



Revista Eureka sobre Enseñanza y  
Divulgación de las Ciencias

E-ISSN: 1697-011X

revista@apac-eureka.org

Asociación de Profesores Amigos de la  
Ciencia: EUREKA  
España

Aznar Cuadrado, Virginia; Puig, Blanca

¿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, vol. 13, núm. 2, abril,  
2016, pp. 264-275

Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA  
Cádiz, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92044744004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# ¿Qué conocimientos movilizan un grupo de futuros docentes para elaborar el modelo de infección por tuberculosis?

Virginia Aznar Cuadrado <sup>1</sup> y Blanca Puig <sup>2</sup>

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago de Compostela.*

*España. <sup>1</sup> virginia.aznar@usc.es, <sup>2</sup> blanca.puig@usc.es*

[Recibido en julio de 2015, aceptado en enero de 2016]

Este trabajo pretende hacer una aportación original a la investigación sobre la práctica de modelización en temas de salud dentro del ámbito de la formación inicial del profesorado de primaria. Se presentan algunos resultados de una propuesta didáctica sobre la tuberculosis (TB), que utiliza un enfoque del aprendizaje de ciencias basado en la práctica científica de la modelización. Se utiliza como contexto para el diseño de las tareas el episodio de contagio por TB sufrido por los participantes (N=61). Las preguntas de investigación son: a) ¿qué conocimientos movilizan los futuros docentes para explicar el modelo de infección por TB?, b) ¿en qué medida los conocimientos que movilizan varían tras la construcción del modelo de infección de TB? Los conocimientos que movilizan para la elaboración del modelo de infección se distribuyen en tres categorías: científicos, basados en la experiencia y tomados de los medios. Estos últimos desempeñan un papel importante para explicar la fase de respuesta inmune. Algunos de los significados que construyen en torno a nociones como vacuna, respuesta inmune y linfocitos varían a lo largo de la modelización, logrando aproximarse a los científicos, lo que pone de relieve la importancia de promover tareas de este tipo para la formación en temas de salud.

**Palabras clave:** Enfermedades infecciosas; tuberculosis; modelización; formación inicial del profesorado de primaria. .

## What knowledge future teachers mobilize in order to explain the model of infection by tb?

This study tries to make an original contribution to the research on modelling in the context of health issues in pre-service primary teacher education. We address some results of a teaching sequence about TB that uses an approach based on science learning as participation in the scientific practices. The episode of TB infection suffered by the participants (N=61) is used as a context for the design of the activities. The research questions are: a) *what knowledge future teachers mobilize in order to explain the model of infection by TB?* b) *to what extent the knowledge mobilized by the participants change after the construction of the TB model?* The knowledge applied by the participants for the construction of the TB model is distributed in three categories: scientific, based on personal experiences and drawn from the media. The last one plays a central role in the explanation of the stage 2 about the immune response. The meaning constructed around some notions such as vaccine, immune response and lymphocyte change along the modelling task achieving the scientific ones, which emphasizes the importance of promoting this type of modelling-based task for health literacy.

**Keywords:** Infectious diseases; tuberculosis; modelling; pre-service primary teacher education.

---

**Para citar este artículo:** Aznar Cuadrado, V., 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. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18288>

---

## Introducción

Los temas de salud forman parte de los “Grandes Desafíos y Oportunidades para el siglo XXI”, y la tuberculosis (TB), un problema sanitario a escala mundial, se incluye entre ellos. 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”. En este sentido, la escuela constituye un escenario importante para la promoción de la salud, donde los docentes desempeñan un papel crucial (Gavidia 2009). Distintos países han desarrollado programas educativos de promoción de

salud entre los escolares (e.g., Grace *et al.* 2013), lo que pone de relieve la importancia de promover la alfabetización científica en estos temas en la formación inicial y permanente del profesorado (Shepherd *et al.* 2013).

Existen numerosos trabajos sobre hábitos de prevención de enfermedades entre escolares (González-Martín *et al.* 2010), sin embargo, los que investigan la alfabetización científica de los futuros docentes sobre enfermedades infecciosas, y más específicamente, los modelos que utilizan para explicar los mecanismos de infección, son prácticamente inexistentes. Investigar acerca de estas cuestiones resulta pertinente si pretendemos que los docentes promuevan hábitos de salud adecuados entre los escolares.

Este trabajo constituye una aportación original a la investigación sobre la práctica de modelización en temas de salud dentro del ámbito de la formación inicial del profesorado de primaria. Se abordan algunos resultados de una propuesta didáctica diseñada con el objetivo de promover la alfabetización de futuros docentes sobre la TB utilizando un enfoque constructivista basado en el desempeño de prácticas científicas. Las actividades involucran a los participantes en las prácticas de modelización y de argumentación científica, que de acuerdo a autoras como Mendonça y Justi (2014), están estrechamente relacionadas. Los participantes tienen que tratar de explicar el mecanismo infeccioso de la TB partiendo de su experiencia directa con la enfermedad. Las preguntas que guían este estudio son:

1. ¿Qué conocimientos movilizan los futuros docentes para explicar el modelo de infección por TB?
2. ¿En qué medida los conocimientos que movilizan varían tras la construcción del modelo de infección de TB?

