



ESCUELA DE DOCTORADO  
INTERNACIONAL DE LA USC

Virginia  
Aznar Cuadrado

Tesis doctoral

LOS PROBLEMAS DE SALUD  
SOCIALMENTE VIVOS COMO  
CONTEXTO PARA EL  
DESARROLLO DE PRÁCTICAS  
CIENTÍFICAS EN LA  
FORMACIÓN INICIAL DEL  
PROFESORADO DE PRIMARIA

Santiago de Compostela, 2022



TESIS DE DOCTORADO

**LOS PROBLEMAS DE SALUD SOCIALMENTE  
VIVOS COMO CONTEXTO PARA EL  
DESARROLLO DE PRÁCTICAS CIENTÍFICAS EN  
LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO  
DE PRIMARIA**

Virginia Aznar Cuadrado

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE  
COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN



SANTIAGO DE COMPOSTELA

AÑO 2022



D./Dña. **Virginia Aznar Cuadrado**

Título de la tesis: **Los problemas de salud socialmente vivos como contexto para el desarrollo de prácticas científicas en la formación inicial del profesorado de Primaria**

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento y declaro que:

- 1) La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.
- 2) De ser el caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.
- 3) Confirmando que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.
- 4) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide la versión impresa con la presentada en formato electrónico.

Y me comprometo a presentar el Compromiso Documental de Supervisión en el caso que el original no esté depositado en la Escuela.

En **Santiago de Compostela, 6 de octubre de 2022.**

**Firma electrónica**



**AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS**  
**LOS PROBLEMAS DE SALUD SOCIALMENTE VIVOS COMO**  
**CONTEXTO PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS**  
**CIENTÍFICAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO**  
**DE PRIMARIA**

D<sup>a</sup>. BLANCA PUIG MAURIZ

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D<sup>a</sup>. VIRGINIA AZNAR CUADRADO, bajo mi dirección, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

De acuerdo con lo indicado en el Reglamento de Estudios de Doctorado, declara también que la presente tesis doctoral es idónea para ser defendida en base a la modalidad de COMPENDIO DE PUBLICACIONES, en los que la participación de la doctoranda fue decisiva para su elaboración y las publicaciones se ajustan al Plan de Investigación.



## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que han hecho posible esta investigación.

En primer lugar, a mi directora, Blanca Puig, por aceptar la dirección de esta tesis, por su dedicación, su guía, sus consejos, su apoyo y su paciencia a lo largo de estos años a pesar de todos los contratiempos vividos. Y por haberme permitido participar en el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad “Progresiones de aprendizaje en las competencias y prácticas científicas: contextualización de modelos, uso de pruebas e indagación científica” (EDU2012-38022-C02-01) que permitió realizar esta investigación.

A mis compañeras y compañeros del departamento de Didácticas Aplicadas, especialmente a las/os del Campus de Lugo y del área de Didácticas de la Ciencias Experimentales por sus ánimos, su apoyo y su disposición para ayudar en lo necesario.

Al alumnado que ha participado en este proyecto, porque sin su colaboración este trabajo no habría sido posible.

A mi familia. A mis padres y a mis hermanos por su apoyo incondicional y por animarme a terminar esta tesis. A Jesús, Marta, Ana y Natalia por todo el tiempo que no les he dedicado y, a pesar de eso, por estar siempre ahí, ayudando a que esta tesis vea la luz.

A Marga, Julio, Iago, Clara, Julia P., Toñi, Julia C., Bea, Arse, Elvira, Teo y Ana por su acompañamiento, su insistencia o sus aportaciones en diferentes momentos del proceso de esta tesis.



# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
1.1.1. Planteamiento del problema .....	21
1.1.2. Artículos publicados y otras contribuciones .....	24
<b>1.2. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
1.3.1. La alfabetización científica en temas de salud: problemas socialmente vivos.....	28
1.3.2. Investigaciones sobre enfermedades infecciosas en la didáctica de ciencias .....	31
1.3.3. Competencia científica y prácticas científicas.....	34
1.3.3.1. Modelización.....	36
1.3.3.2. Argumentación.....	39
<b>1.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>43</b>
1.4.1. Marco metodológico .....	43
1.4.1.1. Investigación cualitativa y estudio de caso. ....	43
1.4.1.2. Análisis del discurso .....	45
1.4.2. Diseño de la investigación.....	46
1.4.2.1. Contexto, participantes y consideraciones éticas. ....	49
1.4.2.3. Toma de datos y análisis .....	50

<b>1.4.3. Diseño de la propuesta didáctica</b> .....	<b>51</b>
1.4.3.1. La transposición didáctica.....	52
1.4.3.2. El conocimiento de referencia: La tuberculosis como enfermedad infecciosa .....	53
1.4.3.3. Qué debe saber el alumnado sobre las enfermedades infecciosas: el marco curricular .....	56
1.4.3.4. La propuesta didáctica .....	60
<b>2. PUBLICACIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>2.1. PUBLICACIÓN 1. ¿CÓMO SE PRESENTAN LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN LOS LIBROS DE TEXTO?</b> .....	<b>69</b>
<b>2.2. PUBLICACIÓN 2. CONCEPCIONES Y MODELOS DEL PROFESORADO DE PRIMARIA EN FORMACIÓN ACERCA DE LA TUBERCULOSIS</b> .....	<b>85</b>
<b>2.3. PUBLICACIÓN 3. ¿QUÉ CONOCIMIENTOS MOVILIZAN UN GRUPO DE FUTUROS DOCENTES PARA ELABORAR EL MODELO DE INFECCIÓN POR TUBERCULOSIS?</b> .....	<b>111</b>
<b>2.4. PUBLICACIÓN 4. INTRODUCIR TEMAS DE EDUCACIÓN PARA LA SALUD EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: LA TUBERCULOSIS</b> .....	<b>133</b>
<b>2.5. PUBLICACIÓN 5. CONECTAR A CIENCIA COS PROBLEMAS SOCIAIS: A TUBERCULOSE COMO CONTEXTO.</b> .....	<b>149</b>
<b>3. DISCUSIÓN</b> .....	<b>169</b>
<b>3.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS RELACIONADOS CON CADA OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>169</b>
3.1.1. Contenidos sobre enfermedades infecciosas y desarrollo de la competencia científica en los libros de texto .....	169
3.1.2. Concepciones sobre la tuberculosis y diferencias entre alumnado afectado y no afectado .....	172
3.1.3. Los modelos elaborados y la práctica de la modelización sobre la tuberculosis.....	174
3.1.4. Tipos de argumentos en contextos de salud relacionados con la tuberculosis.....	176
<b>3.2. DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	<b>179</b>
<b>4. CONCLUSIONES, IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>183</b>
<b>4.1. CONCLUSIONES</b> .....	<b>183</b>

<b>4.1.1. Contenidos sobre enfermedades infecciosas y desarrollo de la competencia científica en los libros de texto.....</b>	<b>183</b>
<b>4.1.2. Concepciones sobre la tuberculosis y diferencias entre alumnado afectado y no afectado .....</b>	<b>184</b>
<b>4.1.3. Los modelos elaborados y la práctica de la modelización sobre la tuberculosis.....</b>	<b>185</b>
<b>4.1.4. Tipos de argumentos en cuestiones de salud con implicaciones sociales.....</b>	<b>187</b>
<b>4.2. IMPLICACIONES EDUCATIVAS.....</b>	<b>187</b>
<b>4.3. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>190</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>193</b>



## PRESENTACIÓN

Esta tesis está estructurada siguiendo las directrices establecidas para la elaboración de tesis por compendio de publicaciones de la Escuela de Doctorado Internacional de la Universidad de Santiago de Compostela (*Resolución de 8 de septiembre de 2020 por la que se ordena la publicación del Reglamento de estudios de doctorado de la Universidad de Santiago de Compostela*). A continuación, se presenta el formato de esta tesis:

Epígrafe 1: Introducción

Epígrafe 2: Publicaciones

Epígrafe 3: Discusión

Epígrafe 4: Conclusiones, implicaciones educativas y futuras líneas de investigación

Epígrafe 5: Referencias

La tesis se desarrolla en cuatro artículos científicos originales y un capítulo de libro, relacionados entre sí y enmarcados dentro de una misma línea de investigación: el desarrollo de prácticas científicas de modelización y argumentación en la formación inicial de maestros y maestras de Educación Primaria en el contexto de problemas de salud socialmente vivos.

Los trabajos publicados utilizados en esta tesis son:

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2014). ¿Cómo se presentan las enfermedades infecciosas en los libros de texto? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 135-144.

[http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i2.02](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i2.02)

Puig, B. y Aznar Cuadrado, V. (2014). Introducir temas de educación para la salud en la formación inicial de maestros: la tuberculosis. *Uni-pluri/versidad*, 14 (2), 92-100.

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/20060>



Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2016). Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formación acerca de la tuberculosis. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 33-52.

<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1670>

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2016). ¿Qué conocimientos movilizan un grupo de futuros docentes para elaborar el modelo de infección por tuberculosis? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 264-278.

[http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i2.04](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.04)

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2017). Conectar a ciencia cos problemas sociais: a tuberculose como contexto. En X.C. Macía Arce (coord.) *Ensinar na sociedade actual*. (p. 567-582). Santiago de Compostela: Andavira

## RESUMEN

Esta tesis doctoral se centra en estudiar el desempeño de las prácticas científicas de modelización y argumentación por el profesorado de Educación Primaria en formación con relación a problemáticas de salud socialmente vivas en el contexto en el que se desarrolló el estudio: la infección por tuberculosis (TB). La investigación surge a partir de un evento ocurrido al alumnado universitario de formación inicial de maestro/a: una alumna fue diagnosticada de TB al realizar sus prácticas en un centro de Educación Primaria y, a partir de este caso, se detectaron más casos de infección por TB entre los familiares y los compañeros y las compañeras de la afectada. Este episodio de infección nos ofreció una oportunidad única para el diseño e implementación de una propuesta didáctica situada en un contexto real de alerta sanitaria óptimo para el aprendizaje de temas de salud mediante prácticas científicas.

El objetivo principal de esta tesis es analizar la capacidad de un grupo de futuros/as profesores/as de Educación Primaria para afrontar la enseñanza de temas de salud en su futura práctica docente a través de propuestas que fomenten el desempeño de prácticas científicas de modelización y argumentación y el desarrollo de la alfabetización científica en este ámbito.

Este objetivo general se puede desglosar en estos cuatro objetivos específicos:

*Objetivo 1:* Analizar cómo se presentan los contenidos relacionados con las enfermedades infecciosas en los libros de texto y en qué medida favorecen el desarrollo de las competencias científicas mediante actividades orientadas a este fin.

*Objetivo 2:* Analizar las concepciones acerca de la TB y las posibles diferencias entre alumnado afectado y no afectado por la enfermedad.

*Objetivo 3:* Examinar los modelos elaborados y la práctica de la modelización en el contexto de explicar el proceso de infección de una enfermedad.

*Objetivo 4:* Examinar la naturaleza de los argumentos al abordar una cuestión de salud con implicaciones sociales.

Esta investigación se enmarca en los estudios cualitativos, en concreto en los estudios de caso. El contexto de este estudio se sitúa en el ámbito de la enseñanza universitaria, dentro de la formación inicial de profesorado, en el marco de las prácticas científicas de modelización y argumentación en el contexto de aprendizaje de las enfermedades infecciosas. Los participantes fueron dos grupos de estudiantes del Grado de Maestro de Educación Primaria (N=124), uno de ellos afectado por el episodio de infección por TB (n=61).

El diseño de esta investigación incluyó un estudio preliminar que sirvió para caracterizar a dos grupos de estudiantes, uno “afectado y otro “no afectado” por la enfermedad, y analizar las diferencias entre ambos, y un estudio de caso en el que se diseñaron tres actividades para favorecer el desarrollo de las prácticas científicas de modelización y argumentación.

La actividad del estudio preliminar consistió en un cuestionario individual y anónimo de tres preguntas de respuesta abierta cuyo objetivo principal era sondear las concepciones que tenía el alumnado participante sobre una enfermedad infecciosa de implicación social y presente en nuestro contexto, la TB.

Para el estudio de caso se diseñaron tres actividades que favoreciesen el desarrollo de las prácticas científicas de modelización y argumentación. La primera actividad permitió practicar la competencia de explicar fenómenos científicos, que se corresponde con la práctica de modelización, relacionada con la construcción y la evaluación del conocimiento. Esta actividad se llevó a cabo en pequeños grupos de discusión y utilizó como contexto la propia experiencia del alumnado afectado, partiendo del episodio de contagio y las visitas de la enfermera al centro para realizar la prueba de la tuberculina y para comunicar los resultados a los estudiantes. La segunda actividad de la propuesta didáctica fue una actividad de elaboración individual que permitía revisar la construcción del conocimiento de cada estudiante hasta el momento, así como poner a prueba la capacidad crítica del alumnado en el contexto de elaborar argumentos sobre creencias relacionadas con la salud, concretamente sobre enfermedades infecciosas víricas y bacterianas. La tercera actividad, de carácter grupal, posibilitó el desempeño de la práctica de argumentación y el uso de pruebas en el contexto de elección de explicaciones causales, a partir de una noticia sobre el repunte de la TB en Europa.

La toma de datos se realizó en condiciones normales de aula, siendo la investigadora observadora no participante con el fin de no alterar la situación de aula.

Se utilizaron diferentes fuentes para esta recogida de datos: notas de campo de la investigadora, las grabaciones de audio y vídeo de las sesiones de trabajo en grupo y las producciones escritas de los participantes, tanto individuales como grupales.

El análisis de los datos se realizó a través del análisis del discurso, siendo la unidad de análisis elegida el episodio, definido por el tema a investigar. El proceso seguido para este análisis de datos consistió primeramente en la transcripción literal de las grabaciones de audio de los diferentes grupos. Las transcripciones se dividieron en turnos numerados que se corresponden con las intervenciones de cada estudiante y de la profesora y se complementaron con la información obtenida en las grabaciones de vídeo y las notas de campo de la investigadora. En un primer análisis se dividieron en episodios y en un segundo análisis se establecieron categorías, revisándolas y reformulándolas en interacción con los datos y la literatura vigente. Igualmente, se establecieron categorías del contenido de las producciones escritas de los diferentes grupos.

Los cuatro artículos y el capítulo de libro presentados en esta tesis por compendio de publicaciones abordan, por un lado, el desarrollo de las prácticas de modelización y argumentación y por otro, la alfabetización científica en problemas de salud para la toma de decisiones responsables.

En la primera publicación se analiza cómo se presentan los contenidos relacionados con las enfermedades infecciosas y el sistema inmunitario en los libros de texto de la materia de Biología de 3º de Educación Secundaria Obligatoria. Además, se analizan las actividades presentadas con el fin de comprobar en qué medida abordan problemas o situaciones de carácter socio-científico y si favorecen o no el desarrollo de las competencias científicas.

En la segunda publicación se presenta parte de la secuencia didáctica diseñada para esta tesis. Se caracteriza a los dos grupos de estudiantes que participan en la investigación, uno afectado por un episodio de infección de TB y otro no afectado, revisando las ideas que presenta el alumnado acerca de la TB y su contagio. Además, se analizan los modelos de infección por TB elaborados por los/as estudiantes del grupo de afectados por la enfermedad.

En la tercera publicación se aborda la dinámica seguida en el proceso de modelización de los diferentes grupos de estudiantes a la hora de construir el modelo de infección por TB, así como el tipo de conocimientos que movilizan en esta modelización y su articulación con la argumentación para la mejora del modelo.

En la cuarta publicación se exploran los tipos de argumentos que utiliza el alumnado durante la construcción del modelo de infección por TB y las dificultades en la comprensión de los términos científicos proporcionados para la elaboración de dicho modelo.

La quinta publicación se centra en el análisis de argumentos en una tarea contextualizada en el repunte de la TB en Europa. Concretamente el tipo de argumentos que utilizan para explicar el aumento de la TB en nuestro continente, los datos que seleccionan los estudiantes para elaborar estos argumentos y la fiabilidad que otorgan a las fuentes de información proporcionada. Además, se examinan las justificaciones que aportan los/as estudiantes al caracterizar la enfermedad y al valorar las causas por las que unas personas se infectan y otras no.

Las conclusiones que se pueden extraer de esta tesis son:

Conclusión 1. Los libros de texto no incluyen actividades en contextos socio-científicos ni enfermedades comunes que resulten familiares para el alumnado participante.

Conclusión 2. En los libros de texto no se facilita el desarrollo de prácticas científicas ya que la mayoría de las actividades que ofrecen son de reproducción de los contenidos.

Conclusión 3. La competencia científica que más se trabaja en las actividades de los libros de texto analizados es la de explicación científica de fenómenos, aunque no se promueve la elaboración de modelos por el alumnado.

Conclusión 4. El alumnado afectado por la TB manifiesta un mayor conocimiento científico sobre la enfermedad que los no afectados.

Conclusión 5. El alumnado presenta dificultades para diferenciar tipos de patógenos causantes de enfermedades como la TB, en concreto, bacterias de virus.

Conclusión 6. La elaboración del modelo de infección por TB por parte de los/as participantes no es un proceso lineal. Se alternan de forma cíclica distintas fases, en las que se intenta consensuar el significado de términos científicos y mejorar el modelo.

Conclusión 7. Los conocimientos que moviliza el alumnado para elaborar el modelo de infección por TB son de distinto tipo: científicos procedentes del aprendizaje escolar, basados en la experiencia y procedentes de los medios de comunicación.

Conclusión 8. El alumnado presenta dificultades en la elaboración del modelo relacionadas con la comprensión de los términos facilitados en las tareas y dificultades en la representación gráfica del proceso de respuesta inmune.

Conclusión 9. Los/as estudiantes utilizan mayoritariamente argumentos científicos, aunque integrados también con aspectos sociales y relacionados con las experiencias personales, para facilitar así el razonamiento de estos problemas de salud complejos.



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta tesis doctoral se centra en estudiar el desempeño de las prácticas científicas de modelización y argumentación por el profesorado de Educación Primaria en formación con relación a problemáticas de salud socialmente vivas en el contexto en el que se desarrolló el estudio: la infección por tuberculosis (TB). Los artículos presentados en esta tesis por compendio de publicaciones abordan, por un lado, el desarrollo de estas prácticas de modelización y argumentación y por otro, la alfabetización científica en problemas de salud para la toma de decisiones responsables basadas en el pensamiento crítico.

### 1.1.1. Planteamiento del problema

Los problemas sociales, los temas controvertidos o las cuestiones socialmente vivas ofrecen oportunidades formativas excelentes para el desarrollo de aprendizajes competenciales que permiten hacer frente a problemas que afectan a nuestra sociedad (Pagès y Santisteban, 2011; 2014). La salud representa uno de estos ámbitos adecuados para la adquisición de aprendizajes significativos relevantes para la ciudadanía. Los temas de salud forman parte de los “Grandes Desafíos y Oportunidades para el siglo XXI”. Uno de los problemas sanitarios, presente a escala mundial, en especial en nuestro contexto, es la TB. La estrategia de la Organización Mundial de la Salud (OMS) “Alto a la TB” (OMS, 2006), establece entre sus cinco objetivos “proteger y promover los derechos humanos en la prevención, atención y control de la TB”.

La TB es la enfermedad infecciosa humana más importante que existe en el mundo, a pesar de los esfuerzos que se han invertido para su control en las últimas décadas. Es una enfermedad que ha sido, y continúa siendo, una de las principales causas de muerte a lo largo de la historia de la humanidad. En particular, la TB constituye la primera causa de muerte por enfermedades infecciosas, por delante del SIDA (Quirós Fernández, 2018). Se calcula que, aproximadamente un tercio de la

población mundial está infectada por TB, en muchos casos sin ser consciente de ello (Calvo, Bernal y Medina, 2010).

La TB está producida por una bacteria denominada *Mycobacterium tuberculosis* o bacilo de Koch, que acompaña al ser humano desde el comienzo de su historia, ya que la especie humana es su reservorio natural (Piédrola Gil, del Rey Calero, Domínguez Carmona, Cortina Greus, Gálvez Vargas, Sierra López, Sáenz González, Gómez López, Fernández-Crehuet Navajas, Salleras Sanmartí, Cueto Espinar, y Gestal Otero, 1994), como demuestran las lesiones tuberculosas encontradas en momias egipcias y precolombinas (Bermejo, Clavera, Michel de la Rosa y Marín, 2007; Consejo Internacional de Enfermeras, 2008).

En nuestra comunidad la TB está considerada endémica ya que se ha mantenido presente a lo largo del tiempo y afecta a un número importante de personas. De hecho, Galicia es la comunidad que presenta el mayor número de casos de TB por habitante dentro de la península (Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica SEPAR, 2018).

Esta tesis surge a partir de un suceso ocurrido al alumnado universitario de formación inicial de profesorado en el transcurso del curso académico 2012-2013: una alumna es diagnosticada de TB. Ante este hecho, se activa el protocolo de alerta sanitaria establecido en nuestra comunidad, ya que se trata de una Enfermedad de Declaración Obligatoria (Centro Nacional de Epidemiología, 2013). A través de este protocolo se encontraron más casos de infección por TB entre los familiares y los compañeros y las compañeras de la afectada. Este episodio de infección nos ofreció una oportunidad única para el diseño e implementación de una propuesta didáctica situada en un contexto real de alerta sanitaria óptimo para el aprendizaje de temas de salud mediante prácticas científicas.

Uno de los problemas de salud pública de primera magnitud es la resistencia que presenta la bacteria tuberculosa a los medicamentos, y este hecho amenaza el éxito de la lucha contra la TB en todo el mundo. Esta resistencia a los medicamentos tiene su origen generalmente en un uso indebido de los antibióticos, como por ejemplo interrumpir la administración del tratamiento por parte del paciente (Piédrola Gil et al, 1994).

La Estrategia “Fin a la TB” de la Organización Mundial de la Salud tiene como objetivo poner fin a la epidemia mundial de TB reduciendo el número de muertes en un 95% y la tasa de incidencia en un 90% entre los años 2015 y 2035 (OMS, 2017). Para la consecución de este objetivo, se intenta poner el énfasis en la disminución del número de fuentes infecciosas y así poder conseguir la eliminación de esta enfermedad por interrupción del proceso de transmisión de la infección (Altet Gómez y Alcaide Megías, 2006). La rápida actuación en las micro epidemias escolares, identificando la fuente y poniendo en marcha el protocolo de alerta sanitaria mediante el sistema de círculos concéntricos de contactos, sería una forma de avanzar en la eliminación de la TB (Álvarez Castillo, Cano Escudero y Taveira Jiménez, 2007), entendiendo por micro epidemia la existencia de tres o más casos de TB relacionados en el tiempo o el

espacio. En este sentido, la escuela representa un escenario importante para la promoción de la salud, donde los y las docentes puede desempeñar un papel fundamental (Gavidia, 2009).

Ante esta situación, consideramos que la alfabetización científica en temas de salud resulta esencial para la formación de ciudadanos y ciudadanas críticos capaces de participar en la toma de decisiones personales y responsables en problemas que afectan a la sociedad (Bybee, 2012). De acuerdo con este autor, lograr que el alumnado adquiera una cultura científica requiere por parte del profesorado presentar la ciencia en contextos significativos para los/as estudiantes, siendo los problemas de salud un contexto de aprendizaje de las ciencias que está próxima a los intereses y necesidades personales del alumnado (Zeyer y Kyburz-Graber, 2012). Consideramos que realizar actividades de educación para la salud en el aula permite la formación científica del alumnado en este tema y genera oportunidades para introducir dilemas sociales en los que la toma de decisiones juega un papel central.

Los temas de salud, como las enfermedades infecciosas, constituyen problemas relevantes que pueden promover el desarrollo de competencias y el pensamiento crítico para la toma de decisiones personales. Si bien la enseñanza de estos problemas implica atender otros factores más allá del propio ámbito escolar. La familia, el personal sanitario y los medios de comunicación, entre otros, influyen en el aprendizaje de estos problemas (Puig y Aznar Cuadrado, 2014; Schultz y Nakamoto, 2012).

Esta tesis se enmarca en la perspectiva de promover la alfabetización científica en temas de salud en la formación inicial del profesorado mediante experiencias educativas que involucren a los/as docentes en el desempeño de prácticas científicas en contextos de la vida real (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2012), en concreto, mediante la articulación de las prácticas de modelización y argumentación, que consideramos estrechamente vinculadas. La implicación en estas prácticas científicas también puede favorecer el interés y el desarrollo de emociones positivas en el profesorado en formación facilitando el aprendizaje y la construcción y transferencia del conocimiento tanto propia como la de sus futuros estudiantes (Mellado et al, 2014; Jiménez-Liso, Martínez-Chico, Avraamidou, y López-Gay 2019; García-Ruiz, Lupión-Cobos y Blanco-López, 2020, entre otros). A pesar de ser la TB una enfermedad común de alto impacto entre la población, apenas existen estudios que aborden su enseñanza. La revisión de la literatura apenas ofrece evidencias sobre la influencia de utilizar problemas socialmente vivos relacionados con las enfermedades infecciosas en el desempeño de las prácticas científicas de modelización y argumentación por el profesorado en formación. Esta tesis pretende contribuir a esta línea de investigación en didáctica de ciencias, siendo el problema abordado la infección por TB.

### 1.1.2. Artículos publicados y otras contribuciones

Las publicaciones derivadas de la investigación que ha dado lugar a esta tesis se han desarrollado en el marco de dos proyectos estatales del grupo de investigación RODA (GI-1667: Razonamiento, Discurso y Argumentación) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) al que pertenecen tanto la autora como la directora de esta tesis. Estos proyectos son: “Progresiones de aprendizaje en las competencias y prácticas científicas: contextualización de modelos, uso de pruebas e indagación científica” (EDU2012-38022-C02-01, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad) y “Promoviendo el desarrollo del pensamiento crítico y de las dimensiones de implicación cognitiva y emocional de los desempeños epistémicos en las clases de ciencias en la era de la post-verdad” (PGC2018-096581-B-C22, financiado por la Agencia Estatal de Investigación y cofinanciado con fondos europeos FEDER). Los cuatro artículos y el capítulo de libro que se presentan en esta tesis por compendio de publicaciones fueron elaborados en el marco del primer proyecto mencionado. Si bien constituyen una aproximación a la investigación en problemáticas de salud y pensamiento crítico del segundo proyecto.

Las publicaciones 1, 2 y 3 abordan la práctica de la modelización, centrándose en los modelos de infección para explicar la infección por TB desde diferentes perspectivas, mientras que las publicaciones 4 y 5 examinan la práctica de la argumentación en distintos contextos relacionados con la problemática de salud abordada.

En la publicación 1 se analizan los modelos presentados en los libros de texto de secundaria, mientras que en las publicaciones 2 y 3 se analizan los elaborados por el alumnado universitario. En la 2 se presentan los niveles de progresión en la explicación y representación conjuntas de los modelos de infección de TB y en la 3 se estudia la dinámica de construcción del modelo de algunos grupos de estudiantes. En ambas publicaciones se atiende también a los conocimientos movilizados para la elaboración de los modelos.

La publicación 1 analiza, por un lado, cómo se presentan las enfermedades infecciosas y los modelos de infección y respuesta inmunitaria en los libros de texto de las editoriales más utilizadas en las aulas de ciencias de secundaria de Galicia, muchas veces como único recurso o guía para el docente. Consideramos que este análisis es pertinente ya que, en el Grado de Maestro/a de Educación Primaria, una de sus competencias básicas en la Memoria del Título hace referencia a poseer y comprender conocimientos en biología que parten de la base de la Educación Secundaria (Universidad de Santiago de Compostela, 2014). Por otro lado, esta publicación también analiza cómo son las propuestas didácticas de los libros de texto y en qué medida facilitan el desarrollo de competencias científicas y emplean como contexto cuestiones socio-científicas. Las competencias de “explicación científica de fenómenos”, relacionada con la práctica científica de la modelización, y la de “uso de pruebas” relacionada con la argumentación son las que están más presentes en los

textos, aunque en porcentajes muy bajos. En la misma línea, hay también un número muy bajo de actividades contextualizadas en temáticas socio-científicas.

