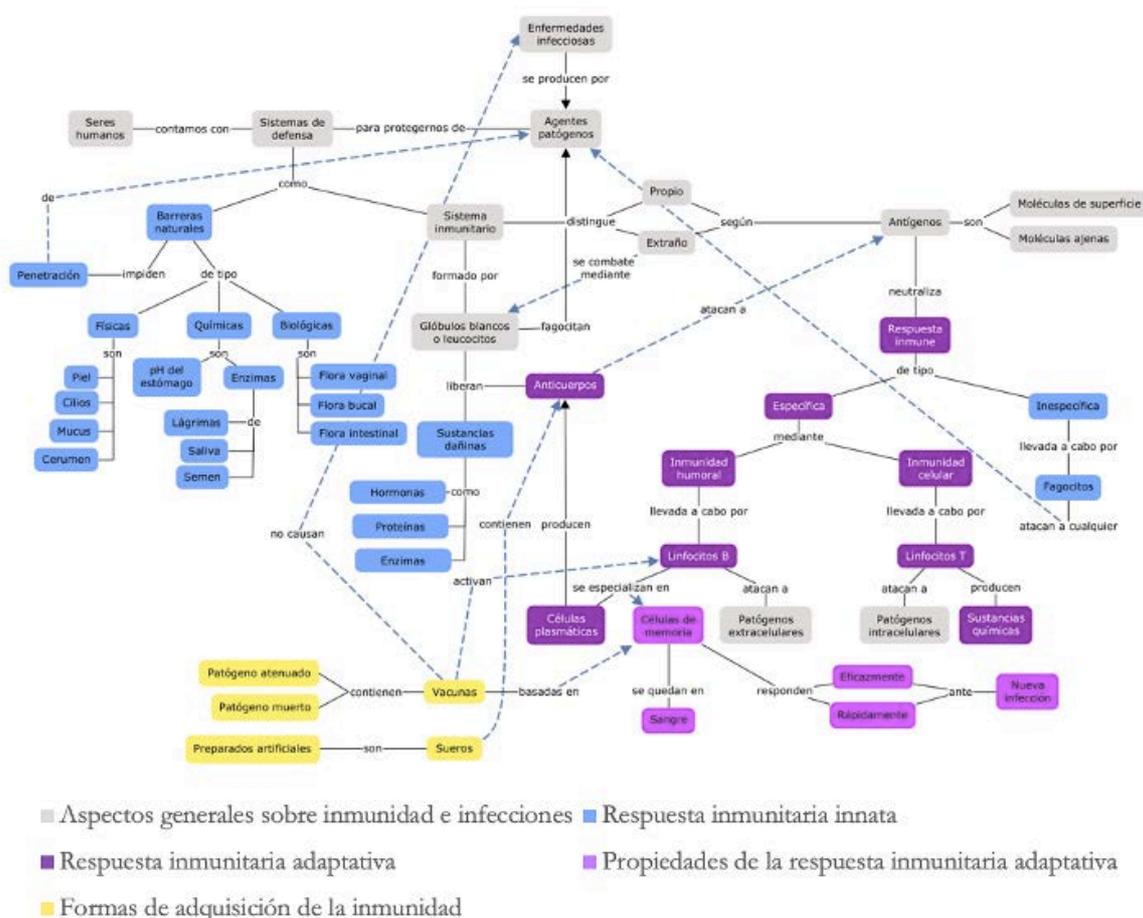
Debido a la estructura del texto, los conceptos de *barreras naturales* y *sistema inmunitario* se han situado como modalidades diferentes del *sistema de defensa*. De ahí que se pueda interpretar que, en el modelo de inmunidad propuesto por el LTC, se excluye de la respuesta inmunitaria a estas barreras, propias de la respuesta innata. Además, en relación con la respuesta inespecífica solo se considera la participación de los fagocitos (figura 4).

Del término *memoria inmunitaria* se derivan varias relaciones, la más interesante en cuanto a la vacunación es con el concepto de *nueva infección*, conectado con la respuesta secundaria, reforzando así la conceptualización de la memoria inmunitaria.

