



## “Tranquilo, es solo un pinchazo”: una propuesta de enseñanza en 4º de ESO sobre el uso de vacunas frente al SARS-CoV-2

Pedro Florido-Moreno<sup>1</sup> y Teresa Lupión-Cobos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Enseñanza Secundaria Carlinda. Departamento de Ciencias de la Naturaleza. Málaga, España.

<sup>2</sup>Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias de la Educación, Didáctica de las Ciencias Experimentales. Málaga, España.

[Recibido el 3 de noviembre de 2022, aceptado el 19 de septiembre de 2023]

**Resumen:** Seleccionar contextos relevantes y poner en acción el pensamiento crítico del alumnado y que establezca conexiones entre conocimiento del aula e interrogantes de la vida diaria fue el objeto de la unidad “Tranquilo, es solo un pinchazo”. Centrada en un dilema de interés socio-científico como el uso de vacunas frente al SARS-CoV-2, se aplicó en la materia “Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional” de 4º de ESO en un grupo de 19 estudiantes (15-16 años), utilizando prácticas científicas de modelización e indagación para fundamentar su toma de decisiones. Mediante diversas producciones del alumnado –informe científico, póster y prueba escrita– se analizaron sus niveles de aprendizaje, detectándose la necesidad de mejora sobre su calidad argumentativa y de modelización de los procesos. Al respecto, se proponen alternativas metodológicas y se aportan implicaciones para la educación científica y la formación del profesorado.

**Palabras clave:** vacunas; dilema socio-científico; indagación; modelización; argumentación científica; SARS-CoV-2

### ‘Don’t worry, you won’t even feel it’: teaching proposal for 4th-year secondary school students on the use of SARS-CoV-2 vaccines

**Abstract:** This article reports on the implementation of a dilemma-based teaching unit aimed at activating students’ critical thinking and their ability to establish connections between classroom learning and everyday questions. The unit, entitled ‘Don’t worry, you won’t even feel it’, was taught to a group of 19 fourth-years secondary school students (aged 15-16 years) as part of the subject Applied Science for Professional Activity. The content addressed the dilemma of using SARS-CoV-2 vaccines through a series of decision-making activities involving scientific modelling and inquiry. Students’ learning levels were analysed through their coursework (scientific report, poster, written test), the results of which revealed the need for improvement in relation to argumentation and modelling. The article concludes by proposing methodological alternatives and highlighting the implications of the findings for science education and teacher training.

**Keywords:** vaccines; socio-scientific issue; inquiry; modelization; scientific argumentation; SARS-CoV-2

## Justificación y objetivos

En torno a la vacunación frente al SARS-CoV-2, se diseñó e implementó la propuesta titulada “Tranquilo, es solo un pinchazo”. Esta pretendía desarrollar el pensamiento crítico en torno a la toma de decisiones sobre la vacunación en contexto pandémico, integrando el conocimiento promovido desde la consecución de dos objetivos didácticos centrales:

- A. Desarrollar un comportamiento ciudadano responsable en torno a la vacunación
- B. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología (CyT) a la sociedad, en contexto de prevención y tratamiento de la inmunidad y sus efectos en la salud pública

En este trabajo, tras presentar la propuesta didáctica, se abordan como objetivos:

- Analizar resultados del alumnado en relación a la vacunación, valorando el comportamiento ciudadano promovido y su interpretación sobre la contribución de la CyT, en su prevención y tratamiento.
- Sugerir propuestas de mejora para conseguir un mayor desarrollo de las capacidades y competencias del alumnado, ante una toma de posturas fundamentada.

## Fundamentación

### Enseñanza de las ciencias en contexto y selección de cuestiones socialmente relevantes

Ayudar al alumnado a entender situaciones diarias, seleccionando contextos que establezcan conexiones con el conocimiento científico estudiado en el aula y transferirlo a escenarios cercanos, abordados como contextualización, es un enfoque ampliamente reconocido y aplicado (Blanco-López *et al.*, 2015).

El tratamiento de situaciones reales conlleva analizar problemas asociados a cuestiones socio-científicas que generan opiniones contrapuestas -salud, consumo o sostenibilidad (Martínez e Inieta, 2020). Su carácter multi o transdisciplinar implica ciertos conocimientos, habiendo de sustentarlos con una formación que provea de criterios en la toma de posturas, desde una enseñanza promotora de capacidades y competencias potenciadoras del pensamiento crítico, conforme a los currículos de secundaria (MEFP, 2022).

Desde la visión competencial orientada por la LOMLOE (Ley Orgánica, 2020), se enfatizan situaciones de aprendizaje motivadoras. Los escenarios donde vivir la ciencia en contextos idénticos o análogos a los que confrontan en su vida, reconociéndolos como propios (Sauvé, 2010), dotan de significado y relevancia el aprendizaje, posibilitando su interés.

La vacunación es una cuestión socialmente viva que conlleva controversias en relación a sus efectos e implicaciones sanitarias y a indecisiones para su uso (Dubé *et al.*, 2014; Mascellino *et al.*, 2021), vinculándose de forma infundada al autismo (Davidson, 2017).

En el currículo escolar, la noción de vacuna, sus mecanismos de acción y los procesos de inmunización no se incorporan hasta los 12-13 años, siendo citados, con escasa conexión, en textos de primaria y secundaria (Azuaga *et al.*, 2002), adquiriendo mayor profundidad a nivel molecular en 2º de bachiller. Las dificultades de aprendizaje asociadas, asimilando la vacunación al concepto de medicamento a consumir sin estar enfermo, requieren estrategias para interpretar el funcionamiento del sistema inmunológico incluido en el modelo de ser vivo y su papel en los mecanismos de defensa (Maguregi *et al.*, 2017).

Asimismo, respecto a la toma de decisiones para el uso de las vacunas, Lundström *et al.* (2012) analizaron la influencia de factores que participan en adolescentes, a través de procesos de enseñanza centrados en la controversia sobre la vacunación contra la gripe,

encontrando que aquellos valoran las opiniones en función del rol social de quien las plantea, sin conectarlas con conocimientos científicos adquiridos en entorno educativo.

Así pues, parecen necesarias propuestas de enseñanza que conecten el conocimiento científico y la toma de posturas en cuestiones controvertidas, desarrollando el pensamiento crítico, además de competencias ligadas a la resolución de problemas y el compromiso ético del alumnado (Jiménez y Felices, 2018). Así se podrá abordar el cuestionamiento de la eficacia y peligrosidad de la vacunación frente al SARS-CoV-2 (Mascellino *et al.*, 2021), además de los tratamientos alternativos, de eficacia no demostrada científicamente (Singh *et al.*, 2020).

### **Prácticas científicas y pensamiento crítico en la formación ciudadana. Aplicación al sistema inmunitario**

Los enfoques que parten de un contexto para desarrollar el conocimiento científico se pueden implementar con estrategias que sustenten su construcción, como las prácticas de indagación, modelización y argumentación que implican la participación del alumnado en actividades propias de la comunidad científica (EC, 2015; Jiménez-Liso *et al.*, 2020).