La publicación 2 se centra en tres aspectos: a) la caracterización de los dos grupos de estudiantes universitarios participantes en esta investigación, uno afectado y otro no afectado por TB, atendiendo a los tipos de justificaciones (científicas, sociales y de experiencias personales) que elaboran y sus conocimientos sobre ella; b) la presentación de una parte de la secuencia didáctica diseñada a partir del episodio de infección, que ha permitido formular los objetivos de investigación de esta tesis y c) el análisis de los modelos de infección elaborados por los estudiantes, representados a través de gráficos y textos explicativos. Algunos de ellos se sitúan en la visión de los modelos explicativos clásicos en inmunología que identifican la acción del sistema inmune como una lucha frente a amenazas y agentes extraños (Orrego Cardozo, Tamayo Alzate y López Rúa, 2012).

La publicación 3 analiza, por un lado, el tipo de conocimientos que movilizan los/as estudiantes a la hora de elaborar el modelo de infección por TB y por otro, la dinámica de modelización utilizada por los diferentes grupos. En general, podemos indicar que el alumnado co-construyó de forma dinámica los diferentes modelos por consenso, poniendo en común sus ideas en torno a los elementos del modelo y sus funciones y elaborando el modelo a la vez que discutían y revisaban conjuntamente las explicaciones realizadas sobre las distintas fases del proceso de infección. Esto es coherente con los resultados señalados por investigaciones sobre modelización en otros contextos de aprendizaje (Cardoso Mendonça y Justi, 2013b). Los requerimientos de la tarea contextualizada presentada al alumnado indican que favorece la articulación de la modelización y la argumentación, ayudando a mejorar el modelo de infección del alumnado.

Las publicaciones 4 y 5 se centran en examinar la argumentación del alumnado en diferentes contextos.

La publicación 4 presenta un análisis de la tipología de argumentos orales que presentan los futuros/as docentes en el contexto de explicar la infección por TB. Se identificaron tres tipos de argumentos de acuerdo con la propuesta de Sadler y Zeidler (2005a): racionales, intuitivos y emocionales. Los argumentos emocionales son los menos frecuentes, siendo los intuitivos los que predominan. Los argumentos de tipo racional se centran en discutir cómo se desencadena la reacción del sistema inmunitario por la entrada de la bacteria tuberculosa y cómo actúa este sistema. Además, el análisis de los argumentos permite identificar dificultades en la comprensión de términos como virus, bacteria, antígeno, anticuerpo, antibiótico y vacuna.

La publicación 5 se centra en analizar la argumentación del alumnado en un contexto de relevancia social: el repunte de TB en Europa, fenómeno mediático difundido en medios de comunicación en 2013. Concretamente el tipo de argumentos que utilizan los futuros/as docentes para explicar el aumento de la TB en nuestro continente, los datos que seleccionan para elaborar estos argumentos y la fiabilidad

que otorgan a las fuentes de información que utilizan. El alumnado utilizó como pruebas las informaciones aportadas en la tarea además de sus propias experiencias. No cuestionaron si las informaciones presentadas eran válidas o no científicamente. Estos resultados coinciden con estudios previos sobre cuestiones socio-científicas que indican que se tiende a enfatizar más alguna de las dimensiones del problema en vez de tener en cuenta todos los aspectos que lo conforman (Sadler, Chambers y Zeidler, 2004). Además, también se examinan en esta publicación las justificaciones que aportan los estudiantes al caracterizar la enfermedad y al valorar las causas por las que unos nos infectamos y otros no.

A continuación, se detallan las aportaciones a congresos nacionales e internacionales derivadas de la investigación realizada para esta tesis. Aparecen, a continuación, ordenadas cronológicamente:

Aznar, V. y Puig, B. (2013). A tuberculose ven das patacas? Comunicación presentada en XXVI Congreso de ENCIGA. 21-23 noviembre 2013, Ourense.

Aznar, V. y Puig, B. (2014). Utilizar contextos reales para introducir temas de salud relacionados con las enfermedades infecciosas: ¿Tengo la tuberculosis? Comunicación presentada en 26º Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Universidad de Huelva). 10-12 septiembre 2014. Huelva.

Puig, B. y Aznar, V. (2015). Modelling infectious diseases for promoting health literacy in initial teacher education. Comunicación presentada en ESERA 2015 Conference. 31 agosto-4 septiembre 2015, Helsinki, Finlandia.

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2015). Un estudo de aula acerca do repunte da tuberculose en Europa con profesorado en formación. Comunicación presentada en XXVIII Congreso de ENCIGA. 19-21 noviembre 2015, Lugo.

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2022). Un estudio de argumentación con profesorado en formación durante un episodio de contagio por tuberculosis. Comunicación presentada en 30º Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Universidad de Granada). 7-9 septiembre 2022. Melilla.

## 1.2. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

El propósito principal de esta tesis es analizar la capacidad de un grupo de futuros/as profesores/as de Educación Primaria para afrontar la enseñanza de temas de salud en su futura práctica docente a través de propuestas que fomenten tanto el desempeño de prácticas científicas de modelización y argumentación como la alfabetización científica.

Este objetivo general se puede desglosar en estos cuatro objetivos específicos con sus correspondientes preguntas de investigación:



*Objetivo 1:* Analizar cómo se presentan los contenidos relacionados con las enfermedades infecciosas en los libros de texto y en qué medida favorecen el desarrollo de las competencias científicas mediante actividades orientadas a este fin.

Preguntas de investigación:

PI 1.1. ¿Cómo se presentan las enfermedades infecciosas y los modelos de infección en los libros de texto?

PI 1.2. ¿Qué competencias científicas se abordan en las actividades que proponen los libros de texto? ¿En qué medida se abordan las cuestiones socio-científicas en estas actividades?

*Objetivo 2:* Analizar las concepciones acerca de la TB y las posibles diferencias entre alumnado afectado y no afectado por la enfermedad.

Pregunta de investigación:

PI 2.1. ¿Qué nociones presentan los/as estudiantes afectados frente a los no afectados por la TB?

*Objetivo 3:* Examinar los modelos elaborados y la práctica de la modelización en el contexto de explicar el proceso de infección de una enfermedad.

Preguntas de investigación:

PI 3.1. ¿Qué conocimientos movilizan los/as futuros/as docentes para explicar el modelo de infección por TB?

PI 3.2. ¿Cómo varían esos conocimientos a lo largo de la tarea de construcción del modelo?

PI 3.3. ¿Cómo explican y representan el modelo de infección de la TB?

*Objetivo 4:* Examinar la naturaleza de los argumentos al abordar una cuestión de salud con implicaciones sociales.

Preguntas de investigación:

PI 4.1 ¿Qué tipo de argumentos utilizan los/as participantes en distintos contextos relacionados con la TB?

### **1.3. MARCO TEÓRICO**

En el marco teórico de esta tesis se discuten los aspectos más relevantes que fundamentan este trabajo. Uno de ellos es la necesidad de promover la alfabetización científica de la sociedad para la toma de decisiones en temas de salud. Otro de los

epígrafes que se desarrollan en este apartado hace referencia al estado de la cuestión sobre investigaciones en didáctica de ciencias relacionadas con las enfermedades infecciosas y el funcionamiento del sistema inmunitario desde la perspectiva del desarrollo de prácticas científicas. Por último, se dedica un espacio a las prácticas científicas de modelización y argumentación, estrechamente vinculadas en la práctica, pero que se desarrollan de manera separada.

### **1.3.1. La alfabetización científica en temas de salud: problemas socialmente vivos**

La integración de la educación para la salud en el currículo escolar se hizo de manera transversal a partir de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE, 1990), considerando que la escuela debía ser un elemento esencial en la formación de valores, actitudes, hábitos, destrezas y conocimientos que capacitaran a los estudiantes en la responsabilidad y en la toma de decisiones sobre su propia salud y la de sus semejantes (Pollock, 1987). En este ámbito de la promoción de la salud de los estudiantes, coincidimos con Dapía Conde, Membiela Iglesia y Cid Manzano (1996) en que la integración de la educación para la salud en el currículo de ciencias no se debe limitar a los aspectos curriculares, sino que la escuela debe asegurar un ambiente promotor de la salud planteándose en el aula propuestas que conecten el aprendizaje con el contexto social. Para ello, se debe tener en cuenta situaciones reales y vivencias personales que permitan el análisis de estas realidades y problemas.

Este enfoque educativo, en el que la formación científica es susceptible de ser aplicada a situaciones de la vida cotidiana se ha denominado alfabetización científica (Pedrinaci, 2013). Esta alfabetización científica implica ser capaz de dar respuesta a cuestiones científicas con las que nos enfrentamos diariamente, por tanto, es una necesidad para la formación ciudadana. Nos capacita para identificar temas relacionados con nuestra salud y participar en debates sociales, utilizando la argumentación para llegar a conclusiones válidas y a la toma de decisiones. Y nos capacita para tener un posicionamiento crítico frente a informaciones científicas emitidas por los medios de comunicación valorando la calidad de esa información, basándose en la fuente de la que procede y en los métodos utilizados para generarla (NRC, 1996; Beeby, 1997)

Ante los grandes avances científicos que se producen a diario en temas de salud, la ciudadanía debería ser consciente del papel tan importante que desempeña la ciencia en nuestras vidas y de la necesidad, no sólo de adquirir información, sino también de formarse en este ámbito para actuar ante ellos, modificando, si es necesario, nuestro propio comportamiento de manera crítica y responsable.

Según Isabel Martins (Meinardi, 2016) el concepto de alfabetización involucra distintas dimensiones, por ejemplo, la dimensión histórica, la antropológica, la sociológica, las dimensiones psicológica y psicolingüística, sociolingüística, la dimensión pedagógica y la dimensión política, entre otras. Teniendo en cuenta todas estas dimensiones, estar alfabetizado en ciencias implica participar de las prácticas

sociales que demandan conocimiento científico, permitiendo que se desarrolle el pensamiento crítico y la participación en la toma de decisiones a través de propuestas de enseñanza de cuestiones socio-científicas y cuestiones socialmente vivas.

La falta de alfabetización científica, para la toma de decisiones por parte de la ciudadanía, se ha puesto en evidencia con la actual pandemia de la COVID-19. La investigación científica sobre el coronavirus que produce la enfermedad (SARS-CoV-2), sobre las vacunas que pueden prevenirla y sobre los medicamentos que pueden hacer mejorar al paciente infectado se ha desarrollado y se sigue desarrollando de manera intensiva. Sin embargo, los bulos, creencias y mitos sobre la enfermedad, sobre cómo evitarla o tratarla han surgido al mismo tiempo y desde el principio, haciéndose eco en diferentes medios y guiando muchas conductas peligrosas para la salud en el mundo (Peña Ascacibar, Bermejo Malumbres y Zanni 2021). En este contexto, se hace necesario actuar desde el ámbito de la educación para paliar esas carencias y formar ciudadanos/as competentes, críticos y responsables.

En esta línea señalamos la propuesta de Puig, Blanco-Anaya y Pérez-Maceira (2021), llevada a cabo en marzo de 2020 durante el confinamiento en nuestro país, que proponía al alumnado de secundaria participar en diferentes actividades de argumentación en línea que requerían analizar de manera crítica información y desinformación acerca del coronavirus. Los resultados muestran que los participantes fueron capaces de identificar titulares verdaderos y falsos y evaluar la credibilidad de los titulares apelando a diferentes criterios, aunque sólo unos pocos estudiantes apelaron a criterios científicos.

También la propuesta de Johnson (2003) está dirigida a estudiantes de secundaria. Utiliza como contexto la preocupación de la población sobre el bioterrorismo y las armas biológicas reflejada en los medios de comunicación del momento. La puesta en escena de esta propuesta es una auténtica simulación de una zona de riesgo biológico en cuarentena en la que el alumnado adquiere el papel de científico. Los/as estudiantes partían de un bajo nivel de conocimientos sobre las enfermedades infecciosas aportando más aspectos emocionales que científicos en sus respuestas. Al final del estudio, los/as participantes fueron capaces de identificar la transmisión de estas enfermedades, relacionándolas con sus propias vidas y mostrando una postura crítica. En muchos/as estudiantes se despertó el interés por querer conocer más sobre las enfermedades infecciosas, considerando que este puede ser un primer paso para conseguir la alfabetización científica de la población.

Dentro de esta perspectiva se han desarrollado proyectos europeos como e-Bug, orientados a la alfabetización en temas de salud. Uno de los objetivos de este proyecto, en el que participan expertos de sanidad pública y educación de 28 países europeos, es reducir la incidencia de la resistencia a antibióticos educando a toda la población. Con este fin se desarrollaron recursos educativos para profesorado y alumnado, de diferentes niveles educativos, desde infantil a bachillerato (4-18 años). Estos recursos abordan temas sobre los microbios, la propagación, tratamiento y prevención de las infecciones, los antibióticos y la resistencia a los mismos y la

vacunación (Eley, Young, Hoekstra y McNulty, 2018). En una implementación de este proyecto en nuestro país (Rico, Izagirre, Ruiz-González y García-Llorente, 2018) con alumnado de primaria, se observó una mejoría en la comprensión sobre los tipos de microorganismos y la higiene de las manos y respiratoria para evitar la dispersión de estos microorganismos. Sin embargo, el tratamiento y prevención de enfermedades causadas por microbios presentó mayores dificultades.

Dentro de los estudios que exploran la alfabetización científica de futuros/as docentes en temas de salud destacamos una investigación realizada en Inglaterra (Dewhirst et al. 2014) que examina el nivel de formación de futuros/as maestros y maestras de Educación Primaria en estos temas. Los resultados de este trabajo revelan que la mayoría de los/as participantes no están adecuadamente preparados para abordar problemas de salud pública en el aula. El estudio concluye que la política educativa no atiende a las prioridades de salud pública, lo que constituye un obstáculo para lograr la alfabetización y la promoción de salud en la formación inicial del profesorado.

La alfabetización científica resulta esencial para la formación de ciudadanos y ciudadanas críticos/as capaces de participar en la toma de decisiones personales sobre temas que afectan a la sociedad (Bybee, 2012). De acuerdo con este autor, lograr que el alumnado adquiera cultura científica requiere por parte del profesorado presentar la ciencia en contextos significativos para los/as estudiantes.

En este sentido, consideramos que enseñar al alumnado a analizar problemas de salud relacionados con las enfermedades infecciosas, y a tomar decisiones apropiadas sobre ellas, requiere usar situaciones reales en las que sea necesario argumentar y modelizar los mecanismos de infección correspondientes. De este modo, formaremos futuros/as ciudadanos y ciudadanas críticos/as con capacidad para tomar decisiones razonadas acerca de cómo prevenir y curar enfermedades comunes de manera adecuada.

Los problemas de salud forman parte de las cuestiones socio-científicas, ya que son problemas complejos en cuya evaluación se ponen en juego conocimientos científicos y factores sociales (Simonneaux, 2001). Son problemas abiertos y controvertidos que carecen de soluciones simples y directas, frente a los que hay diferentes posturas sociales a favor y en contra. Los contextos socio-científicos abordan a menudo cuestiones polémicas en las que no hay una solución única, como por ejemplo la vacunación, que pueden dar origen a argumentos válidos pero opuestos (Holbrook y Rannikmae, 2017).

Además, algunas constituyen cuestiones socialmente vivas, puesto que están “vivas” entre la ciudadanía y en los saberes de referencia, y generan debates y conflictos en la sociedad (Legardez y Simonneaux, 2006). Es el caso de esta tesis, en la que la TB afecta a los participantes de este estudio.

Las controversias socio-científicas, como las relacionadas con la transmisión de enfermedades, la vacunación o la resistencia a los antibióticos, se pueden entender

como cuestiones socialmente relevantes que están conectadas con el mundo real del alumnado (Sadler, Barab y Scott, 2007; Sadler, 2011, entre otros). Son cuestiones controvertidas que surgen de la diferencia de opiniones que puede existir entre ciudadanos/as, científicos/as y medios de comunicación (Kolstø, 2001) y que pueden implicar aspectos morales y afectivos en el aprendizaje de las ciencias (Kolstø, 2001; Zeidler et al., 2002; Sadler, Chambers y Zeidler, 2004).

Entendemos que el uso de este tipo de cuestiones como contexto para la enseñanza de las ciencias redundará en la mejora del desarrollo de la competencia científica, ya que este tipo de situaciones va ligado a la argumentación y a la toma de decisiones (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2014), necesarias para la formación de ciudadanos capaces de abordar este tipo de temáticas en la sociedad. Además, según Solbes (2013), las cuestiones socio-científicas contribuyen al desarrollo de pensamiento crítico, favoreciendo la construcción de un conocimiento reflexivo y coherente por parte del alumnado.

Sugerimos que el uso de actividades que presentan contextos socio-científicos reales podrían ayudar a superar estas dificultades por el alumnado. Estamos de acuerdo con Domènech, Márquez y Roca (2012) en la utilización de controversias como la automedicación o la resistencia a antibióticos para ello. Entendemos que estos contextos que requieren la de toma de decisiones permiten, además de trabajar la transferencia del conocimiento, promover el desarrollo de pensamiento crítico. Una revisión de estudios sobre cuestiones socio-científicas en el aula de ciencias (Sadler y Dawson, 2012) muestra la eficacia de utilizar este tipo de contextos en el aprendizaje de las ciencias. Los investigadores resumen que estos estudios contribuyen a cuatro dimensiones del aprendizaje de las ciencias: 1) la adquisición de conocimiento científico, 2) la comprensión acerca de la naturaleza de la ciencia, 3) el interés y motivación por aprender ciencias, 4) la argumentación. Por ejemplo, el trabajo de Domènech et al. (2012) revela que el alumnado de secundaria es capaz de identificar los conocimientos científicos necesarios para argumentar sobre el buen uso de los medicamentos en situaciones cotidianas, señalando en algunos casos otros aspectos como las experiencias o los valores personales, cuestión de especial relevancia en esta tesis.

### **1.3.2. Investigaciones sobre enfermedades infecciosas en la didáctica de ciencias**

En el ámbito de la formación inicial del profesorado hemos localizado pocos trabajos que examine los modelos de infección que presentan los futuros/as docentes sobre enfermedades comunes. Consideramos que investigar esta cuestión puede ser interesante si pretendemos que los futuros/as maestros y maestras sean capaces de promover hábitos de salud adecuados entre los escolares. El profesorado desempeña un papel central en la promoción de la educación para la salud en la escuela (Gavidia, 2009), junto con otros agentes externos como la familia, el personal sanitario y los medios, entre otros (Schultz y Nakamoto, 2012). Todos ellos han de contemplarse en

la enseñanza de temas de salud, puesto que ejercen una gran influencia en el aprendizaje y toma de decisiones de problemas que nos afectan.

La mayor parte de la investigación de educación para la salud pone el foco de atención en la promoción y en la prevención de la salud en los contextos escolares, y en el desarrollo de pautas de actuación entre los estudiantes. En este ámbito podemos encontrar numerosos estudios relacionados con la alimentación y hábitos saludables (Bryan *et al.*, 2019; Cale y Harris, 2006, Coppinger, Lacey, O'Neill y Burns, 2016; González-Valero *et al.*, 2017) y relacionados con las enfermedades infecciosas. Dentro de estos segundos, son más numerosos los referidos a las enfermedades infecciosas víricas más comúnmente utilizadas como ejemplo en las aulas, como son la gripe y el SIDA (Aznar y Puig, 2014). Aquí tenemos un abanico de estudios desde perspectivas muy variadas, abarcando propuestas como las de Rello y Ricart (2009) sobre cómo afrontar en el aula la epidemia de gripe A, hasta propuestas como la de Carretero (2011) para estudiar enfermedades víricas como la gripe y el SIDA, elaborando modelos de virus, y proponiendo medidas de higiene y prevención para evitar su contagio.

Los procesos de enseñanza-aprendizaje acerca de temas de salud específicos como las enfermedades infecciosas, han sido menos investigados, siendo más numerosos los que investigan cuestiones relacionadas con el cuerpo humano (e.g., Domènech Calvet, Márquez Bargalló, Roca Tort y Marbà Tallada, 2015; Pérez Martín y Bravo Torija, 2017; Reiss *et al.*, 2002).

Entre los trabajos que localizamos en didáctica de las ciencias podemos destacar las investigaciones de Díaz González, López Rodríguez, Abuín, García Losada, Nogueira y García Gandoy (2000) y Díaz González, García Losada, Nogueira, López Rodríguez, Abuín y García Gandoy (1996). En ellas muestran las dificultades del alumnado de los últimos cursos de primaria y de los primeros cursos de secundaria para relacionar los microbios, los vehículos de infección y el contagio con las enfermedades infecciosas. Los autores sugieren que las explicaciones microbiológicas se empiezan a tener en cuenta en niveles superiores, en concreto a finales de la etapa de secundaria. Coincidimos con estos autores en la importancia de abordar las enfermedades infecciosas desde edades tempranas, ya que los procesos infecciosos son frecuentes en esta etapa, por lo que el alumnado ha de estar bien informado y ser capaz de construir conocimientos sobre el tema.

En esta línea, hay algunos estudios en los primeros cursos de primaria, como el de Vals Bautista, Novo Molinero y Manauta Homedes (2019), que abogan por utilizar las prácticas científicas en el aula realizando pequeñas indagaciones sobre los microbios, que incluyen elaboración de hipótesis, recogida de muestras, cultivo de estas y observaciones al microscopio.

El estudio de Barrio (1990) con alumnado de secundaria apoya también esta visión sobre la evolución de los conocimientos infantiles sobre la salud y la enfermedad y el funcionamiento del propio cuerpo. Esta autora señala que los estudiantes de secundaria son capaces de elaborar explicaciones fisiológicas acerca de

la aparición o remisión de enfermedades, desde los aspectos externos hasta el nivel celular. Sin embargo, tienen dificultades para diferenciar entre la función de las vacunas y la de los medicamentos, considerando la vacuna como una medicina más.

Sobre estos dos temas, los medicamentos y las vacunas, podemos destacar algunos estudios que analizan la función de los medicamentos (Hämeen-Anttila y Bush, 2008) y controversias como la medicalización y la vacunación (Domènech *et al.*, 2015; Lundström, Ekborg, Ideland, 2012).

El trabajo de Domènech *et al.* (2015) presenta una unidad didáctica para trabajar el funcionamiento del cuerpo humano a partir del problema de la medicalización de la sociedad. Las autoras señalan que al final de la unidad las ideas de los estudiantes sobre el cuerpo humano logran aproximarse al modelo científico.

Respecto al funcionamiento del cuerpo humano, el equipo de Reiss *et al.* (2002) desarrolló un estudio en el que se examinaba el nivel de comprensión del alumnado de primaria y secundaria de distintos países acerca de este tema. Los autores analizaron los dibujos del interior del cuerpo humano que elaboraron los participantes y concluyen que, a pesar de mostrar conocimientos más precisos a medida que avanza la edad sobre los distintos órganos, no son capaces de relacionarlos con otros sistemas.

El estudio de Pérez Marín y Bravo Torija (2017) se sitúa en la formación inicial del profesorado. Contextualizan la tarea para los futuros docentes en un personaje de cómic que sufre una mutación que le permite regenerar sus tejidos a gran velocidad. A través de este personaje singular abordan el funcionamiento del cuerpo humano, incluyendo las repercusiones en el sistema inmunológico. La mayoría de los participantes fueron capaces de relacionar las funciones del esqueleto humano con sus efectos sobre la salud.

Las simulaciones también pueden servir como contexto para el estudio del cuerpo humano en relación con las enfermedades infecciosas. En el estudio de Neulight, Kafai, Kao, Foley y Galas (2007), a través de una epidemia virtual, analizan el conocimiento de estudiantes de primaria sobre procesos biológicos, entre ellos la propagación de las enfermedades infecciosas y la relación que establecen con sus experiencias personales.

Más específicamente, la propuesta de Maguregi González, Uskola Ibarluzea y Burgoa Etxaburu (2017) aborda el funcionamiento del sistema inmunitario con futuros docentes de Educación Primaria. Las autoras utilizan un contexto controvertido como la vacunación y exploran, por un lado, el modelo de sistema inmunológico que presenta el alumnado y la capacidad de este para transferirlo a otros contextos y por otro, la competencia argumentativa en la toma de decisiones sobre la vacunación. Los resultados referidos al proceso de modelización y a la transferencia de conocimientos indicaron alcanzar un nivel superior en la abstracción del modelo y conseguir una transferencia lejana más duradera. Las autoras sugieren que esta mejora puede venir facilitada por la elaboración tridimensional del modelo, por la contextualización de la tarea en diferentes escenarios cotidianos (herida infectada, varicela, vacunación de una

hija del papiloma humano, tatuaje) y por la implicación de las docentes en la discusión del modelo por parte del alumnado (Burgoa Etxaburu, Uskola Ibarluzea y Maguregi González, 2017)

### 1.3.3. Competencia científica y prácticas científicas.

La noción de competencia se encuentra vinculada inicialmente al contexto laboral. En este ámbito, ser competente hace referencia a poseer las características necesarias para el buen desempeño de una profesión. En el ámbito educativo podemos encontrarnos diferentes definiciones, aunque la que tomamos como referencia es la definición propuesta por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2002) en su informe DeSeCo (Definición y Selección de Competencias) por encontrarla más completa. Esta organización indica que la competencia es “la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz.” (p. 4)

Por tanto, las competencias son sistemas complejos de pensamiento y actuación, que suponen la combinación de habilidades, conocimientos, actitudes, valores y emociones. Cañas, Martín-Díaz y Niedo (2007), sintetizan esta definición indicando que una persona es competente cuando “sabe utilizar en el lugar y momento adecuado el saber, el saber hacer, el saber ser y el saber estar” (p. 30). Según esto, es necesaria la transferencia de los conocimientos a situaciones diferentes al contexto en el que se aprendieron.

El concepto de competencia se recoge también en los últimos currículos nacionales (MEC, 2007, MECD 2014) y en los de nuestra Comunidad Autónoma (Xunta de Galicia, 2007, 2014), tanto de educación Primaria como de Educación Secundaria, atendiendo a la recomendación realizada por la Unión Europea en 2006.

En un principio, en estos currículos se establecieron ocho competencias denominadas básicas, entre las que se encontraba la *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*. Estas competencias básicas se modificaron posteriormente a siete, y se denominaron competencias clave, entre las que se está la *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*. La idea de fondo, común tanto de las competencias básicas como de las competencias clave, es la de que son aquellas competencias que necesitan todas las personas para su realización y desarrollo personal que les permita la inclusión social y el empleo, para ejercer una ciudadanía activa y para conseguir un aprendizaje permanente durante toda su vida (MECD,2015; Xunta de Galicia, 2014).

A partir de este momento denominaremos a estas competencias relacionadas con el ámbito científico “competencia científica”, porque es el término empleado en este

ámbito de estudio y porque engloba tanto el conocimiento como las habilidades científicas.

Esta competencia científica es una de las competencias evaluadas por PISA (Programa para la evaluación internacional de los estudiantes, de la OCDE) junto con la competencia matemática y la competencia lectora. En las pruebas propuestas por PISA se valora el grado de desarrollo de estas competencias en el alumnado de Educación Secundaria. En el informe PISA 2003, el término *competencia científica* ya se define como: “la capacidad para utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que ha producido en él la actividad humana” (OCDE, 2004, p.290). Estas capacidades también están recogidas en los diferentes currículos (Cañas, Martín y Niedo 2009) como: a) identificación de cuestiones científicas, b) descripción y explicación de fenómenos científicos y c) utilización de pruebas científicas.

Aunque estas capacidades se presenten por separado, están relacionadas entre sí (Jiménez Aleixandre, Bravo y Puig, 2009). Según estas autoras, la capacidad de identificar cuestiones científicas que son investigables por las ciencias implica identificar fenómenos científicos e interpretar pruebas científicas para elaborar conclusiones. Por otro lado, la explicación de fenómenos se realiza a través de modelos científicos. A la hora de evaluar estos modelos se usan datos o pruebas para justificar su validez y pueden dar lugar a plantear más preguntas investigables. Por último, el uso de pruebas sirve para argumentar a favor y en contra tanto de las conclusiones obtenidas en la investigación científica como en la elección de un modelo.