Otra particularidad es que en el modelo del LTC no aparece el concepto «inmunidad». Esta ausencia resulta cuanto menos paradójica, teniendo en cuenta que el apartado principal en el que se organizan los contenidos de inmunología en esta editorial se titula, precisamente ‘*La inmunidad*’.

El mapa conceptual de la figura 4 destaca por la cantidad de conceptos que incluye, sin embargo, esto no se traduce en un mayor número de relaciones cruzadas entre las diferentes dimensiones. Gran parte de los conceptos de este mapa pertenecen a la dimensión ‘Respuesta inmunitaria innata’ y se trata, en su mayoría, de términos que aparecen en listas, es decir, no se desarrollan ni forman parte imprescindible del modelo. De hecho, en el mapa se puede observar cómo los conceptos que derivan de las *barreras físicas, químicas y biológicas*, son todos periféricos. Considerando que un mayor número de relaciones entre conceptos se corresponde con una mayor complejidad de los modelos, se puede afirmar que el modelo del LTC puede resultar simplista.

FIGURA 4. Mapa conceptual construido a partir del modelo de inmunidad y vacunas implícito en el LTC.



Fuente: Elaboración propia

### Articulación de los contenidos del LTD

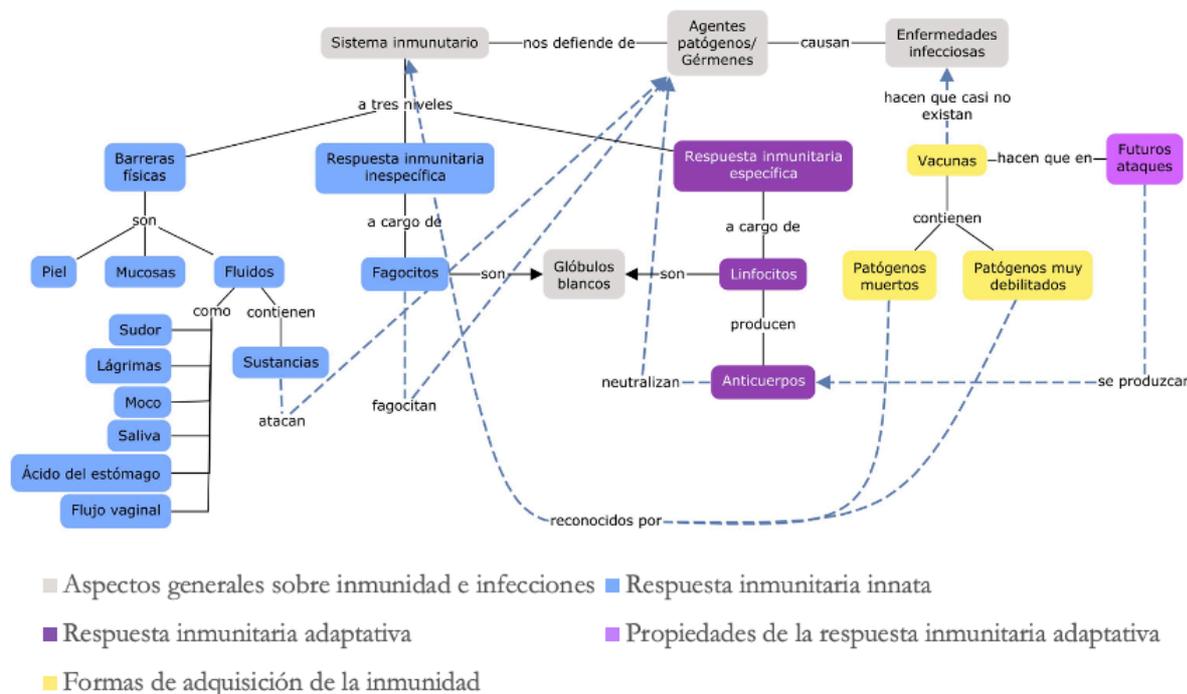
En el discurso del LTD se presentan los conceptos de *barreras físicas*, *respuesta inmunitaria inespecífica* y *respuesta inmunitaria específica* a través de una lista por lo que se han representado a la misma altura del mapa; en el caso de las dos primeras, al plantearse como nociones separadas, se puede dar por hecho que son categorías distintas, no inclusivas. Además, esta relación está presente en las imágenes que acompañan al texto en el LTD: en la sección del libro '*Las defensas del organismo*' se ilustran, mediante dibujos, tres procesos. En la imagen se agrupan el mecanismo de inflamación y el proceso de fagocitosis y, por otra parte, se representa la neutralización mediante anticuerpos.

