



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

CENTRO DE POSTGRADO Y
FORMACIÓN CONTINUA

MÁSTER DE PROFESORADO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA
OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y
ENSEÑANZA DE IDIOMAS

PROPUESTA DIDÁCTICA: APRENDIZAJE Y
ENSEÑANZA DEL SISTEMA INMUNE BASADA EN
LA MODELIZACIÓN

*Didactics proposal: learning and teaching of the
immune system based on modelling.*

ESTUDIANTE Morales Montes, Andrea

ESPECIALIDAD Biología y Geología

TUTOR/A Prof. Dña. Anabella Garzón Fernández

Convocatoria de: mayo de 2021

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACIÓN
PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS

Informe del Director/a

Dña: **Anabella Garzón Fernández** profesor/a del Departamento de Educación de la Universidad de Almería y Director/a del Trabajo Fin de Máster presentado por:

D/Dña. **Andrea Morales Montes** con el TFM con título "*Propuesta didáctica: aprendizaje y enseñanza del sistema inmune basada en la modelización*"

Informa de que, de acuerdo con los requisitos de rigor, coherencia y calidad requeridos para los trabajos de esta naturaleza, emito mi opinión:

Favorable

Desfavorable

(márquese lo que proceda) para su presentación, lectura y defensa pública.

Indique brevemente aquella información que considere relevante acerca del contenido y/o del proceso de elaboración del TFM:

.....
.....
.....
.....
.....

En Almería a 4 de mayo de 2021

Fdo. Prof.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	5
1. Revisión de antecedentes	5
2. La importancia de la alfabetización científica	7
3. Controversias sociocientíficas	7
4. Indagación y modelización	8
a. Indagación.....	8
b. Modelización.....	9
5. Currículum y competencias clave.....	10
6. Contextualización.....	14
7. Análisis del marco teórico	14
III. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	16
1. Presentación de la propuesta.....	16
1.1. Ámbito de intervención.....	16
1.2. Concreción curricular	16
1.3. Metodología empleada: indagación y modelización	21
2. Secuencia de actividades.....	21
3. Implementación de la secuencia	21
3.1. Evaluación de la implementación de la propuesta didáctica	35
3.2. Resultados	35
III. CONCLUSIÓN Y REFLEXIÓN PERSONAL	37
BIBLIOGRAFÍA	39

ANEXOS	43
ANEXO 1	43
Cuestionario 1	43
Cuestionario 2	44
ANEXO 2	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para el bloque 4 del curso 3ºESO (RD 1105/2014, de 26 de septiembre).....	12
Tabla 2. Bloques, objetivos y secuencia de actividades correspondientes que componen la propuesta didáctica.....	19
Tabla 3. Tipos de vacunas y su composición (Tahamtan et al., 2017)	29
Tabla 4. Rúbrica de evaluación de la propuesta didáctica	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de ser vivo en relación con el sistema inmunológico (Maguregi et al., 2017)	10
Figura 2. Esquema simplificado del mecanismo de acción de las vacunas en el sistema inmune (elaboración propia)	23

RESUMEN

La enseñanza del sistema inmune siempre ha estado presente en el currículum de secundaria, siendo en muchas ocasiones tema de controversia sociocientífica. El objetivo de esta propuesta didáctica es enseñar a los alumnos y alumnas el mecanismo de acción del sistema inmune y el papel que tienen las vacunas. Además, se busca que desarrollen su pensamiento crítico con respecto al tema fundamentándose en la ciencia. Para ello se ha elegido la modelización como metodología didáctica. La secuencia de actividades propuesta se ha diseñado teniendo en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes. Se compone de tres bloques principalmente, donde se comienza indagando sobre sus conocimientos previos, posteriormente se analiza el mecanismo de acción del sistema inmune y las vacunas usando recursos informativos y, por último, se reflexiona sobre la controversia sociocientífica de la vacunación usando artículos periodísticos. Al finalizar la secuencia, se espera que los estudiantes sean capaces de explicar el funcionamiento del sistema inmune a partir del modelo realizado y que hayan desarrollado su pensamiento crítico fundamentándose en datos científicos, favoreciendo así su alfabetización científica.

Palabras clave: sistema inmune, vacunas, modelización, controversia sociocientífica, concepciones alternativas, pensamiento crítico, alfabetización científica.

ABSTRACT

The education of the immune system has always been present in the curriculum and, on many occasions, has been the topic of socio-scientific arguments. The aim of this didactic proposal is to teach the mechanism of action of our immune system and the role that vaccines play. Moreover, this proposal looks for the development of the student's critical thinking. For that reason, modelling has been chosen as didactic methodology. The proposed activities have been designed considering the alternative conceptions of the students. The didactic proposal is compound by three main parts: search for the previous conceptions, analyse the mechanism of action of the immune system and vaccines and reflection of the socio-scientific argument using news. At the end of these activities, students would be able to explain the immune system's functioning and the role that vaccines play using the model that they have done and, also, they could develop their critical thinking base on scientific knowledge.

Key words: immune system, vaccines, modelling, socio-scientific argument, alternative conceptions, critical thinking, scientific literacy

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Máster es diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje del sistema inmune y las vacunas enfocado a su implementación en el curso de 3ºESO. Para ello, se ha elegido la modelización y la indagación como metodología didáctica. Además, con esta propuesta se busca que el alumnado desarrolle su pensamiento crítico y la alfabetización científica.

La metodología didáctica elegida ha sido la modelización y la indagación, que se define como un método donde los alumnos y alumnas aprenden de forma activa a través de actividades que fomentan la observación, la formulación de preguntas e hipótesis, el diseño de un modelo, la búsqueda de datos o la experimentación para comprobar si el modelo es correcto y la extracción de conclusiones de todo el proceso de enseñanza (Euly, 2012; O'Connell, 2014). Para el diseño de la secuencia de actividades, se han tenido en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el sistema inmune, recogidas en los estudios de Bihouès y Malot (1990), Milena López Rúa *et al.* (2017), Gómiz Aragón, (2017). Estas concepciones alternativas suponen un obstáculo en el proceso de aprendizaje y enseñanza (Carrascosa, 2005), por lo que ha sido muy importante tenerlas en cuenta para un correcto diseño de la propuesta.

Este tema ha sido elegido, en gran parte, por la presente situación sanitaria debido al COVID-19. En la actualidad, los conceptos de vacuna, inmunidad y anticuerpos están muy presentes, siendo una controversia sociocientífica de gran importancia hoy día. Es por ello por lo que es necesario tener un correcto conocimiento sobre el funcionamiento del sistema inmune y el mecanismo de acción de las vacunas para poder formar un buen pensamiento crítico. Se ha visto que la alfabetización científica es esencial y esta propuesta pretende favorecerla. Por otro lado, el sistema inmune juega un papel esencial en nuestro organismo, en muchas ocasiones desconocido. Por ello es necesario conocerlo, para poder ser conscientes del mismo y aprender a adquirir hábitos saludables que favorezcan su correcto funcionamiento.

Este Trabajo de Fin de Máster consta de distintos apartados. En primer lugar, se hace un breve recorrido por los antecedentes de este tema: las concepciones alternativas de los alumnos y alumnas sobre el sistema inmune y, las vacunas y otras intervenciones realizadas sobre el funcionamiento del sistema inmune basadas en la modelización. Además, se expone la importancia de la alfabetización científica, las controversias sociocientíficas y en qué consiste la modelización e indagación, las dos metodologías didácticas en las que se basa la propuesta. A continuación, se hace una contextualización dentro del currículum de Secundaria y se exponen las competencias clave que se encuentran vinculadas a esta propuesta didáctica. En segundo lugar, se plantea la propuesta didáctica. En este apartado se exponen los objetivos que se han planteado, los bloques de los que se compone la secuencia, las propias actividades que la componen y el mecanismo de evaluación elegido. Y, en tercer y último lugar, se hace una reflexión personal y conclusión sobre todo el trabajo.

II. MARCO TEÓRICO

1. Revisión de antecedentes

La enseñanza del sistema inmune y las vacunas siempre han estado presentes en el curriculum de secundaria. A partir de los conocimientos adquiridos, los alumnos construyen sus propios modelos y representaciones sobre la realidad (Driver et al., 1992). Sin embargo, dichos modelos no se corresponden con los conocimientos científicos establecidos. Diferentes estudios han sacado a la luz las concepciones alternativas que presentan los estudiantes con relación a esta temática.

La presencia de concepciones alternativas supone un obstáculo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, puesto que interfieren con el conocimiento científico. Estas concepciones alternativas son fruto de la desconexión entre el conocimiento generado por el propio alumno para poder entender el mundo que les rodea y el conocimiento científico. El origen de estas concepciones alternativas es muy variado y su formación se puede encontrar influenciada por distintos factores como son la cultura, sus vivencias personales, creencias, experiencias sensoriales, etc. Es por ello por lo que, en las últimas décadas, el estudio de estas concepciones alternativas ha sido esencial en el desarrollo de la didáctica de la ciencia, puesto que, si se conocen, se puede diseñar una propuesta de enseñanza más acorde y con el fin de cambiar ese conocimiento (Carrascosa, 2005).