Los resultados pretenden mejorar el conocimiento sobre la alfabetización en temas de salud y el desempeño de prácticas científicas por futuros docentes.

## **Alfabetización científica en temas de salud**

La alfabetización científica resulta esencial para la formación de ciudadanos críticos 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 de los docentes presentar la ciencia en contextos significativos para los estudiantes.

Este trabajo se enmarca en la perspectiva de promover la alfabetización científica mediante experiencias educativas que involucren a los docentes en el desempeño de prácticas científicas en contextos de la vida real (Crujeiras y Jiménez 2012). 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. Abordar estos temas requiere atender a la influencia de otras fuentes o contextos de aprendizaje fuera del ámbito escolar, como la familia, los médicos, los medios, entre otros (Puig y Aznar Cuadrado 2014, Schultz y Nakamoto 2012). El estudio plantea el aprendizaje de temas de salud desde un enfoque que permita el desarrollo de prácticas científicas y de destrezas de pensamiento crítico para la toma de decisiones y la adquisición de hábitos adecuados. La mayor parte de la investigación en este campo en nuestro país pone el foco de atención en la promoción de hábitos de prevención entre el alumnado de primaria (González Martín *et al.* 2010, Rello y Ricart 2009), mientras que los estudios que exploran la alfabetización de los futuros docentes en estos temas son prácticamente inexistentes. Destacamos una investigación realizada en Inglaterra que examina el nivel de formación de futuros docentes de primaria en temas de salud, en la que se pone de relieve que la mayoría no

están adecuadamente preparados para abordar problemas de salud pública en el aula. El trabajo 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 (Dewhirst *et al.* 2014).

## Prácticas científicas en la formación inicial del profesorado

Existe un énfasis, tanto desde la investigación educativa como desde los nuevos marcos curriculares, en la importancia de promover procesos de enseñanza-aprendizaje de ciencias centrados en la participación del alumnado en las prácticas científicas (NRC 2012, Osborne 2014). Para la caracterización de estas prácticas seguimos a Kelly (2008), quien las define como “*las formas específicas en que miembros de una comunidad proponen, justifican, evalúan y legitiman enunciados de conocimiento dentro de un marco disciplinar*” (p. 99). De acuerdo con este autor, estas prácticas se relacionan con las prácticas epistémicas de evaluar, producir y construir conocimiento.

En línea con el equipo de Berland (2015) consideramos que estas prácticas implican tanto la generación de conocimiento científico, como la comprensión de cómo tiene lugar este proceso de construcción de conocimiento. La enseñanza de ciencias basada en las prácticas científicas involucra por lo tanto, el desempeño de estas prácticas por el alumnado y la reflexión sobre las mismas.

Existe una correspondencia entre las prácticas científicas y las competencias científicas del currículo (Jiménez Aleixandre 2012). Estas prácticas son, en líneas generales: 1) la *indagación*, que implica el diseño y la puesta en práctica de experimentos, análisis e interpretación de los datos obtenidos durante la investigación; 2) la *modelización*, que conlleva explicar fenómenos naturales por medio de modelos; 3) *argumentación*, que implica evaluar el conocimiento a la luz de las pruebas.

En la mayoría de las aulas de ciencias estas prácticas no logran ser incorporadas por los docentes, prestándose una mayor atención a los productos que a los procesos de la ciencia (Dushl y Grandy 2008). Dentro de las prácticas científicas, la modelización, en la que se centra este artículo, raramente logra integrarse en la enseñanza de ciencias en primaria (Martí 2013).

Nuestra visión de modelización se sitúa en la línea de Justi (2006), quien la define como un proceso de elaboración de un modelo mental, que cada estudiante genera de forma personal a través de sus razonamientos y de sus experiencias. Introducir esta práctica en el aula de ciencias permite a los docentes acceder a las ideas del alumnado, y a conocer cómo éstas evolucionan a través de la comunicación de sus modelos mentales (Mendoça y Justi 2014). Al igual que Martí (2013), proponemos integrar la modelización en la formación inicial del profesorado de primaria, y entendemos ésta y la argumentación como prácticas científicas íntimamente conectadas (Passmore y Svoboda 2011), puesto que una podría contribuir a la otra. Ambas prácticas implican un proceso de construcción social de conocimiento en el que se cuestionan y se comparten las ideas del grupo (Evagorou, Lymbouridou y Nicolaou 2013).

Realizar actividades de modelización, como la que presentamos en este artículo, podría promover la alfabetización en temas de salud y capacitar a los futuros docentes para poder abordar esta práctica en sus futuras aulas. En la revisión de la literatura no hemos localizado estudios previos sobre la práctica de modelización en el contexto de las enfermedades infecciosas, siendo este estudio una aportación original que podría ampliar el conocimiento en este ámbito de investigación educativa.