Es pertinente señalar la ausencia del concepto «memoria inmunitaria» en el mapa conceptual del LTD (figura 5), quedando reducida la dimensión 'Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa' al concepto de *futuros ataques*, aunque sin ninguna relación con la memoria inmunitaria ni la respuesta secundaria. De hecho, la asignación del concepto *futuros ataques* a la dimensión nombrada se ha establecido por coherencia con los criterios empleados para todos los libros, pero estrictamente, en el modelo del LTD la protección frente a nuevas infecciones se relaciona únicamente con las vacunas, no con la respuesta inmunitaria natural.

Es relevante la ausencia del concepto «inmunidad» quedando el modelo de sistema inmunitario presentado por el LTD restringido a sus elementos y a las funciones de cada uno de ellos, pero sin presentar una visión articulada de conjunto. A pesar de que la ausencia del término

«inmunidad» en el LTD resta sentido global al modelo, sí se establecen relaciones entre las diferentes dimensiones.

FIGURA 5. Mapa conceptual construido a partir del modelo de inmunidad y vacunas implícito en el LTD.



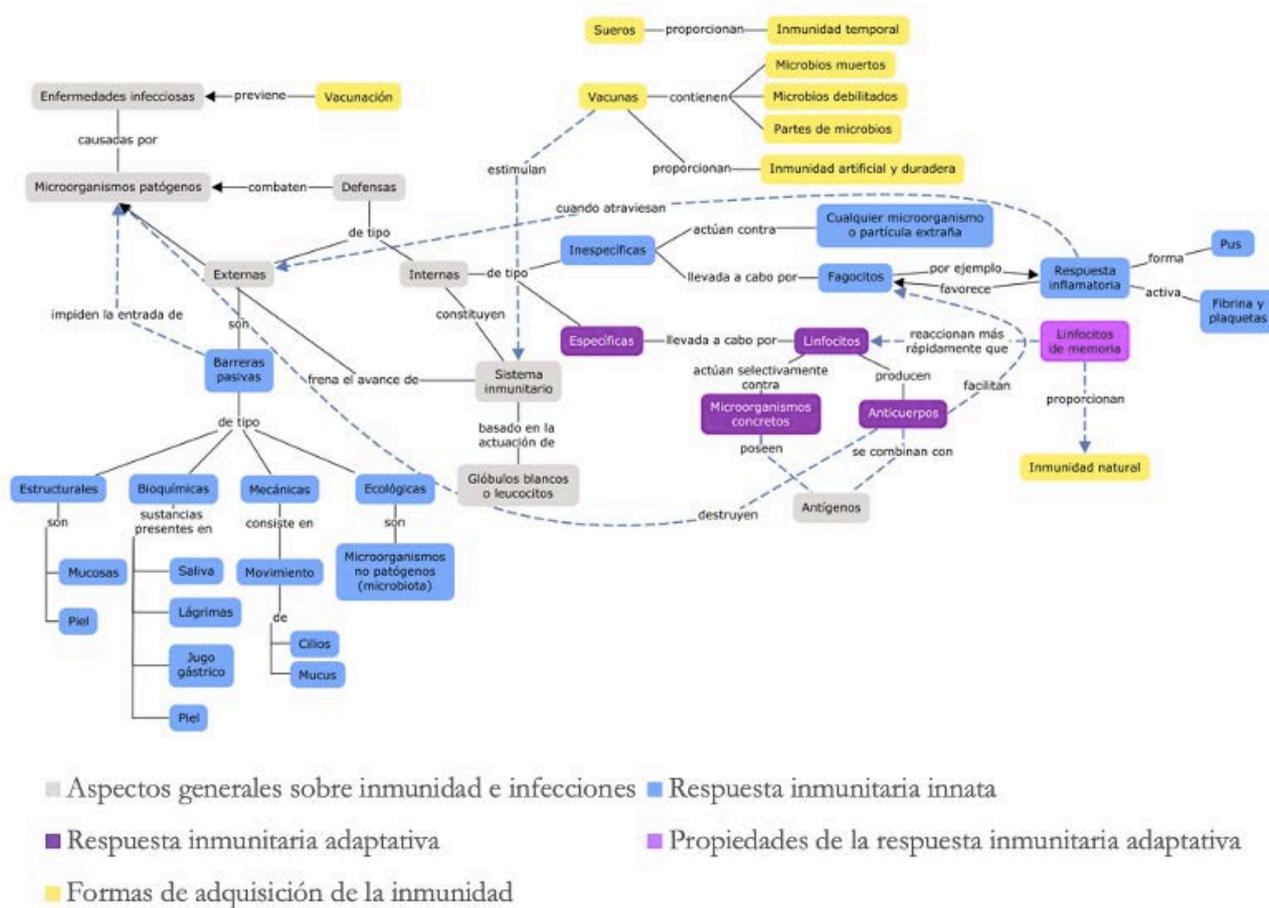
Fuente: Elaboración propia

### Articulación de los contenidos del LTE

Los conceptos del modelo de inmunidad y vacunas del LTE se distribuyen en dos apartados diferentes, el primero se centra en el funcionamiento del sistema inmunitario en el contexto de una infección. El segundo, además de definir el concepto de vacuna y explicar su mecanismo de acción, aspectos que podrían incluirse en la dimensión ‘Formas de adquisición de la inmunidad’, incluye conceptos propios de la dimensión ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’. Todo ello queda reflejado en el mapa conceptual del LTE (figura 6) a través de múltiples relaciones cruzadas entre las diferentes dimensiones. Además, el discurso del libro de texto refleja cómo se integran las respuestas innata y adaptativa: *los anticuerpos se combinan con los antígenos y destruyen el microorganismo, impiden que ejerza su acción perjudicial o facilitan que sea ingerido por los fagocitos*. Estas relaciones enriquecen el modelo de inmunidad presentado por el LTE.