Los estudios realizados por Bihouès y Malot (1990), Milena López Rúa *et al.* (2017), Gómiz Aragón, (2017) sobre las concepciones alternativas que se encuentran más presentes en el alumnado con respecto al sistema inmune y las vacunas concluyen que las ideas más presentes son:

- El organismo juega un papel pasivo en el proceso de vacunación.
- Relacionan las células del sistema inmune con defensas.
- La dosis de las vacunas está relacionada con su carácter virulento: a mayor carga viral, más virulenta es la vacuna.

- La salud se encuentra definida a nivel individual, las acciones y hábitos saludables sólo repercuten en la persona.

Teniendo en cuenta estas dificultades y su importancia dentro de la sociedad, se han realizado intervenciones educativas por parte de grupos de investigación en el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales (Aznar y Puig, 2016) (Maguregi González et al., 2017) (Tamayo Alzate et al., 2017).

Por un lado, en los trabajos de Aznar y Puig (2016), Maguregi *et al.*, (2017) y Tamayo Alzate *et al.* (2017), se realizaron secuencias de trabajo en el ámbito de la enseñanza universitaria, dentro de la formación inicial de futuros profesores de educación primaria. En el caso de Aznar y Puig (2016) y Uskola y Burgoa (2017), la intervención estaba enfocada a la modelización del sistema inmune, usando la enfermedad de la tuberculosis como eje central. En estos estudios, se analizaron las concepciones y modelos que estos alumnos y alumnas tenían además de los aspectos que tenían en cuenta éstos/as para decidir si se vacunarían o no. En general, estos grupos concluyeron que los conocimientos que los alumnos y alumnas movilizaron, en su mayoría, provenían del aprendizaje escolar y de su experiencia. Debido a esto, no eran capaces de diferenciar una enfermedad infecciosa vírica de una bacteriana, entendiéndolo que ambas tienen el mismo proceso de infección. Además, confirmaron que el enfoque de enseñanza donde el alumnado participa en el proceso de modelización permite al profesor saber las ideas de los estudiantes y conocer cómo evolucionan a lo largo de la secuencia de actividades.

Por otro lado, el trabajo planteado por Lundström *et al.* (2012) permitió al alumnado desarrollar la argumentación y la toma de decisiones usando la controversia socio científica de la vacunación. En este estudio, los autores estudiaron los elementos que tienen en cuenta un grupo de adolescentes con edades comprendidas entre 17 y 19 años a la hora de decidir si se vacunarían contra la gripe. Como conclusión, en este estudio se vio que la mayor preocupación y el argumento de mayor peso, tanto para los que están a favor como para los que están en contra, eran los posibles efectos secundarios que pueden padecer frente a los riesgos de padecer la gripe.

2. La importancia de la alfabetización científica

El conocimiento científico es esencial para poder conocer nuestro entorno y poder resolver los problemas o tomar decisiones y posturas en relación con controversias sociocientíficas. Para poder conseguir esa alfabetización científica es necesario una educación respaldada por la ciencia y la divulgación basada en la ciencia.

Sin embargo, los conocimientos científicos normalmente en los centros educativos se presentan en contextos alejados de nuestra realidad, dificultando así su comprensión. Es por ello que es necesario plantear un enfoque diferente en el que se tenga en cuenta la finalidad del aprendizaje, como es que el alumnado adquiera competencias y que se tenga en cuenta tanto el contexto actual como la utilidad del conocimiento científico para la ciudadanía. Dicho proceso de cambio se alcanza mediante la educación y la divulgación científica, entre otros (Hernández-Villalobos, 2016).

3. Controversias sociocientíficas

Las controversias sociocientíficas se definen como aquellas cuestiones o dilemas que se encuentran en la sociedad y que se basan o se relacionan con aspectos científicos. En estos dilemas también se encuentran implicadas cuestiones sociales, éticas, económicas, políticas y ambientales con una relevancia particular en la vida de las personas (Sadler y Zeidler, 2005). Normalmente, en estos dilemas existen discrepancias en la sociedad y en la comunidad científica (Díaz y Jiménez-Liso, 2012).

Diferentes estudios muestran que el uso de controversias sociocientíficas en las aulas de ciencias fomenta el desarrollo de la competencia científica. Esto se debe a que se favorece la construcción del conocimiento sobre el tema que se trabaja y permite desarrollar habilidades de pensamiento crítico como la argumentación y la toma de decisiones ante las distintas situaciones que se les plantean (Jiménez - Aleixandre, 2010). Todo esto favorece la alfabetización

científica y la formación y fomento de la cultura científica del alumnado (Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Marbá, 2010; Gómez-Crespo y Martín-Díaz, 2009).

4. Indagación y modelización

a. Indagación

La indagación, como exponen Abd El-Khalick et al. (2004) y Olson y Louckston (2000) se puede definir en dos sentidos. Por un lado, la indagación hace referencia a las habilidades que el alumnado debe desarrollar con el objetivo de que sean capaces de realizar investigaciones y resolver problemas de forma científica. Por otro lado, puede definirse como las estrategias de enseñanza y aprendizaje que permiten aprender a hacer ciencia a través de la realización de investigaciones. Estas investigaciones tienen que aportar evidencias experimentales que formen el conocimiento científico en el estudiante (Ferrés et al., 2015).

Para que una actividad sea considerada de indagación debe cumplir dos requisitos: que tenga una pregunta investigable y que los estudiantes tengan que analizar datos para responderla (Bell et al., 2010; Ferrés et al., 2015). Dentro de estas preguntas existen cuatro niveles. Se considera de nivel alto aquellas cuestiones donde el estudiante dirige todo el proceso, desde el planteamiento de la cuestión, pasando por la elección de los métodos para responder, hasta la recolección y análisis de los datos obtenidos. Este nivel se conoce como indagación abierta. (Bet et al., 2010).

Sin embargo, esta metodología presenta dificultades a la hora de llevarla al aula. Hay una falta de aprendizaje previo con esta metodología previo es por ello por lo que los alumnos y alumnas se sienten perdidos y no saben cómo abordar el trabajo (Bell et al., 2010; Fay et al., 2007). Es necesario introducir esta metodología desde las primeras etapas educativas, guiando y enseñando a hacer ciencia.

b. Modelización

En la actualidad, la modelización y la enseñanza de dichos modelos se consideran el principal proceso mediante el cual se adquiere el conocimiento científico (Merino et al., 2005). Se define como modelo a toda aquella representación abstracta y simplificada de un sistema, basándose en sus principales características. Este modelo sirve para poder explicar y predecir fenómenos científicos (Schwarz et al., 2009; Gilbert y Justi, 2016). Gilbert y Justi (2016) resaltan la importancia de los modelos en la práctica científica, que deberían tener relevancia en el proceso de enseñanza científica. A esto añaden que el modelo debe ser creado y validado a través de la analogía, la experimentación y la argumentación.

Estos modelos, en la gran mayoría de los casos, no están completos, son inestables y se encuentran alejados de los conocimientos científicos, debido a que muestran las creencias del sujeto que lo construye (Johnson - Laird, 1983). El estudio y el uso de estos modelos, dentro de la enseñanza de las ciencias, ha dado lugar a una línea de investigación conocida como enseñanza y aprendizaje basado en modelos (Clement y Rea-Ramirez, 2008; Nersessian, 2008; Taber, 2013). El objetivo principal de este método de aprendizaje es lograr que el alumnado interiorice los conceptos, determine la validez de los modelos y comprenda de manera óptima la realidad que les rodea (Tamayo et al., 2017).

Concretamente, la construcción del modelo de sistema inmune a través del marco de la vacunación facilita un acercamiento al modelo de ser vivo. Además, el conocimiento sobre el sistema inmune aporta explicaciones de distintos fenómenos que hacen que el cuerpo se encuentre en equilibrio con el entorno que le rodea (*Figura 1*) (Maguregi et al., 2017; Tamayo et al., 2017).