## Metodología

Este trabajo se realiza en el ámbito de la enseñanza universitaria, dentro de la formación inicial de profesorado de primaria. Se integra dentro de una investigación más amplia desarrollada en el marco de una tesis sobre las prácticas científicas de modelización y argumentación en el contexto de las enfermedades infecciosas. Los participantes son estudiantes de un aula del Grado de Maestro/a de Educación Primaria (N=61), cursando una materia de 2º curso de didáctica de las ciencias. A lo largo de la secuencia los estudiantes trabajan en 16 pequeños grupos ya conformados al inicio del curso, por lo que la dinámica de trabajo ya está adquirida. Una alumna del aula enfermó de TB, lo que provocó la puesta en marcha del protocolo de alerta sanitaria en el centro, que permitió detectar más casos de contagio. Este episodio de contagio sirvió como contexto para el diseño de una secuencia de tareas sobre la TB que requieren practicar la modelización y la argumentación científica.

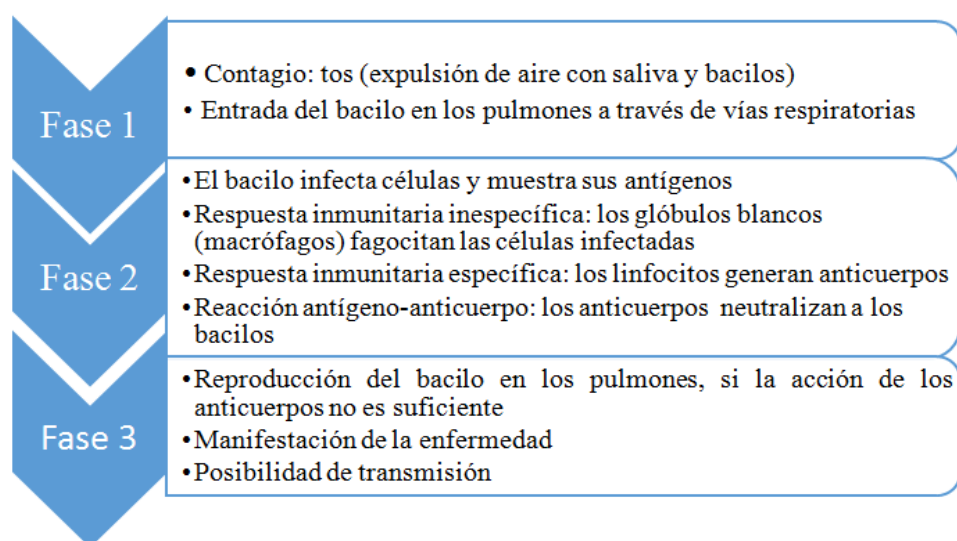
La secuencia completa comprende tres actividades que se desarrollaron en cuatro sesiones. La primera actividad tiene como objetivo examinar las ideas previas de los participantes acerca de la TB en la actualidad y su forma de contagio. La segunda actividad implica la elaboración del modelo de infección por TB en pequeños grupos, siendo nuestro objetivo de investigación examinar cómo aplican los participantes conocimientos de la TB para la construcción del modelo. La tercera actividad, de argumentación, requiere seleccionar y evaluar las causas del aumento de la TB en Europa en base a informaciones proporcionadas.

En este estudio nos centramos en el análisis de la segunda actividad de modelización. El [anexo 1](#) muestra esta tarea. La actividad utiliza como contexto la infección por TB desencadenada en el aula, por lo que la elaboración del modelo de infección puede resultar significativa para el alumnado (Justi 2006). El papel del docente es el de guía o mediador en la construcción de los modelos, que proporciona el andamiaje necesario para la construcción del modelo en los distintos grupos.

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, produciéndose así la TB activa. Se explica de este modo: el bacilo se transmite de una persona infectada a una sana por la tos (expulsión del bacilo en las gotitas de saliva por parte del primero, e inhalación por parte del segundo), entra por las vías respiratorias y llega a los pulmones (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 tuberculosis activa. La figura 1 resume el modelo.

Se diferencian tres fases del proceso de infección en el modelo: fase 1) contagio y entrada del bacilo en el organismo; fase 2) respuesta inmunológica; fase 3) desarrollo de la TB activa.

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.



**Figura 1.** Fases e ideas clave del modelo de referencia de TB.

La recogida de datos incluye los informes escritos de la tarea de construcción del modelo y las grabaciones en audio y vídeo de los 16 grupos (del A al R). Once de los 16 grupos discuten el modelo de infección, los otros cinco se limitan a representar los elementos del modelo sin explicar el proceso de infección en base a éste, que era el objetivo de la actividad. En este estudio seleccionamos para el análisis los tres grupos (F, H, I) que co-construyen el modelo de infección, es decir, que ponen en común sus modelos iniciales sobre la TB y los van revisando en base a las interacciones dentro del grupo. Consideramos relevante centrarnos en estos grupos por presentar modelos más dinámicos en los que se van evaluando e incorporando nuevas ideas a lo largo de la modelización.

Las transcripciones se organizan en episodios atendiendo a las fases del modelo discutidas. Para el análisis del primer objetivo, se analizaron las transcripciones de los tres grupos poniendo atención a los elementos seleccionados de entre los suministrados en la tarea, y a los conocimientos que movilizan para construir el modelo de la TB.

Para el análisis del segundo objetivo, el foco de atención se puso en la evolución de los conocimientos empleados a lo largo de la construcción del modelo. Nos interesaba comprobar si se daban cambios o no en los conocimientos aplicados y si éstos implicaban mejoras en el modelo.