Otro aspecto característico del modelo del LTE es que las *barreras pasivas* vuelven a quedar fuera de los componentes del sistema inmunitario. Esto puede apreciarse en el mismo texto: *Si los microorganismos patógenos logran atravesar las barreras pasivas, entonces el que se encarga de frenos avance es el sistema inmunitario*.

FIGURA 6. Mapa conceptual construido a partir del modelo de inmunidad y vacunas implícito en el LTE.



Fuente: Elaboración propia

## 6. DISCUSIÓN

Plantear qué contenidos incluyen los modelos de inmunidad y vacunas presentados en los libros de texto y cómo se articulan dichos contenidos tiene sentido porque siendo el sistema inmunitario y las vacunas contenidos curriculares del primer ciclo de ESO es del todo pertinente que estos tópicos aparezcan en todos los libros de texto analizados. No obstante, la falta de especificación en el currículum sobre el modelo escolar de inmunidad y vacunas obliga a un análisis minucioso de los modelos que se desarrollan en la enseñanza obligatoria. La elección de los libros de texto como instrumento de análisis de este estudio se justifica a raíz de que estos suelen ser la concreción del currículum en la práctica educativa ya que pocas veces se prescinde de ellos (Perales Palacios, 2019).

Respecto a los conceptos que aparecen en cada uno de los modelos sintetizados, se puede observar que en todos ellos se incluye un mínimo de conceptos comunes, como ‘sistema inmunitario’, ‘respuesta específica/inespecífica’ y ‘vacunas’. También ocurre que en distintos modelos aparecen términos diferentes, pero que conceptualmente se refieren a lo mismo; un claro ejemplo es el uso de ‘glóbulos blancos’ o ‘leucocitos’.

En todos los libros de texto aparece el concepto de *vacuna* como forma de adquisición de la inmunidad. Este concepto es importante para nuestro estudio y, por tanto, para la construcción de un modelo escolar de inmunidad y vacunas, pues permite conocer el funcionamiento del sistema inmunitario en el contexto de la vacunación.