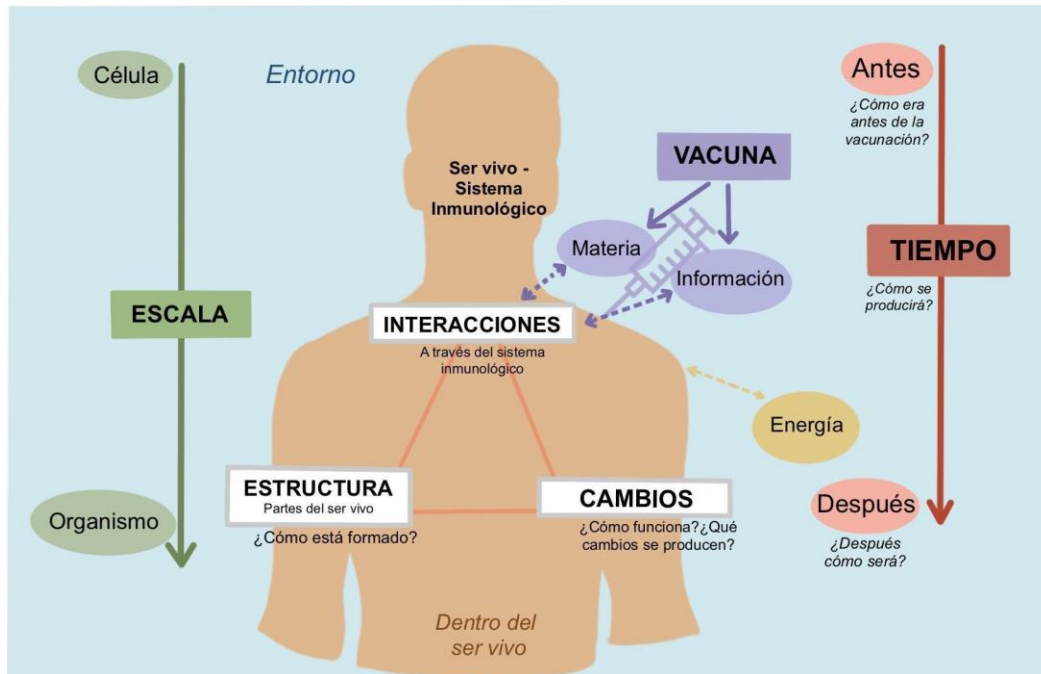


Figura 1. Modelo de ser vivo en relación con el sistema inmunológico (adaptado del trabajo de Maguregi et al., 2017)

Un aspecto esencial en este proceso de construcción del modelo sobre el sistema inmune es la implementación de nuevas formas de identificar pruebas para su posterior evaluación, revisión y evolución del modelo diseñado. Todo este proceso tiene que estar centrado en la propia participación de los alumnos y alumnas en prácticas de ámbito científico. La construcción del modelo del sistema inmunológico va a suponer una ayuda al alumnado a la hora de tomar decisiones que se encuentren relacionadas con el ámbito de la salud (Justi, 2006; Maguregi et al., 2017).

5. Currículum y competencias clave

La propuesta didáctica que se presenta está enfocada al segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria dentro de la asignatura de Biología y Geología. En concreto, como se especifica en el Real Decreto 1105/2014 en el Boletín Oficial del Estado (BOE) y en el Real Decreto 111/2016 en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA), se trabajaría en relación con el cuarto bloque de dicha asignatura que tiene como título "Las personas y la salud."

Promoción de la salud”. En este bloque, los contenidos que incluyen (*Tabla 1*) tienen como eje central el conocimiento de nuestro organismo, de las enfermedades que podemos padecer y de los mecanismos de prevención. El rango de estudio es muy amplio puesto que comienza con el conocimiento global de los niveles de organización del cuerpo humano y se estudia con más profundidad las enfermedades que pueden afectar a los distintos sistemas del cuerpo humano. El sistema inmune y las vacunas no se tratan lo suficiente como para entender la importancia de éste y su funcionamiento. Este tema ha adquirido un gran interés debido al contexto actual de la pandemia del COVID-19 y sus efectos. Dentro de este bloque, se han seleccionado aquellos contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje en los que se apoya esta propuesta de actividades. Todos ellos se encuentran destacados en la *Tabla 1*.

Por otro lado, las competencias clave vinculadas con la Biología que queremos que adquiera el alumnado van a ser las siguientes (RD 111/2016, de 14 de junio):

- **Competencia en comunicación lingüística (CCL):** acercamiento y conocimiento del lenguaje de la ciencia. Fomento del debate y de la defensa de ideas propias sobre campos relacionados con la ciencia, como la bioética.
- **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT):** definición de variables, interpretación, extracción de conclusiones y representación de gráficos.
- **Competencia digital (CD):** uso de tecnologías de la información y la comunicación en el proceso de aprendizaje, mediante la búsqueda, selección, procesamiento y presentación de información como proceso básico vinculado al trabajo científico.
- **Competencia de aprender a aprender (CAA):** construcción del pensamiento científico, capacidad de regulación del lenguaje mediante la realización de una consecución de actividades con un objetivo, distribuyendo tareas compartidas.

- **Competencias sociales y cívicas (CSC):** desarrollo del compromiso con la solución de problemas sociales, la defensa de los derechos humanos, el intercambio razonado y crítico de opiniones acerca de temas que atañen a la población y al medio.
- **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP):** desarrollo de procesos de experimentación y descubrimiento mediante el uso de metodologías que propicien la participación activa del alumnado como sujeto de su propio aprendizaje.

Tabla 1. Extracción de contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para el bloque 4 del curso 3ºESO (RD 1105/2014, de 26 de septiembre).

Bloque 4. Las personas y la salud. Promoción de la salud		
<i>Contenidos</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Estándares de aprendizaje evaluables</i>
<p>Niveles de organización de la materia viva.</p> <p>Organización general del cuerpo humano: células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas.</p> <p>La salud y la enfermedad.¹</p> <p>Enfermedades infecciosas y no infecciosas. Higiene y prevención.¹</p> <p>Sistema inmunitario.¹</p> <p>Vacunas.¹</p> <p>Los trasplantes y la donación de células, sangre y órganos.</p>	<p>1. Catalogar los distintos niveles de organización de la materia viva: células, tejidos, órganos y aparatos o sistemas y diferenciar las principales estructuras celulares y sus funciones.</p> <p>2. Diferenciar los tejidos más importantes del ser humano y su función.</p> <p>3. Descubrir a partir del conocimiento del concepto de salud y enfermedad, los factores que los determinan.²</p>	<p>[...]</p> <p>2.1. Reconoce los principales tejidos que conforman el cuerpo humano, y asocia a los mismos su función.</p> <p>3.1. Argumenta las implicaciones que tienen los hábitos para la salud, y justifica con ejemplos las elecciones que realiza o puede realizar para promoverla individual y colectivamente.</p>

<p>Nutrición, alimentación y salud.</p> <p>Los nutrientes, los alimentos y hábitos alimenticios saludables. Trastornos de la conducta alimentaria.</p> <p>La función de nutrición. Anatomía y fisiología de los aparatos digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor. Alteraciones más frecuentes, enfermedades asociadas, prevención de las mismas y hábitos de vida saludables.</p> <p>[...]</p> <p>El sistema endocrino: glándulas endocrinas y su funcionamiento. Sus principales alteraciones.</p>	<p>4. Clasificar las enfermedades y valorar la importancia de los estilos de vida para prevenirlas.</p> <p>5. Determinar las enfermedades infecciosas no infecciosas más comunes que afectan a la población, causas, prevención y tratamientos.²</p> <p>6. Identificar hábitos saludables como método de prevención de las enfermedades.</p> <p>7. Determinar el funcionamiento básico del sistema inmune, así como las continuas aportaciones de las ciencias biomédicas.²</p> <p>8. Reconocer y transmitir la importancia que tiene la prevención como práctica habitual e integrada en sus vidas y las consecuencias positivas de la donación de células, sangre y órganos.²</p> <p>[...]</p> <p>10. Reconocer las consecuencias en el individuo y en la sociedad al seguir conductas de riesgo.</p>	<p>4.1. Reconoce las enfermedades e infecciones más comunes relacionándolas con sus causas.</p> <p>5.1. Distingue y explica los diferentes mecanismos de transmisión de las enfermedades infecciosas.</p> <p>6.1. Conoce y describe hábitos de vida saludable identificándolos como medio de promoción de su salud y la de los demás.</p> <p>6.2. Propone métodos para evitar el contagio y propagación de las enfermedades infecciosas más comunes.</p> <p>7.1. Explica en que consiste el proceso de inmunidad, valorando el papel de las vacunas como método de prevención de las enfermedades.³</p> <p>8.1. Detalla la importancia que tiene para la sociedad y para el ser humano la donación de células, sangre y órganos.</p>
--	---	--

Contenidos (1), criterios de evaluación (2) y estándar de evaluación (3) seleccionados para la realización de la propuesta de actividades.

6. Contextualización

En la gran mayoría de los casos, los conocimientos de los estudiantes de 3ºESO sobre el sistema inmune provienen de su etapa escolar, puesto que no se hace referencia a este tema en los dos primeros cursos de Educación Secundaria Obligatoria. Es por ello por lo que estas ideas de partida se encuentran desactualizadas. Además, no se establece la relación entre este tema y su relevancia en la sociedad.

Como se ha expuesto, los estudiantes presentan modelos del funcionamiento del sistema inmune que no se ajustan a la realidad. Estos modelos están fuertemente influenciados por su experiencia personal, haciendo que estas ideas previas sean más complejas de modificar.

Es importante abordar este tema puesto que es de gran interés y beneficio no sólo a nivel individual, sino también a nivel colectivo. Además, la falta de conocimiento sobre el sistema inmune y su relación con las vacunas provoca un pensamiento crítico basado en argumentos poco fundamentados, siendo este un proceso de alfabetización científica fallido.