## Resultados y discusión

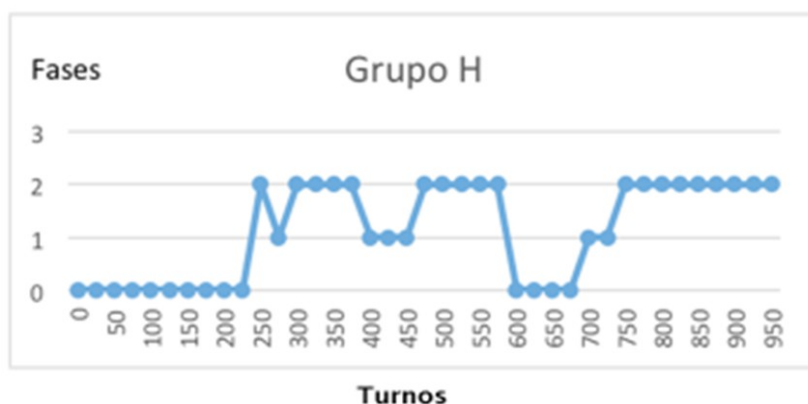
En este apartado se presentan los resultados relacionados con las preguntas de investigación.

### 1. ¿Qué conocimientos movilizan los participantes para elaborar el modelo de infección de la TB en las distintas fases?

Las gráficas 1, 2 y 3 muestran los turnos de los tres grupos en los que discuten cada una de las fases del modelo e ilustran la dinámica que siguen en la construcción del mismo. Denominamos fase 0 a la que no se relaciona directamente con la construcción del modelo de infección. Incluye los turnos donde los grupos discuten cuestiones formuladas en otras preguntas de la actividad ([anexo 1](#)), como la causa o causas de que algunas personas se infecten de TB y otras no. La fase 1 corresponde a la fase de contagio y la fase 2 a la de respuesta inmune. Ningún grupo discute la fase 3 de desarrollo de la TB activa.



**Gráfica 1.** Turnos del Grupo F que discuten las diferentes fases del modelo.



**Gráfica 2.** Turnos del Grupo H que discuten las diferentes fases del modelo.



**Gráfica 3.** Turnos del Grupo I que discuten las diferentes fases del modelo.

La construcción del modelo no es lineal en ninguno de los grupos, puesto que alternan la discusión de las fases 1 y 2. Los tres grupos comienzan discutiendo las preguntas iniciales de la tarea ([anexo 1](#)), y a continuación pasan a discutir el modelo, en lo que invierten la mayor parte del tiempo de la sesión. Los grupos F e I discuten en primer lugar la fase 1, que retoman sucesivamente a medida que van consensuando los significados de los términos para la fase 2 de respuesta inmune. El grupo F invierte más tiempo discutiendo la fase 1 que la fase 2, ya que tienen dificultades para entender el significado de los elementos involucrados en esta segunda fase. A diferencia de este grupo, el H dedica casi la mitad del tiempo a discutir la fase 2, que es

por la que comienza la elaboración del modelo. La tabla 1 resume los términos seleccionados y el tipo de conocimientos que movilizan los tres grupos en las diferentes fases de construcción del modelo representadas.

**Tabla 1.** Elementos seleccionados y conocimientos utilizados para la elaboración del modelo de infección de la TB de los grupos F, H e I.

Grupo	Fase	Elementos seleccionados	Conocimientos que movilizan para elaborar el modelo		
			Científicos	Basados en la experiencia	Tomados de los medios
F	F1	Contacto Alimentos Aire	Vacunación	- Analogía con otras enfermedades (gripe). - Experiencia previa personal, amigos.	
	F2	Bacteria Antígenos Anticuerpos Glóbulos blancos Célula infectada	Respuesta inmune		Serie “Érase una vez”
H	F1	Contacto físico Tos Alimentos	Enfermedad pulmonar	- Analogía con otras enfermedades (gripe, vacas locas). - Experiencia previa personal, amigos, vecinos. - Tradición cultural (matanza del cerdo).	
	F2	Bacteria Anticuerpos Glóbulos blancos Célula infectada	Respuesta inmune		- Serie “Érase una vez” - Anuncio (Actimel)
I	F1	Contacto físico Alimentos Tos Pulmones	- Enfermedad pulmonar - Anatomía (digestivo, respiratorio, circulatorio)	Experiencia previa personal	
	F2	Bacteria Anticuerpos Glóbulos blancos Célula infectada	Respuesta inmune		- Serie “Érase una vez” - Anuncio (Actimel)

En la fase 1, los tres grupos seleccionan como vías de contagio el “contacto físico” y los “alimentos”. Dentro de contacto físico, los grupos H e I incluyen la “tos” o “toser” cerca de otra persona, o “respirar al lado”. El grupo F discute la necesidad de especificar el tipo de contacto físico que interviene en el contagio. Aunque en el modelo del documento escrito lo representan con dos personas tendiéndose la mano, discuten que es necesario que exista un intercambio de fluidos (saliva o mucosa) entre ellas para producirse el contagio. Dentro de los “alimentos” señalan el agua, la fruta y la carne de cerdo y de vaca, y la leche de estas últimas. Se muestran dos ejemplos a continuación:



160 Filo: *“Hombre, y creo que los alimentos también. Tú comes una manzana y tienes tuberculosis y yo voy y le doy un bocado, y ¡zasca!”*

Esta alumna del grupo F, indica que te contagias si una persona le da un bocado a una manzana previamente mordida por una persona infectada de TB.