Otro aspecto de interés para la posterior construcción de un modelo escolar de inmunidad y vacunas es la inclusión de conceptos como *inmunidad de grupo*, que no forma parte de ninguno de los modelos de los libros de este estudio. En algunos casos, como en el de los LTA y LTB, se hace referencia a los calendarios de vacunación, aunque en general, en todos los textos se aprecian deficiencias relacionadas con aspectos de la inmunidad colectiva y las vacunas. Esto dificulta que el alumnado pueda comprender la problemática social, posicionarse frente a dilemas tales como la controversia pro y anti-vacunas y adquirir conductas que promuevan la salud a nivel individual y colectivo. Cabe mencionar que, fuera del discurso escrito, el LTE sí incluye dos actividades al respecto.

En cuanto a las relaciones cruzadas entre las dimensiones propuestas, que se pueden observar en los mapas correspondientes, es común a todos ellos las establecidas entre la dimensión ‘Aspectos generales sobre inmunidad e infecciones’ con las dimensiones ‘Respuesta inmunitaria innata’ y ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’. Cabe destacar que estas dos últimas solo están relacionadas entre sí en los LTA y LTE. Esta relación es importante en el modelo de inmunidad ya que permite considerar la integración de todos los elementos de la respuesta inmunitaria innata. ‘Formas de adquisición de la inmunidad’, es una dimensión que se puede relacionar con ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’ y/o ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’. En el LTC está relacionada con ambas dimensiones, en los LTB y LTE, solo con ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’ y en el LTA solo con ‘Respuesta inmunitaria innata’. Otra relación que se da en todos los casos es la establecida entre ‘Respuesta inmunitaria adaptativa’ y ‘Propiedades de la respuesta inmunitaria adaptativa’. Los resultados obtenidos reflejan como a medida que se establecen más interconexiones entre conceptos, el modelo se enriquece; esto implica mayor poder interpretativo y predictivo.

El nivel de complejidad de los modelos presentados en los libros del corpus de estudio es similar. En todos ellos se abordan los mecanismos inmunológicos desde un punto de vista microscópico, centrado en procesos celulares. Ninguno de ellos se queda en un nivel observacional, que correspondería a la descripción de situaciones que se pueden percibir de manera precisa –como la sintomatología febril o inflamatoria–, pero tampoco llegan a describir los mecanismos moleculares que subyacen a la respuesta inmunitaria. Esta situación es propia del nivel de 3º de ESO al que se dirigen los libros de texto empleados.

Las diferencias observadas entre los modelos de inmunidad y vacunas presentados por los libros de texto, tanto en la selección de conceptos como en las relaciones entre ellos, puede atribuirse al alto grado de complejidad del modelo científico. Esto obliga a prever estrategias y recursos que permitan implicar a los estudiantes en la modelización de la inmunidad.

Cabe mencionar que en ninguno de los libros de texto analizados aparecen estrategias que conduzcan a la reconstrucción de los modelos que se proponen ya que los modelos aparecen de forma expositiva. Esto deriva en dos consecuencias diferentes. En primer lugar, el discurso no se estructura siguiendo una secuencia didáctica estructurada, acorde por ejemplo como las que se proponen en la bibliografía (Jorba y Sanmartí, 1996; Sanmartí, 2000). En segundo lugar, las herramientas puestas en juego para favorecer la modelización parecen insuficientes. En este sentido, recursos como las analogías, las metáforas, las animaciones, las personificaciones o los experimentos mentales, podrían suponer herramientas favorecedoras de procesos de modelización (Oliva, 2019). Por ejemplo, las analogías permiten establecer relaciones entre nociones o fenómenos que presentan una cierta semejanza entre sí, y que favorecen la comprensión y desarrollo de concepciones abstractas y de las relaciones entre estas que constituyen los modelos (Aragón-Méndez, Oliva y Navarrete, 2010). Aunque en los textos analizados no se acude a las analogías, sí se emplea un lenguaje metafórico (Aubusson, Harrison y Ritchie, 2006), el cual puede disminuir el grado de abstracción de los contenidos implícitos. No obstante, para dar sentido a las metáforas manejadas, sería preciso proponer actividades que conllevaran el establecimiento de las relaciones analógicas. Además, la explicitación de las relaciones analógicas subyacentes, pueden

salvar, potencialmente, la generación de concepciones alternativas, como las que implican rasgos teleológicos, es decir, la asignación de fines para explicar procesos, estructuras o funciones, como también interpretaciones antropomórficas o animistas.