7. Análisis del marco teórico

La enseñanza y el aprendizaje del sistema inmune son muy importantes en el proceso del desarrollo del pensamiento crítico del alumnado puesto que podrán formar su propia opinión con mejores argumentos, favoreciendo así la alfabetización científica.

Se ha visto que las concepciones alternativas más comunes provienen, en general, de los conocimientos adquiridos en la etapa escolar y de su experiencia personal. Es por ello por lo que es necesario enseñar el funcionamiento del sistema inmune y las vacunas de una forma que consiga movilizar, poner en duda y reestructurar esas ideas de inicio. Algunas de las metodologías que consiguen estos objetivos son la indagación y modelización. Con estas dos estrategias de aprendizaje, los alumnos y alumnas no sólo adquieren esos conocimientos, sino que también desarrollan otras habilidades transversales,

como el desarrollo del pensamiento crítico. Además, permite acercar el proceso de *hacer ciencia* al plantearles una pregunta a la que tienen que buscar respuesta y analizar si ésta se ajusta a los conocimientos científicos de los que disponemos en la actualidad

III. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

1. Presentación de la propuesta

1.1. Ámbito de intervención

La propuesta está destinada a los alumnos y alumnas de 3ºESO, puesto que es donde se estudia el sistema inmune y las vacunas (véase *Tabla 1*) (RD 1105/2014, de 26 de septiembre). Como norma general, las concepciones de partida que tienen sobre este tema provienen de la etapa escolar y se encuentran fuertemente influenciados por la experiencia personal. Estos modelos se encuentran alejados del modelo científico conocido (*Figura 1*) debido a la falta de nueva información.

1.2. Concreción curricular

Por un lado, el objetivo general de esta propuesta de actividades es que el alumnado modelice y comprenda el funcionamiento del sistema inmune y sea capaz de integrar en dicho modelo el funcionamiento de las vacunas. Por otro lado, los objetivos de aprendizaje establecidos para esta secuencia son:

1. Comprender el funcionamiento del sistema inmune.
2. Conocer en qué consisten los diferentes tipos de vacunas.
3. Comprender el mecanismo de las vacunas dentro del organismo.
4. Conocer las ventajas y desventajas de las vacunas.

Con los objetivos establecidos, las ideas clave que los alumnos y alumnas deben aprender con esta propuesta didáctica son:

- El cuerpo no juega un papel pasivo en la defensa del organismo.
- El sistema inmune se encuentra compuesto por distintas células que se encuentran estrechamente relacionadas.
- Las vacunas tienen un mecanismo de acción específico diseñado a partir del funcionamiento del sistema inmune.

- Las vacunas son muy importantes en el ámbito sanitario, no sólo a nivel individual sino también a nivel colectivo.

Estas ideas se han obtenido de los estudios de concepciones alternativas realizados por los grupos de investigación de Bihoués y Malot (1990), Gómiz Aragón (2017) y Milena López *et al.*, (2017). En estos estudios, se observa que la mayor dificultad que presentan los estudiantes es la comprensión del papel que tiene nuestro organismo en el mecanismo de defensa, puesto que no piensan que éste tenga un papel activo en el proceso. Además, el alumnado sabe que la vacuna participa en el proceso de inmunización de un individuo frente a un patógeno, pero desconoce el por qué y el mecanismo que sigue. Todo esto se debe, concluyen estos estudios, a que los conocimientos sobre el sistema inmune provienen de la etapa escolar, puesto que no se vuelve a estudiar este tema hasta 3º de ESO.

Del mismo modo, en el transcurso de la propuesta, se busca que los alumnos y alumnas adquieran y desarrollen las siguientes habilidades:

- Ser capaces de realizar mapas conceptuales para una mejor comprensión de la información.
- Desarrollar la capacidad de expresión y comunicación de ideas.
- Analizar e interpretar información de carácter científico.
- Ser capaces de trabajar en equipo de forma activa y cooperativa.
- Desarrollar su pensamiento crítico y la alfabetización científica.
- Introducir los métodos de indagación y modelización.
- Saber *hacer ciencia*.
- Ser capaces de modelizar un concepto abstracto y relacionarlo con la realidad.

La propuesta didáctica se encuentra basada en indagación y modelización. Para ello, las actividades que se proponen buscan que el alumno o alumna pueda aprender de forma independiente con sus compañeros, sin necesidad de la figura

del profesor/a como fuente de conocimiento. Las actividades de esta propuesta se pueden recoger en tres bloques principales:

- **Bloque I: conocimiento previo e introducción al sistema inmune.** El objetivo de este primer bloque es saber los conocimientos previos que los estudiantes tienen e introducirlos en el tema del sistema inmune. Para ello, se realizará un primer cuestionario de preguntas abiertas extraído y adaptado del trabajo de Maguregi González *et al.* (2017) (véase el Anexo 1). A continuación, se les pedirá que esbocen su modelo de partida del sistema inmune. Con esta primera aproximación se busca que los estudiantes comiencen a reflexionar sobre los conocimientos que tienen del tema.
- **Bloque II: modelización del sistema inmune e integración del funcionamiento de las vacunas dentro del modelo.** Una vez introducido el tema, los alumnos esquematizarán y realizarán un modelo del sistema inmune usando fuentes de información previamente seleccionadas por el profesor/a. Dicho modelo se comparará con el modelo de partida y se analizará. Posteriormente, se integrará el funcionamiento de la vacuna dentro de este modelo, viendo así las distintas vacunas existentes y diferenciándolas en función de su proceso de producción y tipo. Además, se hará hincapié en la importancia de la memoria inmunológica dentro del proceso de inmunización.
- **Bloque III: concienciación del desarrollo y uso de vacunas en la sociedad.** Debido al movimiento social conocido como “anti-vacunas”, el uso de éstas se está viendo afectado. Es por ello por lo que el objetivo de este bloque es que los alumnos reflexionen sobre su uso, no sólo a nivel individual, sino también a nivel colectivo. En este bloque se integrará el uso de noticias como medio de concienciación donde se les mostrará la opinión sobre las vacunas y se buscará que exista un debate entre los alumnos y alumnas. Por último, se realizará otro cuestionario para conocer la evolución de los estudiantes después de haber realizado la secuencia de actividades propuesta. Este cuestionario ha sido extraído y

adaptado del trabajo de Maguregi González *et al.* (2017) (véase el Anexo 1).

Tabla 2. Bloques, objetivos y secuencia de actividades correspondientes que componen la propuesta didáctica.

Bloque	Objetivos del bloque	Actividades correspondientes
Bloque I	<i>Conocimiento de las ideas previas del alumnado</i>	Cuestionario 1
	<i>Introducción al tema</i>	A1
	<i>Expresión escrita y gráfica del modelo de partida del sistema inmune-vacuna</i>	A2, A3, A4, A5
Bloque II	<i>Construcción del modelo de sistema inmune</i>	A6, A7
	<i>Análisis del modelo de sistema inmune</i>	A8, A9
	<i>Construcción del nuevo modelo de sistema inmune</i>	A10, A11
	<i>Integración del mecanismo de las vacunas al modelo de sistema inmune</i>	A12, A13

	<i>Diferenciación y comprensión de las distintas vacunas</i>	A14, A15
	<i>Comprensión del concepto de memoria inmunológica y su importancia dentro del proceso de inmunización</i>	A16, A17, A18, A19, A20
Bloque III	<i>Reflexión sobre las ventajas y desventajas de la vacunación</i>	A21
	<i>Lectura y comprensión de la noticias sobre el movimiento “anti vacunas”</i>	A22
	<i>Debate sobre las vacunas</i>	A23, A24
	<i>Conocimiento de las ideas finales</i>	Cuestionario 2

La metodología aplicada en esta secuencia es la de trabajo cooperativo mediante grupos compuestos por un máximo de 4 alumnos/as, siendo estos grupos lo más heterogéneos posibles. Cada actividad de la secuencia va a seguir el siguiente procedimiento:

1. En primer lugar, reflexión individual de la pregunta y realización de la actividad a modo de aproximación.
2. Posteriormente, puesta en común dentro del grupo de cada respuesta, de esta manera podrá complementar su idea con la de sus compañeros y compañeras.

3. Por último, discusión con el resto de los grupos de la clase, para así poder desarrollar un ambiente de debate y de reflexión colectivo.

Con este modo de acción, se busca que el alumno o alumna forme sus propias ideas y que las complemente con las de sus compañeros. Además, al tener que poner sus respuestas en común con los demás integrantes del grupo, podrá desarrollar su capacidad de expresión de ideas y de pensamiento crítico. Se busca que el aprendizaje a lo largo de la secuencia de actividades sea activo.