414 Helena: *Porque la carne... la carne de las vacas la comemos, ¿no? Entonces, si la vaca tiene tuberculosis...*

429 Hortensia: *Que puede ser por lo que dijiste tú, porque a mí me suena que los animales lo transmitían.*

430 Helena: *¿Te suena lo de las vacas locas?*

En este fragmento del grupo H, Helena señala que podemos contraer TB a través del consumo de carne de vaca infectada. Establece una analogía entre la TB y la encefalopatía espongiiforme. El grupo confunde la tuberculosis pulmonar con la bovina.

En la fase 2, de respuesta inmunológica, los tres grupos utilizan términos como “bacteria”, “anticuerpos”, “glóbulos blancos” y “células infectadas” para tratar de elaborar una explicación simplificada de la respuesta inmune. Otros términos como “linfocitos” o “antígenos”, no los seleccionan ninguno de los tres, lo que podríamos relacionar con la dificultad para entender el significado de ambos términos y el papel que desempeñan en el modelo.

La tabla 1 muestra el tipo de conocimientos que movilizan los participantes para la construcción del modelo, agrupados en estas tres categorías:

*Conocimientos científicos:* En esta categoría incluimos los conocimientos científicos que provienen del aprendizaje escolar (libros de texto, clases de ciencias, discurso del docente, entre otros), o de otras fuentes de aprendizaje científico (por ejemplo, visitas a museos de ciencias, información aportada por personal sanitario, charlas informativas).

*Conocimientos basados en la experiencia:* Se basan en experiencias personales relacionadas con la propia enfermedad, que los participantes padecieron directamente o conocen por amigos, familiares o compañeros. También se incluyen en esta categoría conocimientos que forman parte de la tradición cultural y familiar de los participantes, como la “matanza del cerdo”; o relacionados con otras enfermedades infecciosas con las que establecen analogías, como la gripe.

*Conocimientos procedentes de los medios de comunicación:* proceden de series animadas de televisión relacionadas con el cuerpo humano (“Erase una Vez”), de anuncios de televisión que relacionan el consumo de determinados productos con la salud, o de internet.

En la fase 1 la mayoría de los conocimientos que movilizan son científicos y basados en la experiencia. Dentro de los primeros, los grupos H e I identifican la TB como una enfermedad pulmonar y utilizan nociones de anatomía para representar la entrada del bacilo al organismo. El grupo I discute acerca de los órganos involucrados en el modelo y su localización en el mismo, como se muestra en este fragmento:

911 Iria: *Uno es más grande que el otro. ¿Cuál es más grande? ¿El derecho?*

912 Inés: *Será el derecho, porque es donde está el corazón.*

.....

930 Isa: *Bájale la tráquea para ahí abajo*

.....

933 Iciar: *Y los alimentos le pasa al pulmón, ¡me encanta!*

934 Iria: *Y en el dibujo si le hacéis el estómago ahí por el medio...*

Dentro de los *conocimientos basados en la experiencia*, destacan las referencias a la tradición cultural, en particular, el consumo de los productos de la matanza del cerdo (costumbre rural arraigada en el entorno de los participantes) como vías de contagio de la enfermedad. El grupo H relaciona el menor control sanitario en el consumo de carnes de animales criados en casa con casos de TB.

En la fase 2 los tres grupos movilizan conocimientos científicos relacionados con la inmunidad, que recuperan del aprendizaje escolar. Hay que destacar las referencias continuas a “la lucha por la defensa”, donde tratan de establecer la relación antígeno -anticuerpo, comparándola con una lucha.

De los conocimientos procedentes de los medios, destacan las alusiones repetidas a series de animación infantiles sobre el cuerpo humano, como se muestra en el fragmento de transcripción del grupo H:

531 Herminia: *¿No os acordáis de “Érase una vez”, que los blancos son los... los rojos son los que llevan el oxígeno así en la espalda y los otros eran los blancos, que iban así como vestidos de policía?*

Herminia recurre a la serie de televisión “Érase una vez” para tratar de diferenciar el papel de los glóbulos rojos y el de los glóbulos blancos en el organismo. No se muestra la transcripción completa, pero cabe señalar que este grupo recurre a esta serie para establecer una explicación sobre la respuesta inmunológica. Identifican los glóbulos blancos con las defensas del organismo (“*si entra algo malo en nuestro organismo... ellos luchan*”).

## **2. ¿En qué medida los conocimientos que movilizan varían tras la construcción del modelo de infección de la TB?**

Se discuten los resultados de la segunda pregunta, que tiene como objetivo investigar si los conocimientos que movilizan los participantes para construir el modelo varían, y en qué medida se aproximan al modelo de referencia científico. Para ello fue necesaria la lectura completa de las transcripciones de las discusiones de los tres grupos. La tabla 2 resume los conceptos que se movilizan y las ideas iniciales (al comienzo de la modelización) y finales en torno a los mismos.