La indagación proporciona la oportunidad de investigar un problema, hacer observaciones, pensar de manera creativa o utilizar la intuición para encontrar soluciones (Constantinou *et al.*, 2018; Gillies, 2020). La modelización consiste en utilizar y desarrollar modelos o representaciones simplificadas de los sistemas a explicar, prediciendo fenómenos científicos (Acher, 2014; Godoy, 2018) e implica integrar disciplinas científicas, matemáticas y tecnológicas, algo vigente en las tres últimas décadas (Hallström y Schönborn, 2019). La argumentación se manifiesta como dimensión del pensamiento crítico que permite desenvolvernos en sociedad, y su desarrollo en el aula ayuda a mejorar la autonomía personal, a tomar decisiones y comunicarlas (Blanco-López *et al.*, 2017). Desde esta estrategia, resulta útil promover la calidad argumentativa a través de dilemas socio-científicos, donde el alumnado escoja entre dos opciones en base a sus creencias y conocimientos previos, considerando los efectos secundarios asociados a la vacunación frente al riesgo de contraer la enfermedad (Lupián-Cobos *et al.*, 2021).

La controversia en torno a la vacunación en muchos países, incluido España (Gómez y Álvarez, 2021; Carrasco *et al.*, 2021), es una cuestión socialmente viva sobre inmunidad, escenario adecuado para abordar las finalidades educativas sobre el pensamiento crítico, promoviendo el acercamiento al comportamiento ciudadano responsable en torno a la vacunación y la contribución de la CyT en la prevención y tratamiento, y a la salud pública.

Conocer el proceso fisiológico de defensa y la vacunación representa un contexto relevante, útil para estudiar el sistema inmunitario y el modelo de ser vivo, conociendo el mecanismo de acción molecular para adquirir el conocimiento intrínseco a esta cuestión socialmente viva.

La modelización, con visión sistémica de ciencia escolar, ayuda a construir el aprendizaje en torno al mecanismo de acción vírica, interpretando modelos de componentes y procesos que participan en interacciones celulares y moleculares en la transmisión de la infección y la actuación de una vacuna a nivel microscópico (Lupián-Cobos *et al.*, 2021), pudiendo referirse a elementos internos y externos del sistema (Maguregi *et al.*, 2017). Asimilar este modelo, que el alumnado identifique sus pruebas, lo aplique y lo transfiera (Lupián-Cobos *et al.*, 2021) a otros contextos constituye un objetivo didáctico de interés que muestra dificultades al establecer las interacciones del organismo, tanto internas como con elementos del entorno (Aznar y Puig, 2016).

Conocer protocolos de seguridad y eficacia de las vacunas, aportará mayor conocimiento de la probabilidad de contagio. Los enfoques de indagación permitirán predicciones, experimentar y recoger datos para interpretar cómo varía el contagio mediante un simulador, llegando a la ulterior toma de decisiones para combatirlo.

Asimismo, sería importante utilizar estrategias para ayudar al alumnado a gestionar estas decisiones, encontrándose como oportunidad para ello el uso de la progresión en la modelización (Oliva, 2019) del sistema inmunitario con el modelo de ser vivo y la identificación de pruebas. De esta manera, el estudiante puede revisar y evolucionar desde su propio modelo, al modelo científico de referencia, emitiendo justificaciones ante su toma de posturas (Jiménez-Aleixandre, 2012) frente a la vacunación e implicándole en fortalecer el reconocimiento de la función social de la CyT (Lupión-Cobos *et al.*, 2019).

## **Metodología**

Se presenta el contexto didáctico –características de los participantes y la secuencia de enseñanza, explicando cómo se abordó el estudio del sistema inmunitario, la vacunación y los procesos de I+D+i. Asimismo, se indican instrumentos y el procedimiento para el análisis de datos.

### **Descripción del contexto didáctico y los participantes**

La propuesta se aplicó en el curso 2020-21, en plena oleada pandémica, a un grupo de 4º de ESO de 19 estudiantes, 14 chicas y 5 chicos, de entre 15 y 16 años. Se administró un cuestionario inicial sobre su motivación para cursar la asignatura de Ciencias Aplicadas. Un 40% la eligió al ser útil en su próxima etapa y solo el 11% por gusto. Se les preguntaba qué cursarían tras la ESO, optando más del 50% por estudios de grado medio, un 20% por bachillerato y un 26% no se había decidido.

### **Diseño y puesta en práctica de la propuesta**

La problemática sobre la vacunación se utilizó como escenario para estudiar el funcionamiento del sistema inmunitario, los mecanismos de acción molecular de las vacunas y sus protocolos de seguridad y efectividad. Tras revisar los elementos curriculares sobre contenidos de Biología (microorganismos, virus y sistema inmunitario) y Tecnología y Ciencia Aplicada (I+D+i y función social de la CyT), se analizaron las dificultades de enseñanza-aprendizaje, relaciones entre conceptos clave y su integración con procedimientos y actitudes. Se seleccionaron prácticas de indagación y modelización para construir el conocimiento del modelo científico con un diseño de actividades para promover las competencias científicas (Franco-Mariscal *et al.*, 2017). La concreción curricular de estrategias metodológicas se estructuró en tres etapas –inicio, desarrollo y finalización–, de acuerdo a Couso (2013). En la Tabla 1 se describen la secuencia de tareas y los conocimientos y objetivos didácticos abordados.

Se planifica una aproximación a los objetivos didácticos con las tareas 1, 2 y 3 sobre aspectos iniciales de la I+D+i, el nacimiento y función de las vacunas. La tarea 4 permite estudiar los constructos vertebradores: virus, sistema inmunitario y medidas para evitar el contagio, mediante modelización e indagación. La tarea 5 correlaciona la inversión en I+D+i y el desarrollo económico, reconociendo la contribución de la CyT a la sociedad a través de su financiación. La tarea 6 propone elaborar un póster identificando las etapas de desarrollo de una vacuna y los organismos encargados de su síntesis y aprobación. Las tareas 7 y 8 pretenden fundamentar la toma de decisiones al determinar la efectividad del procedimiento implementado. La tarea 9 es una prueba escrita competencial.