El conocimiento científico se puede considerar una construcción social, ya que se trata de una forma de conocimiento cultural que se construye y comprende de manera histórica y colectiva, más que individualmente (Fleer y Pramling, 2015).

La idea de ciencia como conocimiento ha ido cambiando y ha dado paso a la ciencia como práctica, debido a que la ciencia es más que un cuerpo de conocimiento, ya que abarca prácticas epistémicas, sociales y culturales, que se articulan enfatizando la generación, la evaluación y la revisión del conocimiento científico (Erduran y Dagher 2014). La comunidad científica negocia y legitima paradigmas y valida métodos para la construcción del conocimiento en un contexto social determinado. El conjunto de prácticas que utilizan los científicos para construir el conocimiento de una disciplina determinada se consideran *prácticas epistémicas*. Kelly (2008) las define como “las formas específicas en que los miembros de una comunidad proponen, justifican, evalúan y legitiman enunciados de conocimiento dentro de un marco disciplinar” (p. 99).

Las *prácticas epistémicas* y las *prácticas científicas* están estrechamente relacionadas y algunas veces se confunden los términos y se utilizan indistintamente porque se solapan sus significados: las prácticas epistémicas constituyen un constructo más amplio, en el que las prácticas científicas representan el desempeño de las prácticas epistémicas en un contexto de aprendizaje o en un área de contenido

determinada (Jiménez Aleixandre y Crujeiras 2017). Estas autoras (Jiménez Aleixandre y Crujeiras 2012) consideran que el desarrollo de las tres competencias científicas antes mencionadas conlleva la participación en las prácticas científicas de indagación, modelización y argumentación, de tal forma que:

a) Identificar cuestiones científicas que pueden ser investigadas por la ciencia, y planificar y llevar a cabo estas investigaciones, supone la participación en la práctica científica de indagación

b) Explicar fenómenos científicos por medio de modelos de la ciencia se corresponde con la práctica de modelización, por la que se elaboran, revisan y evalúan modelos.

c) Usar pruebas científicas, corresponde a la práctica de argumentación por la que se evalúa el conocimiento en base a datos o pruebas.

Algunos estudios en la formación inicial de maestros y maestras de primaria sobre prácticas científicas indican la limitada formación científica que presenta el profesorado de esta etapa para desarrollar tareas que permitan al alumnado aprender ciencias a través de estas prácticas científicas (Garrido y Couso 2015, Evagorou y Puig 2017).

Para que el alumnado desarrolle la competencia científica se hace necesario favorecer su participación en este tipo de prácticas, de tal forma que sean capaces de construir el conocimiento y transferirlo a situaciones de su vida cotidiana. Para ello, es preciso que el alumnado participe en prácticas científicas como la indagación, la modelización y la argumentación (Mosquera Bargiela, Puig, Blanco-Anaya, 2018).

### 1.3.3.1. Modelización

Existe consenso científico en nuestra área de estudio en considerar la modelización como una práctica científica en la que se elaboran, revisan y evalúan modelos.

En el contexto cotidiano el término modelo presenta muchos significados, en general se refiere a la representación concreta de alguna cosa: un objeto, un acontecimiento, una idea, un proceso, un sistema. En el ámbito de la didáctica de las ciencias también el término modelo ha sido definido de diferentes formas. Autores como Gilbert, Boulter y Elmer (2000) definen modelo como la representación de un fenómeno con un propósito específico. Megalakaki y Tiberghien (2011) consideran que un modelo es una representación conceptual de un sistema real, mientras que Schwarz et al. (2009) definen modelo como representación abstracta que simplifica un sistema centrándose en características para explicar y predecir un fenómeno.

También la idea de modelización puede presentar diferentes acepciones. Según Oliva (2019) dependerá de si “el foco se sitúa en los modelos en sí mismos, en los procesos que lo acompañan, en las demandas que requiere de los/as estudiantes, en los

recursos instrumentales que permiten representarlos o en las estrategias que regulan en conjunto cada una de esas posibilidades” (p. 6).

Desde el punto de vista de la modelización como progresión de modelos, es frecuente entender el aprendizaje basado en modelos como un trayecto de evolución, partiendo de los modelos intuitivos y personales del alumnado hacia otros más complejos y coherentes con el modelo de referencia (Clement, 2000), con modelos intermedios de diferentes niveles de sofisticación. Según este enfoque, los modelos no se deberían considerar elementos estáticos sino dinámicos. El uso de modelos no sólo facilita la comprensión del tema abordado, sino que también promueve la comprensión sobre la naturaleza de los modelos y su papel en la construcción del conocimiento científico (Justi, 2009). La ayuda proporcionada por los/as docentes para la mejora de estos modelos del alumnado, en forma de preguntas, retroalimentación, sugerencias para la reflexión, etc., será muy importante (Crujeiras Pérez y Jiménez Aleixandre 2018). Un ejemplo de esta visión de la modelización en situación de aula es el estudio de Maguregi González, Uskola Ibarluzea y Burgoa Etxaburu (2017) sobre la interpretación que hacen futuros docentes de Educación Primaria del funcionamiento del sistema inmunológico.

Potenciando la autonomía del alumnado en la construcción, revisión y evaluación de los modelos se favorece la evolución de estos y la participación de los estudiantes en prácticas científicas auténticas (Gilbert, 2004). Para Garrido Espeja y Couso Lagarón (2017) la práctica de modelización comprende cuatro procesos principales: a) usar un modelo para explicar o predecir fenómenos, b) expresar el modelo de manera más general o abstracta, c) evaluar el funcionamiento del modelo en función de las pruebas disponibles y d) revisar o modificar el modelo teniendo en cuenta lo anterior. Desde este enfoque didáctico, la práctica de modelización implica el desarrollo de diferentes capacidades científicas como elaborar, utilizar y revisar modelos, analizando la información y los datos disponibles, valorado su utilidad y sus limitaciones a la hora de hacer predicciones y explicar fenómenos.

En esta misma línea, diferentes autores (Justi y Gilbert 2002, Halloun 2007, Blanco Anaya, Justi y Díaz de Bustamante 2017, entre otros) han intentado caracterizar las fases del proceso de modelización. Parten de la premisa de que para que el proceso de modelización sea significativo el alumnado ha de estar familiarizado con el objeto o fenómeno a modelizar. Oliva (2019) sintetiza este proceso de modelización como describimos a continuación. En una primera etapa se plantea un problema o un propósito que justifique la necesidad de un modelo. A continuación, se elige un sistema de signos y códigos y un lenguaje de representación que evoque el fenómeno u objeto y se elabora una primera versión del modelo. Este modelo se puede expresar de formas muy variadas (verbal, visual, material, simbólica, gestual), incluso utilizando combinaciones de varias de ellas. Finalmente, debe comprobarse la validez del modelo a la hora de hacer predicciones, a través de experimentación mental, real o a través de simulaciones. Según los resultados obtenidos de esta puesta a prueba, se puede dar por válido el modelo o se puede revisar y mejorar sus limitaciones, realizando los cambios pertinentes a través de las fases anteriores.

Siguiendo la descripción de estas fases de modelización, Gilbert, Boulter y Elmer (2000) proponen diferentes modelos. El primero de ellos es el modelo mental del alumno. Ese primer modelo es intuitivo, personal, dinámico y de difícil acceso. Permite a su constructor explicar y hacer predicciones sobre fenómenos u objetos y tiene que ser funcional para él (Greca y Moreira 2000). Este modelo mental del estudiante es inaccesible para los/as docentes, por lo que tiene que expresarse para ser conocido. Existen diferentes formas de representación semiótica para este modelo expresado. Boulter y Buckley (2000) las clasifican en: a) concreta o material, como maquetas y modelos mecánicos; b) verbal, como analogías, símiles, metáforas, explicaciones y descripciones; y c) visual, como dibujos, diagramas, simulaciones, animaciones digitales y realidad virtual y aumentada. En el trabajo de aula, estos modelos expresados de los/as estudiantes suelen ser discutidos y mejorados en el trabajo en grupos y el modelo resultante es el modelo consensuado. Si este consenso se realiza dentro de la comunidad científica obtendremos el modelo científico.

La incorporación de la modelización en el aula se puede hacer de manera progresiva, según el nivel de dominio de los/as estudiantes o el propósito del/a docente. Justi y Gilbert (2002) contemplan para esto diferentes posibilidades de complejidad creciente: aprender los modelos de la ciencia, usar modelos conocidos, revisar y mejorar modelos ya dados, reconstruir modelos existentes y elaborar sus propios modelos.

Los/as docentes utilizan modelos para explicar los procesos inmateriales y las entidades no observables y para ello, muchas veces utilizan analogías y modelos analógicos. En el ámbito científico, los modelos analógicos comprenden objetos, símbolos, ecuaciones y gráficos, diagramas y mapas, y simulaciones que facilitan la comunicación científica. Pueden ser teóricos, concretos o abstractos dependiendo de las necesidades de su creador y la audiencia a la que va dirigido. Pero sobre todo, los modelos deben potenciar la investigación, la comprensión y la comunicación y esto los convierte en herramientas clave para pensar y trabajar científicamente (Harrison y Treagust, 2000). Los modelos analógicos se utilizan en el aula para facilitar la visualización y la comprensión de contenidos abstractos, haciendo hincapié en las similitudes con el modelo real y usando análogos de la vida diaria (Liu, Won y Treagust 2014) y teniendo en cuenta las limitaciones que posee (Oliva y Aragón 2009).

En el aula, la utilización de modelos debería ser una parte explícita del aprendizaje científico. En este contexto, los/as docentes deberían no sólo conocer los modelos científicos sino también la importancia de la modelización y su uso en la enseñanza de las ciencias, para guiar al alumnado tanto en las discusiones como en los diferentes pasos del proceso que resulten difíciles al alumnado (Justi 2009).

Uno de los modos de representación del modelo de infección de la TB que se les solicitó a los participantes de esta investigación fue a través de dibujos. En términos generales se puede considerar que la utilización de diferentes representaciones para desarrollar explicaciones en el aula favorece la comprensión del contenido abordado. Y, específicamente, el aprendizaje del alumnado mejora cuando se presentan textos e

imágenes coordinados (Harskamp, Mayer, Suhre y Jansma, 2007). En este contexto de aula, Gómez (2009) resalta dos aspectos importantes que los/as docentes han de contemplar a la hora de facilitar andamiaje al alumnado. Por un lado, la participación en la negociación social de la representación, es decir, qué entidades van a representar, cómo las conectan, etc., con procesos de regulación continua hacia el alumnado y, por otro, la participación en la competencia de la ejecución de los dibujos. Estas representaciones visuales pueden facilitar la transición del nivel macroscópico de las entidades o fenómenos científicos al nivel microscópico y mejorar así su comprensión (Eilam y Gilbert 2014).

En los primeros años de escolaridad, la ciencia que se enseña tiende a ser descriptiva, porque se considera que el alumnado de estas edades no es capaz de construir o abstraer entidades y procesos científicos. En consecuencia, la incorporación de modelos y la modelización en los niveles de educación infantil y primaria es muy escasa (Acher, Arcá y Sanmartí 2007; Windschitl, Thompson, y Braaten, 2008). Consideramos importante la incorporación de modelos de la ciencia y el desarrollo de destrezas y conocimientos epistémicos necesarios para la práctica científica de modelización en la formación inicial de maestros y maestras, ya que estos/as serán los encargados de promover en su futuro profesional estas capacidades en su alumnado.

### 1.3.3.2. Argumentación

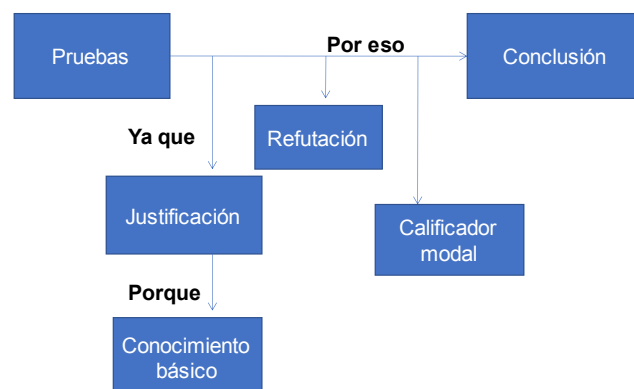
Existen diferentes formas de entender la argumentación según el campo de estudio en el que nos situemos. Estos diferentes enfoques teóricos confluyen de forma interdisciplinar en la teoría de la argumentación contemporánea originada, entre otras, a partir de la obra del filósofo Stephen Toulmin titulada *The uses of argument* (1958). La argumentación se puede estudiar como proceso, procedimiento o producto, identificando cada uno de estos enfoques no excluyentes con tres perspectivas diferentes: la retórica, la dialéctica y la lógica.

Desde el ámbito de la lingüística, la argumentación puede definirse como “un proceso de naturaleza relacional, por el cual se encadenan unos argumentos a una conclusión. Su objetivo es guiar el receptor a creer una conclusión determinada, que viene avalada por unas buenas razones (los argumentos); por consiguiente, tiene una finalidad perlocutiva (convencer, persuadir)” (Fuentes Rodríguez y Alcaide Lara, 2007, pp. 9-10). Esta visión de la argumentación como proceso comunicativo de persuasión se identifica con la perspectiva retórica de la misma. La perspectiva dialéctica se centra en las reglas y procedimientos del proceso argumentativo. Desde esta perspectiva, presente en el ámbito jurídico, por ejemplo, puede considerarse la argumentación como una actividad verbal y social de la razón (van Eemeren y Grootendorst, 2011). Por último, en el ámbito de la filosofía, la lógica se ocupa de los productos del proceso argumentativo evaluando si son buenos, fuertes y válidos, es decir, se centra en la elaboración de argumentos de calidad (Oller, 2013).

Desde nuestro ámbito, entendemos la argumentación como una práctica científica que consiste en evaluar el conocimiento en base a las pruebas disponibles. Es un aspecto central del trabajo científico y es importante hacer explícito este proceso de evaluación del conocimiento científico en el aula (Jiménez Aleixandre, 2010).

Consideramos necesario conocer el sistema de comunicación creado en el aula, que está basado en el lenguaje, para poder seguir el proceso de argumentación del alumnado. Según Cazdem (2001) el lenguaje hablado es el medio a través del que se realiza gran parte de la enseñanza y, a través de él, el alumnado muestra al docente lo que ha aprendido. De ahí la importancia del lenguaje para aprender y aprender a razonar. Según Kuhn (1993) la forma en la que más significativamente encontramos razonamientos de orden más elevado en la vida cotidiana de la mayoría de las personas es como argumentos, ya que las personas suelen aportar justificaciones para defender su punto de vista, e incluso intentan refutar las posturas de las otras por medio de contraargumentos. El razonamiento es una forma de hablar, que incluye una forma de escribir y de hablarnos a nosotros mismos, “lenguaje interno”, siguiendo patrones específicos de argumentos, desde las premisas hasta las conclusiones. Para conseguir la apropiación del lenguaje de la ciencia, es decir, el lenguaje que utiliza la comunidad científica, hay que permitir la participación de las y los estudiantes en el discurso de aula, no sólo utilizando el léxico de la comunidad científica sino también la semántica, es decir, el sistema de recursos para construir significados (Lemke, 1997). De hecho, el lenguaje de la ciencia es un discurso que examina críticamente y evalúa las numerosas e iterativas transformaciones de los datos o pruebas en explicaciones. Hacer ciencia es proponer y discutir ideas, evaluar diferentes alternativas, comparar entre diferentes explicaciones y argumentar a favor de una de ellas. Esta práctica de la argumentación la realizamos en situaciones reales, tanto de forma individual como colectiva, y por eso deben brindarse oportunidades en el aula para desarrollar la capacidad de construir argumentos (Driver, Newton, Osborne, 2000).

Las explicaciones científicas o los argumentos suelen presentar estructuras complejas compuestas de diferentes elementos. Una forma de presentarlos es mediante el esquema de Toulmin (2007). Según este autor, un argumento está compuesto por tres elementos esenciales, que son la conclusión, las pruebas y las justificaciones. Otros elementos adicionales que pueden formar parte de un argumento son el conocimiento básico o respaldo, los calificadores modales y las refutaciones. Esto se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Esquema de Toulmin (Adaptado de Toulmin 2007)

La conclusión se refiere a todo enunciado o afirmación propuesta para la aceptación general. Las pruebas o datos se pueden definir como las observaciones, hechos, experimentos, informaciones, relaciones, muestras y razones con las que se pretende demostrar que un enunciado es cierto o falso, es decir, sustentan o refutan un determinado conocimiento (Jiménez Aleixandre, 2010). Podemos entender las pruebas como datos de naturaleza empírica o teórica que sirven para apoyar una conclusión. Las justificaciones son las proposiciones que relacionan y justifican el tránsito de los datos o pruebas a la conclusión.

El respaldo o conocimiento básico se refiere al conocimiento teórico o empírico, a teorías, leyes o modelos científicos que respalda la justificación. Las refutaciones son las razones que cuestionan la validez de alguna parte de la argumentación (Solbes, Ruiz y Furió 2010) y los calificadores modales expresan el grado de certeza o incertidumbre de un argumento y aluden a las condiciones que suponen una matización en ese argumento.

Los tres primeros elementos, las pruebas, las justificaciones y la conclusión deben aparecer en un razonamiento para que este sea comprensible y tenga validez formal (Toulmin, 2007). Si además de estos elementos básicos aparecen los otros adicionales en un mismo argumento, podemos considerar que la argumentación adquiere una mayor riqueza y complejidad, ya que un razonamiento será más complejo cuantos más elementos diferentes lo conformen. Si las justificaciones aportadas en el argumento vienen acompañadas de su respaldo o conocimiento básico, se considera que este argumento tiene una mayor calidad.

Algunos estudios indican que el desarrollo de la argumentación en las y los docentes de ciencias es poco frecuente, escaso o inexistente (Zohar, 2008; Sampson y Blanchard, 2012) y que el alumnado, al igual que el profesorado, presenta dificultades para la justificación de afirmaciones y la elaboración y evaluación de argumentos (Sadler 2004; Driver, Newton y Osborne 2000; Jiménez-Aleixandre, Bugallo y

Duschl, 2002) ya que se les ofrecen pocas oportunidades en el aula para participar en la construcción de argumentos (Newton, Driver y Osborne, 1999; Kelly y Takao 2002). La argumentación es una actividad social en la que las ideas se exploran en el aula a través, entre otras actividades, de las discusiones grupales colaborativas. Son especialmente enriquecedoras aquellas que se realizan sobre temas en los que puede haber puntos de vista opuestos (Kelly, Druker, Chen, 1998; Chin y Osborne, 2010).

Estas discusiones son actividades en las que los/as estudiantes se implican en hacerse preguntas, utilizan pruebas para justificar las afirmaciones o explicaciones, y evalúan y critican las ideas de los demás. Este discurso productivo mejora cuando se le brinda al alumnado un andamiaje o ayuda con relación a las preguntas que realizan, a los criterios necesarios para la elaboración de buenos argumentos y la estructura para organizar y verbalizar estos argumentos (Chin y Osborne, 2010).

La argumentación científica presenta muchos beneficios. Entre ellos se encuentran el aprendizaje de conceptos científicos, la participación en el discurso científico, la modificación de los puntos de vista del alumnado sobre la ciencia y el apoyo en la toma de decisiones socio-científicas (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008). Los/as escolares de los primeros niveles educativos son capaces de tener un pensamiento y un razonamiento científico bastante sofisticado y, cuando se les brinda el apoyo y las oportunidades adecuadas, los/as estudiantes de infantil y primaria pueden ir más allá de las acciones de observar y describir, hasta negociar y debatir significados y explicaciones (McNeill, 2011; Fernández Monteiro, 2017). Por eso consideramos necesario promover la argumentación dentro del aula, comenzando desde la formación inicial de docentes.

La argumentación es un proceso fundamental para comprender los conceptos, las teorías y la naturaleza de la ciencia y desempeña un papel muy importante en el debate de temas controvertidos de naturaleza socio-científica como los problemas de salud actuales, entre los que podemos encontrar la vacunación, la automedicación, la homeopatía, etc. Esta práctica científica de argumentación requiere el análisis de diferentes afirmaciones o razones y la toma de decisiones en función de las diferentes opciones que se plantean después de valorar de forma crítica la información de la que se dispone (Caamaño 2010; Solbes, Ruiz y Furió 2010). Este pensamiento crítico incluye el uso de pruebas y el juicio basado en criterios para evaluar la opinión o postura de otros. (Jiménez Aleixandre, 2010). Por ello la argumentación se hace necesaria en el proceso de aprendizaje del alumnado de cualquier nivel educativo para lograr una ciudadanía crítica y responsable.

A la hora de argumentar, Jiménez-Aleixandre y Pereiro Muñoz (2002) distinguen entre consumir (o reproducir) conocimiento y producir conocimiento. Es decir, el alumnado puede limitarse a reproducir lo ya aprendido, sin que esto suponga una movilización deliberada de los conocimientos, o bien transferir conocimientos para llegar a conclusiones que implique usar, construir, evaluar o revisar modelos científicos en sus razonamientos. Esto pone de manifiesto la relación existente entre las prácticas científicas de argumentación y modelización. El acto de modelar está

íntimamente vinculado a la argumentación, no sólo en la fase de evaluación sino en prácticamente todos los aspectos de la modelización (Cardoso Mendonça, y Justi, 2013a; Passmore y Svoboda, 2012). Estudios recientes como el de Evagorou, Nicolaou y Lymbouridou (2020) analizan cómo los procesos cognitivos de la modelización se relacionan con aspectos epistémicos de la argumentación. En este caso, exploran cómo el alumnado de primaria usa sus modelos mientras discuten sobre una cuestión socio-científica y cómo el proceso de argumentación está vinculado con el proceso de modelización. Estas autoras concluyen que hay “una intersección de los procesos cognitivos de modelado de nivel superior y los aspectos epistémicos de la argumentación de nivel superior” (p. 58).

#### **1.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

En este epígrafe se aborda la metodología de investigación de esta tesis. Se divide en cuatro apartados. En el primero se presenta el marco metodológico de esta investigación, que incluye la investigación cualitativa, el estudio de caso y el análisis del discurso. En el segundo apartado se muestra el diseño de la investigación, en el que se detallan sus fases, se presentan el contexto y los participantes junto con las consideraciones éticas de la investigación y se hace una descripción de la toma de datos realizada y de los métodos de análisis empleados para dar respuesta a los objetivos y a las preguntas de investigación planteados. En el tercer apartado se describe el diseño de la propuesta didáctica detallando todos los elementos y procesos tenidos en cuenta para ello.

##### **1.4.1. Marco metodológico**

Esta investigación se enmarca en los estudios cualitativos, en concreto en los estudios de caso que analizan de forma detallada los procesos educativos como es la construcción de conocimientos. A continuación, se exponen los aspectos más relevantes de estas metodologías de investigación. En primer lugar, se presenta la investigación cualitativa y el estudio de caso y, a continuación, el análisis del discurso.

###### **1.4.1.1. Investigación cualitativa y estudio de caso.**

Los métodos de investigación clásicos, como el cuantitativo, resultan muchas veces inadecuados en educación porque requieren que las condiciones experimentales se mantengan constantes (muy difícil de conseguir en el aula) y tienden a restringir el experimento a sucesos de corto alcance, a variables aisladas y a un rango limitado de significación, lo cual simplifica en exceso la compleja realidad del aula.

Según Guba y Lincoln (1994), el paradigma cuantitativo tradicional presenta una serie de objeciones para las ciencias sociales que se pueden considerar aplicables

al contexto educativo y existen numerosos estudios (e.g. Lincoln y Denzin 2003), que resaltan la pertinencia de la investigación cualitativa en este campo.

La metodología cualitativa engloba una amplia familia de estrategias caracterizadas por estar orientadas hacia la descripción e interpretación de la realidad social. Denzin y Lincoln (2005) sintetizan así la esencia de esta metodología:

“Consiste en un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo visible. Estas prácticas transforman el mundo, lo convierten en una serie de representaciones, que incluyen las notas de campo, las entrevistas, conversaciones, fotografías, registros y memorias. En este nivel, la investigación cualitativa implica una aproximación interpretativa y naturalista del mundo. Esto significa que los investigadores cualitativos estudian las cosas en su contexto natural, intentando dar sentido o interpretar los fenómenos en función de los significados que las personas les dan” (Denzin y Lincoln 2005, p. 3)

Este trabajo se sitúa en esta línea cualitativa, en el marco metodológico del estudio de caso. Yin (2009) señala que un estudio de caso es una investigación empírica dirigida a investigar un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real.

Dentro de los estudios de caso, se pueden establecer varias clasificaciones atendiendo a diferentes criterios. Una de estas clasificaciones es la de Stake (2005), que considera que existen tres grandes tipos de estudio de casos:

- 1) Intrínseco: en el que el caso es interesante por sí mismo, es único y no es representativo de otros y lo que se pretende es conseguir una mejor comprensión del mismo.
- 2) Instrumental: Cuando analizamos un caso particular para proporcionar información sobre un tema o para reformular una generalización.
- 3) Caso múltiple o colectivo: varios casos que se analizan de forma conjunta para estudiar un determinado fenómeno.

Nuestro estudio se sitúa dentro este último tipo de caso múltiple, ya que se estudian varios casos que comparten contextos comunes: currículum y nivel educativo, tareas y temporalización.

El estudio de caso es un método que abarca una diversidad de fuentes y técnicas de recogida de información:

"Mediante este método, se recogen de forma descriptiva distintos tipos de informaciones cualitativas, que no aparecen reflejadas en números si no en palabras. Lo esencial en esta metodología es poner de relieve incidentes clave, en términos descriptivos, mediante el uso de entrevistas, notas de campo, observaciones, grabaciones de vídeo, documentos" (Cebreiro López y Fernández Morante 2004, p. 666).

En los estudios de caso se recomienda la utilización de múltiples fuentes de datos y el cumplimiento del principio de triangulación para garantizar la validez

interna de la investigación (Stake, 2003). Para esta triangulación, en nuestro estudio, se han utilizados los datos provenientes de tres fuentes: la audiovisual (grabaciones en audio y vídeo), la escrita (producciones de los estudiantes) y las notas de campo recogidas por la autora de su observación en el aula. Además, el análisis de los datos ha sido discutido en detalle entre las dos investigadoras (autora y directora del trabajo) con el fin de proporcionar validez interna a las inferencias realizadas (Cohen, Manion y Morrison, 2011).

### 1.4.1.2. Análisis del discurso

El análisis del discurso es una estrategia dentro de la investigación cualitativa, junto con otras como la etnografía, la etnometodología o la investigación-acción. Para Courtney Cazden (2001), una de las pioneras en el campo de estudio del discurso de aula, el estudio del discurso es el estudio del sistema de comunicación que se establece entre el alumnado y el profesorado. Se utiliza, en esta investigación, desde la perspectiva de que el discurso es una manifestación de los procesos cognitivos y sociales que se establecen dentro del aula. Entendemos discurso como todas las formas, tanto orales como escritas, que ocurren de forma natural ya sea en conversaciones o en textos escritos (Gill, 1996).

Gee y Handford (2012) definen esta estrategia como: “El análisis del discurso es el estudio del lenguaje en uso. Es el estudio de los significados que le damos al lenguaje y a las acciones que realizamos cuando empleamos en lenguaje en contextos específicos” (p.1). En nuestro caso, el contexto es el aula de ciencias. Para este estudio se ha escogido como unidad de análisis el episodio, entendido como la secuencia de turnos centrada en un tema o en una actividad concreta (Gee, 2005).