*Bacilo*: Dos grupos, el F y el I, identifican “bacilo” con bacteria de la TB, y el grupo H utiliza indistintamente los términos virus y bacteria como sinónimos de bacilo.

*Antígenos*: Los grupos F y H señalan que los antígenos son “los que crean los anticuerpos” a lo largo de la tarea. De todos modos ambos emplean este término de manera ambigua, sin diferenciar si los antígenos crean los anticuerpos, o si son los que generan reacciones en el organismo para que se desencadene la formación de anticuerpos. El grupo I no utiliza este término para explicar el modelo.

*Linfocitos*: Sólo el grupo I selecciona este término para elaborar el modelo. Al inicio de la modelización localizan a los linfocitos en la sangre y al final de la tarea los identifican con los glóbulos blancos. No explican su función.

*Anticuerpos*: Los grupos F e I identifican los anticuerpos como parte de las defensas del organismo, ya que “luchan contra las bacterias”. El grupo F especifica que “son transportados por los glóbulos blancos”, recordando la serie infantil “Érase una vez”.

**Tabla 2.** Cambios en los conocimientos que movilizan para construir el modelo.

Conocimientos	Grupo	Ideas iniciales	Ideas finales
<i>Bacilo</i>	<b>F</b>	Bacteria	Mantienen la idea inicial
	<b>H</b>	Virus/ bacteria	Mantienen la idea inicial
	<b>I</b>	Bacteria	Mantienen la idea inicial
<i>Antígenos</i>	<b>F</b>	Generadores de anticuerpos	Mantienen la idea inicial
	<b>H</b>	Generadores de anticuerpos	Mantienen la idea inicial
<i>Linfocitos</i>	<b>I</b>	Elementos de la sangre	Glóbulos blancos
<i>Anticuerpos</i>	<b>F</b>	Defensas del organismo	Mantienen la idea inicial
	<b>H</b>	Introducidos por la vacuna	Mantienen la idea inicial
	<b>I</b>	Defensas del organismo	Mantienen la idea inicial
<i>Respuesta inmune</i>	<b>F</b>	Reacción del organismo ante la entrada del bacilo generando antígenos que dan lugar a anticuerpos, que son transportados por los glóbulos blancos a las células infectadas	Mantienen la explicación inicial
	<b>H</b>	—	Batalla entre el virus, que entra en el organismo, y los glóbulos blancos, que lo eliminan.
	<b>I</b>	—	Lucha de los anticuerpos contra la bacteria
<i>Vacuna</i>	<b>F</b>	Introducción de la bacteria “medio muerta” en el organismo para generar defensas	Mantienen la explicación inicial
	<b>H</b>	Introducción de anticuerpos en el organismo para <i>curar</i> la enfermedad	Introducción de anticuerpos en el organismo para <i>prevenir</i> la enfermedad
	<b>I</b>	Introducción de anticuerpos en el organismo para <i>prevenir</i> la enfermedad	Mantienen la explicación inicial

El grupo H también identifica a los anticuerpos como las defensas del organismo, pero consideran que son introducidos por la vacuna, idea que les sirve para apoyar tanto la función de curación de la vacuna como la función de prevención que le atribuyen al final de la modelización.

*Vacuna:* Los tres grupos incluyen la vacuna en el modelo. El grupo F apoya y sostiene a lo largo de toda la tarea que la vacuna introduce la bacteria atenuada en el organismo para generar defensas. Los grupos H e I consideran que la vacuna introduce anticuerpos en el organismo. El H parte de que la vacuna tiene como función curar la enfermedad, idea que cambian al final de la tarea, señalando que su función es preventiva, como muestra este fragmento.

336 Hortensia: *Pero la vacuna yo creo que no...*

337 Helena: *Pero tú cuando la tienes (la tuberculosis) ¿te vacunan?*

338 Hortensia: *No, porque a ti te vacunan para prevenir.*

...

344 Helena: *Si la tienes (la enfermedad) te dan tratamiento, no te vacunan de nada.*

345 Hortensia: *¡Claro! Vacuna... vacuna es para prevenir*

*Respuesta inmune:* El grupo F solicita ayuda al docente para poder explicar la respuesta inmune. A partir de la definición de antígeno que les da el profesor, son capaces de explicar la respuesta inmune como “una reacción del organismo frente a la entrada del bacilo, generando antígenos que dan lugar a anticuerpos”. Esta explicación la mantienen a lo largo de la tarea, ampliándola con la idea de que los glóbulos blancos son las defensas que luchan contra la bacteria, que toman de la serie animada de televisión “Érase una vez”.

Los grupos H e I al comienzo de la tarea no manifiestan ideas sobre la respuesta inmune. Centran la discusión en consensuar el significado de los elementos implicados en ésta y la relación entre ellos. Ambos grupos concluyen que existe una lucha entre el agente infeccioso y las defensas del organismo, idea que se aproxima al modelo científico. En el caso del grupo H, hay que destacar que continúan identificando como agente infeccioso los virus.