Tabla 1. Descripción y tareas de la propuesta

Sesión y tarea	Conocimientos	Objetivos didácticos asociados al comportamiento ciudadano responsable en torno a la vacunación	Objetivos didácticos asociados a la contribución de la CyT a la sociedad sobre inmunidad y efectos en la salud
<b>INICIO</b>			
1. <b>T1</b> Pretest	Tratados en la unidad	Acercar a la vacunación	Acercar a la función social de la CyT
2. <b>T2</b> Conoce la I+D con el bueno de Manuel	Concepto de I+D/I+D+i Importancia social	Reconocer implicaciones del desarrollo científico sobre inmunidad	Integrar conceptos sobre I+D+i
3. <b>T3</b> Un poco de Historia	Origen, fundamento y uso de vacunas	Aplicar conceptos clave (funcionamiento del sistema inmunitario, mecanismos de acción, protocolo de seguridad) en contexto social relevante	Identificar etapas del ciclo de I+D+i en contexto
<b>DESARROLLO</b>			
3-5. <b>T4</b> Lucha contra el virus	Ciclo infeccioso de un virus Sistema inmunitario Tipos de vacunas	Progresar en la modelización del sistema inmunitario Identificar variables del ciclo indagativo Identificar evidencias relativas a la inmunización Analizar factores de inmunización y vacunación	Reconocer rasgos de la investigación científica y diseñarla Comprender principios y conceptos asociados a ciclos indagativos y su transferencia en la planificación investigadora Identificar, usar y generar modelos y representaciones explicativas en ciclos de I+D+i sobre prevención y vacunación
6. <b>T5</b> Casualidad o causalidad	Índice de Desarrollo Humano Producto Interior Bruto	Relacionar conceptos con situaciones concretas en distintos países Correlacionar variables y establecer conclusiones	Interpretar evidencias científicas, sacar conclusiones y comunicarlas, identificando hipótesis Reconocer implicaciones sociales del desarrollo científico
7-9. <b>T6</b> Plan V	Desarrollo de una vacuna Organismos Públicos Sector de I+D+i	Verificar la operatividad de la vacuna Conocer protocolos de prevención y vacunación	Reconocer la importancia de invertir en I+D+i Utilizar estrategias de búsqueda de información Aplicar la I+D+i al contexto nacional y autonómico
<b>FINALIZACIÓN</b>			
10. <b>T7</b> Lucha la paparrucha	Seguridad y riesgos "Fake news"	Identificar pruebas y evolucionar desde el modelo del estudiante al modelo científico referente Emitir justificaciones	Interpretar evidencias, sacar conclusiones y comunicarlas Reconocer implicaciones sociales de la investigación sanitaria y su aplicación a la inmunización
10. <b>T8</b> Posttest	Tratados en la unidad	Considerar la vacunación como hábito saludable	Acercar a la función social de la CyT
11. <b>T9</b> Prueba escrita	Tratados en la unidad	Actuar frente al contagio Analizar variables de la probabilidad de contagio Aplicar el modelo de sistema inmunitario Interpretar datos y establecer correlaciones entre índice de vacunación y contagio	Identificar variables que influyen en I+D+i Identificar contextos de aplicación de I+D+i Relacionar síntesis de vacunas e inversión en I+D+i

Se utilizó una metodología activa y participativa con el alumnado como protagonista, comenzando con una explicación teórica, seguida de lluvia de ideas y compartiendo puntos de vista, actuando el docente como guía, especialmente en los debates, donde expresaban sus opiniones y podían ser refutados. Los modelos que acompañaban a la práctica indagativa eran representados en la pizarra o escenificados por el alumnado.

Ante la extensión limitada, se describen las tareas representativas de la intencionalidad formativa de la propuesta en relación a los objetivos planteados.

Tareas 1 y 8. Pretest-postest sobre ideas de partida (Anexo I). Formulario que contempla la evolución en torno a la vacunación para determinar el grado inicial de conocimiento e identificar la evolución tras la propuesta. El alumnado no posee formación en argumentación científica y se estudiará su nivel argumentativo.

Tarea 2. Conoce la I+D con el bueno de Manuel. Se visiona “Manuel y la I+D”<sup>1</sup> en común y cada estudiante escribe en su libreta el mensaje del vídeo. Se explica el concepto de I+D+i y se pide explicar a un familiar en qué consiste.

Tarea 3. Un poco de Historia. Se propone un texto sobre la Expedición Balmis donde identificar en grupo las etapas del ciclo de I+D+i. Luego se identifican individualmente en otro texto en sus libretas.

Tarea 4. Lucha contra el virus. Se plantea un ciclo de indagación-modelización, debiendo elaborar individualmente un informe científico similar al propuesto por Muñoz-Campos *et al.* (2020).

El proceso se inicia buscando respuestas a preguntas clave, apoyándose en vídeos como “¿Qué son los virus? - Ciencia para niños - Partes de los virus”<sup>2</sup> y “¿Qué es el coronavirus? Explicación para niños”<sup>3</sup>. Aparecen cuestiones sobre su origen, transmisión y métodos frente al contagio, incluyendo una modelización para entender su estructura. Posteriormente, las predicciones de variables implicadas en la probabilidad de contagio se estudian usando un simulador<sup>4</sup>, mediante una actividad de indagación para discernir parámetros relevantes en la transmisión (Anexo II, Figura 5). Tras plantear hipótesis sobre qué factores la aumentan y/o disminuyen, conjeturan posibles comportamientos de las variables participantes y diseñan experiencias para analizar cómo afecta la variación de cada una (Anexo II, Figura 6).

Por último, se estudia el mecanismo de acción viral, ordenando sus etapas. Se proyecta “¿Qué son las vacunas? | Tipos de vacunas y cómo funcionan”<sup>5</sup>, para relacionar conceptos del sistema inmunitario con su función y se explica la acción de las vacunas mediante un modelo simplificado.

Tarea 7. Lucha la paparrucha. Debate sobre la importancia de la vacunación, valorando la participación y calidad de los argumentos, debiendo anotar en sus libretas.

Tarea 9. Prueba escrita. Consta de diez preguntas obligatorias y una opcional (Anexo III). Se formularon seis preguntas obligatorias sobre el comportamiento ciudadano responsable

---

1 COTEC. <https://www.youtube.com/watch?v=7I9uBx75aQU>

2 Smile and Learn – Español. <https://www.youtube.com/watch?v=ZuiGzs5XUWo>

3 Happy Learning Español. <https://youtu.be/prHuClGHtmY>

4 Zeit Online. *Why Is the Risk of Coronavirus Transmission so High Indoors?* [https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-11/coronavirus-aerosols-infection-risk-hotspot-interiors?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-11/coronavirus-aerosols-infection-risk-hotspot-interiors?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)

5 WissenSync. <https://youtu.be/jM5t0tjJ25w>



en relación al contagio, comportando contenidos conceptuales y procedimentales (analizar variables, aplicar el modelo de sistema inmunitario, interpretar datos de distintas fuentes o correlacionar los índices de vacunación y contagio). Otras cuatro preguntas obligatorias y una opcional se centraban en la contribución de la CyT en la mejora de la salud humana y la repercusión en la misma de la investigación y la innovación actuales.

### Instrumentos y procedimiento para el análisis de datos

La Tabla 2 recoge los instrumentos del estudio sobre la puesta en práctica de la propuesta (pretest-postest, libreta de trabajo, informe científico, póster y prueba escrita final), indicando su descripción y finalidad.

**Tabla 2.** Instrumentos de evaluación

Instrumento de evaluación	Descripción	Finalidad
Pretest-postest. Anexo I	Formulario de Google	Aportar visión general sobre la unidad Valorar la calidad de la argumentación ante la vacunación
Libreta de trabajo del alumnado	Cuaderno con actividades y anotaciones	Valorar el desempeño Evaluar el trabajo diario
Informe científico. Anexo II	Trabajo individual sobre la práctica indagativa	Analizar el conocimiento sobre las etapas transitadas en la indagación Activar el pensamiento modelizador
Póster	Cartel físico o digital sobre síntesis de una vacuna	Explicar síntesis de una vacuna: etapas, financiación y distribución Interpretar gráficas y datos
Prueba escrita final. Anexo III	Examen de la unidad	Valorar el conocimiento sobre aspectos tratados

El pretest-postest sobre el uso de vacunas y conocimientos de I+D+i (Anexo I), referido como Tareas 1 y 8, permitió conocer la situación de partida sobre conocimientos clave y valorar la evolución del alumnado en torno a ellos, a su toma de decisiones sobre la vacunación y del nivel de argumentación científica al respecto. Para este comportamiento, se analizaron sus respuestas a la pregunta 6, categorizándose de acuerdo al tipo de decisión elegida y al número de elementos identificados, teniendo en cuenta el modelo de Toulmin (1958), como se indica en la Tabla 3. En el procedimiento, se realizó una identificación inicial de categorías por parte del primer autor de este trabajo, contemplando la presencia de elementos de un argumento en las explicaciones esgrimidas sobre la decisión ante la vacunación; en una ronda posterior, las categorías fueron consensuadas por los dos autores de este trabajo, sin registrar discrepancias los resultados alcanzados en la categorización final (Tabla 3).