El papel del discurso en ciencias adquiere una gran importancia en la construcción del conocimiento científico, ya que aprender ciencias implica escribir ciencias y hablar ciencias. Para Lemke (1997) el lenguaje no sólo está constituido por el léxico, sino que implica construir significados (semántica), en la que los términos utilizados adquieren sentido en función de las relaciones que se establecen con otros conceptos o ideas. Este hecho, en el aula de ciencias, cobra vital importancia ya que, a través del discurso, el docente transmite conocimientos y el alumnado los construye y los manifiesta (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003).

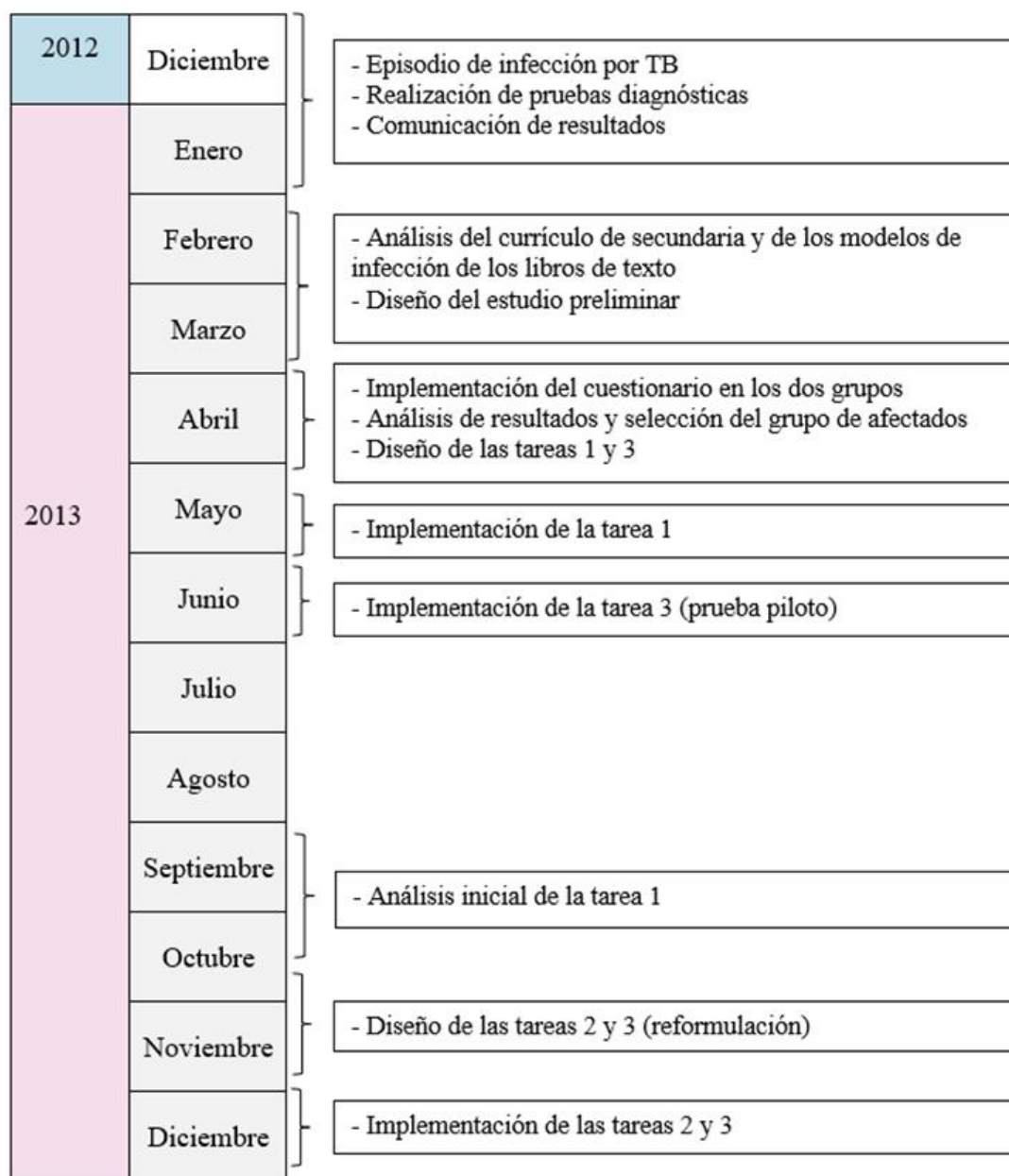
En esta tesis, los datos analizados proceden de la comunicación establecida entre los estudiantes dentro de los grupos de trabajo y de la interacción de los componentes de estos grupos con la docente. El trabajo en grupos, o en pequeñas comunidades de aprendizaje, favorece el intercambio de ideas, la discusión, la persuasión, etc. entre iguales y esto nos permite acceder a sus razonamientos (Kelly, Druker y Chen, 1998), que de otra forma permanecerían ocultos. Según Lemke (1997): “El razonamiento es fundamentalmente una forma de hablar, que incluye una forma de escribir y de hablarnos a nosotros mismos (“lenguaje interno”)” (p.135)

En esta investigación, los significados que queremos que construyan los estudiantes están relacionados con los procesos de infección y el funcionamiento del sistema inmune. Para ello se han elaborado actividades que favorecen la discusión y el diálogo entre el alumnado para la construcción del modelo de infección.

#### **1.4.2. Diseño de la investigación**

El diseño de esta investigación viene marcado por un episodio de infección de TB sufrido por uno de los grupos de estudiantes universitarios que participan en este estudio. Una alumna enfermó de TB, presentando los síntomas más graves en diciembre de 2012 mientras realizaba las prácticas escolares en un centro de Educación Primaria. La detección de este caso de infección activó el protocolo de alerta sanitaria establecido en nuestra comunidad, ya que se trata de una enfermedad de declaración obligatoria (Centro Nacional de Epidemiología, 2013). Este protocolo consiste en registrar el caso, hacer un seguimiento del mismo y hacer un estudio de contactos, es decir, investigar qué otros casos de contagio se han podido producir entre las personas que han convivido o tenido contacto con la paciente. Bajo estas directrices, se hicieron pruebas al alumnado y profesorado del centro escolar de Educación Primaria que tuvo contacto con la alumna en prácticas en diciembre de 2012, junto con familiares y amigos/as de la enferma, y en enero de 2013, los compañeros y compañeras universitarios de la alumna infectada que estuvieron expuestos al foco de infección tuvieron que someterse igualmente al test de Mantoux, también denominado prueba de la tuberculina. Esta prueba diagnóstica sirvió para detectar más casos de TB entre el alumnado y prescribirles la quimioprofilaxis adecuada.

El diseño de la investigación se presenta en la figura 2 y comprende un estudio preliminar para la caracterización de los dos grupos de estudiantes que participan en la investigación y un estudio de caso del grupo seleccionado, durante los cursos académicos 2012-2013 y 2013-2014.



**Figura 2.** Cronograma de la investigación

Después de este suceso de alarma sanitaria y ante la confusión del alumnado sobre conceptos clave del sistema inmunitario relacionados con el episodio vivido, como identificación de la realización de la prueba diagnóstica con la vacunación o la función de esta última como cura de la enfermedad en vez de prevención, se consideró pertinente diseñar una propuesta que mejorase el aprendizaje. Se comenzó por el

análisis de las competencias de la titulación, del currículo de secundaria y de las propuestas sobre enfermedades infecciosas y sistema inmunitario de los libros de texto, para marcar el punto de partida de nuestra propuesta en cuanto a contenidos y aprendizaje competencial. Las actividades de nuestra secuencia de intervención en el aula se recogen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Secuencia de intervención definitiva.

Enero 2013	Abril 2013	Mayo 2013	Diciembre 2013	Diciembre 2013
<b>Episodio de infección de TB</b>	<b>Estudio preliminar</b> ¿Qué sabemos sobre la TB?	<b>Actividad 1</b> ¿Podemos tener la TB sin saberlo?	<b>Actividad 2</b> ¿Qué sabemos sobre las enfermedades infecciosas?	<b>Actividad 3</b> ¿Por qué la TB aumenta en Europa?

En abril se realizó el *estudio preliminar* que sirvió para caracterizar a dos grupos de estudiantes, uno “afectado” por la enfermedad y otro “no afectado” y analizar diferencias entre ambos. Estuvo conformado por un cuestionario exploratorio de tres preguntas abiertas acerca de la presencia de la TB en la actualidad y de su contagio. En base a los resultados obtenidos, tras el análisis de las respuestas dadas por los estudiantes de los dos grupos, se decidió continuar el estudio con el grupo de estudiantes afectados.

Para el *estudio de caso* se diseñaron tres actividades que favoreciesen el desarrollo de las prácticas científicas de modelización y argumentación (actividades 1, 2 y 3) que se implementaron en mayo y junio de 2013 (actividades 1 y 3 piloto) y diciembre de 2013 (actividades 2 y 3). La primera de ellas permite practicar la competencia de explicar fenómenos científicos, que se corresponde con la práctica de modelización, relacionada con la construcción y la evaluación del conocimiento. Utiliza como contexto la propia experiencia del alumnado afectado y parte del episodio de contagio y las visitas de la enfermera al centro para realizar la prueba de la tuberculina y para comunicar los resultados a los estudiantes.

La segunda actividad permite revisar esa construcción del conocimiento y permite poner a prueba la capacidad crítica del alumnado en el contexto de elaborar argumentos sobre creencias relacionadas con la salud, concretamente sobre enfermedades infecciosas víricas y bacterianas.

Finalmente, la tercera actividad permite practicar la argumentación y el uso de pruebas en el contexto de elección de explicaciones causales, a partir de una noticia sobre el repunte de la TB en Europa.

#### 1.4.2.1. Contexto, participantes y consideraciones éticas.

##### *Contexto y participantes*

El contexto de esta investigación se sitúa en el ámbito de la enseñanza universitaria, dentro de la formación inicial de profesorado, en el marco de las prácticas científicas de modelización y argumentación en el contexto de las enfermedades infecciosas.

Los/as participantes en el estudio preliminar son dos grupos de estudiantes ( $N_i=124$ ) del Grado de Maestro/a de Educación Primaria de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), de edades comprendidas entre los 19 y los 26 años, cursando una materia de 2º curso de didáctica de ciencias y dos docentes que pertenecen al grupo de investigación RODA de la USC con experiencia docente e investigadora en el campo de la didáctica de ciencias.

En la implementación de la secuencia didáctica diseñada participó uno de estos dos grupos de estudiantes ( $N=61$ ) y en el que una alumna enfermó de TB. Durante este episodio de infección elegido para el estudio, los/as estudiantes no recibieron formación específica por parte de la docente acerca de la infección por TB ni de la enfermera que acudió al centro para realizarles la prueba de la tuberculina, esta sanitaria sólo les proporcionó información relativa a esta prueba. Esta información se limitó a detallar los resultados que podría dar a nivel cutáneo y su significado.

Los/as participantes afectados por este brote de TB indicaron haber recibido formación sobre enfermedades infecciosas en secundaria obligatoria en la materia de Biología y Geología y en 1º de Bachillerato dentro de la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, pero en ningún caso manifestaron tener conocimientos profundos sobre el funcionamiento del sistema inmunitario.

Los/as estudiantes trabajaron en pequeños grupos conformados desde el inicio del curso. Consideramos beneficioso mantener los mismos grupos debido a su buen funcionamiento, logrando de este modo las mismas dinámicas adquiridas de trabajo cooperativo y de intercambio de opiniones entre los distintos miembros.

##### *Consideraciones éticas*

Para la designación de los/as estudiantes, en el estudio preliminar, se han utilizado números consecutivos precedidos de la letra A de alumno (A1, A2, etc.), que en el caso de los participantes afectados se marca con un asterisco. Esta nomenclatura se establece de esta forma al responder el alumnado a los cuestionarios de manera anónima.

En la secuencia didáctica llevada a cabo con el grupo de estudiantes afectados, se designan los grupos de trabajo con las letras del abecedario, de la A a la R, excepto la K, la Ñ y la Q por la dificultad que presentan a la hora de seleccionar nombres propios que empiecen por esas letras. Al alumnado se le asigna un pseudónimo que comienza por la letra del grupo al que pertenecen conservando su género. En ningún

caso este pseudónimo coincide con el nombre real. Y para mantener el anonimato de la docente que participó en la investigación nos referimos a ella como “profesora”.

Todos/as los/as participantes fueron informados del objetivo de la investigación y del uso que se haría de sus datos. Al ser todos/as los/as participantes mayores de edad, sólo fue necesario que firmaran el consentimiento informado. Además, se solicitó el permiso del Decano de la Facultad para poder llevar a cabo esta investigación en el centro.

#### 1.4.2.3. Toma de datos y análisis

##### *Toma de datos*

La toma de datos se realizó en condiciones normales de aula: en el horario habitual de las sesiones de la materia y respetando la duración estipulada de las mismas (90 minutos).

La observación del investigador en el aula puede ser de dos tipos: participante o no participante. En el primer tipo, “el observador se compromete en las mismas actividades que empieza a observar. A menudo su ‘encubrimiento’ es tan completo que, por lo que respecta a los otros participantes, simplemente es uno más del grupo.” Un/a observador/a no participante, por otro lado, “permanece separado de las actividades del grupo que está investigando y evita ser miembro del grupo” (Cohen y Manion, 2002, p.164). En este estudio, el papel de la investigadora fue mayoritariamente de observadora no participante, para intentar evitar alterar la situación de aula. Y fue, además, la encargada de la recogida de datos.

Se utilizaron diferentes fuentes para esta recogida de datos: notas de campo de la investigadora, las grabaciones de audio y vídeo de las sesiones de trabajo en grupo y las producciones escritas de los/as participantes tanto individuales como grupales.

Las notas de campo de la investigadora incluyen la localización de las cámaras de vídeo y las grabadoras de audio de los diferentes grupos en cada sesión, comentarios sobre la marcha de la actividad, datos relevantes sobre el alumnado (quién estaba infectado/a de TB o quién había padecido la enfermedad anteriormente) y las dificultades que presentaron las tareas.

Las grabaciones en vídeo tuvieron como finalidad visualizar qué ocurría en los grupos de trabajo, cómo eran las interacciones entre los participantes, la comunicación no verbal, quién conformaba los grupos (sobre todo para facilitar la identificación de la voz de los alumnos y las alumnas) y qué documentos utilizaban.

Las grabaciones en audio sirvieron para recoger las estrategias utilizadas en la elaboración de las tareas y las discusiones de los diferentes grupos. Estas grabaciones fueron transcritas respetando el léxico y la forma de hablar de los/as estudiantes. Las transcripciones se organizaron en episodios atendiendo a las fases del modelo discutidas.

Las producciones escritas de los/as estudiantes incluyen los informes escritos de las diferentes actividades y las representaciones gráficas de los modelos de infección. La mayor parte de estos documentos son producciones de grupo, ya que se intentó promover la discusión y la co-construcción de significados con este trabajo grupal.

### *Análisis de los datos*

La metodología empleada para el análisis de los datos en esta investigación es el análisis del discurso y la unidad de análisis elegida es el episodio. Entendemos éste como la secuencia de turnos de intervención que se centran en un tema o una actividad determinada (Gee, 2005).

El proceso seguido para este análisis de datos consistió primeramente en la transcripción literal de las grabaciones de audio de los diferentes grupos. Las transcripciones se dividieron en turnos numerados que se corresponden con las intervenciones de cada estudiante y de la profesora. Se utilizaron las grabaciones de vídeo para completar estas transcripciones y aportar información visual sobre las interacciones de los participantes. Para completar la información, también se utilizaron las notas de campo. Después de una primera lectura, se dividieron en episodios, agrupando en ellos los turnos correspondientes a la discusión sobre una misma temática. A continuación, se hizo un segundo análisis intentando establecer categorías. Éstas se fueron revisando y reformulando en interacción con los datos y con la literatura. Finalmente, las categorías establecidas se consensuaron entre la autora y la directora de esta tesis.

De la misma manera, para las producciones escritas del alumnado se realizó un análisis de contenido (Bardin, 1996), estableciendo las categorías en interacción con los datos. Como en el estudio de García-Rodeja y Lima de Oliveira (2012), estas categorías se generaron de forma inductiva a partir de las respuestas de los/as estudiantes y fueron revisadas hasta llegar un acuerdo entre ambas investigadoras.

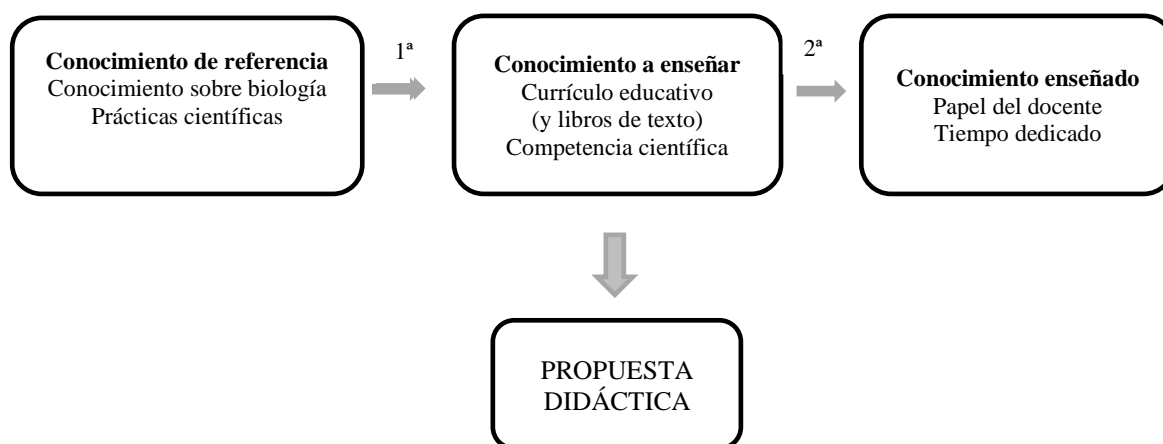
### **1.4.3. Diseño de la propuesta didáctica**

En este epígrafe se aborda el diseño de la propuesta didáctica elaborada para esta tesis. Para ello se ha aplicado el enfoque de la transposición didáctica (Verret, 1975; Chevallard, 1991) en el que el conocimiento científico sobre las enfermedades infecciosas y las prácticas científicas se integran en el ámbito educativo para dar lugar a la propuesta didáctica diseñada.

Este epígrafe se divide en cuatro apartados. En el primero se muestra cómo es el proceso de transposición didáctica llevado a cabo. En el segundo se justifica la elección del tema de la propuesta en base a la importancia que tiene en nuestro contexto geográfico la TB como enfermedad infecciosa, ya que se trata de una cuestión de salud socialmente viva. En el tercer apartado se indica los requisitos curriculares y en el último apartado se describe la propuesta didáctica.

### 1.4.3.1. La transposición didáctica.

El diseño de las propuestas didácticas se sitúa en la perspectiva metodológica de la transposición didáctica (Verret, 1975; Chevallard, 1991). Según Chevallard (1991), la transposición didáctica se define como “el trabajo que transforma un objeto de saber a enseñar, en un objeto de enseñanza” (p. 45). Este proceso consiste en la transformación del saber científico en un saber adecuado para enseñar. Tiberghien, Vince y Gaidioz (2009) distinguen dos etapas en este proceso: 1) desde el conocimiento de referencia al conocimiento a enseñar, es decir, la secuencia didáctica: desde el conocimiento científico propio de la disciplina a abordar hasta el conocimiento que marca el currículo y la competencia científica en el nivel educativo correspondiente y 2) del conocimiento a enseñar al conocimiento enseñado, en el que se analiza el proceso de implementación en el aula y en el que están implicados diferentes agentes como el alumnado y el profesorado. Estas dos etapas se muestran en la figura 3:



**Figura 3.** Aplicación de la transposición didáctica al diseño de actividades en este estudio (adaptado de Blanco Anaya y Díaz de Bustamante, 2015)

El *conocimiento de referencia* se concreta, por un lado, en el ámbito de la biología, en nuestro caso en contenidos relacionados con la salud, referidos a las enfermedades infecciosas y el funcionamiento del sistema inmunológico humano, y por el otro, en las prácticas científicas, concretamente en la modelización y la argumentación. Con estas premisas se delimita el *conocimiento a enseñar*, en el que se tienen en cuenta los requisitos curriculares y su concreción en los libros de texto y las capacidades a desarrollar correspondientes a la competencia científica. El fruto de

esta etapa es la propuesta didáctica elaborada, que, llevada a la práctica, nos proporciona el *conocimiento enseñado*.

A continuación, se detallan algunos de los elementos que intervienen en este proceso didáctico.

### 1.4.3.2. El conocimiento de referencia: La tuberculosis como enfermedad infecciosa

La TB es una enfermedad infecciosa endémica en Galicia. Nuestra comunidad autónoma sigue siendo la que presenta la tasa más elevada de TB de toda la península, con 16,03 casos por cada 100.000 habitantes en 2018 (Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica SEPAR, 2018). Está causada por el bacilo de la familia *Mycobacteriaceae* denominado *Mycobacterium tuberculosis* o bacilo de Koch, denominación otorgada en honor a su descubridor Robert Koch. Estas bacterias son bacilos filamentosos grampositivos. Son resistentes a la desecación y son muy sensibles al calor, la luz solar y la radiación ultravioleta (Pelczar, Reid y Chan, 1982).

La TB es una enfermedad de transmisión predominantemente aérea y el riesgo de transmisión requiere casi siempre la presencia sostenida de un paciente que tenga capacidad de contagiar. Existen otras formas de transmisión mucho más raras en nuestro país como la vía digestiva por ingestión de leche contaminada, la inoculación percutánea en laboratorios o en salas de autopsias y la vía placentaria. En la transmisión a través del aire, el riesgo de infección es directamente proporcional a la concentración de micobacterias emitidas por vía aérea y a la duración de la exposición con un paciente enfermo, e inversamente proporcional al tamaño del espacio aéreo compartido y a la ventilación del habitáculo (Vidal, 2002).

Antes de asentarse en las superficies, una parte de la masa de gotas respiratorias grandes liberadas al toser o estornudar se evaporan y forman núcleos de gotitas minúsculas (de 1 a 5  $\mu\text{m}$ ) que pueden contener uno o varios bacilos y que se diseminan fácilmente por las corrientes de aire en las habitaciones y por el aire acondicionado de los edificios. Cuando son inhaladas, el 50% penetra en las vías respiratorias y eso permite la llegada de los bacilos a los pulmones y que se implanten dentro de los macrófagos alveolares (Vidal, 2002).

Cada alvéolo pulmonar contiene macrófagos que limpian constantemente el espacio alveolar para permitir el intercambio de gases y evitar el desarrollo de una reacción inflamatoria, ya que cada vez que respiramos este alveolo se llena de partículas y de patógenos. Una vez el bacilo es fagocitado por el macrófago, la bacteria emplea al máximo su habilidad de multiplicación. Este ciclo se repite durante 5-6 días, desembocando en la necrosis del macrófago alveolar, provocando la salida del bacilo al líquido extracelular y la infección de otros macrófagos. Este proceso se repite hasta que los macrófagos infectados producen una respuesta inflamatoria. Esta respuesta activa diferentes tipos de leucocitos (neutrófilos, monocitos y células dendríticas). El bacilo de Koch es procesado por las células dendríticas que presentan sus antígenos a las células del sistema inmune, estimulando a los linfocitos T CD4+. Por lo general

los Th1 son el subtipo de linfocitos T CD4+ que más abunda. El desarrollo de la TB activa es evitado por la proliferación de estos linfocitos T. Estos activan a los macrófagos infectados mediante la secreción de interferón gamma y permiten la destrucción de la mayor parte de los patógenos (García-Sancho Figueroa, 2001). A pesar de esto, una pequeña parte de bacilos puede lograr entrar en fase de enlentecimiento metabólico, lo que posibilita su supervivencia con una actividad metabólica mínima. Los bacilos adormecidos permanecen en el interior de los macrófagos activados o formando granulomas durante años o décadas de forma latente (Young, Stark y Kirschner, 2008). Los granulomas tuberculosos son estructuras constituidas por capas concéntricas de macrófagos transformados que rodean e intentan destruir a los bacilos intrusos. Los macrófagos activados son drenados hacia al líquido alveolar y durante el procedimiento pueden destruirse, de manera que liberan los bacilos que guardan en su interior, de forma que pueden pasar a formar parte de los aerosoles que se producen en los bronquiolos de forma constante (García-Sancho Figueroa, 2001).

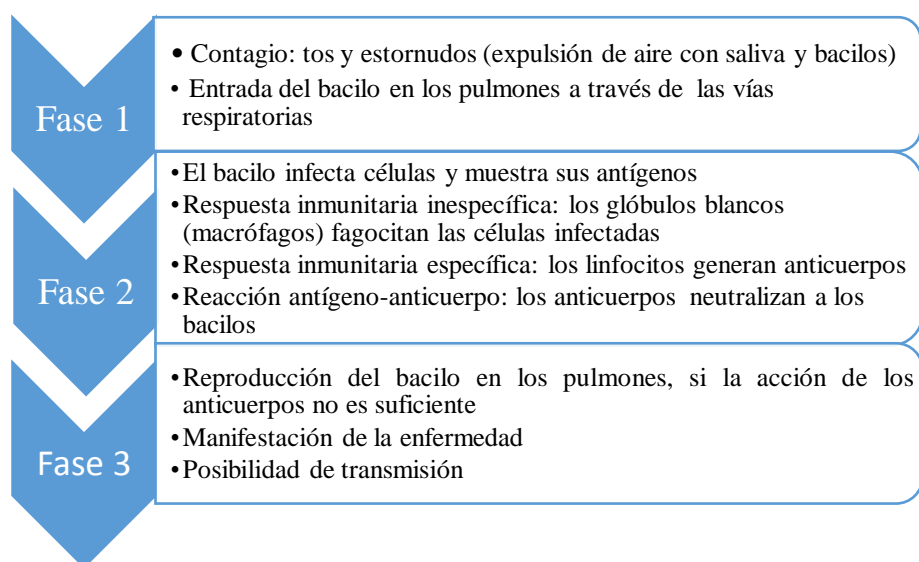
Las lesiones que se generan en los pulmones durante la infección por TB son tan pequeñas que no producen ningún tipo de disfunción significativa. Es durante el desarrollo de la enfermedad cuando estas crecen, se hacen visibles y producen cierto daño (García-Sancho Figueroa, 2001).

Ante una sospecha de TB está indicada la realización de la prueba estándar para el diagnóstico de la infección tuberculosa, el test de la tuberculina, mediante la técnica de Mantoux (inyección por vía intradérmica de pequeñas cantidades de tuberculina, proteína derivada del cultivo del bacilo de Koch), basado en la respuesta inmune originada por los linfocitos T, para valorar si el patógeno ha estado en contacto con el huésped, es decir si hay infección. En caso de que la prueba de positivo, es decir, confirma la infección, hay que descartar que ya se haya producido la enfermedad activa realizando una radiografía de tórax. En caso de detectarse una lesión, esta debe tener como mínimo un tamaño de 10 mm. para confirmar que la enfermedad se ha desarrollado. En caso contrario el huésped solo estaría infectado (González-Martín et al, 2010). Esta enfermedad latente puede mantenerse a lo largo de muchos años.

En el caso de la TB, la respuesta inmune que produce la infección es de tipo celular, es decir, mediada por células, los linfocitos T. La respuesta de tipo humoral o mediada por anticuerpos no es eficaz, debido a que estos no llegan a entrar en el espacio alveolar. A pesar de esto, para favorecer la comprensión del modelo de infección en el aula, utilizamos el vocablo “anticuerpo” en representación de esta respuesta inmune por interferón gamma.

Así, el *modelo de infección* de referencia comprende: la entrada del bacilo en el organismo, su desarrollo en el tejido pulmonar y la respuesta inmunológica desencadenada, evitándose así o no, según esta respuesta, la TB activa. Se explica de este modo: el bacilo se transmite de una persona enferma a una sana por la tos o los estornudos, expulsando el bacilo en las gotitas de saliva por parte de la primera e inhalándolas por parte de la segunda. Los bacilos entran por las vías respiratorias y

llegan a los pulmones, en concreto a los alveolos pulmonares. Allí el bacilo es atacado por los macrófagos (glóbulos blancos) que lo fagocitan. Si el bacilo logra reproducirse en el interior de los macrófagos se produce la infección y el bacilo muestra sus antígenos en la superficie celular del macrófago. Intervienen entonces los linfocitos reconociendo los antígenos y generando anticuerpos, que son liberados al medio para neutralizar a los bacilos. Los macrófagos reconocen estos bacilos neutralizados, los fagocitan y los eliminan. Si la acción del sistema inmunitario no fuese fructífera se produciría la TB activa. La figura 4 resume el modelo.