1.3. Metodología empleada: indagación y modelización

Las metodologías elegidas para esta propuesta didáctica han sido la indagación y modelización. Mediante estos procesos, los estudiantes pueden formar su conocimiento científico de forma activa e independiente. Por un lado, la indagación permite a los alumnos y alumnas enfrentarse a los problemas de forma científica y aprender a hacer ciencia en el proceso de aprendizaje (Ferres et al., 2015; Abd El-Khalick et al., 2004 y Olson y Louckston, 2000). Por otro lado, la modelización les va a permitir adquirir el conocimiento científico de una forma en la que puedan comprender, explicar y predecir fenómenos científicos (Schwarz et al., 2009; Gilbert y Justi, 2016). Además, este proceso de enseñanza y aprendizaje propuesto favorece el trabajo en equipo y el desarrollo del pensamiento crítico, puesto que tendrán que exponer y debatir sus ideas con los compañeros y compañeras.

2. Secuencia de actividades

A1. ¿Las vacunas nos hacen inmunes frente a una enfermedad? ¿Por qué?

El objetivo de esta pregunta es comenzar a movilizar el conocimiento previo de los alumnos y alumnas sobre el tema. Normalmente, se piensa que la vacuna es la responsable de la inmunidad, sin embargo, es gracias al mecanismo de acción que tiene el sistema inmune tras la vacunación lo que nos hace obtener dicha inmunidad.

A2. ¿Qué hace la vacuna dentro de tu cuerpo?

Esta pregunta busca que los estudiantes expresen el modelo que tienen de sistema inmune-vacuna con las ideas preexistentes. Normalmente, el modelo que tienen de sistema inmune viene determinado por lo aprendido en la etapa escolar y la experiencia personal. En esta actividad se verá si conocen lo que es la inmunidad innata, la inmunidad adquirida y si son capaces de relacionarlas. También si conocen los nombres específicos de las células que componen el sistema inmune (por ejemplo, macrófagos, linfocitos, etc.) o simplemente tienen la nomenclatura establecida desde el colegio (por ejemplo, los glóbulos blancos). Por último, al introducir la palabra vacuna, se va a poder observar qué entienden por vacuna y qué papel tiene en el proceso de adquisición de la inmunidad.

A3. ¿De qué está hecha una vacuna? ¿Son todas las vacunas del mismo tipo?

Al igual que en las actividades anteriores, esta pregunta sirve para extraer con más detalle qué piensan que es una vacuna. La visión más conservadora sobre las vacunas indica que éstas se componen por un virus atenuado, conclusión que se extrae de la primera vacuna conocida, desarrollada por Edgard Jenner en 1796. Esta primera vacuna se componía de una cepa menos virulenta de la viruela bovina. Este es el ejemplo clásico que se comenta en el aula sobre las vacunas, sesgando la visión de su composición.

A4. Haz un esquema con el mecanismo de acción de la vacuna en tu cuerpo.

La última actividad de este bloque está destinada a la representación gráfica de su modelo de partida del mecanismo del sistema inmune integrado con el funcionamiento de la vacuna. Una vez movilizada y extraída la información, los alumnos/as al representar su modelo serán más conscientes de sus conocimientos. Este modelo les servirá en las actividades posteriores para ser

conscientes del aprendizaje que están llevando a cabo y la evolución de sus conocimientos sobre el tema.

A grandes rasgos, las vacunas contienen el antígeno (la parte del virus que nuestro sistema inmune es capaz de reconocer) o el ARNm que codifica dicho antígeno (las instrucciones para que las células de nuestro cuerpo sean capaces de sintetizarlas. Una vez dentro de nuestro organismo, el antígeno es reconocido por los linfocitos y crean anticuerpos específicos que reconocen dicho antígeno. Como el antígeno en sí no es virulento, no provoca una respuesta inmune fuerte en nuestro organismo. De esos linfocitos que reconocen el antígeno y sintetizan anticuerpos, algunos de ellos son capaces de seguir vivos durante un tiempo. Estos linfocitos supervivientes van a ser los responsables de proporcionarnos inmunidad a largo plazo (*Figura 2*).

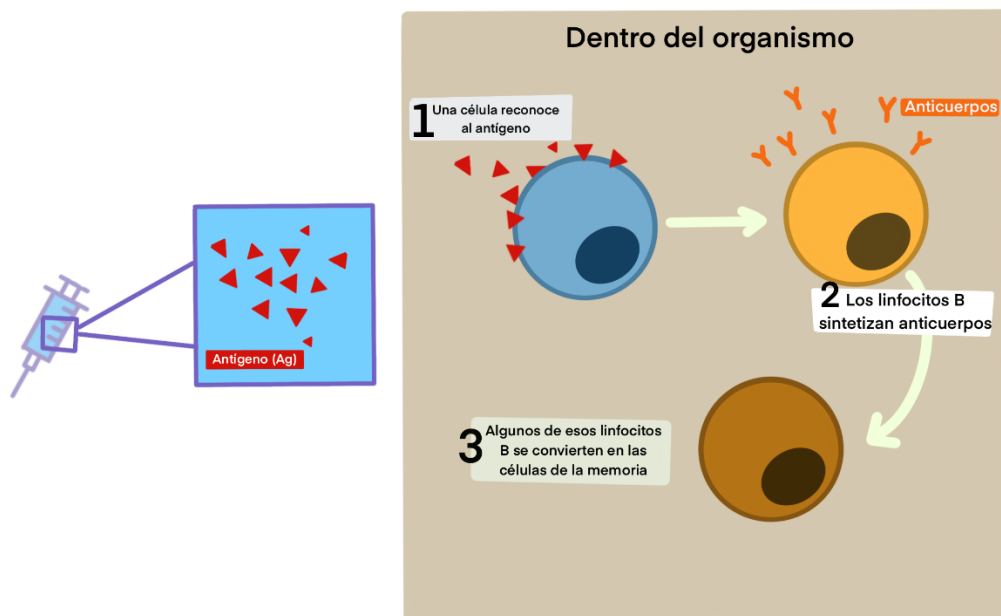


Figura 2. Esquema simplificado del mecanismo de acción de las vacunas en el sistema inmune (elaboración propia)

A5. Comenta con tus compañeros el esquema que has realizado y diseñad un modelo que recoja todas vuestras ideas.

Comienza el proceso de construcción del modelo de sistema inmune-vacuna. Al expresar sus ideas a los compañeros y tener que obtener un modelo común, se desarrolla las competencias de expresión y pensamiento crítico, además de reflexionar sobre sus conocimientos.

A6. Dentro de cada grupo, consultad cada componente una de estas fuentes de información:

El sistema inmune explicado <i>in a nutshell</i> – Vídeo de Kurzgesagt	https://youtu.be/zQG0cOUBi6s
¿Cómo funciona el sistema inmune? – Vídeo de TedEd	https://youtu.be/PSRJfaAYkW4
Los distintos tipos de inmunidad y las células que participan en ellas – Recurso de Biología-Geología.com	https://biologia-geologia.com/BG3/1232_inmunidad_y_sistema_inmunitario.html
¿De qué está hecho nuestro escudo protector, el sistema inmune? – Recurso de Kids Health	https://kidshealth.org/es/teens/immune-esp.html

El uso de diferentes recursos de información ayuda a la revisión del modelo planteado, a la formación de un nuevo modelo más completo y científico y a la confrontación de las concepciones alternativas con las concepciones científicas. Los recursos elegidos requieren de poco tiempo de lectura y proporcionan una visión muy global del mecanismo de acción del sistema inmune sin integrar el funcionamiento de las vacunas. No se busca que sea una actividad de

investigación y profundización sobre el tema, sino una actividad para comenzar a dar una visión más científica sobre el sistema inmune para poder evaluar el modelo de partida que tenían. Estos recursos se encuentran enfocados sobre todo a la inmunidad adquirida, la responsable de proporcionarnos una inmunidad específica y eficaz frente a un patógeno. Sin embargo, se habla también de células que participan en el proceso de inmunidad innata, como son los macrófagos. Con esto se busca que los alumnos/as sean capaces de ver que estas dos inmunidades no son independientes, sino que cooperan para proporcionarnos un escudo muy eficaz. Normalmente, estas dos inmunidades se estudian separadas, cuando se ha demostrado que su relación es muy estrecha.

A7. Tras la búsqueda y consulta de información, realizar un esquema-modelo del funcionamiento del sistema inmune.

Al igual que en la actividad A4, el objetivo de esta actividad es que el alumno/a exprese de forma gráfica lo que ha aprendido, pero tras la consulta de los diferentes recursos de información. Por otro lado, con esta actividad se pretende que el alumnado mejore el desarrollo de competencias de expresión lingüística y científica, ya que debe de apropiarse de conocimientos propios de la ciencia, y saber expresarlos, hablar ciencia, además de otras habilidades como la de sintetizar información y evaluar sus conocimientos científicos sobre el tema. En este nuevo modelo con la información extraída de los recursos ya aparecerán las palabras linfocito, anticuerpo o antígeno, conceptos que no se suelen conocer con claridad. De hecho, la especificidad antígeno-anticuerpo es una característica esencial en la inmunidad adquirida, puesto que, gracias a esta especificidad, tenemos una librería de anticuerpos muy eficaces frente a un patógeno. Este es uno de los pilares a la hora de desarrollar nuevas vacunas y, sin embargo, no se conoce.