**Tabla 3.** Categorización de las respuestas a la pregunta 6 del pretest-postest

Decisión acerca de la vacunación	Elementos de un argumento aportados
Se vacunaría	Tres elementos
No se vacunaría	Justificación y conclusión
Se vacunaría solo en ciertas circunstancias	Solo conclusión
No hizo el test	

Mediante los demás instrumentos (libreta de trabajo, informe científico, póster y prueba escrita), se realizó un análisis semicuantitativo aplicando cuestionarios de estimación propios del docente y rúbricas de evaluación de cada instrumento en relación a los objetivos didácticos centrales A y B. Para ello, se asociaron estándares de aprendizaje con instrumentos de evaluación y tareas para los objetivos A y B (Tablas 4 y 5). En relación a estas, dado que la prueba escrita se relaciona con varios estándares, se incluyen las preguntas que sirven de referencia.

**Tabla 4.** Estándares e instrumentos asociados al Objetivo A

Estándar de aprendizaje	Instrumento de evaluación
<b>A1.</b> Propone métodos para evitar el contagio y propagación de enfermedades infecciosas	<b>Informe científico (T4). Preguntas 7 y 8, prueba escrita (T9)</b> → Formas de evitar la propagación del SARS-CoV-2 / Reconocer situaciones de riesgo
<b>A2.</b> Explica el proceso de inmunidad mediante modelización de sus etapas	<b>Libreta del alumnado (T3)</b> → Reconocer técnica del m-RNA en vacunas
<b>A3.</b> Reconoce el papel de las vacunas para prevenir enfermedades	<b>Libreta del alumnado (T5)</b> → Correlacionar Índice de Desarrollo Humano (IDH) e inversión en Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)

**Tabla 5.** Estándares e instrumentos asociados al Objetivo B

Estándar de aprendizaje	Instrumento de evaluación
<b>B1.</b> Relaciona los conceptos de investigación, desarrollo e innovación. Contrasta etapas del ciclo de I+D+i	<b>Libreta del alumnado (T2)</b> → Comentario de “Manuel y la I+D” <b>Libreta del alumnado (T3). Preguntas 2 y 3, prueba escrita (T9)</b> → Identificar etapas del ciclo de I+D+i
<b>B2.</b> Reconoce tipos de innovación basadas en nuevos materiales y tecnologías para responder a necesidades de la sociedad	<b>Libreta del alumnado (T3)</b> → Reconocer técnica del m-RNA en vacunas <b>Póster (T6)</b> → Explicitar que, frente a una enfermedad, se desarrolla una vacuna
<b>B3.</b> Precisa cómo la innovación es o puede ser factor de recuperación económica	<b>Libreta del alumnado (T5)</b> → Correlacionar IDH e inversión en I+D+i
<b>B4.</b> Discrimina sobre la importancia de las TIC en el ciclo de I+D+i	<b>Informe científico (T4)</b> → Simulador virtual <b>Póster (T6)</b> → Diagrama de sectores en Excel y calendario de vacunación
<b>B5.</b> Interpreta, explica y deduce información de diagramas, gráficas, fotografías o esquemas	<b>Póster (T6)</b> → Diagrama de sectores en Excel y calendario de vacunación <b>Pregunta 10 de la prueba escrita (T9)</b> → Asociar la disminución de contagios a la vacunación
<b>B6.</b> Aplica porcentajes a la resolución de problemas financieros cotidianos	<b>Póster (T6). Pregunta 11, prueba escrita (T9)</b> → Calcular si puede financiarse la vacuna

Para determinar el logro de cada estándar, si este se determina mediante más de un instrumento, para garantizar su cumplimiento es necesario superarlo en todos ellos. Por ejemplo, la determinación del nivel de logro del estándar A1 (“Propone métodos para



evitar el contagio y propagación de enfermedades infecciosas”), se estableció valorando la viabilidad y operatividad de las medidas propuestas por el estudiante, a llevar a cabo diariamente para evitar el contagio por SARS-CoV-2, en su respuesta a la pregunta 7 de la prueba escrita. Análogamente, se determinó la consecución de los demás estándares, contemplando el grado de validez y la justificación de las respuestas, atendiendo a la acción implicada en cada actividad.

## Resultados y discusión

La presentación de resultados y su análisis se articula en torno a los dos objetivos didácticos de la propuesta, contemplándose que además de modelos y conocimientos, el alumnado desarrolla capacidades y valores asociados a sus procesos inherentes. A continuación, se comentan los datos alcanzados desde los diferentes instrumentos, en relación a cada objetivo.

### Objetivo A. Desarrollar un comportamiento ciudadano responsable en torno a la vacunación

En relación al cuestionario pretest-postest, la Figura 1 recoge la frecuencia absoluta del tipo de decisión en respuesta a su pregunta 6 (Anexo I).

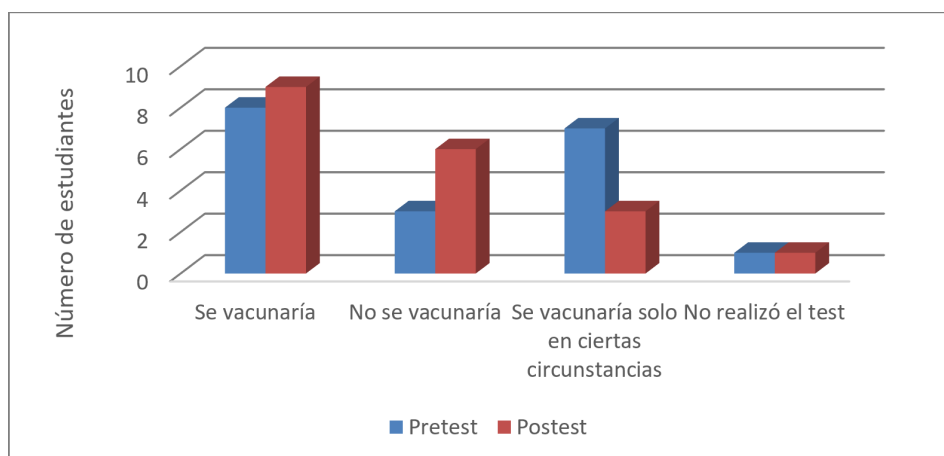


Figura 1. Decisiones acerca de la vacunación de la pregunta 6

Al finalizar la unidad, se incrementa el número de alumnos que se vacunaría sin importar qué vacuna usar, pasando del 42% al 47% al finalizar la propuesta. El alumnado que lo haría solo en ciertas circunstancias disminuye, aunque aumenta el que decide no vacunarse. Este resultado es insuficiente, si el propósito inicial era probar que las vacunas son seguras.