**Figura 4.** Fases e ideas clave del modelo de referencia de TB.

En esta figura quedan reflejadas las tres fases del proceso de infección referenciadas en el modelo:

- a) fase 1: contagio y entrada del bacilo en el organismo
- b) fase 2: respuesta inmunológica del individuo infectado
- c) fase 3: desarrollo de la TB activa en el individuo enfermo

Este modelo de referencia presentado es el referenciado en la literatura científica y se corresponde con el modelo científico o modelo de experto. El modelo escolar, para trabajar en primaria, resultaría de la transposición didáctica de éste y abordaría tres ideas clave de las tres fases: contagio, infección y desarrollo de la enfermedad, que se adecuarían al nivel educativo correspondiente.

#### 1.4.3.3. Qué debe saber el alumnado sobre las enfermedades infecciosas: el marco curricular

##### *Competencias en la Enseñanza Universitaria*

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), a partir de su inicio oficial en 1999 con la “Declaración de Bolonia”, ha dado lugar a un proceso de cambio en las universidades europeas.

En este nuevo marco de referencia que se ofrece, la apuesta por la calidad educativa plantea la mejora del proceso formativo del alumnado y, a su vez, determina de forma muy importante el dominio y desarrollo de sus capacidades claves y, por lo tanto, su formación integral y su inserción profesional (Álvarez Rojo y Lázaro, 2002). Estas capacidades clave se denominarán, en las posteriores leyes educativas, competencias.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), a través del proyecto DeSeCo (Definición and Selection of Competencies) define las competencias como la capacidad de responder a las demandas complejas y de llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz. (OCDE, 2002).

Por tanto, el concepto de competencia incluye conocimientos teóricos, conocimientos prácticos y actitudes de una forma integrada, sugiriendo un tratamiento articulado de todos estos. Supone la capacidad de usar los conocimientos anteriores en contextos muy distintos, para lo que se exige una integración y reorganización de los aprendizajes adquiridos. La sociedad actual demanda cambios en las personas, enfrentadas a entornos complejos (Riesco, 2008) en los que es necesario dar respuesta a situaciones cotidianas que requieran la toma de decisiones como ciudadanos críticos, como por ejemplo las relacionadas con la educación para la salud.

Pueden considerarse que existen grados de competencia, por lo que se pueden elaborar niveles de desempeño competencial, ya que estas competencias deben ser desarrolladas a lo largo de nuestra vida, de forma que se debería progresar a lo largo de la escolaridad y más allá de la misma (Cañal, 2012; Pedrinaci, 2012).

En la mayoría de las titulaciones universitarias de Grado y Máster se establecen una serie de competencias - generales (G), específicas (E), básicas (B) y transversales (T) - que todo alumno y alumna tiene que haber conseguido para obtener la titulación. Según se indica en la Memoria de la Titulación del Grado de Maestro/a en Educación Primaria (Universidad de Santiago de Compostela, 2014) en las materias de didácticas de ciencias, en las que se plantea este trabajo de investigación, algunas de estas competencias son:

“B.1. Demostrar que poseen y comprenden conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele

encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

E.25. Comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales (Física, Química, Biología y Geología).

E.26. Conocer el currículo escolar de estas ciencias.

E.27. Plantear y resolver problemas asociados con las ciencias a la vida cotidiana.

G.2. Diseñar, planificar y evaluar procesos de enseñanza y aprendizaje, tanto individualmente como en colaboración con otros docentes y profesionales del centro.

G.10. Reflexionar sobre las prácticas de aula para innovar y mejorar la labor docente. Adquirir hábitos y destrezas para el aprendizaje autónomo y cooperativo y promoverlo entre los estudiantes” (pp. 52-57).

De estas competencias podemos extraer que el alumnado debe alcanzar un nivel mínimo de conocimientos correspondientes a los establecidos en la educación secundaria, referidos a las diferentes áreas de conocimiento de las ciencias experimentales. Y que, además, deben saber aplicar esos conocimientos para resolver cuestiones de la vida cotidiana, como las relacionadas con la salud, y utilizar prácticas de aula que permitan desarrollar procesos de enseñanza y aprendizaje, en el ámbito de las prácticas científicas en nuestro caso, para el alumnado de primaria.

Por lo tanto, entendemos pertinente revisar el currículo de secundaria para tener presente qué conocimientos sobre enfermedades infecciosas y funcionamiento del sistema inmune debe tener el alumnado de formación inicial de maestro/a y cómo se han desarrollado las competencias científicas a través de las propuestas que ofrecen las diferentes editoriales en sus libros de texto.

### *El currículo de secundaria*

En el Decreto 133/2007, del 5 de julio, por el que se regulan las enseñanzas de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad Autónoma de Galicia, se especifican los objetivos, competencias y contenidos referidos a las áreas de conocimiento reconocidas en el currículo de esta etapa educativa. Para el área de Ciencias de la Naturaleza señala que:

“La finalidad de la enseñanza de esta área se centra en el desarrollo de habilidades y estrategias para recoger informaciones de diferentes fuentes, analizarlas y valorarlas, formarse opiniones fundamentadas, formular hipótesis, contrastarlas mediante la observación y experimentaciones, y elaborar conclusiones e informes; en suma, resolver problemas y formar a

ciudadanos y ciudadanas críticos, con capacidad para elaborar opiniones propias que les permitan participar democráticamente en las decisiones políticas que toman los representantes sociales sobre el medio ambiente, sobre la salud y sobre las aplicaciones de los adelantos científicos y técnicos. Se trata de familiarizar al alumnado con la naturaleza y con las ideas básicas de la ciencia con el objetivo de que pueda comprender las problemáticas de origen científico que le afecten como persona y ciudadano, y así poder generar actitudes responsables que le permitan participar en la toma de decisiones cuando se busca su solución.” (p. 12.032)

Se destaca, desde este planteamiento, la importancia de formar ciudadanos competentes en el ámbito de las ciencias.

El *Programme for International Student Assessment* (PISA), programa de la OCDE para la evaluación de la formación del alumnado, incluye dentro de las tres áreas de evaluación la competencia científica, junto con la competencia lectora y la competencia matemática. Esta competencia científica la define de la siguiente forma:

“Hace referencia a los conocimientos científicos de un individuo y el uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Así mismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método de conocimiento y la investigación humana, la percepción del modo en el que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia en un ciudadano reflexivo” (OCDE, 2006, p.13).

En este trabajo empleamos el término *competencias científicas* para referirnos a las distintas capacidades requeridas para su desarrollo, que como señalan Cañas, Martín y Niedo (2007) en su análisis comparativo, son las mismas tanto en PISA como en los currículos del Ministerio de Educación (MEC, 2006; 2007) y de las comunidades autónomas. Según PISA y el MEC, las tres competencias científicas son:

1. la identificación de cuestiones científicas, que incluye reconocer cuestiones investigables por la ciencia, así como reconocer las características principales de una investigación científica
2. la explicación científica de fenómenos, que consiste en la aplicación del conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos, elaborando, usando o evaluando modelos científicos
3. el uso de pruebas, para elaborar conclusiones justificándolas en base a datos o pruebas sobre cuestiones científicas.

Estas tres capacidades están conectadas entre sí (Jiménez Aleixandre, Bravo y Puig, 2009), ya que por ejemplo las cuestiones investigables por la ciencia pueden explicarse utilizando modelos científicos y evaluarse utilizando pruebas. Estas capacidades se desarrollan a partir de los contenidos científicos marcados en el currículo oficial.

En el currículo de secundaria (Decreto 133/2007, del 5 de julio), el tema de “Salud y enfermedad” corresponde a uno de los bloques temáticos propuestos para el curso de 3º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) titulado “Las personas y la salud”. Los contenidos que se proponen para este tema son:

- Identificación de los niveles de organización del cuerpo humano: aparatos, sistemas, órganos, tejidos y células.
- Valoración de la salud como un bien individual y colectivo. Identificación de los factores que condicionan la salud y la enfermedad. Importancia de los hábitos de vida saludable y del conocimiento de los factores de riesgo.
- Conocimiento de varios tipos de enfermedades: congénitas, hereditarias, crónicas, deficitarias e infecciosas (tipos de seres vivos que las provocan). Valoración del uso de los fármacos y problemáticas derivadas.
- Selección de información y crítica de las diferencias de los tipos de enfermedades en el mundo globalizado. Propuestas de actuación.
- Reconocimiento de la actuación del sistema inmunitario en un caso concreto (la gripe, una enfermedad bacteriana, las alergias...). Valoración de la aplicación de las vacunas, los trasplantes, de la donación de órganos y de las nuevas terapias con células madre.

Como se puede observar, dentro de este bloque se incluyen contenidos sobre el tipo de enfermedades, infecciosas y no infecciosas, el tipo de seres vivos que las provocan, la actuación del sistema inmunitario frente a estos agentes infecciosos, la utilización de las vacunas y el uso de fármacos y los problemas derivados de estas prácticas. Estos contenidos están relacionados sobre todo con la explicación de fenómenos científicos (utilización de modelos en la actuación del sistema inmune) y el uso de pruebas (para la toma de decisiones sobre la medicalización o la vacunación).

Los contenidos y competencias del currículo se pueden abordar de diferentes maneras en el aula. Una de ellas es la utilización de las propuestas didácticas que nos ofrecen las diferentes editoriales educativas. Los libros de texto constituyen un elemento curricular de referencia para el profesorado, siendo, en muchos casos, el elemento central y único en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Fernández Palop y Caballero García, 2017).

#### 1.4.3.4. La propuesta didáctica

Esta investigación, como ya se ha indicado anteriormente, incluye un *estudio preliminar* que sirvió para caracterizar a dos grupos de estudiantes, uno “afectado” por la TB y otro “no afectado” por la enfermedad, y analizar las diferencias entre ambos, y un *estudio de caso* en el que se diseñaron tres actividades que favoreciesen el desarrollo de las prácticas científicas de modelización y argumentación.

La actividad del *estudio preliminar* consistió en un cuestionario individual y anónimo de tres preguntas de respuesta abierta cuyo objetivo principal era sondear las concepciones que tenía el alumnado participante sobre una enfermedad infecciosa de implicación social y presente en nuestro contexto, la TB. Esta actividad se presenta en la figura 5.

<p style="text-align: center;"><b>¿Qué sabemos sobre la tuberculosis?</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿La TB es una enfermedad habitual o rara hoy en día?</li><li>2. ¿Podemos tener la TB y no saberlo?</li><li>3. ¿Quién o qué causa la enfermedad?</li></ol>
--

**Figura 5.** Cuestionario inicial de la propuesta didáctica

La primera pregunta de este cuestionario nos permitió estudiar la percepción del alumnado sobre la enfermedad y el tipo de justificaciones (científicas, sociales o relacionadas con las experiencias personales) que utilizaban para argumentarla. La segunda pregunta se refería al modelo de infección por TB que presentaba el alumnado y la tercera pregunta a los agentes causantes de la enfermedad. Las respuestas a las preguntas planteadas en esta actividad nos permitieron analizar las diferencias entre los dos grupos y seleccionar el grupo de estudiantes “afectados” para el estudio de caso. Este estudio preliminar está analizado parcialmente en las publicaciones 2 y 5.

Para el *estudio de caso* se diseñaron tres actividades que favoreciesen el desarrollo de las prácticas científicas de modelización y argumentación (actividades 1, 2 y 3) La primera actividad *¿Podemos tener la TB sin saberlo?* permite practicar la competencia de explicar fenómenos científicos, que se corresponde con la práctica de modelización, relacionada con la construcción y la evaluación del conocimiento. Esta actividad se llevó a cabo en pequeños grupos de discusión y utiliza como contexto la propia experiencia del alumnado afectado, partiendo del episodio de contagio y las visitas de la enfermera al centro para realizar la prueba de la tuberculina y para comunicar los resultados a los/as estudiantes. Esta actividad se presenta en la figura 6:

### ¿PODEMOS TENER LA TUBERCULOSIS SIN SABERLO?

Este año tuvimos que hacernos la prueba de la TB para ver si teníamos esta enfermedad. Nos visitó una enfermera del hospital en el mes de enero. La enfermera nos visitó dos veces: la primera para pincharnos, y la segunda para ver los resultados. A algunos la prueba nos dio positivo y nos dieron un tratamiento.

1. ¿Por qué algunos nos infectamos de la TB y otros no?
2. La bacteria que causa la TB se denomina *Mycobacterium tuberculosis* o bacilo de Koch. Los síntomas de la TB son tos, fiebre, sudores, y a veces pérdida de peso. La enfermera nos comunicó a algunos que la prueba daba positivo. ¿Podemos tener la TB sin darnos cuenta? ¿Cómo sabe la enfermera que tienes la enfermedad si no presentas síntomas?
3. Trata de explicar y representar gráficamente lo que pasa en nuestro organismo cuando entra el bacilo. Explicad el proceso de infección seleccionando entre los siguientes términos y relacionándolos entre sí: Contacto físico – tos – alimentos – anticuerpos – bacilo – linfocitos – células infectadas – macrófagos (glóbulos blancos) – antígenos – sangre – vacuna
4. En el caso de que dices negativo, ¿te vacunarías?

**Figura 6.** Actividad 1 de la propuesta didáctica: ¿Podemos tener la tuberculosis sin saberlo?

Las tareas planteadas en esta actividad van dirigidas a la construcción y evaluación del modelo de infección por TB. Se solicita al alumnado que expresen y consensuen el modelo y para ello deben construir una representación del funcionamiento del sistema inmune frente a la infección por esta enfermedad. Este proceso de modelización se complementa con la práctica de la argumentación a la hora de validar el modelo elaborado en cada grupo. La última tarea de esta actividad también permite el desarrollo de la argumentación, ya que plantea una situación en la que es necesaria una toma de decisión frente a la vacunación, propiciando el desarrollo de una actitud crítica en el contexto de una sociedad responsable en temas de salud. El análisis de varias tareas de esta actividad está detallado en las publicaciones 2, 3, 4 y 5.

La segunda actividad de la propuesta didáctica *¿Qué sabemos sobre las enfermedades infecciosas?* (figura 7) es una actividad de elaboración individual que permite revisar la construcción del conocimiento de cada estudiante hasta el momento y permite poner a prueba la capacidad crítica del alumnado en el contexto de elaborar argumentos sobre creencias relacionadas con la salud, concretamente sobre enfermedades infecciosas víricas y bacterianas.

## ¿QUÉ SABEMOS SOBRE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS?

### Parte 1:

Este año, en los Centros de Salud de Lugo, las enfermedades que presentaron mayor frecuencia entre los escolares de 6 a 12 años fueron: gripe, tuberculosis, varicela, meningitis, rubeola, parotiditis, escarlatina, neumonía y mononucleosis.

- ¿Cuál/es conoces? ¿Por qué?
- ¿Cuál/es crees que se contagian más fácilmente entre el alumnado de primaria? ¿Por qué?
- ¿Cuál/es crees que son víricas? ¿Por qué lo piensas?
- ¿Cuál/es consideras que puedes tener sin saberlo? ¿Por qué?
- ¿En cuál/es necesito tomar antibióticos para curarme? ¿Por qué?
- ¿De cuál/es necesito vacunare? ¿Por qué?
- ¿Cuál/es son enfermedades de mujeres? ¿Por qué?

### Parte 2:

En la vida cotidiana hablamos de enfermedades con familiares, amigos y compañeros de trabajo. A veces utilizamos expresiones que no son científicamente correctas. Señala si son correctos los siguientes enunciados y justifica por qué.

- *Debo tener las defensas bajas... Ya es la segunda gripe que cojo este año.* SI/NO. Argumento:
- *Enfermé justo el lunes. Me debió coger el frío el domingo por la calle.* SI/NO. Argumento:
- *Para curar la gripe es bueno tomar mucha vitamina C.* SI/NO. Argumento:
- *Hay que seguir el calendario de vacunación para prevenir las enfermedades.* SI/NO. Argumento:
- *Puedo tener el bacilo de la tuberculosis, pero no contagiar a nadie.* SI/NO. Argumento:

**Figura 7.** Actividad 2 de la propuesta didáctica: ¿Qué sabemos sobre las enfermedades infecciosas?

En la primera parte de la actividad se plantan cuestiones relacionadas con enfermedades comunes entre los escolares de Educación Primaria que hacen referencia al proceso de contagio, a los agentes causantes de las enfermedades presentadas y a la prevención de la infección entre otras. La segunda parte de la actividad aborda tareas de argumentación en base a expresiones cotidianas sobre el funcionamiento del sistema inmune, que permite facilitar el desarrollo de pensamiento crítico frente a enunciados no científicos.

La tercera actividad de la propuesta didáctica *¿Por qué la tuberculosis aumenta en Europa?* permite practicar la argumentación y el uso de pruebas en el

contexto de elección de explicaciones causales, a partir de una noticia sobre el repunte de la TB en Europa. Esta actividad, en un principio, se planteó como prueba piloto después de la actividad 1 de esta propuesta didáctica y como una actividad de discusión vinculada al foro del Aula Virtual de una de las asignaturas en las que se desarrolló esta propuesta. Aunque las aportaciones en el foro cumplían los requisitos de la actividad fueron pocas las intervenciones del alumnado. Entendemos que este resultado atiende al formato virtual, individual y voluntario de la actividad y al momento de su implementación (final de curso). En base a esto, se reformuló la actividad en un formato presencial de discusión en pequeños grupos para realizarla a continuación de la actividad 2 de la propuesta didáctica. Además del extracto de la noticia sobre el aumento de TB en Europa y las posibles causas ofrecidas por diferentes medios de comunicación, se le facilitó al alumnado ocho informaciones impresas en catones de colores y extraídas de diferentes fuentes. No todas estas informaciones eran científicas y válidas. El análisis de los argumentos contruidos por el alumnado en base a las pruebas disponibles y la fiabilidad que dan a las fuentes de información utilizadas se encuentran en la publicación 5.

A continuación, se muestra la versión definitiva de esta actividad.

### **¿POR QUÉ LA TUBERCULOSIS AUMENTA EN EUROPA?**

“*Europa se enfrenta a un repunte de la tuberculosis*”, fue el titular de El País del 20 de agosto de 2013. La noticia destacaba que “ni los tratamientos existentes, ni el bienestar del continente, sobre todo en el oeste, eliminaron la enfermedad”. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en 2011 medio millón de personas tenían la TB en Europa y que este número estaba en descenso. La OMS teme que la tendencia se invierta. De este medio millón de personas, mueren unas 44.000 al año, siendo la TB la segunda enfermedad infecciosa más letal después del SIDA.

Los medios señalan múltiples causas sobre el aumento de la TB en Europa, siendo las más citadas estas cinco:

- A. La llegada de inmigrantes
- B. La resistencia a los antibióticos
- C. La predisposición genética de las personas
- D. La evolución de la bacteria de la TB
- E. Factores ambientales (desnutrición, higiene, sanidad, clima, pobreza, etc.)



Los cartones de colores que se entregan junto con esta tarea presentan datos relacionados con estas cinco causas.

**PREGUNTAS:**

1) Lee las informaciones de los cartones. ¿Con qué causa relacionas cada una de las informaciones de los cartones? Cubre tu respuesta en la tabla.

Causas	Datos (marca el número y subraya la información correspondiente en cada cartón)
A. Llegada de inmigrantes	
B. Resistencia a antibióticos	
C. Predisposición genética de las personas	
D. Evolución de la bacteria de la TB	
E. Factores ambientales	

2) ¿Qué información/es crees que tiene/tienen una mayor fiabilidad? Justifica tu elección en esta tabla.

Datos seleccionados	Justificación

3) ¿Cuál crees que es la causa/s del aumento de la TB en Europa? Marca tu/s elección/es con un círculo.

<b>A   B   C   D   E</b>
--------------------------

Creo que es ..... porque .....
--------------------------------

4) Explica por qué no escogiste las otras opciones (causas). Utiliza esta tabla. Escribe en la columna de la izquierda la letra de la opción y en la columna de la derecha explica por qué crees que ese/os dato/s no es/son fiable/s.

Opción	Justificación

### INFORMACIONES (aportadas al alumnado en cartones de colores)

**1.** La TB es más común en las regiones del mundo donde hay pobreza, desnutrición, condiciones antihigiénicas y cuidado médico público precario. Los países con mayor incidencia son: India, China, Indonesia, Bangladesh, Nigeria, Pakistán, Filipinas, Congo, Rusia y Brasil.

(fuente: Márcio Lança, M.D., neumólogo del hospital de la Pontificia Universidade Católica de Rio Grande do Sul)

<http://www.abcdelasalud.net/339/neurologia/tuberculosis-pulmonar/>)

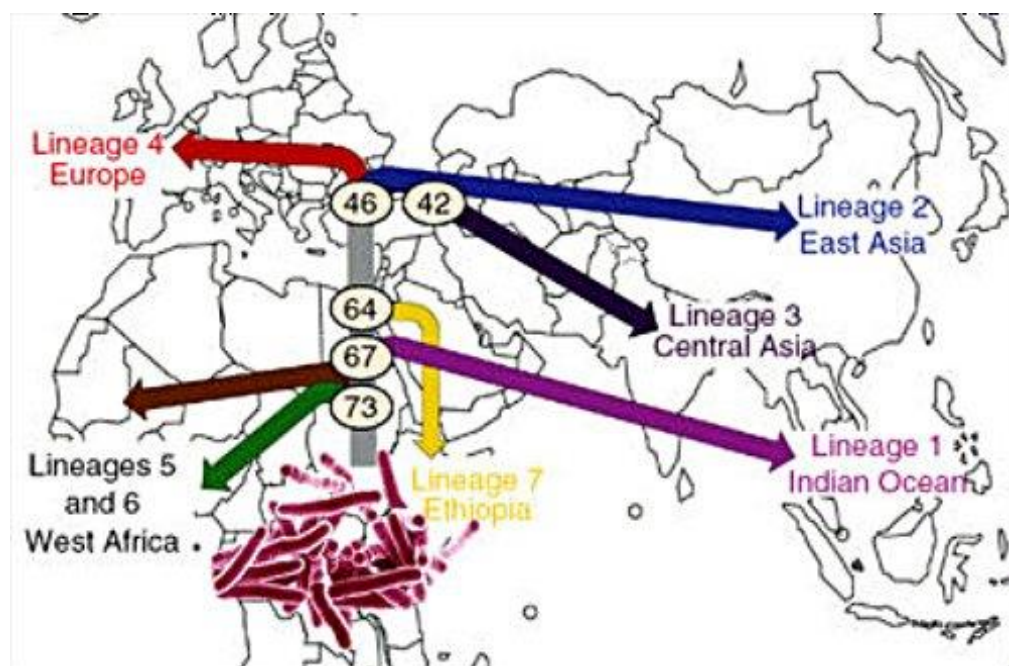
**2.** Un grupo de científicos de la Universidad de Washington afirma que las mutaciones genéticas del gen *lta4h*, que codifica la producción de leucotrienos (compuestos importantes para a respuesta inmunológica inicial contra muchos patógenos, incluido el bacilo de Koch), se relaciona con diferentes grados de susceptibilidad y desarrollo de la TB.

(fuente: Blog de Alberto Mendoza, médico especialista en enfermedades infecciosas, 16 de mayo de 2010)

<http://www.tbperu.org/2010/05/predisposicion-genetica-la-tuberculosis.html>)

**3.** Un análisis genético mundial de cepas de la bacteria de la TB revela que este microorganismo ya infectaba a los primeros humanos antes de salir de África. La expansión humana favoreció la diversificación genética de la bacteria de la TB, indican cuatro estudios internacionales.

(fuente: Agencia Servicio de Información y Noticias Científicas, 1 de octubre de 2013) <http://www.agenciasinc.es/Noticias/La-bacteria-de-la-tuberculosis-lleva-70.000-anos-persiguiendo-a-la-humanidad>).



4. Los negros parecen ser más susceptibles a los bacilos de la TB, según Márcio Lança, M.D., neumólogo del hospital de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande do Sul.

(Fuente: ABC de la salud, 28 de agosto de 2007)

<http://www.abcdelasalud.net/339/neurologia/tuberculosis-pulmonar/> )

5. “Los pobres son los más vulnerables a la tuberculosis, aunque abogados, médicos y deportistas tuvieron también de forma latente la enfermedad”, explica Jonathan Stillo, antropólogo de la Universidad de Nueva York que investiga sobre la TB en Rumanía.

(Fuente: El diario, 19 de mayo de 2013)

[http://www.eldiario.es/politica/crisis-pobreza-empeoran-tuberculosis-Rumania\\_0\\_134036616.html#BGW8EAjEejXAIQxo](http://www.eldiario.es/politica/crisis-pobreza-empeoran-tuberculosis-Rumania_0_134036616.html#BGW8EAjEejXAIQxo)

6. Un informe del servicio de vigilancia epidemiológica francés detectó un aumento del número de muestras de la variante resistente de la TB. Las autoridades comprobaron que se trata de casos importados de Rusia y otros países del este de Europa.

(Fuente: El País, 20 de agosto de 2013)

[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/08/20/actualidad/1377024221\\_014480.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/08/20/actualidad/1377024221_014480.html))

**7.** El uso inadecuado y prolongado de antibióticos hace que los organismos infecciosos desarrollen resistencia y sean menos eficaces.

(Fuente: Público, 3 noviembre de 2013)

<http://www.publico.es/479303/los-medicos-preocupados-por-la-resistencia-a-los-antibioticos> )

**8.** Los enfermos del aparato respiratorio deberán evitar las atmósferas o ambientes cargados o impuros (con polvo, humo, etc.), permaneciendo el mayor tiempo posible al aire libre.

(Fuente: SaludBio, web sobre medicina natural de Pablo Lastras e Yolanda Santiuste, biólogos)

<http://saludbio.com/articulo/las-enfermedades-de-los-pulmones-vias-respiratorias-tuberculosis-tratamientos-remedios-de-medicina-natural> )



## 2. PUBLICACIONES

En este epígrafe se presentan los cuatro artículos y el capítulo de libro que conforman esta tesis y constituyen una contribución original a la investigación sobre problemáticas de salud en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. La contribución de cada una de las autoras se indica a continuación: el diseño del estudio presentado en los artículos y el capítulo de libro fue elaborado conjuntamente entre la doctoranda y la directora de tesis; la descripción del estudio, la toma de datos y el análisis de éstos fue llevado a cabo por la doctoranda con la orientación y la retroalimentación de la directora; y el marco teórico y las conclusiones fueron elaborados conjuntamente por ambas autoras de manera consensuada.

### 2.1. PUBLICACIÓN 1. ¿CÓMO SE PRESENTAN LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN LOS LIBROS DE TEXTO?

En este artículo se analiza cómo se presentan los contenidos relacionados con las enfermedades infecciosas y el sistema inmunitario en los libros de texto de la materia de Biología de 3º de Educación Secundaria Obligatoria y si las actividades presentadas abordan problemas o situaciones de carácter socio-científico y favorecen el desarrollo de las competencias científicas.

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2014). ¿Cómo se presentan las enfermedades infecciosas en los libros de texto? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 135-144.

[http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i2.02](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i2.02)



## **2.2. PUBLICACIÓN 2. CONCEPCIONES Y MODELOS DEL PROFESORADO DE PRIMARIA EN FORMACIÓN ACERCA DE LA TUBERCULOSIS.**

En este artículo se presenta parte de la secuencia didáctica diseñada para esta tesis, caracteriza a los dos grupos de estudiantes que participan en la investigación, uno afectado por un episodio de infección de TB y otro no afectado, revisando las ideas que presenta el alumnado acerca de la TB y su contagio, y analiza los modelos de infección por TB que elaboran los estudiantes del grupo de afectados por la enfermedad.