A8. Comparar y evaluar los diferentes esquemas o mapas conceptuales dentro del grupo. ¿Qué diferencias y semejanzas hay con vuestro modelo inicial?

Con esta actividad se realiza el análisis de los diferentes esquemas o mapas conceptuales creados por los miembros de cada grupo. Con esto se busca que sean conscientes de esas concepciones alternativas y conozcan las ideas de sus compañeros respecto al funcionamiento del sistema inmune. En este punto, el modelo que realizaron en A4 será distinto al de esta actividad que ya contiene información científica sobre el mecanismo del sistema inmune. Ya aparecerán los conceptos anticuerpo, linfocito, macrófago y células de la memoria, entre otros.

A9. Modificad vuestro modelo inicial con la información consensuada en el grupo.

Con la elaboración del nuevo modelo donde se integran sus conceptos con los adquiridos a través de los recursos facilitados, se afianzarán los conocimientos. Además, compartiendo lo que han aprendido de cada recurso para así llegar a un modelo entre todos van a complementar sus ideas y a trabajar su expresión oral.

A10. ¿Qué elementos componen vuestros modelos iniciales y actuales? ¿Habéis añadido alguno nuevo?

Al ver los elementos que componen sus modelos reflexionarán sobre la evolución del modelo inicial al modelo actual y les ayudará a tener una idea más esquematizada del funcionamiento del sistema inmune. Además, este paso es importante para después poder integrar mejor el funcionamiento de la vacuna a este modelo del sistema inmune.

A11. Haced una tabla donde pongáis el elemento, la función que realiza y asemejad ese elemento a algo de la vida cotidiana que haga una función parecida.

Con esta actividad se busca que los alumnos/as no sólo expresen su modelo de forma gráfica, sino también en forma de tabla. De esta forma, se consigue una mayor comprensión y reflexión de los elementos del sistema inmune y la interrelación que existen entre ellos. Además, al acercar este concepto abstracto a algo que está en su vida cotidiana les va a ayudar a comprender mejor el mecanismo de acción del sistema inmune. Por ejemplo, la función de los macrófagos se puede asemejar a la de un comecocos. En los recursos aportados hacen dichas semejanzas, por lo que podrán usarlas.

A12. Con vuestro nuevo modelo, ¿cómo nos puede ayudar una vacuna a ser inmunes?

Comienza la integración del funcionamiento de la vacuna dentro del modelo de sistema inmune que han diseñado. En las actividades A2, A3 y A4 habían comenzado a movilizar esos conocimientos previos que tenían sobre el funcionamiento de las vacunas, pero sin consultar esas ideas con fuentes de información científica. Es en esta actividad se comienza a reflexionar sobre esas concepciones usando el modelo del sistema inmune ya validado. Además, podrán indagar en el papel que tiene la vacuna dentro de la adquisición de inmunidad frente a un patógeno y ser conscientes del conocimiento que hay detrás de las vacunas. La vacuna se aprovecha de la sensibilidad de las células del sistema inmune, puesto que con la inyección de un virus atenuado o el antígeno, son capaces de crear una respuesta inmune que dura meses o incluso años. Asimismo, la especificidad antígeno-anticuerpo asegura que la respuesta inmune que se desencadena en caso de segunda infección es contra el patógeno que nosotros queremos. De esta forma se obtiene una defensa eficaz y específica frente a un patógeno sin provocar grandes efectos en el organismo.

A13. ¿A qué nos referimos cuando hablamos de defensa relacionado con el sistema inmune?

Una de las concepciones alternativas que destacan el trabajo de Gómiz Aragón (2017) y los resultados de la transposición didáctica realizada por Maguregi González *et al.* (2017) es la definición errónea del término “defensa”. Esta palabra suele tener un significado muy amplio en los alumnos, sirve para definir desde que nos infectamos con el patógeno hasta que nos curamos, sin saber delimitar bien el mecanismo de acción del sistema inmune (reconocimiento del patógeno, síntesis de anticuerpos, etc.). Con esta actividad se busca indagar más en ese concepto, pero partiendo de un modelo que ya tiene una base científica. De esta forma, cuando se integre el mecanismo de acción de la vacuna, van a entender mejor la función que realiza dentro del proceso de inmunización.

A14. ¿Qué es lo que debe tener dentro la vacuna para ayudarnos a ser inmunes?

El objetivo de esta actividad es conocer el concepto de vacuna del que se parte, puesto que el tipo de vacuna más conocida es aquella que se compone del virus atenuado (vacunas de 1ª generación). Sin embargo, las vacunas compuestas del antígeno (2ª generación) o del ARNm que codifica ese antígeno (3ª generación), no son tan conocidas (*Tabla 3*).

Tabla 3. Tipos de vacunas y su composición (Tahamtan et al., 2017)

Generación	Composición	Enfermedades frente a las que genera inmunidad
1ª generación	Patógeno atenuado	<i>Hepatitis A, fiebre amarilla, influenza</i>
	Patógeno inactivado	<i>Hepatitis B, rabia, cólera</i>
2ª generación	Subunidades del patógeno	<i>Hepatitis B, difteria, tosferina (pertussis)</i>
	Proteínas recombinantes	<i>Hepatitis B, herpes (VHS), enfermedades reumáticas (RMD)</i>
3ª generación	ADN o tipos de ARN (donde se encuentra el ARNm)	<i>COVID-19, malaria, ébola</i>

A15. Realiza un esquema de los distintos tipos de vacuna que piensas que pueden existir.

El objetivo de la actividad es comenzar a diseñar el modelo de vacuna ya integrado al funcionamiento del sistema inmune. De esta forma, con la información y el modelo que han realizado en las actividades anteriores, podrán relacionarlo con las vacunas puesto que su composición se encuentra estrechamente relacionada con el mecanismo de defensa del sistema inmune.

A16. Si el virus frente al que se es inmune vuelve a infectar, ¿hay respuesta inmune? ¿Sí o no? Si la hubiese, ¿será más o menos eficaz que la respuesta inmune de la primera infección?

El objetivo de esta actividad es que reflexionen sobre la memoria inmunológica y la importancia que tiene esto en el proceso de inmunización. Cuando se inyecta una vacuna, las células del sistema inmune (macrófagos y linfocitos, entre otros) son capaces de reconocer el antígeno que contiene la vacuna y desencadenar una respuesta inmune que es prácticamente inocua para el individuo. De esta respuesta inmune, permanecen unos linfocitos de tipo B y T que se conocen como células de la memoria. Estas células están sensibilizadas frente a ese patógeno, por lo que, si vuelve a infectarnos, el proceso de reconocimiento del antígeno y montaje de la respuesta inmune es mucho más rápido (*Figura 2*). Con esta rapidez se consigue eliminar al patógeno antes de que pueda infectarnos. Esta característica del sistema inmune ha sido la responsable de la existencia y la eficacia de las vacunas.

A17. Representa en esta gráfica la concentración de anticuerpos frente al tiempo de infección (días) que habría en la primera y en la segunda infección.

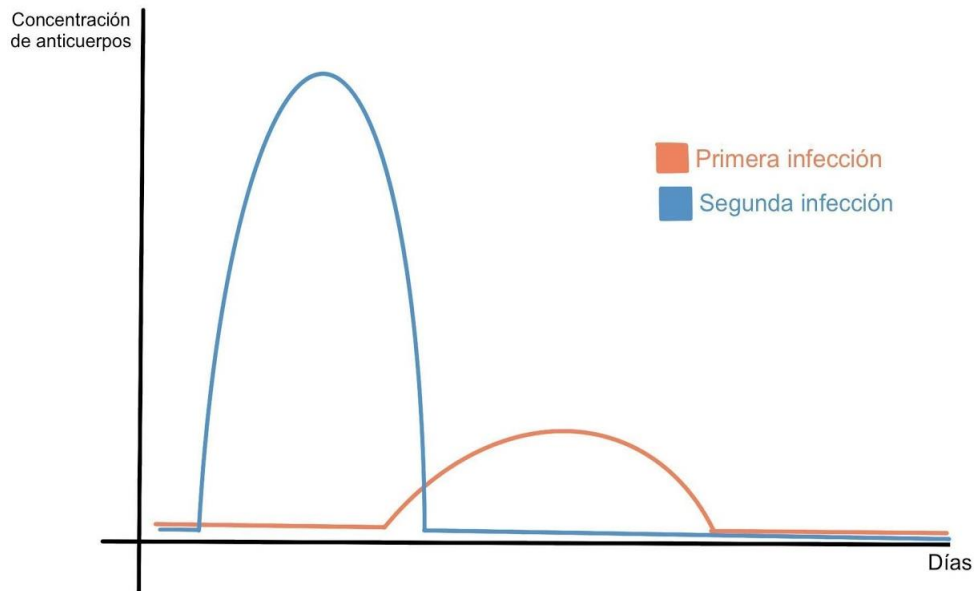


Con la expresión de sus ideas en formato gráfica se favorece el desarrollo de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT). Además, integrarán el concepto de memoria inmunológica al modelo sistema inmune – vacuna que están construyendo. Como se ha comentado en la pregunta anterior (A16), la respuesta inmune frente a una segunda infección es mucho más rápida y se ha visto que la concentración de anticuerpos es mayor que en la primera infección. Esta conclusión es la que se busca que los alumnos/as lleguen después de hablar de la memoria inmunológica y su importancia en el proceso de inmunización.