Del estudio realizado se desprende que los conceptos relativos al sistema inmunitario y, particularmente, a la inmunidad, se adecúan al currículum oficial en todos los libros de texto analizados, aunque hay diferencias en los modelos presentados por cada editorial. Se ha podido observar que, mayoritariamente, en los libros de las editoriales prevalecen definiciones y descripciones aisladas y que, en muchas ocasiones, no aparecen relaciones explícitas entre muchos conceptos. Un ejemplo frecuente de esto es la falta de relación de la vacunación con las propiedades de la respuesta inmunitaria. Ante esta situación se corre el riesgo de que sea el propio alumnado el que trate de dar sentido a los conceptos que están manejando y, por tanto, cree concepciones alternativas al modelo escolar de inmunidad y vacunas.

## **7. IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO**

El análisis que se ha descrito forma parte de un estudio más amplio sobre la enseñanza de la inmunidad en la educación secundaria obligatoria. La explicitación de los modelos que presentan la selección de libros de texto elegida en este estudio supone un diagnóstico parcial sobre cómo se aborda el modelo escolar de inmunidad y vacunas en la práctica diaria de las aulas, y servirá para, en trabajos posteriores, hacer una propuesta didáctica concreta y coherente con la práctica educativa real. Dicha propuesta, que requiere la transposición didáctica del modelo científico de inmunidad y vacuna, será fruto de un proceso dinámico, fundamentado en los modelos sintetizados en este estudio, en las publicaciones sobre la modelización del sistema inmunitario y en el consenso de los autores.

La construcción de un modelo escolar de inmunidad y vacunas deberá estar basada tanto en una cuidadosa selección de los conceptos manejados, como de las relaciones entre ellos y el orden y la jerarquía con que se construye la trama. Ésta, por otro lado, deberá adecuarse al nivel del alumnado de 3º de ESO. Los resultados de este análisis ratifican que en los libros de texto empleados en este estudio se aprecia un consenso implícito sobre ello ya que predominan los contenidos sobre procesos celulares sin necesidad de construir un modelo molecular de inmunidad. No obstante, sería interesante establecer una progresión del modelo en cuanto a su nivel de complejidad de manera que éste pueda tratarse en diferentes niveles educativos o ante diferente tipo de alumnado. Para ello sería adecuado determinar, en primer lugar, los conceptos nucleares, aquellos que resultan imprescindibles para construir el modelo. A continuación, habría que seleccionar los conceptos (y sus correspondientes relaciones) que contribuyan a la construcción de un modelo más integrador en cuanto a sus partes y cognitivamente asumible para el alumnado de 3º de ESO (Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, 1999). Finalmente, en niveles más avanzados del modelo, sería interesante incluir conceptos que profundizasen en los mecanismos moleculares, dada las dificultades que presenta el alumnado de secundaria para diferenciar los niveles de organización molecular y celular (Quintero y Galagovsky, 2017).

El establecimiento de dimensiones ha facilitado esclarecer las relaciones entre los mecanismos de la respuesta inmunitaria reconocidos en los libros de texto, por lo que sería útil considerarlas para la futura construcción del modelo escolar. A las dimensiones que se han utilizado en este trabajo habría que sumar otra sobre la inmunidad colectiva, de manera que la importancia colectiva de la vacunación (y, en general, la inmunización masiva) quedase reflejada.