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2016). Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formación acerca de la tuberculosis. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 33-52.

<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1670>



### **2.3. PUBLICACIÓN 3. ¿QUÉ CONOCIMIENTOS MOVILIZAN UN GRUPO DE FUTUROS DOCENTES PARA ELABORAR EL MODELO DE INFECCIÓN POR TUBERCULOSIS?**

Este artículo aborda la dinámica de modelización de los diferentes grupos de estudiantes a la hora de construir el modelo de infección por TB y el tipo de conocimientos que utilizan en esta modelización y su articulación con la argumentación para la mejora del modelo.

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2016). ¿Qué conocimientos movilizan un grupo de futuros docentes para elaborar el modelo de infección por tuberculosis? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 264-278.

[http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i2.04](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.04)



#### **2.4. PUBLICACIÓN 4. INTRODUCIR TEMAS DE EDUCACIÓN PARA LA SALUD EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: LA TUBERCULOSIS.**

En este artículo se exploran los tipos de argumentos que utiliza el alumnado durante la construcción del modelo de infección por TB y las dificultades en la comprensión de los términos científicos proporcionados para la elaboración de dicho modelo.

Puig, B. y Aznar Cuadrado, V. (2014). Introducir temas de educación para la salud en la formación inicial de maestros: la tuberculosis. *Uni-pluri/versidad*, 14 (2), 92-100.

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/20060>



## **2.5. PUBLICACIÓN 5. CONECTAR A CIENCIA COS PROBLEMAS SOCIAIS: A TUBERCULOSE COMO CONTEXTO.**

Este capítulo de libro aborda principalmente el análisis de la argumentación del alumnado situado en un contexto de repunte de la TB en Europa, concretamente el tipo de argumentos que utilizan para explicar el aumento de la TB en nuestro continente, los datos que seleccionan los estudiantes para elaborar estos argumentos y la fiabilidad que otorgan a las fuentes de información que utilizan. Además, también se examinan en esta publicación las justificaciones que aportan los estudiantes al caracterizar la enfermedad y al valorar las causas por las que unos nos infectamos y otros no.

Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2017). Conectar a ciencia cos problemas sociais: a tuberculose como contexto. En X.C. Macía Arce (coord.) *Ensinar na sociedade actual*. (p. 567-582). Santiago de Compostela: Andavira



## 3. DISCUSIÓN

En este capítulo se discuten los resultados relacionados con los objetivos de investigación de la tesis. Estos resultados se tratan, en un primer momento, de forma individual en relación con las cuestiones vinculadas con cada objetivo y, posteriormente, se discuten de manera general, conectando todo lo analizado en esta tesis.

### 3.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS RELACIONADOS CON CADA OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. Contenidos sobre enfermedades infecciosas y desarrollo de la competencia científica en los libros de texto

El primer objetivo de investigación, *Analizar cómo se presentan los contenidos relacionados con las enfermedades infecciosas en los libros de texto y en qué medida favorecen el desarrollo de las competencias científicas mediante actividades orientadas a este fin.*, se presenta en la publicación 1 y se concreta en estas dos preguntas de investigación:

PI 1.1. ¿Cómo se presentan las enfermedades infecciosas y los modelos de infección en los libros de texto?

PI 1.2. ¿Qué competencias científicas se abordan en las actividades que proponen los libros de texto? ¿En qué medida se abordan las cuestiones socio-científicas en estas actividades?

Los libros de texto son elementos curriculares de referencia que se siguen utilizando como guía del docente en la mayoría de las aulas, a pesar de que actualmente existen gran variedad de recursos educativos más allá de estos manuales (Fernández Palop y Caballero García, 2017).

Para el análisis de estas dos preguntas de investigación que se plantean se seleccionó una muestra de ocho libros de texto de Biología y Geología de 3º de ESO de las editoriales más representativas y utilizadas en las aulas de ciencias de nuestra comunidad. De ellos se seleccionó el tema “Salud y enfermedad” y más concretamente la sección dedicada a las enfermedades infecciosas.

Las enfermedades infecciosas víricas y bacterianas son las que aparecen con mayor frecuencia en los libros de texto frente a las causadas por protozoos y hongos. Entre las víricas, las más citadas son la gripe (que se presenta en todos los textos analizados) y la hepatitis y el sarampión (en el 87.5 % de los libros). De las enfermedades bacterianas, son la difteria y la salmonelosis (que aparecen en todos los textos) y el tétanos (en el 87.5 % de los manuales). Enfermedades como la meningitis o la TB, endémicas de nuestro entorno y por tanto más significativas para nuestro alumnado, aparecen en muy baja frecuencia (12.5% y 25% respectivamente) y reciben el mismo tratamiento que otras enfermedades ya desaparecidas, como la viruela, o con muy poca incidencia en nuestro contexto, como la peste bubónica. La TB debería tenerse en consideración en nuestra comunidad ya que presenta además un problema añadido: la resistencia que está presentando la bacteria tuberculosa a los antibióticos.

De todas las enfermedades infecciosas que mencionan los libros de texto sólo algunas se trabajan en actividades específicas, siendo la gripe y el sida, ambas víricas, las más utilizadas.

En cuanto al modelo de infección, todos los libros de texto presentan una explicación sobre este proceso, aunque sólo siete de los ocho libros incluyen además una representación gráfica del mismo. En la explicación se expone el proceso de infección y la respuesta inmune tanto macroscópicamente como microscópicamente. A nivel macroscópico, los textos describen las barreras externas del ser humano ante la entrada de agentes patógenos, el proceso de inflamación y la fiebre. Y a nivel microscópico, las células del sistema inmune que intervienen y la función de cada una de ellas en el proceso de infección. En la representación gráfica se presenta el proceso de respuesta inmune de manera muy general, o parte de este proceso, centrándose en la reacción antígeno-anticuerpo, sin diferenciar entre el proceso vírico y bacteriano.

Sólo tres de los ocho libros de texto analizados incluyen tareas de modelización. Estas actividades requieren explicar el modelo de infección a nivel macroscópico, pero sin conectarlo con ninguna enfermedad concreta o de interés para el alumnado, simplemente identificando los elementos que intervienen en la respuesta inmune y construyendo una explicación a nivel celular del proceso de infección.

El proceso de enseñanza-aprendizaje está condicionado por muchos aspectos. Uno de ellos es el tipo de actividades de aprendizaje que el profesorado plantea al alumnado. Algunos/as docentes prefieren diseñar actividades adaptadas a sus estudiantes y al contexto en el que viven, pero la mayoría se guían por las propuestas que hacen las diferentes editoriales. Por eso es necesario analizar las actividades de estas propuestas, en concreto: el tipo de actividades, las competencias científicas que

desarrollan y las relaciones de los contenidos trabajados en ellas con la vida cotidiana del alumnado.

La mayor parte de las tareas analizadas en los libros de texto (más del 55% en todos ellos y en algunos manuales llegando hasta el 100%) corresponden a actividades de reproducción, entendiéndose estas como las que solicitan definir conceptos, realizar clasificaciones, resumir contenidos, conceptos o procesos entre otras cuestiones. En estas actividades sólo se necesita reproducir la información proporcionada en el libro. Las actividades que requieren aplicar conocimientos son menos numerosas y se corresponden con aquellas que permiten el desarrollo de las competencias científicas de *identificación de cuestiones científicas*, *explicación científica de fenómenos* y *uso de pruebas científicas*.

La competencia de *explicación científica de fenómenos* es la que más se trabaja. Un 81% de las actividades de aplicación permiten desarrollar esta competencia, centrándose en la comprensión de principios básicos y conceptos relacionados con la transmisión de enfermedades, la defensa del organismo frente a la infección, su prevención y curación, así como las relaciones entre ellos. En ellas se presentan situaciones de la vida diaria que requieren la aplicación de conocimientos. Ejemplos de estas tareas son: asesorar sobre prevención a un amigo ante un viaje a un lugar con alto riesgo de contraer tétanos o gripe A, explicar por qué los animales se lamen las heridas instintivamente o por qué no pasamos dos veces la varicela o las paperas.

La competencia de *uso de pruebas científicas* es la segunda que más se trabaja en las actividades (25.9%), principalmente la dimensión de interpretar datos y pruebas científicas y elaborar conclusiones. Un ejemplo que ilustra el trabajo de esta competencia propone la interpretación de datos de una gráfica que muestra la evolución de los anticuerpos generados por un paciente al administrarle un suero y una vacuna del tétanos a lo largo de varios meses para prevenir una infección. La tarea requiere que el alumnado razone y justifique la combinación de ambos procedimientos.

La competencia científica de *identificación de cuestiones científicas* es la de menor frecuencia (12.1%). Al igual que la anterior, sólo tres de los ocho libros proponen tareas que permitan desarrollar esta competencia. La dimensión que más se trabaja es reconocer los rasgos clave de la investigación científica: controlar variables, formular hipótesis, diseñar experimentos. Uno de los ejemplos disponibles describe varios experimentos con ratones en diferentes estados de inmunidad a los que se les inyecta la toxina del tétanos. Como resultado de estos ensayos unos ratones mueren y otros no. El alumnado tiene que elaborar una hipótesis para explicar estos resultados, y explicar qué haría para comprobarlo.

Por último, las cuestiones socio-científicas aparecen casi en un 5% de las actividades de los libros. Algunas de estas cuestiones, como la automedicación y la resistencia a los antibióticos, se abordan en seis de los ocho textos, aunque no se presentan en forma de controversias relacionadas con enfermedades concretas, como

la TB. La vacunación y la polémica relacionada con el movimiento antivacunas, cuestiones que requieren de la toma de decisiones en base a conocimientos científicos, se menciona sólo en uno de los textos. Entre este pequeño porcentaje de actividades destaca una actividad relacionada con la pandemia originada por la gripe A en el año 2009. La tarea requiere, entre otras cuestiones, argumentar de forma crítica la necesidad o no de las medidas tomadas por la OMS, la vacunación generalizada de la población, en base a datos proporcionados. Para resolver la tarea es necesario entender cómo se defiende nuestro organismo frente al virus y cómo reacciona una vez inmunizado. Es decir, el alumnado debe aplicar el modelo de infección en esta tarea contextualizada en una urgencia sanitaria y en una enfermedad concreta, la gripe A, para tomar una decisión con implicación social.

### **3.1.2. Concepciones sobre la tuberculosis y diferencias entre alumnado afectado y no afectado**

El segundo objetivo de investigación *Analizar las concepciones acerca de la TB y las posibles diferencias entre alumnado afectado y no afectado por la enfermedad* se analizó en las publicaciones 2 y 5 y se concreta en la siguiente pregunta de investigación:

PI 2.1. ¿Qué nociones presentan los/as estudiantes afectados frente a los no afectados por la TB?

Se utilizó el cuestionario inicial para conocer las concepciones que tenían los/as estudiantes afectados y los/as no afectados por el episodio de infección por TB sobre esta enfermedad. Este cuestionario constaba de tres preguntas abiertas. La primera de ellas *¿La TB es una enfermedad habitual o rara hoy en día?* marcaba ya diferencias sustanciales entre los dos grupos de estudiantes, como era de esperar. La mayoría del grupo de afectados (75.4%) consideraban la TB una enfermedad común, mientras que la mayoría de los/as estudiantes no afectados la consideraban poco frecuente (65.1%). Las justificaciones que aportaron los/as estudiantes se pueden clasificar en tres categorías:

- a) Científicas: son aquellas justificaciones que hacen referencia a conocimientos relacionados con los avances médicos en cuanto a tratamientos y control de la enfermedad y a conocimientos específicos sobre la TB. En estas justificaciones se incluyeron conceptos como la resistencia de la bacteria o la latencia del bacilo en nuestro organismo. Además, utilizaron la vacuna, los avances en los tratamientos y la investigación médica como pruebas para argumentar que la TB era común hoy en día ya que se sigue invirtiendo en ella.
- b) Sociales: son aquellas justificaciones que se apoyan en conocimientos sociales y culturales relacionados con la TB. Proceden de diferentes

contextos fuera del ámbito académico, como la familia y las publicaciones de los medios de comunicación. La mayoría de las justificaciones utilizadas en esta categoría hacían referencia al número de casos: “elevado número de casos” para los afectados y “escaso número de enfermos de TB” para los no afectados. Incluso relacionaban la enfermedad con países poco desarrollados y la llegada de inmigrantes a nuestro país.

- c) Experiencias personales: son aquellas justificaciones que se basan en conocimientos vivenciales basados en experiencia previas con la enfermedad, adquiridos de forma directa o a través de familiares y amigos afectados.

El grupo de estudiantes afectados utilizaron justificaciones de los tres tipos, aunque mayoritariamente las científicas, mientras que los/as no afectados incluyeron principalmente justificaciones sociales. No presentaron justificaciones basadas en la experiencia y muy pocas fueron científicas. Esto parece indicar que el grupo de estudiantes afectados tenía un mayor conocimiento sobre la enfermedad debido a que la experiencia personal de vivir el episodio de infección los había motivado a querer conocer más.

La segunda pregunta del cuestionario *¿Podemos tener la TB sin saberlo?* tenía como fin analizar las ideas del alumnado sobre el proceso de infección de esta enfermedad infecciosa. Todos los/as estudiantes afectados respondieron afirmativamente a la pregunta y el 93.4% aportaron una o más justificaciones. Las más frecuentes hacían alusión a: “ser portador”, la “latencia”, “incubar la enfermedad” (73.8%) y a no presentar síntomas claros o confundirlos con los de otra enfermedad (23%). Casi la mitad de los no afectados (49.2%) afirmaron que no es posible tener la TB sin saberlo y la otra mitad (50.8%) señalaron que sí es posible porque los síntomas podrían tardar en aparecer o confundirse con los de otras enfermedades. En el análisis de esta pregunta pudimos observar que el grado de conocimiento sobre la TB en el grupo de los afectados era mayor.

La tercera pregunta del cuestionario *¿Qué o quién causa la enfermedad?* estableció también diferencias entre el grupo de afectados y no afectados. Mientras la mayoría de los primeros (68.9%) señalaron, sin dudar, a las bacterias como los agentes causantes de la TB, el 55.6% de los/as no afectados lo hicieron con poca seguridad. También ambos grupos nombraron los virus como causantes de la enfermedad (el 13.1% de los/as afectados y el 22.2 % de los/as no afectados). Observamos, por tanto, que en ambos grupos el alumnado manifestó confusión entre virus y bacterias. Casi la cuarta parte (23.8%) del alumnado no afectado indicó que no sabían qué o quién causaba la TB.

### **3.1.3. Los modelos elaborados y la práctica de la modelización sobre la tuberculosis**

El tercer objetivo de investigación *Examinar los modelos elaborados y la práctica de la modelización en el contexto de explicar el proceso de infección de una enfermedad* se analizó en las publicaciones 2, 3 y 4 a través de las siguientes preguntas de investigación:

PI 3.1. ¿Qué conocimientos movilizan los/as futuros/as docentes para explicar el modelo de infección por TB?

PI 3.2. ¿Cómo varían esos conocimientos a lo largo de la tarea de construcción del modelo?

PI 3.3. ¿Cómo explican y representan el modelo de infección de la TB?

Para el estudio de las dos primeras preguntas de investigación se analizó el discurso oral de tres grupos que permitió visualizar las dinámicas de discusión y co-construcción seguidas para abordar el modelo de infección de la TB. Tras este análisis se observó que la construcción del modelo no fue lineal, sino que alternó la discusión de las diferentes fases del modelo. Los grupos comenzaron por consensuar los significados de algunos de los términos aportados por la tarea para explicar la fase de contagio en un primer momento y que retomaron sucesivamente a medida que fueron consensuando los significados de los restantes términos para explicar la fase de respuesta inmune. No llegaron a discutir la fase de desarrollo de la enfermedad, posiblemente por falta de tiempo.

Los conocimientos que movilizaron los/as estudiantes se agruparon en las siguientes categorías:

a) Conocimientos científicos: son aquellos que se adquieren en el ámbito escolar y aquellos que proceden de otras fuentes de aprendizaje científico, como el personal sanitario, charlas de expertos, visitas a museos de ciencias, etc.

b) Conocimientos basados en la experiencia: son aquellos relacionados con vivencias de la propia enfermedad, tanto personales como de amigos, familiares o compañeros y compañeras, y con otras enfermedades infecciosas con las que establecen analogías, como la gripe, y aquellas relacionadas con la tradición cultural rural de los/as participantes (consumo de productos ganaderos).

c) Conocimientos procedentes de los medios de comunicación: son aquellos que proceden de anuncios publicitarios relacionados con productos alimenticios beneficiosos para la salud o series animadas de televisión relacionadas con el funcionamiento del cuerpo humano.

En la primera fase del modelo, fase 1 o fase de contagio, los estudiantes seleccionaron como vías de contagio el contacto físico, entendido de forma distinta

por los diferentes grupos como: toser cerca de una persona o respirar al lado, darse la mano o intercambiar fluidos (saliva o mucosa). También por el consumo de alimentos, entre ellos el agua, la fruta, la carne de cerdo y la carne y la leche de vaca, estableciendo analogías con otras enfermedades como la encefalopatía espongiiforme y la TB bovina. En la segunda fase del modelo, fase 2 o fase de respuesta inmune, los/as estudiantes utilizaron términos como bacterias, células infectadas, glóbulos blancos y anticuerpos para intentar elaborar una explicación simplificada de la respuesta inmunológica. Otros términos como antígenos o linfocitos no fueron seleccionados, lo que muestra dificultades para entender el significado que tienen estos conceptos y el papel que desempeñan en el modelo.

En la fase 1 del modelo la mayoría de los conocimientos que movilizaron fueron científicos y basados en la experiencia. Los científicos hacen referencia a la localización de la TB como enfermedad pulmonar y a nociones de anatomía, sobre diferentes órganos y su localización dentro del cuerpo humano, que utilizaron para indicar la entrada del bacilo al organismo. Los conocimientos basados en la experiencia hacían referencia al consumo de productos de la matanza del cerdo como vía de contagio de la enfermedad, haciendo alusión a la falta de control sanitario en este consumo de carnes de animales criados en casa. En la fase 2 del modelo también se movilizaron conocimientos científicos relacionados con la inmunidad que proceden del aprendizaje escolar, como la relación antígeno-anticuerpo, comparándola con una lucha por la defensa del organismo. En cuanto a los conocimientos procedentes de los medios, el alumnado aludió de forma continua a una serie de animación infantil sobre el cuerpo humano, “Érase una vez la vida”, la cual pareció ayudarles a la hora de elaborar una explicación sobre la respuesta inmune.

La mayor parte de las ideas del alumnado relacionadas con los procesos y términos que incluyen los modelos de infección elaborados no variaron sustancialmente a lo largo de la tarea de modelización ya que los conocimientos de los que partían los/as estudiantes se aproximaban al conocimiento científico de referencia y esas ideas, consideradas adecuadas, no fueron abandonadas por los/as estudiantes. Algunos de los conocimientos sobre vacunas, linfocitos y respuesta inmune sí que variaron y lograron aproximarse finalmente a la idea científica de referencia. La vacuna fue considerada al principio del proceso por algunos/as estudiantes como la cura de la enfermedad y evolucionó hasta tener una función preventiva. Los linfocitos lograron ser identificados como elementos de la defensa del organismo y la explicación sobre la respuesta inmune se acercó a la explicación científica a pesar de las dificultades para comprender la relación antígeno-anticuerpo. También hubo algunos/as estudiantes que utilizaron indistintamente los términos virus y bacteria en sus explicaciones. Esto coincide con estudios sobre el conocimiento de microorganismos llevados a cabo con estudiantes de secundaria y de formación inicial de maestros (Robredo y Torres, 2021; Marcos Merino y Esteban Gallego, 2017; Spornjak, Puhmeister y Sorgo, 2021).

Para la tercera pregunta de investigación se analizaron los modelos de TB elaborados por el alumnado participante, examinando conjuntamente, ya que suelen

complementarse, las representaciones y explicaciones presentadas por los/as estudiantes. La mayor parte de los grupos fueron capaces de explicar y representar el modelo y un pequeño porcentaje sólo fue capaz de explicarlo o sólo de elaborar un esquema sencillo del proceso de infección por TB. Todos los grupos intentaron utilizar los términos suministrados en la tarea para realizar este modelo, discutiendo previamente sus significados.

Se elaboró una rúbrica para examinar los niveles de progresión del alumnado en la modelización. Se establecieron cinco niveles atendiendo a las fases del modelo de infección nombradas, a las vías de contagio, a la localización de la infección, a la identificación de la respuesta inmune y a la manifestación de la enfermedad señaladas por los diferentes grupos. Los niveles de mayor frecuencia fueron los niveles 2 y 3 (81% entre ambos) seguido del 5 en el que se encontraba el grupo de la alumna infectada por TB.

Una de las dificultades observadas en los modelos fue la identificación de las vías de contagio, ya que algunos incluyeron el contacto físico y los alimentos como vías de transmisión de la enfermedad. Esto puede deberse a que el alumnado intentó utilizar todos los términos aportados en la tarea en vez de seleccionar sólo los que consideraban adecuados. Otra de las dificultades se relaciona con la localización de la infección en los pulmones: siete de dieciséis grupos no indicaron en qué aparato se producía la infección por TB. También presentaron problemas en la respuesta inmunitaria, sobre todo con la función de los elementos que intervienen en ella. Muchos de los términos empleados, tales como antígenos, anticuerpos, linfocitos o glóbulos blancos, deberían conocerlos a través del aprendizaje escolar, sin embargo, tuvieron dificultades para integrarlos adecuadamente en el modelo y para explicar su función en el proceso de infección. Otra de las trabas a la hora de entender este proceso fue la confusión entre curación y prevención referida a la vacuna y a los antibióticos. Algunos/as estudiantes entendían la vacuna como medio para producir anticuerpos y curar la enfermedad una vez infectados en lugar de como elemento preventivo.

Por último, se observó en las representaciones gráficas del modelo de infección por TB que algunos grupos dibujaron las bacterias y las células del sistema inmunitario con características antropomórficas y en posición de ataque y defensa. Esto coincide con los estudios de otros autores como Díaz González et al (1996, 2000), en los que el alumnado de primaria representaba a los microbios con formas humanizadas, reforzado quizá con la visión clásica de lucha presentada en programas de divulgación como “Érase una vez la vida”.

### **3.1.4. Tipos de argumentos en contextos de salud relacionados con la tuberculosis**

El cuarto objetivo de investigación, *Examinar la naturaleza de los argumentos al abordar una cuestión de salud con implicaciones sociales*, se exploró en las publicaciones 2, 4 y 5 a través de la siguiente pregunta de investigación:

#### PI 4.1 ¿Qué tipo de argumentos utilizan los y las participantes en distintos contextos relacionados con la TB?

Para el estudio de este cuarto objetivo se analizaron cuatro tareas de argumentación realizadas en diferentes momentos de la secuencia didáctica. Para el análisis de los argumentos de la tercera de estas tareas se revisaron las transcripciones de las discusiones orales del alumnado participante.

La primera de las tareas *¿La TB es una enfermedad habitual o rara hoy en día?* pertenece al cuestionario inicial y está detallada parcialmente en el apartado 3.1.2. Los tipos de argumentos que utilizó el alumnado para responder a esta pregunta son científicos, sociales y relacionados con las experiencias personales. En los científicos, que son la mayoría, se utilizaron justificaciones relacionadas con términos específicos como latencia y resistencia y pruebas como la existencia de la vacuna o los avances científicos para justificar que la TB es una enfermedad habitual hoy en día. Los argumentos de tipo social mostraron justificaciones relacionadas con la inmigración (países poco desarrollados, con recursos sanitarios y de limpieza escasos) y con épocas pasadas (TB como enfermedad del pasado o casi extinguida).

La segunda tarea *¿Por qué unos nos enfermamos y otros no?* pertenece a la segunda actividad de la propuesta didáctica. Las respuestas escritas a esta pregunta hacían referencia mayoritariamente a argumentos científicos, relacionados con el funcionamiento del sistema inmune. La mayoría hacía referencia a tener “las defensas bajas” (87.5 %) y al hecho de estar vacunados o haber pasado la enfermedad (31.3 %) que confería una mayor cantidad de anticuerpos para defenderse ante la enfermedad. También hacían alusión a la vía de contagio refiriendo que cuanto mayor contacto reiterado con un enfermo en espacios poco ventilados mayor posibilidad de contagio porque la transmisión era aérea (62.5 %), aunque ésta no fuese una respuesta válida para la pregunta realizada. Unos/as pocos/as estudiantes utilizaron justificaciones relacionadas con experiencias personales o creencias sociales que hacían referencia a la predisposición genética de cada individuo para enfermar o al contacto con animales enfermos, confundiendo en este último caso la TB bovina con la pulmonar.

La tercera tarea se refiere a la construcción del modelo de infección por TB. Para el análisis de las pautas discursivas utilizadas en la construcción de este modelo se revisaron las transcripciones orales de los 16 grupos que discutieron el modelo antes de realizar la representación gráfica del mismo que se solicitaba en esta actividad. Se observaron argumentos de tres tipos (Sadler y Zeidler, 2005a): a) argumentos racionales, aquellos que presentan una o varias justificaciones científicas y usan los términos suministrados en la tarea; b) argumentos intuitivos, aquellos enunciados que no están justificados científicamente, sino que son respuestas inmediatas; c) argumentos emocionales, aquellos que se basan en las experiencias vividas o en las emociones que suscita la enfermedad. El análisis muestra un mayor porcentaje de argumentos intuitivos (61.2%) que racionales (28.5%), siendo los argumentos emocionales los de menor frecuencia (10.3%). También este análisis muestra las

dificultades en la comprensión de algunos términos utilizados para la construcción del modelo como virus y bacteria, que usan indistintamente, o conceptos como vacuna que identifican con medicamento o antibiótico para la curación de la enfermedad en vez de medida preventiva.

En la cuarta tarea se analizaron los argumentos sobre las causas del aumento de la TB en Europa. La tarea *¿Por qué la tuberculosis aumenta en Europa?*, correspondiente a la tercera actividad de la secuencia, requería que el alumnado eligiese entre las posibles causas señaladas en los medios y justificase su elección. Para ello se suministraron datos aportados en ocho informaciones procedentes de diferentes fuentes, no todas científicas y válidas para responder a la cuestión planteada. Dos informaciones eran científicas y aludían a la resistencia del bacilo a los antibióticos, dos eran de tipo social y atribuían a las personas negras y pobres una mayor susceptibilidad a la TB y otras dos estaban relacionadas con las condiciones ambientales y sanitarias que favorecen la TB. Una hacía referencia a los genes relacionados con la respuesta inmunológica y otra, que integraba ciencia y sociedad, hacía referencia a la expansión humana como hecho que favoreció la diversificación genética de la bacteria de la TB. Además de estos datos, el alumnado utilizó otros procedentes de sus conocimientos previos y de su experiencia personal.

Los resultados mostraron que la mayoría de los grupos seleccionaron de tres a cuatro causas de las cinco planteadas en la tarea. También la mayoría de los grupos justificaron sus elecciones. La opción más elegida fue la D, evolución de la bacteria de la TB (84.2 %). Esta opción fue seleccionada en combinación con las otras aportadas por los medios de comunicación y presentadas en la tarea. La llegada de inmigrantes (opción A) es otra de las causas del aumento de TB propuesta. El alumnado la escogió haciendo referencia a las condiciones ambientales de los países de referencia de los inmigrantes. De los 13 grupos que eligieron esta opción, el 84.6 % la relacionaron con la evolución de la bacteria (opción D) y uno de estos grupos indicó que la bacteria “salió de África y se expandió”. La resistencia a antibióticos (opción B) fue seleccionada junto con la D en un 75 % de los casos. El alumnado aportó justificaciones relacionadas con “la mutación o evolución de la bacteria” y “el uso excesivo o incorrecto de los antibióticos”, datos procedentes de su conocimiento previo o de su experiencia personal. La predisposición genética de las personas (opción C) es la que menor frecuencia de elección presenta. Sólo un 21.1 % del alumnado la eligió justificando que “la respuesta inmunológica depende de los genes” o con argumentos en base a su experiencia personal como “muchos estuvieron en contacto con personas enfermas, pero no se contagiaron por su predisposición genética”. La última opción, la E, hace referencia a factores ambientales como causa del aumento de la TB en Europa. La mayoría de las justificaciones se relacionaban con las condiciones de pobreza, falta de higiene, contaminación y falta de medios sanitarios, entre otras, haciendo referencia indirecta a los movimientos migratorios. Esta opción E se eligió conjuntamente con la opción A en un 70 % de los casos.