Dada la importancia de la capacidad argumentativa al conformar el pensamiento crítico y tomar decisiones, se analizaron las respuestas para justificar las posturas adoptadas en dicha pregunta, mostrándose algunas y observándose disparidad en el número de elementos argumentativos (Jiménez-Aleixandre, 2010; Toulmin, 1958; Osborne *et al.*, 2016). A modo de ejemplo, se indican las siguientes:

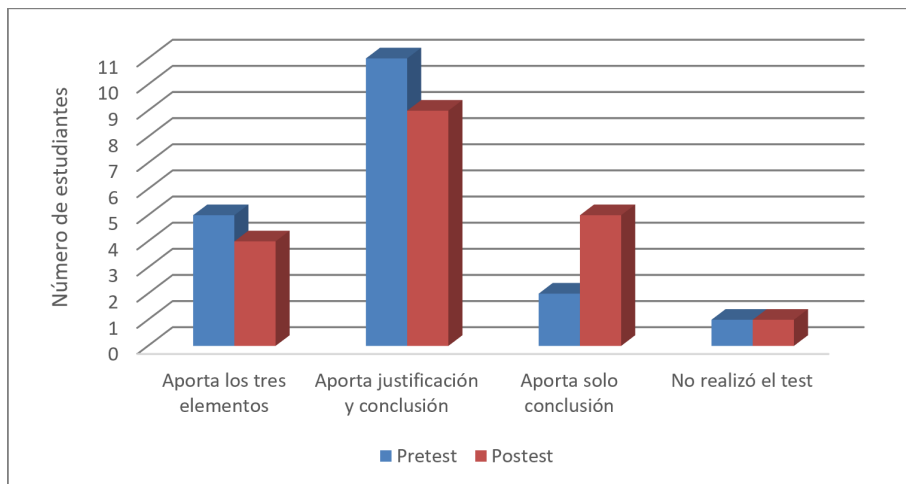
“No” (solo conclusión)

“Si. Pienso que es bueno para terminar con él” (justificación y conclusión)

“No, porque hay enfermedades en las que se lleva investigando 300 y más años para poder sacar una vacuna para batirlas y a día de hoy siguen investigándolas, y me parece extraño que en un año hayan sacado más de 1 vacuna para el Coronavirus, y pues como se han

escuchado diversos problemas con estas vacunas me dan menos fiabilidad y confianza. Aparte soy joven y no debería atacarme fuertemente el covid si lo pillase. Si fuese mayor, para evitar riesgos me pondría la vacuna” (prueba, justificación y conclusión)

La Figura 2 recoge la frecuencia de alumnos que incluyeron uno, dos o tres elementos de un argumento en su decisión.



**Figura 2.** Elementos de cada argumento incluidos por el alumnado

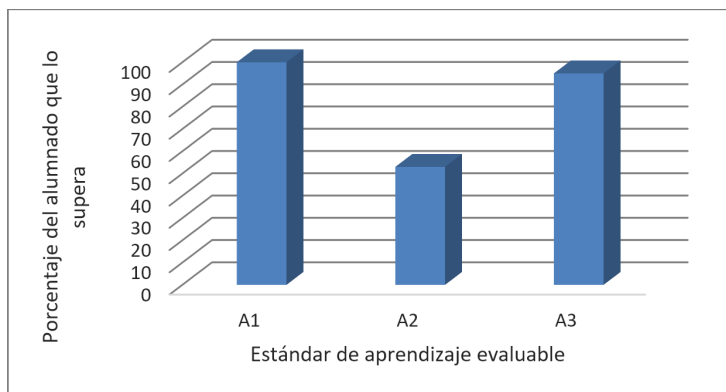
Solo la cuarta parte estableció todos los elementos de un argumento en su respuesta, indicando la necesidad de profundizar en su construcción para mejorar la toma de decisiones y el pensamiento crítico.

El informe científico, permitió identificar evidencias relativas a la inmunización, además de progresar en la apropiación del modelo del sistema inmunitario para comprender la estructura del coronavirus y la protección de las vacunas. Tras revisar las respuestas al apartado 8.3. del mismo (Anexo II) se encontró que, si bien inicialmente el 84% del alumnado había propuesto hipótesis de partida, solo el 58% alcanzó resultados concretos aplicando las variables que participaban, utilizando el simulador y justificando sus respuestas en relación al riesgo de no cumplir estas medidas de prevención que preceden y complementan a la vacunación. En relación a la pregunta 9 del informe científico, el 89% supo interpretar que los virus constan de cubierta o cápside proteica alrededor del núcleo con material genético. Sin embargo, solo la mitad asoció dicha estructura con el proceso de actuación y con el funcionamiento del sistema inmunitario. Esto revela la asunción parcial del modelo y del proceso de inmunización, a mejorar en futuras ediciones.

La prueba escrita (Anexo III) contenía ejercicios asociados a este objetivo didáctico. El ejercicio 10 mostraba dos gráficas para correlacionar el aumento de vacunados y el descenso de contagios. El 53% las interpretó conjuntamente, alcanzando los objetivos sobre interpretación, análisis de datos y establecimiento de correlación entre sucesos.

El nivel de logro en relación a este objetivo didáctico se determinó a través de los estándares de aprendizaje asociados a su evaluación (A1-A3) mostrados en la Figura 3. El estándar A1, evaluando el informe científico (T4) y las preguntas 7 y 8 de la prueba escrita (T9); el A2, evaluando la actividad de reconocimiento de la técnica del m-RNA en la libreta (T3) y el A3, evaluando la actividad sobre correlación entre IDH e I+D+i en la libreta (T5).

La Figura 3 indica el porcentaje de alumnos que superó cada estándar, siendo para ello necesario que el estudiante lo hubiera superado en todos los instrumentos que lo contemplaban.



**Figura 3.** Porcentaje del alumnado que logra cada estándar

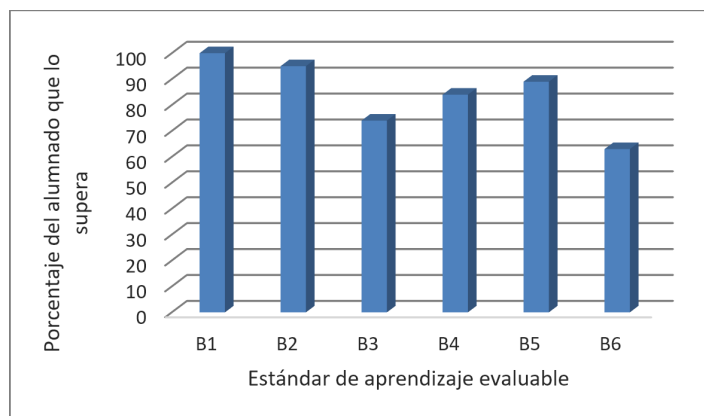
En todo caso, el porcentaje es superior al 50%. Asimismo, muestra que el conocimiento del proceso de inmunidad (estándar A2) es mejorable, siendo preciso contemplar nuevas estrategias en su abordaje.

**Objetivo B. Valorar la contribución de la CyT a la sociedad, en contexto de prevención y tratamiento de la inmunidad y sus efectos en la salud pública**

El nivel de logro del segundo objetivo didáctico se determinó mediante los estándares de aprendizaje asociados a su evaluación (B1-B6). La contribución de la libreta del alumnado cobra protagonismo como fuente de datos, aportando resultados de las producciones en las Tareas 2, 3 y 5. Asimismo, la prueba escrita en relación a las preguntas 2, 3, 10 y 11, el informe y el póster.