El diagnóstico del conjunto de libros de texto y el establecimiento de un modelo escolar de inmunidad y vacunas ajustado al nivel de 3º de ESO tendrá sentido si se facilita la implicación en prácticas de modelización en las aulas por parte del alumnado y del profesorado (Schwarz et al., 2009). Dado el carácter metafórico bajo el que se presentan muchos de los conceptos de la inmunidad, sería factible proponer actividades que conlleven al establecimiento de las relaciones

analógicas pertinentes que pudieran conducir a la creación, e idealmente validación, de un modelo de inmunidad y vacunas en el aula. Además, la explicitación de las relaciones analógicas subyacentes, pueden salvar la elaboración de modelos con rasgos teleológicos. Por esto, hay que prever estrategias y recursos que permitan implicar al alumnado en la modelización.

### Referencias

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H. y Pillai, S. (2017). *Cellular and molecular immunology* (9th ed.). Elsevier.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista científica*, 3(30), 155. DOI: 10.14483/23448350.12288
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 248-256. DOI: 10.1016/S0187-893X(17)30151-9
- Ageitos, N. y Puig, B. (2016). ¿Debería ser obligatoria la vacunación? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 83, 78-79.
- Aragón-Méndez, M. M., Oliva, J. M. y Navarrete, A. (2010). Analogías y modelización en la enseñanza del cambio químico. *Investigación en la escuela*, 71, 93-114. DOI: 10.12795/IE.2010.i71.08
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G. y Ritchie, S. M. (2006). Metaphor and Analogy. En *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 1-9). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. DOI: 10.1007/1-4020-3830-5\_1
- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Gómez, G., ... Carvajal, R. (2004). CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment. En A. J. Cañas, J. D. Novak y F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping* (pp. 125-134). Pamplona (España): Universidad Pública de Navarra.
- Coll, R. K., France, B. y Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198. DOI: 10.1080/0950069042000276712
- de Pro Bueno, A., Sánchez Blanco, G. y Valcárcel Pérez, M. V. (2008). Análisis de los libros de texto de Física y Química en el contexto de la Reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 193-210.
- del Carmen, Luís. (1996). La estructura del contenido y su representación. En *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos* (pp. 109-132). Barcelona: ICE Universitat de Barcelona.
- del Carmen, Luis. (2001). Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela*, (43), 51-56.
- Elmazouni, N. B., Rihane, A., Tridane, M. y Belaouad, S. (2018). Reference SLE Didactics Framework Proposal for Moroccan Middle School Teachers: Immunology as a Model. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 8(5), 74. DOI: 10.3991/ijep.v8i5.8830
- España. (2015). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, (3, 3 de enero), 169-546.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735>

- Gándara Gómez, M., Gil Quílez, M. J. y Sanmartí Puig, N. (2002). Del modelo científico de «adaptación Biológica» al modelo de «adaptación Biológica» en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(2), 303-314.
- Gil González C., Cortés Gracia A.L. (2021) Preguntas sobre alimentación y nutrición planteadas en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza en Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 3104. DOI: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2021.v18.i3.3104
- Gilbert, J., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds). *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- Girón Gambero, J. R., Blanco López, Á. y Lupión Cobos, T. (2015). Uso de la publicidad de un producto alimenticio para aprender un modelo sobre las defensas en el intestino humano. Un estudio en 3º de ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 12(2), 278-293. DOI: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2015.v12.i2.04
- González Jiménez, F. E. y Macías Gómez, E. (2001). Criterios para valorar materiales curriculares: una propuesta de elaboración referida al rendimiento escolar. *Revista complutense de educación*, 12(1), 179-214. DOI: 10.5209/RCED.17726
- Greca, I. M. y Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11. DOI: 10.1080/095006900289976
- Halloun, I. A. (2007). Mediated Modeling in Science Education. *Science & Education*, 16(7-8), 653-697. DOI: 10.1007/s11191-006-9004-3
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Barcelona: Ministerio de Educación.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75824>
- Lukin, K. (2013). Exciting middle and high school students about immunology: an easy, inquiry-based lesson. *Immunologic Research*, 55(1-3), 201-209. DOI: 10.1007/s12026-012-8363-x
- Maguregi González, G., Uskola Ibarluzea, A. y Burgoa Etxaburu, B. (2017a). Modelización, argumentación y transferencia de conocimiento sobre el sistema inmunológico a partir de una controversia sobre vacunación en futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 29. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.2237
- Maguregi González, G., Uskola Ibarluzea, A. y Burgoa Etxaburu, B. (2017b). Proceso de modelización y transferencia del sistema inmunológico a partir de diversos contextos en futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 4733-4740.
- Martínez Losada, C. y Martínez Barros, S. (2003). Las actividades de Primaria y ESO incluidas en libros escolares. ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las ciencias*, 21(2), 243-264. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21927>
- Murphy, K. y Weaver, C. (2016). *Janeway's Immunobiology* (9th Edition). New York: Garland Science.
- Novak, J. D., Gowin, D. B. y Otero, J. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Occelli, M. y Valeiras, B. N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 31(2), 133-152.
- Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. DOI: 10.1080/09500693.2010.502191