Haciendo un análisis de estos argumentos aportados por los estudiantes encontramos posiciones que apoyan la llegada de inmigrantes como una de las

posibles causas del repunte de TB en Europa. Los/as participantes en este estudio señalaron las condiciones de pobreza y la genética como factores que los hacen más predispuestos a padecer la enfermedad e introducirla en Europa.

El alumnado no cuestionó las informaciones aportadas en la tarea que no eran válidas, por lo que no fueron capaces de diferenciar entre datos científicos y opiniones.

También en el análisis de estos argumentos proporcionados por los/as estudiantes pudimos observar que la mayor parte están compuestos por los tres elementos esenciales en el esquema de Toulmin: pruebas, justificaciones y conclusión. No presentaron generalmente ni refutaciones ni calificadores modales por lo que no se presentaron argumentos más complejos y de mayor calidad.

### 3.2. DISCUSIÓN GENERAL

En este apartado se recogen de forma resumida las ideas principales obtenidas en la discusión de los resultados en base a los objetivos de investigación relacionados con la alfabetización científica y las prácticas científicas de modelización y argumentación.

Los libros de texto son elementos curriculares de referencia que se siguen utilizando como guía del docente en la mayoría de las aulas (Fernández Palop y Caballero García, 2017). Analizarlos nos permite establecer que estilo de enseñanza-aprendizaje subyace en ellos y se traslada al aula. Los libros revisados proponen actividades mayoritariamente de reproducción y sólo en algunos textos parecen unas pocas tareas que requieren aplicar conocimientos y se corresponden con aquellas que permiten el desarrollo de las competencias científicas de *identificación de cuestiones científicas*, *explicación científica de fenómenos* y *uso de pruebas científicas*. Estas dos últimas son las que más se trabajan. Las actividades que desarrollan *la explicación científica de fenómenos* se centran en la comprensión de principios básicos y conceptos relacionados con la transmisión de enfermedades, la defensa del organismo frente a la infección, su prevención y curación. Las escasas tareas de modelización incluidas en los libros de texto requieren explicar el modelo de infección a nivel macroscópico, identificando los elementos que intervienen en la respuesta inmune y construyendo una explicación a nivel celular del proceso de infección, sin conexión con enfermedades concretas de la vida diaria del alumnado, como por ejemplo la TB. Las actividades que desarrollan la competencia del *uso de pruebas científicas* trabajan la dimensión de interpretar datos y pruebas científicas y elaborar conclusiones. Las tareas que desarrollan esta competencia requieren que el alumnado interprete los datos aportados y los razone y justifique atendiendo a situaciones reales que se presentan. Existe un pequeño porcentaje de actividades en los libros de texto que abordan cuestiones socio-científicas relacionadas con las enfermedades infecciosas como la vacunación, la resistencia a antibióticos y la automedicación, aunque no se presentan en forma de controversias relacionadas con enfermedades concretas.

En cuanto a las concepciones que tenía el alumnado con respecto a la TB, los/as estudiantes afectados por la enfermedad presentaron un mayor conocimiento sobre ella, ya que la identificaron como una enfermedad común, utilizando mayoritariamente justificaciones de carácter científico y en menor medida basadas en su experiencia personal con la enfermedad. Por el contrario, los no afectados consideraban la TB como una enfermedad poco frecuente y lo justificaban principalmente con explicaciones de índole social. Esto parece indicar que el grupo de estudiantes afectados tenía un mayor conocimiento sobre la enfermedad debido a que la experiencia personal de vivir el episodio de infección los había motivado a querer conocer más sobre ella. En lo referente al causante de la enfermedad y el proceso de infección de la TB, el alumnado afectado muestra un conocimiento científico más consolidado ofreciendo más explicaciones para justificarlo que el alumnado no afectado. De todos modos, en ambos grupos se detectan deficiencias como la confusión entre virus y bacterias.

Para la construcción del modelo de infección por TB, el alumnado comenzó por consensuar los significados de algunos de los términos aportados por la tarea para explicar la primera fase, o fase de contagio, significados que retomaron y revisaron sucesivamente a medida que fueron consensuando los significados de los restantes términos para explicar la segunda fase o fase de respuesta inmune. La co-construcción del modelo fue dinámica y no lineal, como sugiere Justi (2006). Los conocimientos que movilizaron los/as estudiantes en la fase 1 del modelo fueron mayoritariamente científicos, relacionados con la TB como enfermedad pulmonar y con la anatomía del cuerpo humano, y, en menor grado, basados las experiencias personales, mientras que los de la fase 2 fueron también conocimientos científicos, relacionados con la inmunidad, y conocimientos procedentes de los medios de comunicación. La mayor parte de las ideas que tenía el alumnado para la elaboración del modelo de infección por TB no varió a lo largo del proceso de modelización debido a que los conocimientos de los que partían los/as estudiantes se aproximaban al conocimiento científico de referencia. El significado de algunos términos como vacunas, linfocitos y respuesta inmune sí que variaron y lograron aproximarse finalmente a la idea científica.

Se elaboró una rúbrica para examinar los niveles de progresión del alumnado en la modelización. Se establecieron cinco niveles y los de mayor frecuencia fueron los niveles 2 y 3 seguidos del 5, en el que se encontraba el grupo de la alumna enferma de TB. Una de las dificultades observadas en los modelos elaborados se refiere a la función de los elementos que intervienen en la respuesta inmune. Muchos de los términos empleados, tales como antígenos, anticuerpos, linfocitos o glóbulos blancos, deberían conocerlos a través del aprendizaje escolar, sin embargo, tuvieron dificultades para integrarlos adecuadamente en el modelo y para explicar su función en el proceso de infección. Otra de las dificultades a la hora de entender este proceso fue la confusión entre curación y prevención referida a la vacuna y a los antibióticos.

A la hora de caracterizar la TB como enfermedad actual los argumentos utilizados por el alumnado aludían a aspectos científicos, como latencia y resistencia, y a justificaciones sociales relacionadas con la inmigración y con épocas pasadas.

También para explicar el funcionamiento del sistema inmune los/as estudiantes utilizaron mayoritariamente argumentos científicos en sus producciones escritas. Sin embargo, el análisis de las transcripciones orales mostró que presentaban un gran número de argumentos intuitivos.

Los argumentos aportados por el alumnado para justificar el repunte de TB en nuestro continente son en su mayoría de tipo científico, aunque también están presentes argumentos de índole social. Estos argumentos están compuestos, en su mayor parte, por los tres elementos esenciales: pruebas, justificaciones y conclusión. Esto indica que son argumentos poco complejos.



## 4. CONCLUSIONES, IMPLICACIONES EDUCATIVAS Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En este epígrafe se presentan, en primer lugar, las conclusiones extraídas de cada objetivo de investigación propuesto en función de las diferentes preguntas de investigación elaboradas para cada uno. A continuación, se discuten las implicaciones educativas que se pueden extraer del estudio y sus limitaciones y, finalmente, se presentan algunas futuras líneas de investigación relacionadas con esta tesis.

### 4.1. CONCLUSIONES

Para una mejor organización y comprensión, las conclusiones se presentan en base a los cuatro objetivos de investigación planteados en este estudio.

#### 4.1.1. Contenidos sobre enfermedades infecciosas y desarrollo de la competencia científica en los libros de texto

El examen del primer objetivo de investigación, *Analizar cómo se presentan los contenidos relacionados con las enfermedades infecciosas en los libros de texto y en qué medida favorecen el desarrollo de las competencias científicas mediante actividades orientadas a este fin*, nos permite establecer las siguientes conclusiones:

**Conclusión 1.** Los libros de texto no presentan las actividades en contextos socio-científicos ni utilizan enfermedades cotidianas del entorno del alumnado.

Tras el análisis de los textos se ha comprobado que no hay actividades que presenten controversias relacionadas con las enfermedades infecciosas ni comunes ni propias del contexto territorial de los estudiantes. Franco-Mariscal, Blanco-López y España-Ramos (2017), entre otros, establecen que las actividades de aprendizaje, para que realmente aborden las competencias científicas en el aula, han de estar diseñadas atendiendo a diferentes criterios entre los que se encuentran el utilizar problemas contextualizados en la vida cotidiana del estudiante y que esos problemas propuestos

sean cuestiones controvertidas que sirvan para construir conocimiento, generar conciencia y desarrollar la capacidad crítica del alumnado.

**Conclusión 2.** En los libros de texto no se facilita el desarrollo de competencias científicas ya que la mayoría de las actividades que ofrecen son de reproducción de contenidos.

El libro de texto suele ser el principal referente en las acciones docentes y marca el desarrollo competencial, en nuestro caso el desarrollo de la competencia científica, sobre todo a través de las actividades. Coincidimos con García Barros, Martínez Losada y Rivadulla López (2021) en que la mayoría de las actividades que se proponen en los libros de texto no requieren un alto compromiso cognitivo por parte del estudiante, ya que promueven la adquisición de conocimientos teóricos descriptivos y no un procesamiento de lo aprendido para su aplicación en situaciones concretas.

**Conclusión 3.** La competencia científica que más se trabaja en las actividades de los libros de texto analizados es la de explicación científica de fenómenos, aunque no se promueve la elaboración de modelos por el alumnado.

Estos resultados son coherentes con investigaciones previas sobre las prácticas científicas en el abordaje de diferentes contenidos de ciencias mediante tareas que estimulen la construcción y aplicación de modelos (Blanco Anaya, Díaz de Bustamante y Mendonça, 2019; Muñoz-Campos, Franco-Mariscal y Blanco-López, 2020). Los libros de texto tienden a presentar los modelos de referencia escolar en lugar de plantear actividades que involucren al alumnado en su construcción (Puig y Jiménez Aleixandre, 2014).

#### **4.1.2. Concepciones sobre la tuberculosis y diferencias entre alumnado afectado y no afectado**

El análisis del segundo objetivo de investigación, *Analizar las concepciones acerca de la TB y las posibles diferencias entre alumnado afectado y no afectado por la enfermedad*, nos permite establecer las siguientes conclusiones:

**Conclusión 4.** El grupo de afectados manifiesta un mayor conocimiento científico sobre la enfermedad.

Estos resultados ponen de manifiesto que la experiencia juega un papel importante en la construcción de conocimientos. Las intervenciones de estos estudiantes a lo largo de la implementación de las actividades evidencian que la experiencia estimula la búsqueda de información y facilita su aplicación en este contexto de infección. Este hecho se encuentra en consonancia con lo indicado por

#### 4. Conclusiones, implicaciones educativas y futuras líneas de investigación

autores como Fensham (2012), que afirma que el alumnado involucrado en temas socio-científicos que les afectan personalmente, tanto individual como colectivamente, genera una “necesidad de saber” (p.22) que le lleva a profundizar en el conocimiento científico más allá de lo considerado escolarmente.

**Conclusión 5.** Existen dificultades para diferenciar bacterias de virus.

Los/as estudiantes utilizan estos términos de forma indistinta en diferentes contextos. Autores como Robredo y Torres (2021) y Marcos Merino y Esteban Gallego (2017) muestran en sus estudios con alumnado de secundaria y maestros en formación que estos perciben los virus y las bacterias como seres idénticos, considerando que ambos son seres vivos. Esta identificación de virus con bacterias también ha sido constatada por autores como Spornjak, Puhmeister y Sorgo (2021) en población adolescente y adulta, que indican que las concepciones alternativas en el ámbito científico sobre los microorganismos son a veces muy persistentes y constituyen un obstáculo para el aprendizaje.

#### **4.1.3. Los modelos elaborados y la práctica de la modelización sobre la tuberculosis**

El análisis del tercer objetivo de investigación, *Examinar los modelos elaborados y la práctica de la modelización en el contexto de explicar el proceso de infección de una enfermedad*, nos permite establecer las siguientes conclusiones que hacen referencia a tres aspectos: la estrategia para la elaboración del modelo, los conocimientos que integran en el modelo y la elaboración de la representación gráfica del modelo.

**Conclusión 6.** La elaboración del modelo no es lineal, sino que alternan de forma cíclica distintas fases, intentando consensuar términos y mejorar el modelo.

La dinámica de construcción del modelo de los diferentes grupos de estudiantes analizados alterna la elaboración de la fase 1, que corresponde a la fase de contagio de la enfermedad, con la fase 2 o fase de respuesta inmune. El alumnado va retomando sucesivamente estas fases para consensuar significados de los elementos involucrados en cada una de ellas, revisando y evaluando el modelo hasta llegar a la versión consensuada del mismo. Esta dinámica coincide con la descrita por Justi (2006) en el proceso de modelización cuando se refiere a las revisiones y modificaciones cíclicas del modelo mental (y expresado) que hace el alumnado para darle validez.

**Conclusión 7.** Los conocimientos que movilizan para elaborar el modelo de infección por TB son de distinto tipo: científicos procedentes del aprendizaje escolar, basados en la experiencia y procedentes de los medios de comunicación.

Los conocimientos que predominan en la elaboración del modelo son los científicos y los relacionados con la experiencia personal del alumnado con la TB. Los primeros se refieren a la anatomía del cuerpo humano en el proceso de transmisión de la enfermedad y al funcionamiento del sistema inmunitario en la respuesta inmune. Los conocimientos basados en la experiencia se refieren tanto a las experiencias relacionadas con la TB, sean experiencias propias, de familiares o de amigos, como con otras enfermedades víricas como la gripe con las que se establecen analogías.

Los conocimientos de los que parte el alumnado se aproximan al conocimiento científico, aunque se observa dificultad en la comprensión de términos ya estudiados en niveles educativos inferiores como linfocitos o antígenos y el papel que desempeñan en el modelo de infección, por eso algunos/as estudiantes no son capaces de integrarlos en el modelo.

Durante la elaboración de este modelo se observa una mejora sustancial en el significado de algunos términos, para acercarse a la idea científica de referencia, como vacuna, que varía de agente curativo a preventivo; linfocito, que se reafirma como elemento de la defensa del organismo, y el funcionamiento del sistema inmune, referido a la relación antígeno-anticuerpo.

### **Conclusión 8.** Dificultades en la elaboración y representación del modelo.

En la construcción del modelo de infección por TB observamos ciertas dificultades por parte de los participantes. Estas dificultades están relacionadas sobre todo con la comprensión de los términos facilitados en la tarea. El alumnado intenta incluir todos los términos proporcionados en vez de seleccionar críticamente los que son más adecuados para la elaboración del modelo de infección. No es capaz tampoco de integrar términos como linfocitos, antígenos, anticuerpos o glóbulos blancos, aunque sean conceptos ya estudiados, en el ámbito de la respuesta inmune. También gran parte del alumnado no es capaz de localizar este proceso de infección anatómicamente en los pulmones.

Todas estas dificultades tienen que ver con que la representación gráfica del proceso de respuesta inmune del modelo sea a través de acciones de lucha y defensa. Esta forma de representación coincide con otros estudios (Andrade, Araújo-Jorge y Coutinho-Silva, 2016; Simonneaux, 2000) en los que la mayoría del alumnado atribuye al sistema inmunológico acciones de ataque y defensa destinadas a la protección del organismo ante la invasión de patógenos y cuerpos extraños, demostrando un conocimiento limitado sobre la fisiología del sistema inmunitario. Algunos grupos de estudiantes representan las bacterias y los diferentes elementos del sistema inmunitario con características antropomórficas, coincidiendo con las representaciones de los microbios realizadas por estudiantes en otras investigaciones (Simonneaux, 2000).



#### **4.1.4. Tipos de argumentos en cuestiones de salud con implicaciones sociales.**

El análisis del cuarto objetivo de investigación, *Examinar la naturaleza de los argumentos al abordar una cuestión de salud con implicaciones sociales*, nos permite establecer la siguiente conclusión:

**Conclusión 9.** Mayoritariamente se utilizan argumentos científicos, pero también sociales y relacionados con las experiencias personales.

Esto está en consonancia con estudios previos sobre cuestiones socio-científicas (Sadler y Zeidler, 2005b) en los que se busca integrar los conceptos científicos con otros aspectos sociales y experienciales para facilitar el razonamiento de estos problemas complejos. Los estudiantes utilizan sus propias experiencias y las pautas o creencias sociales en un primer momento como medio para enmarcar sus argumentos y posteriormente las integran como argumentos, al igual que los científicos, para la toma de decisiones.

La argumentación es una práctica científica que desempeña un papel muy importante en el debate de temas controvertidos de naturaleza socio-científica como la infección por TB descrita en esta tesis. La construcción de argumentos por parte del alumnado en las diferentes tareas planteadas dio como resultado la elaboración de argumentos sencillos en su mayoría, basados principalmente en los tres elementos que Toulmin (2007) identifica como esenciales para que el argumento sea comprensible y tenga validez formal: pruebas, justificaciones y conclusiones. En algunos argumentos las justificaciones aportadas van acompañadas de su conocimiento básico, lo que les confiere una mayor calidad y complejidad.

## **4.2. IMPLICACIONES EDUCATIVAS**

Las implicaciones educativas que derivan de las conclusiones extraídas de esta tesis se describen a continuación en relación con cada objetivo de investigación.

**De las conclusiones 1, 2 y 3, relacionadas con el primer objetivo, las implicaciones educativas son:**

Los libros de texto constituyen un referente casi único para el docente en la enseñanza formal (Fernández Palop y Caballero García, 2017; García Barros, Martínez Losada y Rivadulla López, 2021). En esta tesis se analizaron ocho libros de texto de Educación Secundaria de mayor difusión en las aulas de ciencias de Galicia. Su análisis revela que la mayoría de los textos no proporcionan tareas que posibiliten la participación del alumnado en las prácticas científicas ni el desarrollo de la competencia científica. Las actividades se limitan a la reproducción de contenidos. Las tareas de modelización y argumentación están prácticamente ausentes en los manuales. Integrar estas prácticas en el aprendizaje de temas de salud implicaría

utilizar un enfoque de enseñanza que primase los procesos de razonamiento frente a los resultados (Ageitos, Puig y Calvo Peña, 2017). Sugerimos complementar estas tareas de los libros de texto con actividades propuestas por los docentes que permitan el desarrollo de la argumentación y de la modelización, como es el caso de esta tesis.

También el análisis de los libros indica que las cuestiones socio-científicas están presentes en muy pocas ocasiones. Sugerimos que tanto en los libros de texto como en la práctica docente se incorporen tareas contextualizadas en el entorno real del alumnado referido a las enfermedades infecciosas. Tareas que aborden controversias y dilemas reales como: la vacunación y los movimientos antivacunas, la medicalización y la resistencia a antibióticos, la homeopatía, etc. En definitiva, cuestiones que requieran de la toma de decisiones y el desarrollo del pensamiento crítico por parte del alumnado (Solbes, 2013; Holbrook y Rannikmae, 2017).

Para avanzar en todos estos aspectos comentados anteriormente, diseño de actividades para favorecer la participación del alumnado en prácticas científicas, desarrollo de pensamiento crítico y utilización de cuestiones socio-científicas para el aprendizaje, es necesario incorporarlos en la formación inicial de docentes como defienden Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola (2018).

#### **De las conclusiones 4 y 5, relacionadas con el segundo objetivo, las implicaciones educativas son:**

En la enseñanza de las ciencias, la salud es un área principal de estudio por lo que es necesario darle prioridad frente a otros temas con el fin de motivar y despertar el interés de los/as estudiantes en temas de carácter socio-científico (Kyburz-Graber, 2012). Los problemas relacionados con la salud son temas de aprendizaje socialmente relevantes en la educación científica ya que favorecen la construcción y la aplicación contextualizada del conocimiento y el desarrollo de una visión crítica. Son problemas multifacéticos en los que la práctica del pensamiento crítico será relevante para tomar decisiones y encontrar soluciones a problemas cotidianos, y a los que todavía no existen, y llevar a cabo acciones responsables beneficiosas para la sociedad (Puig y Jiménez-Aleixandre, 2022).

A pesar de ser los temas de salud, en nuestro caso la infección por TB, motivadores para el aprendizaje, sobre todo cuando el alumnado está involucrado de manera personal, el conocimiento de los problemas sistémicos que abarcan presenta algunas lagunas. Para analizar y paliar estas carencias Orrego Cardozo, Tamayo Alzate y López Rúa (2012) sugieren la utilización de modelos como estrategia para el aprendizaje del sistema inmune. La modelización junto con la argumentación como prácticas científicas favorecen la correcta construcción de conocimientos, ya que permiten conocer su evolución, y la utilización de ese conocimiento por parte del alumnado. Por todo esto, es necesario proponer tareas que permitan desarrollar estas prácticas científicas en el aula.

**De las conclusiones 6, 7 y 8, relacionadas con el tercer objetivo, las implicaciones educativas son:**

Las tareas de modelización ofrecen a los/as estudiantes oportunidades para construir y evaluar explicaciones del mundo natural (Mendonça y Justi, 2013). En este estudio se observa la necesidad del alumnado de un andamiaje en estas tareas de modelización. En concreto, para reflexionar sobre los criterios que utilizan para tomar decisiones sobre qué términos seleccionar o dónde incluirlos en el modelo de infección por TB. Las dificultades analizadas referidas a la asignación de significados de algunos términos de la tarea, como vacunas, linfocitos, antígenos o anticuerpos, o a la comprensión de la fisiología del sistema inmune, indican la necesidad de revisión ya que, aunque correspondan a aprendizajes de niveles educativos anteriores, parece que no se han consolidado. La representación del modelo de infección por TB en forma de analogía, en la que se considera el sistema inmune como un modelo militar en el que las células son soldados atacando a los agresores externos, indica un conocimiento científico limitado de este sistema. Todo esto, junto con la dificultad de localizar la infección por TB en los pulmones, pone en evidencia la necesidad de abordar las enfermedades infecciosas en mayor conexión con la anatomía y la fisiología del cuerpo humano (Maguregi González, Uskola Ibarluzea y Burgoa Etxaburu, 2017).

**De la conclusión 9, relacionada con el cuarto objetivo, las implicaciones educativas son:**

Los problemas socio-científicos relacionados con la salud suelen ser temas controvertidos, en los que puede haber puntos de vista opuestos, que dan pie a confrontar y discutir diferentes posiciones y persuadir a nuestro interlocutor con argumentos científicos válidos. Estas situaciones son especialmente enriquecedoras para la práctica científica de la argumentación. La argumentación es una práctica social que realizamos en situaciones reales, tanto de forma individual como colectiva, y por eso debemos brindar oportunidades en el aula para desarrollar la capacidad de construir argumentos creando contextos específicos para la argumentación (Driver, Newton, Osborne, 2000; Schwarz, 2009).

La argumentación en ciencias es una herramienta fundamental para la co-construcción de significados y la aplicación de conceptos científicos y los/as docentes debemos adquirir un desempeño correcto en su uso para poder trasladar esta práctica científica al aula (Ruiz Ortega, Tamayo Alzate, y Márquez Bargalló, 2015). Sugerimos implementar esta práctica en la formación inicial de maestros mediante tareas específicas en las que se les permita no sólo presentar argumentos, sino revisar y mejorar su calidad incorporando conocimientos científicos básicos y refutaciones para generar contraargumentos (Jiménez Aleixandre, 2010)

### 4.3. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En este último apartado de la tesis se indican tanto las limitaciones encontradas en esta investigación como las posibles futuras líneas de investigación que completarían este estudio.

Las limitaciones de este estudio corresponden principalmente a su diseño metodológico. Los estudios de caso están diseñados para realizar un análisis profundo y detallado de una realidad determinada (Cohen, Manion y Morrison, 2011). En nuestro caso, nos permite obtener una mejor comprensión de un grupo de estudiantes involucrados en un episodio de contagio por TB y su participación en las prácticas científicas de modelización y argumentación sobre esta enfermedad infecciosa. Los inconvenientes de los estudios de caso, realizados en un contexto real de aula, son que no se pueden controlar todas las variables del estudio (Yin, 2009) y los resultados obtenidos son específicos del contexto, por lo que no se puede realizar una generalización de estos resultados.

Otra de las limitaciones hace referencia al tiempo. Las tareas fueron diseñadas expresamente para este episodio de contagio, pero se contó con menos tiempo del deseado para diseñarlas y revisarlas. También su implementación en el aula hubiese necesitado dedicarle más sesiones, pero el programa de las materias implicadas ya tenía un cronograma establecido para el abordaje de diferentes temas de ciencias vinculados al currículo de Educación Primaria. Esto hubiese permitido familiarizarse más con el enfoque de trabajo propuesto facilitando una mayor participación en las tareas y un mayor desempeño del alumnado en las prácticas científicas de: a) modelización, para la elaboración de modelos ajustados al referente científico sobre el funcionamiento del sistema inmune, y b) de argumentación, para la elaboración de argumentos de mayor calidad y la evaluación crítica de las fuentes de información utilizadas para ello.

Una última limitación se refiere al propio proceso de infección por TB. Al ser un episodio que marca el contexto en el que se encuentra la muestra para este estudio, es muy difícil poder ampliar dicha muestra para obtener un mayor número de datos. Además, el grupo de participantes iniciales se vio reducido por tratarse de una propuesta didáctica llevada a cabo a lo largo de dos cursos académicos y no matricularse algunos de los/as estudiantes en la materia del segundo curso.

En lo referente a las futuras líneas de investigación, este trabajo puede permitir abrir nuevas líneas relacionadas con la enseñanza de temas de salud mediante prácticas científicas desde un enfoque de “Una sola salud” (One Health) que implica un pensamiento sistémico (Uskola y Puig, 2022). Según la OMS (World Health Organization [WHO] 2021). Este enfoque es necesario para prevenir, detectar y responder eficazmente a los desafíos de salud que surgen en la sociedad derivados de la relación entre humanos, animales y medio ambiente. Los últimos brotes epidémicos de enfermedades emergentes actuales en nuestro país, como la COVID-19, la fiebre del Nilo Occidental y la viruela del mono, ponen en evidencia la necesidad de formar al alumnado en procesos de modelización desde una mirada sistémica, es decir

#### 4. Conclusiones, implicaciones educativas y futuras líneas de investigación

teniendo en cuenta múltiples puntos de vista y los distintos factores que interaccionan y explican la aparición de estos problemas.

Otra línea de investigación hace referencia al desarrollo del pensamiento crítico en el abordaje de problemas de salud. El pensamiento crítico constituye una herramienta y habilidad de pensamiento de orden superior necesaria para el ejercicio de una ciudadanía activa a la hora de manejar información socio-científica y tomar decisiones que afecten a la vida de las personas. Esta disposición permite al alumnado realizar acciones críticas basadas en razones y valores, pero también como un pensamiento autónomo (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2021). Los temas de salud controvertidos pueden ser un buen escenario para el desarrollo de pensamiento crítico. La sobreabundancia de información (real y falsa) relacionada con la COVID-19, por ejemplo, ha demostrado que es necesario que los/as estudiantes aprendan a evaluar críticamente la información y las afirmaciones que pueden encontrar en las redes sociales u otros medios de comunicación (Puig, Blanco-Anaya y Pérez-Macerira, 2021). Para ello debemos involucrarlos en la práctica de la argumentación, entendida como la evaluación de afirmaciones basadas en evidencias (Jiménez Aleixandre, 2010), que es parte del desarrollo del pensamiento crítico.

También continuamos ampliando esta investigación explorando otros contextos relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en concreto con el tercero “Salud y bienestar” y el cuarto “Educación de calidad”, refiriéndonos en especial a la desatención dada a la TB debido a la prioridad prestada a la COVID-19 y, consecuentemente, el repunte de casos de TB derivados de esta pandemia.