En resumen, la mayor parte de las ideas del alumnado acerca de los distintos elementos y procesos que incluyen en los modelos no varían de manera substancial a lo largo de la modelización. Hay que considerar que los conocimientos de los que parten se aproximan a los científicos y que las ideas que son adecuadas en ningún caso son abandonadas. Algunas de las nociones, como vacuna, respuesta inmune y linfocitos, que varían a lo largo de la tarea, logran aproximarse a las científicas. La vacuna pasa de tener una función curativa a una función preventiva, los linfocitos son identificados como parte de la defensa del organismo, y la explicación que dan dos grupos de la respuesta inmune, a pesar de las dificultades para expresar la relación antígeno-anticuerpo, logra aproximarse a la científica.

## Discusión y algunas implicaciones para el aula

La construcción del modelo de TB por los tres grupos no es un proceso lineal sino que sigue una pauta dinámica que alterna la discusión de las fases 1 y 2. Este resultado coincide con lo señalado por investigaciones previas de modelización en otros contextos de aprendizaje de la química (Mendoza y Justi 2014).

Existen diferencias en los conocimientos que movilizan los participantes en las dos fases del modelo discutidas. En la fase 1, aplican conocimientos científicos y basados en la experiencia; y en la fase 2, científicos y tomados de los medios de comunicación.

Podemos concluir que los conocimientos científicos que movilizan los participantes provienen, en su mayoría, del aprendizaje escolar. Esto lo manifiestan de manera explícita grupos como el I, cuando señalan que los contenidos de anatomía que emplean en la tarea son los que aprendieron en las clases de Conocimiento del Medio. Por otro lado, no hay referencias explícitas a conocimientos traídos de otras fuentes científicas expertas como personal sanitario, o a los del ámbito de la educación no formal (museos interactivos, exposiciones, conferencias, charlas), lo que pone de relieve la importancia del papel del docente y del contexto escolar en la formación científica del alumnado en temas de salud y en la promoción de hábitos saludables.

Entre los conocimientos basados en la experiencia, destacamos por un lado, los derivados de la tradición cultural, como el contagio por el consumo de carne infectada; y por otro, los de la propia experiencia personal de los participantes, como el contacto directo con personas infectadas por TB. Además, para explicar el proceso de contagio, los participantes

establecieron analogías con la gripe, lo que se relaciona con la experiencia directa con esta enfermedad. El hecho de emplear esta analogía muestra que los participantes no diferencian entre enfermedades infecciosas víricas y bacterianas, entendiendo que ambas siguen el mismo proceso de infección. Una implicación que se deriva de este resultado es la importancia de trabajar las enfermedades infecciosas en contextos cotidianos relacionados con episodios de contagio. Plantear situaciones reales que requieran identificar la causa, o las causas, de las enfermedades y razonar sobre los procesos infecciosos podría favorecer el aprendizaje significativo de las enfermedades y la toma de decisiones razonada en torno a su adecuado tratamiento y prevención.

Los conocimientos que toman de los medios, a los que hacen referencia los participantes, proceden en su mayoría de la serie animada de televisión “Érase una vez”. Algunos recurrieron a contenidos de esta serie, para construir significados y atribuir funciones a elementos implicados en la respuesta inmune (fase 2), lo que pone de relieve la influencia de los medios en el aprendizaje de temas de salud, además de las experiencias personales.

El análisis del segundo objetivo nos permitió comprobar cómo evolucionan las ideas principales del modelo de TB dentro de los tres grupos y en qué medida éstas logran aproximarse a las del modelo de referencia. Podemos concluir que existen mejoras en la comprensión y en la utilización adecuada de algunos términos, como linfocitos y vacuna. Esto es muy notable en uno de los grupos, el H, que parte de la idea de que la vacuna sirve para la curación de la enfermedad y, a medida que elaboran el modelo y van evaluando su validez, concluyen que la vacuna tiene una función preventiva. Durante esta fase, que se correspondería con lo que Justi (2006) denomina fase de revisión del modelo, dos de los tres grupos (H, I) incorporan ideas más próximas al modelo de referencia de TB.

Utilizar un enfoque de enseñanza basado en la participación del alumnado en la práctica de modelización, permite al profesorado acceder a las ideas del alumnado y conocer cómo evolucionan estas ideas (Mendoza y Justi 2014). En este estudio pudimos comprobar no sólo cómo evolucionan las ideas de los participantes en torno a elementos clave del modelo de infección por TB, sino también, y mediante el análisis de las transcripciones, la forma en que tiene lugar este proceso dentro de los grupos. Los tres grupos co-construyeron sus modelos: primero pusieron en común sus ideas en torno a los elementos del modelo y sus funciones y tras llegar a un consenso, fueron elaborando el modelo a medida que revisaban conjuntamente las explicaciones sobre las diferentes fases del proceso infeccioso. Introducir tareas que permitan a los futuros docentes practicar la modelización en articulación con la argumentación puede facilitar la reflexión y la auto-regulación de ideas clave relacionadas con las enfermedades infecciosas, al igual que los conocimientos sobre cómo transferir estas ideas de forma efectiva al aula.