A18. Comenta tu gráfica con el resto de los compañeros/as, ¿habéis llegado todos a la misma conclusión?

Esta actividad busca que los alumnos y alumnas sean capaces de comprender la gráfica que han realizado y lo que representa. Al explicárselo a sus compañeros, afianzan más sus conocimientos. Además, al ver las ideas del resto de integrantes del grupo, van a reflexionar y debatir sobre las mismas. En muchas ocasiones, la representación gráfica no refleja fielmente lo que se quiere representar. Es por ello por lo que al explicársela a sus compañeros podrán ver si realmente han representado lo que piensan y servirá para que sean conscientes de este error tan común.

A19. Esta gráfica contiene datos reales, compararla con la que habéis dibujado vosotros. ¿Qué semejanzas y diferencias encontráis?



El objetivo de esta actividad es que sean capaces de analizar si su interpretación era correcta o no. Además, tendrán que extraer la información tanto de la gráfica que han realizado y como la que le proporciona en esta actividad para poder encontrar las diferencias y similitudes.

A20. ¿Cómo es posible que la inmunidad dure meses incluso años?

Aquí se busca que debatan sobre la memoria inmunológica y reflexionen sobre su importancia dentro de todo el proceso de inmunización que se ha visto. De esta forma, sabrán el por qué muchas de las enfermedades se erradican con la vacunación. Como se ha comentado en la actividad A16, el hecho de que nuestro sistema inmune sea capaz de responder frente a un patógeno en caso de infecciones posteriores es imprescindible para el desarrollo de la inmunidad mediante el uso de vacunas.

A21. Después de todo lo que hemos visto, ¿te vacunarías? ¿Qué ventajas y desventajas encuentras? Coméntalo con tus compañeros.

Esta actividad abre el tercer y último bloque de la propuesta de actividades. Su objetivo es que los estudiantes comiencen a desarrollar su pensamiento crítico después de todo lo que han aprendido y formen su opinión una vez ya asimilados los conceptos básicos sobre el sistema inmune y la vacunación. Además, el comentar y defender sus ideas ayuda tanto al desarrollo de la expresión oral como del pensamiento crítico. Escuchar al resto de compañeros y debatir sobre el tema va a hacer que se interesen y vean su relevancia dentro de la sociedad.

A22. Lectura y análisis crítico de noticias.

El alumno tendrá que consultar las siguientes noticias que se encuentran relacionadas con el miedo y el rechazo a las vacunas:

El rechazo a vacunarse contra la covid se desploma en España

Solo el 28% de los ciudadanos afirman que no se protegerán frente al 47% de hace un mes, según la encuesta del CIS

<https://www.diariosur.es/sociedad/salud/cis-diciembre-vacunas-covid-20201221133557-ntrc.html>

Las cuatro preocupaciones de los antivacunas

Un grupo de científicos estudia a comentaristas que se posicionan en las redes sociales contra las inmunizaciones para conocer sus motivos y diseñar mensajes para ellos

https://elpais.com/elpais/2019/03/20/planeta_futuro/1553081708_159330.html

El objetivo de la revisión y análisis crítico de las noticias dentro de esta secuencia de actividades es fomentar la alfabetización científica y el desarrollo del pensamiento crítico. Además, se busca que los estudiantes sean capaces de extrapolar el tema al campo de la sociedad y ver que divulgar la ciencia es fundamental.

A23. En el grupo, buscad argumentos a favor y en contra de la vacunación.

Esta actividad busca desarrollar su pensamiento crítico. Al preguntarles por las ventajas y desventajas, tendrán que hacer un trabajo de reflexión y valoración de todo lo que han aprendido durante la secuencia de actividades. De esta forma, podrán desarrollar mejor su posición frente a este tema, con una fundamentación científica y una valoración de todos los aspectos de la vacunación.

A24. ¿Piensas que es importante informar a las personas sobre las vacunas? ¿Por qué?

Para concluir esta propuesta de actividades, esta actividad busca una reflexión final del tema y de la importancia que tiene la alfabetización científica en el desarrollo de la opinión. De esta forma, podrán ver que el conocimiento es muy importante en la sociedad y que es necesario aprender para poder desarrollarse como persona.

3. Implementación de la secuencia

La propuesta didáctica presentada requiere de tiempo suficiente para desarrollarla en el aula, permitiendo que los alumnos expresen y comparen sus ideas. Al tratarse de una secuencia basada en la indagación, son los propios alumnos y alumnas los que marcan el ritmo y el rol del profesor/a pasa a segundo plano. Es importante que, a la hora de llevarla a cabo, se establezca un ambiente de confianza para que los estudiantes puedan expresar esas ideas alternativas sin miedo a ser juzgados. Además, se tiene que favorecer el diálogo y el debate, para que los propios alumnos/as reflexionen y formen su propio modelo sobre el sistema inmune y desarrollen su pensamiento crítico.

3.1. Evaluación de la implementación de la propuesta didáctica

La evaluación de esta propuesta didáctica va a constar, principalmente, de estos dos puntos:

- **Estudio y comparación de los cuestionarios realizados antes y después de la realización de la secuencia de actividades** (véase *Anexo 1, cuestionarios 1 y 2*). Estos cuestionarios han sido extraídos y adaptados del trabajo de Maguregi González *et al.* (2017), donde se realizó una secuencia de modelización del sistema inmune usando la controversia socio científica de la vacunación. Al asemejarse a la propuesta didáctica diseñada para este trabajo, se ha seleccionado estos cuestionarios ya validados para poder tener información sobre los conocimientos previos y posteriores a la secuencia de actividades de los estudiantes. Con el análisis de las respuestas de los alumnos/as, se podrá ver si realmente han aprendido en el transcurso de la secuencia.
- **Cumplimentación de la rúbrica diseñada para la propuesta didáctica** (Véase *Anexo 2, tabla 3*). Con la introducción de la rúbrica en el proceso de evaluación, también se puede estudiar si se han cumplido los objetivos planteados. Se ha diseñado a partir del artículo de Gatica-Lara y Uribarren-Berrueta (2013) y Goodrich (2005). La rúbrica de evaluación propuesta se compone de tres criterios, obtenidos a través de los objetivos expuestos en el apartado 1.2., y cuatro niveles: excelente, satisfactorio, puede mejorar e insuficiente.

3.2. Resultados

El resultado principal que se espera obtener con la implementación de esta propuesta didáctica es que los estudiantes puedan explicar el mecanismo de acción del sistema inmune sin problemas, usando el modelo que ellos mismos han realizado. Este modelo incluirá las distintas células que componen el sistema inmune, su función y la interrelación existente entre los componentes del sistema inmune. Otro resultado esperado es que puedan integrar el papel de las vacunas

dentro del proceso de inmunidad en el modelo que han realizado. Además, se espera que sepan diferenciar los distintos tipos de vacunas no sólo por su composición, sino por su papel dentro del proceso de inmunización. Por último, se espera que los alumnos/as sean capaces de argumentar su punto de vista con respecto a la vacunación, con datos científicos, favoreciendo así la alfabetización científica y el pensamiento crítico.

III. CONCLUSIÓN Y REFLEXIÓN PERSONAL

En definitiva, el tema del sistema inmune siempre ha estado presente en los libros de texto, pero, en muchas ocasiones, se trata de forma rápida, por su complejidad y no se le da la importancia y el tiempo que realmente necesita para su aprendizaje. Con esta propuesta se quiere mostrar que es un tema esencial para los estudiantes, con muchas implicaciones en la vida real y cotidiana, y más en los tiempos actuales provocados por la pandemia. La introducción de la modelización en esta propuesta didáctica busca también cambiar los roles de aprendizaje que están establecidos, otorgando al alumnado un papel activo en el proceso de aprendizaje. La creación de modelos que expliquen la realidad siempre ha estado presente en el desarrollo de las ciencias y es necesario recuperar dicho proceso y habilidades. También, darles la oportunidad de aprender a su ritmo, siendo conscientes de esas ideas alternativas que podrían tener y modelizando su idea de sistema inmune-vacuna con una base científica, favorece una mejor comprensión y adquisición del conocimiento. Además, con esta metodología de aprendizaje activo se facilita el desarrollo de competencias transversales que son muy importantes para su desarrollo emocional y personal.