- Oliva, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 5(1), 15-28. DOI: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2008.v5.i1.03
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.2648
- Orrego Cardozo, M., López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, Ó. E. (2019). Modelos de inmunidad en estudiantes universitarios: su evolución como resultado de un proceso de enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 45, 1-21. DOI: 10.1590/s1678-4634201945184698
- Perales Palacios, F. J. y Vílchez González, J. M. (2015). Iniciación a la investigación educativa con estudiantes de secundaria: el papel de las ilustraciones en los libros de texto de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 243. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.1484
- Perales Palacios, F. J. (2019). ¿Cómo podemos ayudar a los maestros en formación a analizar los libros de texto de ciencias? *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 33. DOI: <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2616>
- Portillo-Blanco, A., Ramón Díez, J., Barrutia, O., Garmendia, M. y Guisasola, J. (2022) Diseño y evaluación de una intervención educativa sobre la pandemia de la COVID-19 y las medidas de prevención. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 19(1), 1302. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2022.v19.i1.1302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1302)
- Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 12(1), 55-65. DOI: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2015.v12.i1.05
- Quintero, N. O. Galagovsky, L. (2017). La célula modelizada: una reflexión necesaria en el ámbito de la enseñanza. *Química Viva*, 16(2), 41-63.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. J. Perales Palacios y P. Cañal de León (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 239-266). Alcoy: Marfil.
- Schwarz, C. V, Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. DOI: 10.1002/tea.20311
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. y Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368. DOI: 10.1080/09500690110066485

### Anexo I – Corpus del estudio

- LTA: Anaya, Colección Aprender es crecer en conexión. Clemente Roca, S.; Domínguez Culebras, M.A.; Ruiz García, A.B. (2016), *Biología y Geología*. 3º ESO. ISBN: 9788469819616. Unidad didáctica 6: Vida Sana.
- LTB: SM, Colección Proyecto Savia. Pedrinaci, E.; Gil, C.; Pascual, J.A. (2016), *Biología y Geología* 3º ESO. ISBN: 9788467586275. Unidad didáctica 8: La salud y la enfermedad.
- LTC: Mc Graw Hill; Ramos García, M.A.; Colodrón Bestuer, Á.; González Sánchez, G.; Ventureira Lomas, E. (2015). *Biología y Geología Enseñanza Secundaria Obligatoria*, 3º. ISBN: 9788448607364. Unidad didáctica 5: La función de relación II. Los sistemas nervioso, endocrino e inmune.
- LTD: Santillana, Colección Avanza Los Caminos del Saber. Meléndez Hevia, I.; Madrid Rangel, M.A.; Blanco Kroeger, M.; Vidal-Abarca, E. (2011). *Biología y Geología* 3º ESO. ISBN: 9788468008219. Unidad didáctica 1: La salud humana.
- LTE: Oxford, Colección GENiOX. López García, M.; Merino Redondo, M.; Sanz Esteban, M.; Cabrera Calero, A.M. (2020), *Biología y Geología* 3 ESO. ISBN: 9780190504946. Unidad didáctica 8: Salud y Enfermedad.

#### CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Gómiz Aragón, M., Aragón Méndez, M.M y Oliva, J.M. (2022). Los modelos de inmunidad y vacunas en los libros de texto de la enseñanza obligatoria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 42, 155-174. DOI: 10.7203/DCES.42.21899