Esperamos que los resultados de esta tesis contribuyan a mejorar la comprensión de prácticas científicas como la modelización y la argumentación y que ayude a valorar la importancia de las cuestiones socialmente vivas como contexto de aprendizaje.



## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acher, A., Arcá, M. y Sanmartí, N. (2007) Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education*, 91(3), 398-418. <https://doi.org/10.1002/sce.20196>
- Ageitos N., Puig B., Calvo Peña X. (2017) Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 86-97. <http://hdl.handle.net/10498/18848>
- Altet Gómez, M.N., Alcaide Megías, J. (2006). Control y eliminación de la tuberculosis en España: las estrategias para el siglo XXI. *Anales de Pediatría*, 64 (1), 66-73.
- Álvarez Castillo, M.C., Cano Escudero, S. y Taveira Jiménez, J.A. (2007). Microepidemias de tuberculosis en centros escolares. ¿Cómo seleccionar los contactos? *Gaceta sanitaria*, 21 (6), 465-470.
- Álvarez Rojo, V. y Lázaro, A. (Coords.) (2002). *Calidad de las universidades y orientación universitaria*. Málaga. Aljibe.
- Andrade, V. A., Araújo-Jorge, T. C. y Coutinho-Silva, R. (2016). Concepções discentes sobre imunologia e sistema immune humano. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21 (3), 1-22. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p1>
- Aznar Cuadrado, V. y Puig Mauriz, B (2014) ¿Cómo se presentan las enfermedades infecciosas en los libros de texto? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 135-144.
- Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2016a). Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formación acerca de la tuberculosis. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 33-52.

- Aznar Cuadrado, V. y Puig, B. (2016b). ¿Qué conocimientos movilizan un grupo de futuros docentes para elaborar el modelo de infección por tuberculosis? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 264-278.
- Aznar Cuadrado, V. y Puig Mauriz, B. (2017). Conectar a ciencia con problemas sociales: a tuberculosis como contexto. En X.C. Macía Arce (coord.) *Enseñar en la sociedad actual*. (pp. 567-582). Santiago de Compostela: Andavira
- Banet Hernández, E. (2019). Finalidades de la educación científica en educación secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 199-214.
- Bardin (1996). *El análisis del contenido*. 2ª edición. Madrid: Akal.
- Bermejo, M. C., Clavera, I., Michel de la Rosa, F.J. y Marín, B. (2007). Epidemiología de la tuberculosis. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, vol. 30, supl. 2. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272007000400002](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272007000400002)
- Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2015). *Modelización y argumentación en actividades prácticas de geología en secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.
- Blanco Anaya, P., Díaz de Bustamante, J. y Mendonça, P. C. C. (2019). Las destrezas argumentativas en la evolución de modelos en una actividad de geología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16 (3), 3105. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i3.3105](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3105)
- Boulter C., Buckley B. (2000) Constructing a typology of models for science education. En: J.K. Gilbert, C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 41–57). Dordrecht. Kluwer Academic Publisher.
- Bryan, C. L., Sims, S. K., Dunaway, D. L., y Hester, D. J. (2019). Become a Champion for Healthy, Active Schools. *Strategies*, 32(2), 24-31.
- Burgoa Etxaburu, B., Uskola Ibarluzea, A. y Maguregi González, G. (2017). Proceso de modelización y transferencia del sistema inmunológico a partir de diversos contextos en futuros docentes. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, 5-8 de septiembre de 2017.
- Bybee, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel. IPN.
- Caamaño, A. (2010). Argumentar en ciencias. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 5-10.
- Cale, L., y Harris, J. (2006). School-based physical activity interventions: effectiveness, trends, issues, implications and recommendations for practice. *Sport, Education and Society*, 11(4), 401-420.

- Calvo, B.J., Bernal R.M. y Medina G.J. (2010). *Tuberculosis diagnóstico y tratamiento. Manual de diagnóstico y terapéutica en neumología*. Segunda edición. Madrid: Ergon
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la escuela*, 78, 5-11. <http://dx.doi.org/10.12795/IE.2012.i78.01>
- Cañas, A., Martín-Díaz, M. J., y Nieda, J. (2007). *Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cañas, A.; Martín-Díaz, M.J. y Nieda, J. (2008): ¿Debería nuestro currículum adaptarse más a la competencia científica de PISA? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, 32-40.
- Cañas, A.; Martín-Díaz, M.J. y Nieda, J. (2009): Definición y secuenciación de la competencia científica en la LOE. *Aula de Innovación Educativa*, 186, 7-9.
- Cardoso Mendonça, P. C. y Justi, R. (2013a). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35 (14), 2047-2434. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.811615>
- Cardoso Mendonça, P. C. y Justi, R. (2013b). An instrument for analyzing arguments produced in modeling-based Chemistry lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (2), 129-218. <https://doi.org/10.1002/tea.21133>
- Carretero, M.B. (2011). Cine y literatura como herramientas de trabajo para el estudio de enfermedades contagiosas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 341-352
- Cazdem, C.B. (2001). *Classroom Discourse: The language of teaching and learning*. Portsmouth, NH: Heinemman.
- Centro Nacional de Epidemiología (2013). *Protocolos de enfermedades de declaración obligatoria*. Madrid: Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III. Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2a edición). Grenoble, France: La Pensée Sauvage.
- Chin, C. y Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883-908.
- Clement, J. J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053. <https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- Cohen, L. y Manion, L. (2002). *Métodos de Investigación Educativa*. (2ª ed.) Madrid: La Muralla.

- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. London: Routledge Falmer.
- Consejo Internacional de Enfermeras (2008). *Directrices sobre la tuberculosis*. Ginebra: International Council of Nurses.
- Coppinger, T., Lacey, S., O'Neill, C., y Burns, C. (2016). 'Project Spraoi': A randomized control trial to improve nutrition and physical activity in school children. *Contemporary clinical trials communications*, 3, 94-101.
- Crujeiras B. y Jiménez Aleixandre M.P. (2012). Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12-19.
- Crujeiras Pérez, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 23-42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>
- Dapía Conde, M.D., Membiela Iglesia, P., Cid Manzano, M.C. (1996). Un proyecto curricular de ciencias orientado hacia la Educación para la Salud *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 9
- Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S. (eds.) (2005). *The Sage Handbook of Qualitative Research* (3ª ed.). Londres: Sage.
- Díaz González, R., García Losada, A., Nogueira, E., López Rodríguez, R., Albuín, G. y García Gandoy, J. A. (1996). Ideas de los alumnos acerca del proceso infeccioso. *Alambique*, 9, 49-56.
- Díaz González, R., López Rodríguez, R., Albuín, G., García Losada, A., Nogueira, E. y García Gandoy, J.A. (2000). Ideas de los alumnos en torno a conceptos relacionados con la enfermedad transmisible. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 25. 67-79.
- Díaz-Moreno, N y Jiménez-Liso, R. (2014). Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias. *Actas de 26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 693-701). Huelva.
- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Eilan, B. y Gilbert, J.K. (2014). The Significance of Visual Representations in the Teaching of Science. En Eilan y Gilbert (Eds.) *Models and Modeling in Science Education. Science teachers' use of visual representation*. Springer, 3-28. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7>
- Eley, C.V., Young, V.L., Hoekstra, B.A. y McNulty, C.A.M. (2018) An evaluation of educators' views on the e-Bug resources in England. *Journal of Biological Education*, 52(2), 166-173.

- Erduran, S. y Dagher, Z.R. (2014) *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Erduran, S., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds.) (2008). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Evagorou, M. y Puig, B. (2017). Engaging Elementary School Pre-service Teachers in Modeling a Socioscientific Issue as a Way to Help Them Appreciate the Social Aspects of Science. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 113-123. <https://doi.org/10.18404/ijemst.99074>
- Evagorou, M., Nicolaou, C. y Lymbouridou, C. (2020). Modelling and argumentation with Elementary School students. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20, 58–73. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00076-9>
- Fensham, P.J. (2012). Preparing Citizens for a Complex World: The Grand Challenge of Teaching Socio-scientific Issues in Science Education. En Zeyer y Kyburz-Graber (eds.) *Science, Environment, Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*. (pp. 7-30). Dordrecht: Springer
- Fernández Monteiro, S. (2017). *O desenvolvimento das práticas científicas de construção e uso de modelos e provas: um estudo lonxitudinal en educación infantil*. Tese de Doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela.
- Fernández Palop, M.P. y Caballero García, P.A. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(1), 201--217. <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.20.1.229641>
- Fleer, M. y Pramling, N. (2015). *A cultural-historical study of children learning science: Foregrounding affective imagination in play-based settings*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Franco-Mariscal, A. J., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2017). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 38-53. [https://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i1.04](https://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.04)
- Fuentes Rodríguez, C. y Alcaide Lara, E.R. (2007). *La argumentación lingüística y sus medios de expresión*. Cuadernos de lengua española (95). Madrid: Arco Libros.
- García Barros, S., Martínez Losada, C. y Rivadulla López, J. (2021). Actividades de textos escolares. Su contribución al desarrollo de la competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 219-238. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3099>

- García-Rodeja Gayoso, I. y Lima de Oliveira, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), 195-218.
- García-Ruiz, C., Lupión-Cobos, T. y Blanco-López, Á. (2020). Emociones y percepciones sobre indagación de profesorado en formación inicial. *Investigación en la Escuela*, 102, 54-70. <http://doi.org/10.12795/IE.2020.i102.04>
- García-Sancho Figueroa, C.E. (2001). Respuesta inmune a la infección por *Mycobacterium tuberculosis*. Una revisión de la literatura. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 14 (2), 114-128.
- Garrido Espeja, A. y Couso Lagarón, D. (2015). Socio-scientific issues (SSI) in initial training of primary school teachers: Pre-service teachers' conceptualization of SSI and appreciation of the value of teaching SSI. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 196, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.015>
- Garrido Espeja, A. y Couso Lagarón, D. (2017). La modelización en la formación inicial de maestros: ¿Qué mecanismos o estrategias la promueven? X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, 5-8 de septiembre de 2017.
- Gavidia Catalán, V. (2009). El profesorado ante la educación y la promoción de la salud en la escuela. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 23, 171-180.
- Gee, J. P. (2005). *An introduction to discourse analysis: Theory and method*. London: Routledge.
- Gee, J. P. y Stake, M. (eds.) (2012). *The Routledge Handbook of Discourse Analysis*. New York: Routledge.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- 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.
- Gómez, A. (2009). Un análisis desde la cognición distribuida en preescolar. El uso de dibujos y maquetas en la construcción de explicaciones sobre órganos de los sentidos y el sistema nervioso. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14(41), 403-430
- González Valero, G.; Zurita Ortega, F.; Puertas Molero, P.; Chacón Cuberos, R.; Espejo Garcés, T. y Castro Sánchez, M. (2017). Educación para la salud: implementación del programa "Sportfruits" en escolares de Granada. *SPORT TK: Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*, 6(2), 137-146.

- González-Martín, J., García-García, J.M., Anibarro, L., Vidal, R., Esteban, J., Blanquer, R., Moreno, S. y Ruíz-Manzano, J. (2010). Documento de consenso sobre diagnóstico, tratamiento y prevención de la tuberculosis. *Archivos de Bronconeumología*, 46(5), 255-274.
- Greca, I.M. y Moreira, M.A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1080/095006900289976>
- Guba, E. G. y Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. En N. K. Denzin e Y. S. Lincoln (eds.). *Handbook of Qualitative Research*. Londres: Sage, pp. 105-17.
- Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16, 653-697. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3>
- Harrison A.G. y Treagust, D.F. (2000) A typology of school science models, *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. <http://dx.doi.org/10.1080/095006900416884>
- Harskamp, E.; Mayer, R.E.; Suhre, C. y Jansma, J. (2007). Does the modality principle for multimedia learning apply to science classrooms? *Learning and Instruction*, 17, 465-477.
- Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2017). Context-based teaching and socio-scientific issues. En Taber, K.S. y Akpan, B. (Eds.) *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education*. Rotterdam (Netherlands): Sense Publishers.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias de argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez Aleixandre, M.P. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 359-378.
- Jiménez Aleixandre, M.P., Bravo, B. y Puig, B. (2009). ¿Cómo aprende el alumnado a evaluar pruebas? *Aula de innovación educativa*, 186, 10-12.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. En: Taber K.S. y Akpan B. (Eds.) *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5)
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Crujeiras, B. (2012). La naturaleza de la ciencia en acción: prácticas sociales y científicas y metaconocimiento en la clase de ciencias. Comunicación presentada en el VII Seminario Ibérico/III Seminario Iberoamericano CTS en la enseñanza de las ciencias. Madrid, 28-30 de septiembre.

- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Pereiro Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190. <https://doi.org/10.1080/09500690210134857>
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Puig, B. (2021). Educating critical citizens to face post-truth: the time is now. En B. Puig and M.P. Jiménez-Aleixandre (eds.) *Critical Thinking in Biology and Environmental Education. Facing Challenges in a Post-Truth World*, 3-19. Berlín: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., Bugallo Rodríguez, A. y R. Duschl (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., Avraamidou, L. y López-Gay, R. (2019). Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors, and emotions. *Research in Science and Technological Education*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158>
- Johnson, C. (2003). Bioterrorism and Real-World Science: Inquiry-based simulation mirrors real life. *Science scope*, 27(3), 19-23.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher’s role in supporting the development of students’ modelling skills. *Educación química*, 20(1), 32-40.
- Justi, R. (2011). Las concepciones de Modelo de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. En Caamaño (coord.). *Didáctica de la Física y la Química*, (pp. 85-103). Barcelona: Graó.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002) Modelling, teachers’ view on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30005-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30005-3)
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. En R. A. Duschl y R. E. Grandy (Eds.) *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for research and implementation* (99–117). Rotterdam: Sense Publishers.
- Kelly, G. J., Druker, S. y Chen, C. (1998). Students’ reasoning about electricity: Combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), 849-871. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069980200707>
- Kelly, G.J. y Takao, A. (2002). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students’ Use of Evidence in Writing. *Science Education*, 86(3), 314 – 342. <http://dx.doi.org/10.1002/sci.10024>

- Kolstø, S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Kunh, D. (1993). Science as argument: Implication for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Kyburz-Graber, R. (2012). Socio-scientific Views on Environment and Health as Challenges to Science Education. En En Zeyer y Kyburz-Graber (eds.) *Science, Environment, Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*. (p. 31-48). Dordrecht: Springer.
- Legardez, A. y Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Issy les Moulineaux: ESF.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Ley Orgánica 1/1990, del 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo, *Boletín Oficial del Estado (BOE)* 238, 28926-28942.
- Lincoln, Y. S. y Denzin, N. K. (2003). *Turning Points in Qualitative Research: Tying Knots in a Handkerchief*. Walnut Creek, CA: Altamira.
- Liu, Y., Won, M. y Treagust, D.F. (2014). Secondary Biology Teachers' Use of Different Types of Diagrams for Different Purposes. En Eilan y Gilbert (Eds.) *Models and Modeling in Science Education*. Science teachers' use of visual representation (103-122). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7>
- Maguregi González, G., Uskola Ibarluzea, A., Burgoa Etxaburu, B., (2017). 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), 29-50.
- Marcos Merino, J.M. y Esteban Gallego, R. (2017). Concepciones alternativas sobre biología celular y microbiología de los maestros en formación: implicaciones de su presencia. *Campo Abierto*, 36 (2), 167-179.
- McNeill, K.L. (2011). Elementary Students' Views of Explanation, Argumentation, and Evidence, and Their Abilities to Construct Arguments Over the School Year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (7), 793–823.
- Megalakaki, O., y Tiberghien, A. (2011). A qualitative approach of modelling activities for the notion of energy. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(1), 157–182.
- Meinardi, E. (2016). Alfabetización científica: más allá del dominio de los códigos y de las competencias de leer y escribir. Entrevista a Isabel Martins. *Revista de Educación en Biología*, 19 (2), 78-84.

- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11–36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Mendonça, P. C. C. & Justi, R. (2013). The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2006). Ley Orgánica 2/2006 del 3 de mayo de Educación. Boletín Oficial del Estado del 4 de mayo del 2006, 106, 17158-17207
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2007). Real Decreto 1631/2006. Enseñanzas Mínimas Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado del 5 de enero, 5-1, 677-773.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2014). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, 52, 19349-19420.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015) Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 25, 6986-7003.
- Mosquera Bargiela, I.; Puig Mauriz, B. y Blanco-Anaya, P. (2018). Las prácticas científicas en infantil: una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. *Enseñanza de las ciencias*, 36 (1), 7-23.
- Muñoz-Campos V, Franco-Mariscal A.J. y Blanco-López A. (2020) Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17 (3), 3201. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201)
- Neulight, N., Kafai, Y.B., Kao, L., Foley, B. y Galas, C. (2007) Children's Participation in a Virtual Epidemic in the Science Classroom: Making Connections to Natural Infectious Diseases. *Journal of Science Education and Technology*, 16 (1), 47-58.
- Newton, P., Driver, R., y Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553–576.
- OCDE (2002). Definition and Selection of Competences (DeSeCo): theoretical and conceptual foundations. OCDE: París. <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/02.html>

- OCDE (2006) *PISA 2006. Marco de la Evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Madrid: Santillana.
- 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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Oliva, J.M. y Aragón M.M. (2009). Aportaciones de las analogías al desarrollo de pensamiento modelizador de los alumnos de química. *Educación Química*, 20, 41-54.
- Oller, C. (2013). Análisis y reconstrucción de argumentos. En Solas, S., Oller, C. y Ferrari, L. (coord.) *Introducción a la filosofía y a la argumentación filosófica* (296-319). La Plata: Universidad Nacional de la Plata. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27893/Documento\\_completo\\_\\_\\_.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27893/Documento_completo___.pdf?sequence=1)
- Orrego Cardozo, M., Tamayo Alzate, O.E. y López Rúa, A.M. (2012). Modelos mentales y obstáculos en el aprendizaje de estudiantes universitarios sobre el sistema inmune. *Revista EDUCyT*, 6, 88-102.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2006). Estrategia Alto a la tuberculosis. Recuperado de <http://www.who.int/tb/strategy/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2017). Global Tuberculosis Report. [https://www.who.int/tb/publications/global\\_report/es/](https://www.who.int/tb/publications/global_report/es/)
- Pagès, J. y Santisteban, A. (2014). Una mirada del pasado al futuro en la Didáctica de las Ciencias Sociales. En J. Pagès y A. Santisteban (eds.), *Una mirada al pasado y un proyecto de futuro. Investigación e Innovación en Didáctica de las Ciencias Sociales*, vol. 1 (pp. 17-39). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona-AUPDCS.
- Pagès, J. y Santisteban, A. (coords.) (2011). *Les qüestions socialment vives i l'ensenyament de les Ciències Socials*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Passmore, C. y Svoboda, J. (2012). Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535–1554. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.577842>
- Pedrinaci, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En Pedrinaci, E. (coord.). *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Pedrinaci, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 208-214.
- Pelczar, M.J., Reid, R.D. y Chan, E.C.S. (1982). *Microbiología*. México: McGraw-Hill.

- Pérez Martín, J. M., Bravo Torija, B. (2017). Personajes de ciencia ficción. Fantásticos protagonistas en la alfabetización científica de maestros y maestras. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, n.º Extra, 767-772. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334753>
- Peña Ascaábar, G., Bermejo Malumbres E. y Zanni, S. (2021). Fact checking durante la COVID-19: análisis comparativo de la verificación de contenidos falsos en España e Italia. *Revista de Comunicación*, 20 (1). <http://dx.doi.org/10.26441/rc20.1-2021-a11>
- Piédrola Gil, G., del Rey Calero, J., Domínguez Carmona, M., Cortina Greus, P., Gálvez Vargas, R., Sierra López, A., Sáenz González, M.C., Gómez López, L.I., Fernández-Crehuet Navajas, J., Salleras Sanmartí, L., Cueto Espinar, A., y Gestal Otero, J.J. (1994). *Medicina Preventiva y Salud Pública*. Barcelona: Ediciones Científicas y Técnicas S.A.
- Pollock, M. (1987) *Planning and implementing health education in schools*. Palo Alto: Mayfield.
- Puig, B. y Aznar Cuadrado, V. (2014). Introducir temas de educación para la salud en la formación inicial de maestros: la tuberculosis. *Uni-pluri/versidad*, 14 (2), 92-100.
- Puig B., Blanco-Anaya P y Pérez-Maceira J.J. (2021) “Fake News” or Real Science? Critical Thinking to Assess Information on COVID-19. *Front. Educ.*, 6: 646909. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.646909>
- Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2014). 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. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i1.05](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.05)
- Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2022). The Integration of Critical Thinking in Biology and Environmental Education. Contributions and Further Directions. En B. Puig y M.P. Jiménez Aleixandre (eds) *Critical Thinking in Biology and Environmental Education. Facing Challenges in a Post-True World* (p. 269-276). Switzerland: Springer.
- Quirós Fernández, S. (23 marzo 2018) La tuberculosis: primera causa mundial de muerte por enfermedad infecciosa. *Redacción médica* <https://www.redaccionmedica.com/secciones/neumologia/la-tuberculosis-primer-causa-mundial-de-muerte-por-enfermedad-infecciosa--1291>
- Reiss, M.J.; Tunnicliffe, S.D.; Andersen, A.M.; Bartoszeck, A.; Carvalho, G.S.; Chen, S.Y.; Jarman, R.; Jónsson, S.; Manokore, V.; Marchenko, N.; Mulemwa, J.; Novikova, T.; Otuka, J.; Teppa, S. y Van Rooy, W. (2002). An International Study of young peoples’ drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36 (2), pp. 1-7.

- Rello, J. y Ricart, M. (2009) Prevención y pautas de actuación ante la nueva gripe en contextos escolares. *Aula de Innovación Educativa*, 186, 66-69.
- Ricart, M. y Rello, J. (2009). Prevención y pautas de actuación ante la nueva gripe en contextos escolares. *Aula de Infantil*, 52, 37-41.
- Rico, A., Izagirre, L., Ruiz-González, A. y García-Llorente, C. (2018). Implementación piloto del proyecto e-Bug en el País Vasco: un recurso educativo sobre microbiología e higiene para Educación Primaria. En *Actas 28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 85-90). A Coruña.
- Riesco, M. (2008). El enfoque por competencias en el EEES y sus implicaciones en la enseñanza y el aprendizaje. *Tendencias pedagógicas*, 13, 80-105.
- Robredo, B. y Torres, C. (2021). ¿Es consciente el alumnado de secundaria de la patogenicidad de los microorganismos y de la problemática sobre la resistencia a los antibióticos? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 330101-330119.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i3.3301](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3301)
- Ruiz Ortega, F.J., Tamayo Alzate, O.E. y Márquez Bargalló. C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 41(3), p. 629-646. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201507129480>
- Sadler, T.D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513–536.
- Sadler, T.D. (2011). Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. En Sadler, T. D. (Ed.) *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). Netherlands: Springer.
- Sadler, T.D. y Dawson, V. (2012). Socio-scientific Issues in Science Education: Contexts for the Promotion of Key Learning Outcomes. En Fraser, Tobin y McRobbie (Eds.) *Second International Handbook of Science Education*. (pp. 799-809). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7\\_53](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_53)
- Sadler, T.D., Barab, S.A. y Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler, T.D., Chambers, F.W. y Zeidler, D.L. (2004). Students' conceptualization of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.

- Sadler, T.D. y Zeidler, D. L. (2005a). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying Genetics Knowledge to genetic engineering issues. *Science & Education*, 89(1), 71-93.
- Sadler, T.D. y Zeidler, D. L. (2005b). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Sampson, V. y Blanchard, M.R. (2012). Science Teachers and Scientific Argumentation: Trends in Views and Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122–1148.
- Schultz, P.J. y Nakamoto, K. (2012). The concept of health literacy. En: Zeyer y Kyburz-Graber (Eds.): *Science, Environment, Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*, pp. 69-87. Dordrecht: Springer
- Schwarz, B. (2009) Argumentation and Learning. En N. Muller y A. Perretclermont (eds.). *Argumentation and education* (p. 91-126). New York: Springer
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. y 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.
- Sigelman, C.K. (2011). Age and Ethnic Differences in Cold Weather and Contagion Theories of Colds and Flu. *Health Education & Behavior*, 39(1), 67 –76.
- Simonneaux, L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology education. *International Journal of Science Education*, 22(6), 619-644. <https://doi.org/10.1080/095006900289705>
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927. <https://doi.org/10.1080/09500690010016076>
- Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) (2018). España registra más de 4.000 casos de tuberculosis al año. <https://www.separ.es/node/1081>
- Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M.C., Cantó, J.R., y Guisasola, J. (2018). Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 25-44.
- Solbes, J., Ruiz, J.J. y Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 65-75.

- Stake, R. E. (2005). Qualitative Case Studies. En: N. K. Denzin; Y. S. Lincoln (eds.). *The Sage Handbook of Qualitative Research* (3.<sup>a</sup> ed.). Londres: Sage, pp. 273-285.
- Tiberghien, A., Vince, J., y Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275–2314.
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Península.
- Universidad de Santiago de Compostela (2014). Memoria de la Titulación del Grado de Maestro/a en Educación Primaria. [http://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/centros/ffp/descargas/Memoria\\_Mestre\\_Ed\\_Primary\\_2ed.pdf](http://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/centros/ffp/descargas/Memoria_Mestre_Ed_Primary_2ed.pdf)
- Uskola, A. and Puig, B. (2022) Exploring Primary Preservice Teachers' Agency and Systems Thinking in the Context of the COVID-19 Pandemic. *Front. Educ.* 7:869643. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.869643>
- Vals Bautista, C.; Novo Molinero, M.T.; Manauta Homedes, O. (2019). Cazadores de microbios. Una indagación en primaria. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 97, 62-68.
- Van Eemeren, F. y Grootendorst, R. (2011). *Una teoría sistemática de la argumentación. La perspectiva pragmatológica*. Buenos Aires: Biblos.
- Verret, M. (1975). *Le Temps des études*. Lille: Atelier Reproduction des thèses, Université de Lille III; Paris: diffusion H. Champion.
- Vidal, R. (coord.) (2002) Recomendaciones SEPAR. Normativa sobre prevención de la tuberculosis. *Archivos de Bronconeumología*, 38(9), 441-451. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289602752599>
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310–378.
- World Health Organization [WHO] (2021). *New International Expert Panel to Address the Emergence and Spread of Zoonotic Diseases*. Available online at: <https://www.who.int/news/item/20-05-2021-new-international-expert-panel-to-address-the-emergence-and-spread-of-zoonotic-diseases>
- Xunta de Galicia (2014). Decreto 105/2014, de 4 de septiembre, por el que se establece el currículo de la educación primaria en la Comunidad Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia*, 171, 37406- 38087.
- Xunta de Galicia (2007). Decreto 133/2007, del 5 de julio, por el que se regulan las enseñanzas de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad Autónoma de Galicia. *Diario Oficial de Galicia (DOG)* 13 julio 2007, 136.

- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods* (4° ed.). London: SAGE Publications
- Young, D., Stark, J. y Kirschner, D. (2008). Systems biology of persistent infection: Tuberculosis as a case study. *Nature Reviews Microbiology*, 6, 520-528.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. y Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Belief in the nature of science and responses to socio-scientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343-367.
- Zeyer, A. y Kyburz-Graber, R. (eds.) (2012). *Science, Environment, Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Zohar, A. (2008). Science teacher education and professional development in argumentation. En Erduran, S. y Jimenez Aleixandre, M.P. (eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. (pp. 245-268). Dordrecht: Springer.

Esta tesis doctoral se centra en estudiar el desempeño de las prácticas científicas de modelización y argumentación por el profesorado de Educación Primaria en formación con relación a problemáticas de salud socialmente vivas en el contexto en el que se desarrolló el estudio: la infección por tuberculosis. Los artículos presentados en esta tesis por compendio de publicaciones abordan, por un lado, el desarrollo de estas prácticas de modelización y argumentación y por otro, la alfabetización científica en problemas de salud para la toma de decisiones responsables.