En concreto, la contribución a cada uno de los estándares analizados desde estos instrumentos fue: el estándar B1, evaluando las actividades de la libreta “Manuel y la I+D”, con la identificación de etapas del ciclo de I+D+i (T2 y T3) y las preguntas 2 y 3 de la prueba escrita (T9); el B2, mediante resultados de la actividad de reconocimiento de la técnica de m-RNA en la libreta (T3) y parte del póster (T6); el B3, evaluando la actividad en la libreta sobre correlación entre IDH e I+D+i (T5); el B4, evaluando el apartado 8 del informe científico (T4) y parte del póster (T6); el B5, evaluando parte del póster (T6) y la pregunta 10 de la prueba escrita (T9) y el B6 evaluando parte del póster (T6) y la pregunta 11 de la prueba escrita (T9).

En la Figura 4 se muestra el porcentaje de alumnado que superó cada estándar, siendo todos superados por más del 50% y, cinco de ellos (B1, B2, B3, B4 y B5), por más del 70%.



**Figura 4.** Porcentaje del alumnado que logra cada estándar

Llama la atención cómo los estándares B3 (sobre innovación como factor de recuperación económica) y B6 (sobre aplicación de porcentajes a la resolución de problemas financieros cotidianos) asociados a aspectos económicos y de naturaleza procedimental, han alcanzado niveles de logro menores, algo en lo que trabajar y vincular a contextos cotidianos.

### **Conclusiones e implicaciones didácticas**

En general, puede afirmarse que la propuesta didáctica dio buen resultado.

La valoración del alumnado y su participación fue satisfactoria, con implicación y motivación en el trabajo diario, entregando el 50% de estudiantes todas las tareas y el 95% al menos una.

En relación a los objetivos didácticos centrales de la propuesta, A y B, la consecución de los estándares de aprendizaje fue altamente positiva, todos con valor superior al 50%.

Respecto al primer objetivo de estudio sobre la decisión de vacunación, el porcentaje dispuesto a hacerlo sin importar qué vacuna se incrementó del 42% al 47% al finalizar la propuesta. Entendemos que, aun progresando, fue insuficiente si el propósito inicial era probar que las vacunas son seguras.

Por otro lado, la pobreza y deficiente redacción de la mayoría de argumentos hizo que muchos no se consideren como tal de acuerdo a la literatura (Toulmin, 1958; Osborne *et al.*, 2016). Ello indica la necesidad de propuestas de mejora de la capacidad argumentativa ante una toma de posturas fundamentada, potenciando la sustentación de criterios, proponiendo escenarios y estrategias que, combinando actividades indagativas, de modelización y argumentativas, conecten conceptos clave y expliciten el proceso de inmunidad. Se proponen, para nuevas implementaciones, actividades donde identificar elementos de un argumento, permitiendo construirlos mejor y abordar la reflexión de la opción escogida, criticando razonadamente posturas ajenas (Jiménez-Aleixandre, 2012), reconociendo las limitaciones de la propia opción y las consecuencias de sus decisiones y riesgos de contraer la enfermedad (Lupión-Cobos *et al.*, 2021).

Asimismo, contemplar recursos como maquetas, simulaciones o experimentos puede ser de interés en la reflexión e intercambio de opiniones para concienciar al alumnado de las implicaciones de sus decisiones sobre la ciudadanía y su salud, percibiendo la vacunación como acto responsable y solidario.

Dinámicas como el juego de rol podrían aumentar la implicación y la motivación hacia aspectos de interés para defender su toma de posturas ante la situación planteada (Crujeiras *et al.*, 2020). El testimonio de sanitarios y personas que hayan padecido la enfermedad puede ser útil.

En relación al segundo objetivo didáctico y a los aspectos económicos en I+D+i, las citadas dinámicas permitirían conocer la experiencia de nuestros científicos y proyectar su labor al abordar correlaciones de la CyT sobre financiación en investigación y producción de vacunas y, en general, en implicaciones socio-económicas que participan de los avances científico-tecnológicos.

Como implicaciones didácticas, ponemos en valor la importancia, en la enseñanza de las ciencias, de planificar e implementar situaciones de aprendizaje que aborden enfoques didácticos con diferentes prácticas científicas, promotoras de competencias clave y de sus capacidades científico-tecnológica. Desde ellas, los docentes podremos contribuir a fundamentar el conocimiento y acciones del alumnado, ayudando a su desarrollo como ciudadano activo y responsable en la sociedad en que se integra, apoyándose en una reflexión

crítica de sus decisiones y actuaciones, valorando razonadamente posturas ajenas, reconociendo las limitaciones de la propia opción y sus consecuencias (Lupi3n-Cobos *et al.*, 2021). Para ello, es fundamental el papel de la formaci3n inicial y permanente del profesorado, incorporando en la iniciaci3n y actualizaci3n docentes, las innovaciones y avances que la investigaci3n educativa de la Didáctica de las Ciencias Experimentales aporta.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Asociaci3n Espa3ola de Profesores e Investigadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales (ÁPICE) la concesión del tercer premio en la convocatoria 2022 del Premio ÁPICE a Investigadores Noveles, con el trabajo titulado "Tranquilo, es solo un pinchazo: una propuesta de ense3anza en 4º de ESO sobre el uso de vacunas frente al COVID-19". Asimismo, al proyecto B4-2023-22 del Plan Propio de la Universidad de Málaga "¿C3mo Promover la Indagaci3n y la Argumentaci3n Sobre Cuestiones Socialmente Vivas en El Aula de Ciencias de Ed. Infantil, Ed. Primaria y Ed. Secundaria, desde la Formaci3n Inicial de Su Profesorado? Acercamiento a la Identidad Docente y Competencias profesionales".

### Referencias bibliogríficas

- Acher, A. (2014). C3mo facilitar la modelizaci3n cientílica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 36, 63-75. DOI: <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Aznar, V. y Puig, B., (2016). Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formaci3n acerca de la tuberculosis. *Ense3anza de las Ciencias*, 34(1), 33-52. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1670>
- Azuaga, M. J., Benarroch, A. y Gonz3lez, F. (2002). Los conceptos inmunol3gicos en los libros de texto: los cambios curriculares de la reforma. *Publicaciones*, 32, 361-392. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=638373>
- Blanco-L3pez, Á., Espa3a-Ramos, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educaci3n Científica* 1(1), 107-115. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Blanco-L3pez, Á., Franco-Mariscal, A. J. y Espa3a-Ramos, E. (2015). Ense3ar química en el contexto de problemas y situaciones de la vida diaria relacionados con la salud. *Educaci3n Química*, 20, 40-47. DOI: <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.150>
- Carrasco, R., Mart3n, M. Á. y Villar, E. (2021). Participaci3n ciudadana en Twitter: Polémicas anti-vacunas en tiempos de COVID-19. *Comunicar*, 39(69), 21-31. DOI: <https://doi.org/10.3916/C69-2021-02>
- Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E. y Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning? En O. E. Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, L. Louca y C. P. Constantinou (Eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning*. Springer. Recuperado de: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-91406-0>
- Couso, D. (2013). La elaboraci3n de unidades didácticas competenciales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 74, 12-24. Recuperado de: [http://cmap.unavarra.es/rid=1RKTWRZXR-1Z8TJRV-2V6/DIGNACOUSO\\_ELABRACION\\_UD.pdf](http://cmap.unavarra.es/rid=1RKTWRZXR-1Z8TJRV-2V6/DIGNACOUSO_ELABRACION_UD.pdf)
- Crujeiras, B., D3az, N., Mart3n, C. y Fern3ndez, A. (2020). Trabajar la argumentaci3n a trav3s de un juego de rol: ¿debemos instalar el cementerio nuclear? *Ense3anza de las ciencias*, 38(3), 125-142. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2888>