Para trabajar la modelización en el aula de ciencias de primaria consideramos beneficioso promover la explicitación de los modelos mentales de los estudiantes y la discusión de éstos en pequeños grupos para llegar a un modelo consensuado. Los modelos iniciales y los procesos de razonamiento de cada uno de los estudiantes pueden ser diferentes, por lo que poner en común sus modelos puede favorecer la revisión de ideas centrales en torno a los mismos y la validez de éstos. Coincidimos con Marbá Tallada (2014) en que la elaboración de modelos científicos requiere generar un ambiente de aula y una situación de aprendizaje lo suficientemente atractivos. Además, es importante que la modelización este contextualizada y que tenga un objetivo claro para los estudiantes (Justi 2006). En nuestro caso el contexto utilizado se corresponde con la experiencia directa de los participantes con la TB, siendo el objetivo de la modelización explicar cómo tiene lugar el proceso de infección. Los docentes interesados en introducir este enfoque para el aprendizaje de las enfermedades infecciosas,

podrían optar por presentar situaciones reales como éstas; o crear supuestos casos con contextos que se acomoden a los intereses y a las edades del alumnado. Usar un enfoque de enseñanza basado en las prácticas científicas implica prestar una mayor atención a los procesos que a los productos de la ciencia (Dushl y Grandy 2008), lo que requiere de tareas que permitan practicar estos procesos y reflexionar sobre ellos.

### Agradecimientos

Al proyecto EDU2012-38022-C02-01, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, del que forma parte este trabajo. Al alumnado que participó en el estudio.

### Referencias bibliográficas

- Berland L.K., Schwarz C.V., Krist C., Kenyon L., Lo A.S. y Reiser B.J. (2015). Epistemologies in Practice: Making Scientific Practices Meaningful for Students. *Journal of Research in Science Teaching*, DOI: 10.1002/tea.21257.
- Bybee R.W. (2012). The next generation of science standards: Implications for biology education. *The American Biology Teacher*, 74(8), 542-549.
- 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.
- Duschl R.A. y Grandy R.E. (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Dewhirst S., Pickett K., Speller V., Shepherd J., Byrne J., Almond P., Grace M., Hartwell D. y Roderick P. (2014). Are trainee teachers being adequately prepared to promote the health and well-being of school children? A survey of current practice. *Journal of Public Health*, 36, (3), 467-475. Recuperado de: <http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/36/3/467>
- Evagorou M., Lymbouridou C. y Nicolaou C. (2013). Using models as evidence to enhance elementary school students' critical thinking and decision making. ESERA Conference, 2-7 de septiembre de 2013, Chipre.
- 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.
- González-Martín J., García-García J.M., Aníbarro 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. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 28(5), 297.e1–297.e20
- Grace M., Woods-Townsend K., Byrne J., Christodoulou A., Griffiths J., Hanson M.A., Inskip H.M. y Godfrey K.M. (2013). [Science for health literacy: it's never been so important](#). *Education in Science*, 252, 16-17.
- Jiménez Aleixandre M.P. (2012). Las prácticas científicas en la investigación y en el aula de ciencias. Conferencia plenaria. XXV *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5-7 de septiembre de 2012. Universidad de Santiago de Compostela.
- Justi R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173-184.
- Marbá Tallada A. (2014). Las progresiones de aprendizaje. Una herramienta para pensar en qué y cómo enseñar. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 76, 71-79.

- Mart, J. (2013). *Aprender Ciencias en la Educación primaria*. Barcelona: Graó
- Mendonça P.C.C. y Justi R. (2014). An instrument for analyzing arguments produced in modeling-based Chemistry lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (2), 192-218.
- National Research Council (NRC) (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academies Press.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2006). Estrategia Alto a la tuberculosis. Recuperado de: <http://www.who.int/tb/strategy/es/>
- Osborne J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25 (2), 177–196.
- Passmore C. y Svoboda J. (2011). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education*, 34 (10), 1535–1554.
- 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.
- 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.
- Shepherd J.P., Dewhirst S., Pickett K., Byrne J., Speller V., Grace M., Almond P., Hartwell D. y Roderick P. (2013). Factors facilitating and constraining the delivery of effective teacher training to promote health and well-being in schools: a survey of current practice and systematic review. *Public Health Research*, 1, (2).
- Schultz P.J. y Nakamoto K. (2012). The concept of health literacy. En A. Zeyer y R. Kyburz-Graber (Eds.) *Science, Environment, Health. Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*. Dordrecht: Springer.

**ANEXO 1. Tarea de construcción del modelo de infección de la TB****¿Podemos tener la tuberculosis sin saberlo?**

Este año tuvimos que hacernos la prueba de la tuberculosis 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 tuberculosis y otros no?
2. La bacteria que causa la tuberculosis se denomina *Mycobacterium tuberculosis* o bacilo de Koch. Los síntomas de la tuberculosis son tos, fiebre, sudores, y a veces pérdida de peso. La enfermera nos comunicó a algunos que la prueba daba positivo. ¿Podemos tener la tuberculosis sin darnos cuenta? ¿Cómo sabe la enfermera que tienes la enfermedad si no presentas síntomas?
3. Tratad 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 dieras negativo, ¿te vacunarías?