Para conseguir una sociedad más alfabetizada científicamente es necesario enseñar la ciencia de una forma que se aproxime a la realidad. Las controversias sociocientíficas cada vez se van abriendo mayor paso como enfoque en la enseñanza relacionándolo con temas de actualidad. Ahora, más que nunca, es imprescindible partir de una buena base de conocimiento científico y saber discernir entre las informaciones científicas y veraces, de los bulos o *fakenews*. En la actualidad, el tema de la vacunación está a la orden del día y necesitamos de un conocimiento sobre el sistema inmune y las vacunas para poder desarrollar un pensamiento crítico bien fundamentado. Es necesario favorecer ambientes de debate y expresión de ideas en clase para favorecer ese desarrollo.

En conclusión, el sistema inmune siempre está presente en el día a día, aunque nosotros y nosotras no nos demos cuenta. Sin embargo, el conocimiento de este es insuficiente y con escasa fundamentación científica. Es por ello por lo que es necesario hacer un mayor hincapié en su enseñanza. Por otro lado, la introducción de metodologías que favorezcan el aprendizaje activo va a ayudar a que los estudiantes sean más conscientes de lo que están aprendiendo, vean la utilidad de estos conocimientos y los aproximen a la realidad. Con la introducción de la modelización como metodología didáctica, se consigue no sólo eso, sino también el desarrollo de competencias transversales esenciales para los alumnos y alumnas. El proceso de aprendizaje no es sólo adquirir conocimientos, sino también desarrollar destrezas. Es aquí donde está el papel del alumno/a, siempre guiado por los profesores y las profesoras.

BIBLIOGRAFÍA

Abd El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Niaz, M. y Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.

Aznar Cuadrado, V., Puig Mauriz, B., (2016) Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formación acerca de la tuberculosis. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.1, 33-52

Bell R., Maeng, J. y Peters, E. (2010). *VMSC Scientific Inquiry and NOS Task Force Report*. Virginia.

Bihouès, M., & Malot, S. (1990). Quelques représentations à propos des vaccinations et des transplantations. *Aster*, (10).

Carrascosa Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias.*, 2(2), 183-208.

Clement, J. J. y Rea-Ramírez, M. A. (2008), *Model based learning and instruction in science*. Springer; USA.

Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1992). *Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias*. (2nd ed., 13-30). Morata: Ministerio de Educación Cultura y Deporte, Centro de Publicaciones.

Díaz, N. y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: Temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.

Eylul, D., 2012. The Meaning Of And Need For “Inquiry Based Science Education (IBSE)”. *Journal of Baltic Science Education*, 11(1), 4-5.

Fay, E., Grove, N., Towns, M.H., y Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 212– 219.

Ferres Gurt, C., Marbà Tallada, A. y Sanmartí Puig, N. (2015) Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.

Gatica-Lara, F. y Uribarren-Berrueta, T. (2013). ¿Cómo evaluar una rúbrica? *Investigación en Educación Médica*, 2(1), 61-65.

Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Models and Modeling in Science Education*. Springer

Gómiz Aragón, M. (2017). *Propuesta de análisis de las ideas del alumnado de 3º de ESO sobre las vacunas y la vacunación. Un estudio de aproximación*. (Graduada). Universidad de Cádiz.

Goodrich, A.H. (2015) Teaching with rubrics. The good, the bad and the ugly. *College Teaching*, 53(1), 27-30.

Gutiérrez-Julián, M., Gómez-Crespo, M. y Martín-Díaz, M. (2009). La información científica en la televisión. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didácticas de las Ciencias*, 1440-1443.

Hernández-Villalobos, L. (2016). *Divulgación científica para el aula: presencia y tratamiento de las noticias científicas y propuestas de educomunicación* (tesis doctoral). Universidad de Almería, Almería.

Johnson - Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Harvard University Press.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

Lundström, M., Ekborg, M. y Ideland, M. (2012). To vaccinate or not to vaccinate: how teenagers justified their decision. *Cultural Studies of Science Education*, 7, 193–221.

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

Marbá, A. (2010). Aprender ciencias leyendo noticias: un reto para la escuela del siglo XXI. Trabajo presentado en XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales del 21 al 23 de Julio de 2010 en Baeza (Jaén).

Merino, G., Felipe, A. E. y Gallarreta, S. C. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3).

Milena López Rúa, A., Orrego Cardozo, M. and Tamayo Alzate, Ó., 2017. Inmunidad: Modelos Mentales De Estudiantes Universitarios. In: *X Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias*. Sevilla: Enseñanza De Las Ciencias, 4079-4084.

Nersessian, N. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge: The MIT Press.

O'Connell, C., 2014. Inquiry-Based Science Education. In: International AEMASE Conference on Science Education. *Berlín: All European Academies (ALLEA)*,1-4.

Olson, S., y Loucks-Horsley, S. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington DC.

Pichichero, M.E. (2009), Vacunaciones de recuerdo: ¿puede la memoria inmunológica adelantarse a la patogénesis de la enfermedad? *Pediatric (Ed. Español)*, 68(6), 295-302.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de Septiembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE núm.3 (2014).

Real Decreto 111/2016, de 14 de Junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, BOJA núm.122 (2016).

Romero-Ariza M. (2017). El aprendizaje por indagación, ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (2), 286-299.

Sadler, T. D. y Zeidler, D. L. (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-128.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, 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.

Taber, K. S. (2013). *Modelling learners and learning in science Education. Developing Representation of concepts, conceptual structure and conceptual change to inform teaching and research.* Dordrecht: Springer.

Tahamtan, A., Charostad, J., Shokouh, S.J. y Barati, M. (2017) An Overview of History, Evolution and Manufacturing of Various Generation of Vaccines. *Journal of Achieves in Military Medicine*, 5(3), 1-7.

Tamayo Alzate, Ó., Milena López-Rua, A. and Orrego Cardozo, M., (2017). Modelización Multidimensional En La Didáctica De Las Ciencias. Una Aplicación En La Enseñanza Y Aprendizaje De La Inmunología. In: *X Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias*. Sevilla: Enseñanza De Las Ciencias, 4313-4317.

ANEXOS

ANEXO 1

Cuestionario 1

1. Explica qué pasa en tu cuerpo cuando te infecta un virus.
2. ¿Por qué una vez pasada la varicela no se vuelve a pasar otra vez?
3. ¿Qué son las vacunas?
4. Explica qué ocurre en nuestro cuerpo cuando nos vacunamos.
5. ¿Las vacunas están siempre compuestas por un pequeño número de organismos que producen la enfermedad?
6. Enumera las ventajas y desventajas de la vacunación.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>

7. ¿Estás a favor o en contra de la vacunación? Justifica tu respuesta.

Cuestionario 2

1. ¿Qué son las vacunas
2. Explica qué ocurre en nuestro cuerpo cuando nos vacunamos.
3. ¿Las vacunas están siempre compuestas por un pequeño número de organismos que producen la enfermedad?
4. Enumera las ventajas y desventajas de la vacunación.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>

5. ¿Cómo funciona el sistema inmunológico?

ANEXO 2

Tabla 4. Rúbrica de evaluación de la propuesta didáctica

CRITERIOS	NIVELES			
	4. Excelente	3. Satisfactorio	2. Puede mejorar	1. Insuficiente
<i>Comprensión del funcionamiento del sistema inmune</i>	Conoce las distintas células que componen el sistema inmune y su función. Sabe interrelacionar las células del sistema inmune.	Conoce las distintas células que componen el sistema inmune y su función. No sabe interrelacionar las células del sistema inmune.	Conoce las distintas células del sistema inmune, pero no comprende su función. No sabe interrelacionar las células del sistema inmune.	Desconoce las células del sistema inmune y su función. No sabe interrelacionar las células del sistema inmune.

<p><i>Comprensión de la composición de los diferentes tipos de vacunas y su mecanismo de acción</i></p>	<p>Conoce los distintos tipos de vacuna sus diferencias. Es capaz de distinguir como cada vacuna ayuda en el proceso de inmunización en función de su composición.</p>	<p>Conoce los distintos tipos de vacuna. Es capaz de distinguir como, al menos una vacuna, ayuda en el proceso de inmunización en función de su composición.</p>	<p>Conoce los distintos tipos de vacuna. No es capaz de distinguir como, al menos una vacuna, ayuda en el proceso de inmunización en función de su composición.</p>	<p>No conoce los distintos tipos de vacuna. No es capaz de distinguir como, al menos una vacuna, ayuda en el proceso de inmunización en función de su composición.</p>
<p><i>Comprensión de las ventajas y desventajas de las vacunas</i></p>	<p>Es capaz de enumerar ventajas y desventajas de las vacunas, comprender su importancia en la sociedad y debatir sobre ello.</p>	<p>Es capaz de enumerar algunas ventajas y desventajas y comprender su importancia en la sociedad.</p>	<p>No es capaz de enumerar ventajas y desventajas de la vacunación, pero sí comprender su importancia en la sociedad.</p>	<p>No es capaz de enumerar ventajas y desventajas, ni comprender su importancia en la sociedad.</p>