- Davidson M. (2017). Vaccination as a cause of autism-myths and controversies. *Dialogues in clinical neuroscience*, 19(4), 403-407. DOI: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2017.19.4/mdavidson>
- Dubé, E., Vivion, M. y McDonald, N. E. (2014). Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the antivaccine movement: Influence, impact and implications. *Expert Review of Vaccines*, 14(1), 99-117. DOI: <https://doi.org/10.1586/14760584.2015.964212>
- European Commission. (2015). *Science education for responsible citizenship: report to the European Commission of the expert group on science education*. DOI: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/12626>
- Gillies, R. M. (2020). *Inquiry-Based Science Education*. Taylor & Francis Group.
- Godoy, O. L. (2018). Modelos y modelización en ciencias. Una alternativa didáctica para los profesores para la enseñanza de las ciencias en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extraordin). Recuperado de: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8898>
- Gómez, J. J. y Álvarez, M. J. (2021). La vacunación COVID-19 en España: aciertos, errores y perspectivas de futuro. *Atención Primaria*, 53(10), (editorial). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102193>
- Hallström, J. y Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(22). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>
- Jefatura del Estado. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 340 de 30 de diciembre de 2020 (pp. 122868-122953). Madrid. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2020/BOE-A-2020-17264-consolidado.pdf>
- Jiménez, M. D. y Felices, M. M. (2018). Cuestiones socialmente vivas en la formación inicial del profesorado: la infancia refugiada siria como problemática. *REIDICS. Revista De Investigación En Didáctica De Las Ciencias Sociales*, 3, 87-102. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10662/8018>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). *Las prácticas científicas en la investigación y en el aula de ciencias*, pp. 9-14 [Conferencia plenaria]. XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Santiago de Compostela, España. Recuperado de: <http://apice-dce.com/wp-content/uploads/2018/08/XXV-EDCE.pdf>
- Jiménez-Liso, M. R. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (Eds.), *Enseñando ciencia con ciencia*, 60-69. Penguin Random House. Recuperado de: <https://www.fecyt.es/sites/default/files/divulgacion/ensenando-ciencia-con-ciencia-web.pdf>
- Jiménez-Tenorio, N., Vicente-Martorell, J. J., Aragón, L. y Oliva, J. M. (2020). Fomentar la argumentación en clase de ciencias a través de una controversia sociocientífica en futuros docentes. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 79-86. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.4639>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9384-4>



- Lupión-Cobos, T., Franco-Mariscal, A. J. y Girón-Gambero, J. R. (2019). Predictores de vocación en Ciencia y Tecnología en jóvenes: Estudio de casos sobre percepciones de alumnado de secundaria y la influencia de participar en experiencias educativas innovadoras. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3102. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i3.3102](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3102)
- Lupión-Cobos, T., García-Ruiz, C. y Rodríguez-Losada, N. (2021). ¿Cuáles son los mecanismos de defensa que posee el organismo humano ante los ataques de los microorganismos patógenos? Respuesta inmunitaria. Vacunas. En A. M. Abril, Á. Blanco y A. J. Franco (Eds.), *Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19. De la investigación didáctica al aula*, 97-107. Graó.
- Maguregi, G., Uskola, A. y Burgoa, 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. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2237>
- Martínez, M. e Iniesta, J. (2020). Inclusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y de las Cuestiones Socialmente Vivas en la enseñanza universitaria. Un estudio de casos en el grado de química. En R. Roig-Vila (Ed.), *La docencia en la Enseñanza Superior. Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas*, 729-738. Octaedro Editorial.
- Mascellino, M. T., Di Timoteo, F., De Angelis, M. y Oliva-Martínez, A. (2021). Overview of the Main Anti-SARS-CoV-2 Vaccines: Mechanism of Action, Efficacy and Safety. *Infection and drug resistance*, 14, 3459-3476. DOI: <https://doi.org/10.2147/IDR.S315727>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 76 de 30 de marzo de 2022 (pp. 41571-41789). Madrid. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-4975-consolidado.pdf>
- Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J. y Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3201. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201)
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition*. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A. y Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(1), 5-18. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/189092>

Singh, R., Shaik, L., Mehra, I., Kashyap, R. y Surani, S. (2020). Novel and Controversial Therapies in COVID-19. *The open respiratory medicine journal*, 14, 79-86. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874306402014010079>

Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument*. (3ª ed., 2003). Cambridge University Press.

Zoller, U. (2013). Science, Technology, Environment, Society (STES) Literacy for Sustainability: What Should it Take in Chem/Science Education? *Educación Química*, 24(2), 207-214. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72464-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72464-9)

### Anexo 1. Pretest-postest

## ¿CUÁNTO SABES SOBRE VACUNAS?

Vas a realizar un pequeño cuestionario de varias preguntas para ver cuánto sabes sobre los contenidos que vamos a tratar en la unidad, así como de otros aspectos.

**\* OBLIGATORIO**

1. ¿Te han vacunado alguna vez? \*

Sí

No

2. ¿Recuerdas para qué enfermedad apareció la primera vacuna? ¿Qué síntomas tiene esta enfermedad? \*

---

---

---

---

---

3. ¿Todas las vacunas se aplican mediante un pinchazo? \*

Sí

No

4. ¿Tienen posibles efectos adversos las vacunas? De ser así, ¿podrías nombrar alguno? \*

---

---

---

---

---

5. ¿Es obligatoria la vacunación en España? \*

Sí

No

6. Si hoy mismo te dijese que tienes que vacunarte mañana frente al SARS-CoV-2, ¿lo harías? Justifica tu respuesta. \*

---

---

---

---

---

7. Nombra tres enfermedades que conozcas para las que exista una vacuna. \*

---

---

---

---

---

8. Probablemente hayas oído hablar del sistema inmunitario.

¿Cuál crees que es su función? \*

- Protegernos de agresiones procedentes del exterior de nuestro cuerpo.
- Protegernos de agresiones procedentes del interior de nuestro cuerpo.
- Ambas opciones son correctas.

9. ¿De qué están hechas las vacunas? \*

- De virus o bacterias vivos, para que sean capaces de provocar una respuesta del sistema inmunológico.
- De virus o bacterias vivos, pero inactivados o muertos.
- De virus o bacterias muertos, que no puedan provocar la enfermedad.

10. Nombra algunos mecanismos de defensa de nuestro cuerpo que conozcas. \*

---

---

---

---

---

11. ¿Sabrías decir en qué se diferencia una enfermedad causada por un virus de una enfermedad causada por una bacteria? \*

---

---

---

---

---

12. Probablemente hayas oído hablar de las siglas I+D+i. Indica el significado de estas: \*

- Innovación, Desarrollo e Investigación.
- Innovación, Docencia e Investigación.
- Investigación, Desarrollo e Innovación.
- Interés, Decisión e Iniciativa.

13. ¿Te acuerdas del proceso de metodología científica? Se ha tratado en cursos anteriores. Describe brevemente aquello que recuerdes. \*

---

---

---

---

---

14. ¿Existen leyes o normas que regulen los procesos de I+D+i? \*

- Sí, porque en esta vida todo aquello que pueda dar dinero o causar problemas éticos está regulado.
- No, porque si hubiese leyes sobre I+D+i se frenaría el progreso, ya que las empresas no podrían actuar libremente.

15. ¿Crees que es necesario que un país como España invierta más dinero en el desarrollo de nuevos fármacos y vacunas o se invierte suficiente? ¿Por qué? \*

---

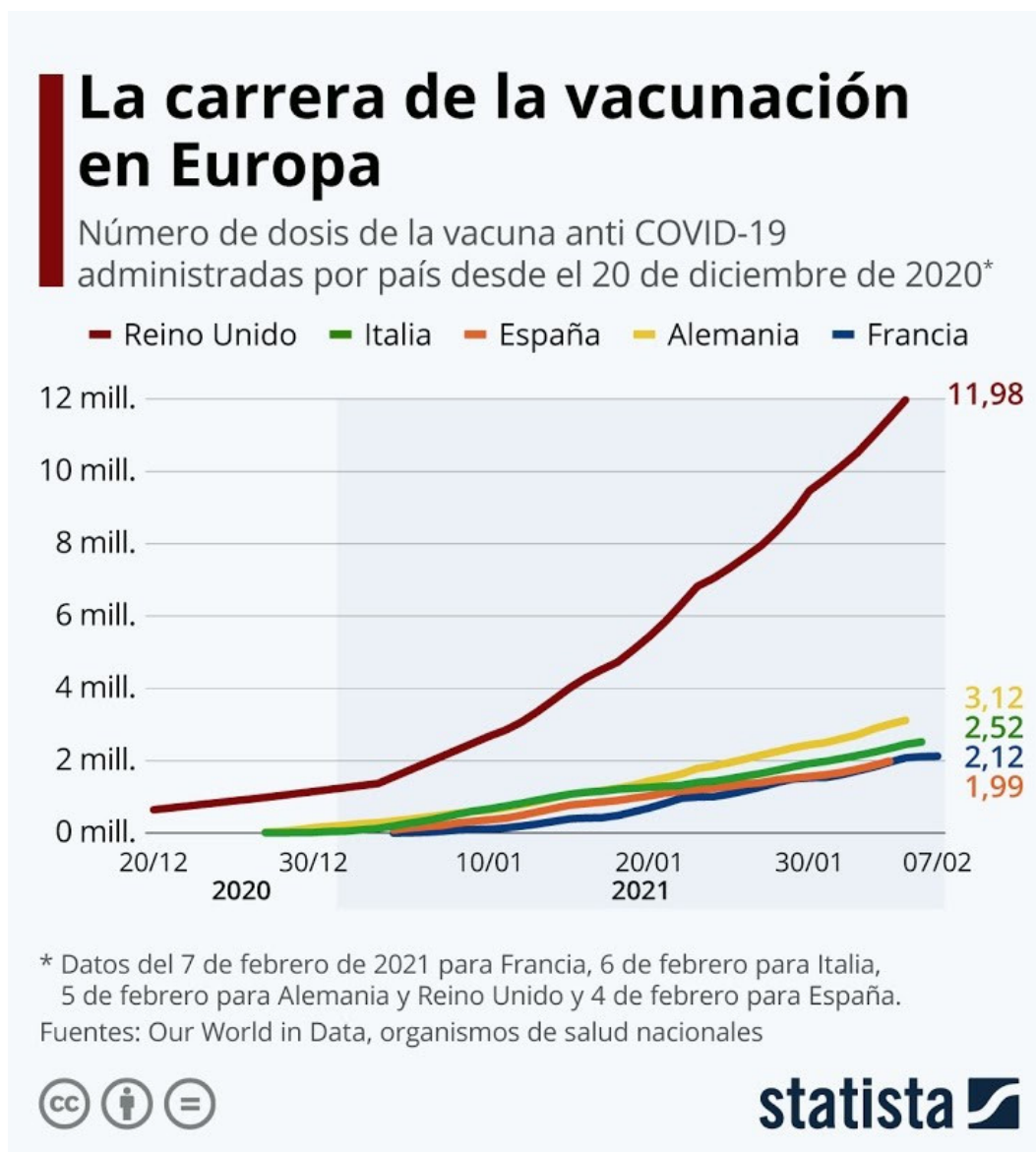
---

---

---

---

16. ¿Cómo interpretarías la siguiente gráfica? \*



---

---

---

---

---

---

## Anexo II. Informe científico

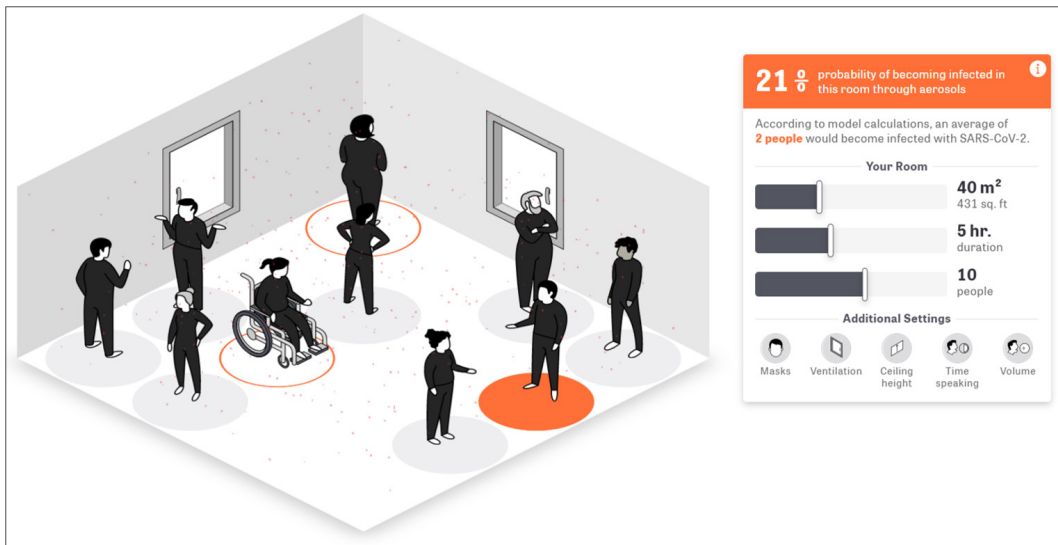


Figura 5. Interfaz del simulador.

8.3. Llegados a este punto, debéis diseñar diferentes **experimentos** que permitan **comprobar las hipótesis que habéis propuesto** para analizar cómo la variación de un parámetro afecta a la probabilidad de transmisión. Por ejemplo, si queréis estudiar cómo afecta el número de personas en una sala a la probabilidad de contagio, debéis mantener el resto de condiciones fijas y variar solo el número de personas.

**Nota:** Igual que antes, puedes ponerte de acuerdo con tus compañeros para evitar solapar vuestro trabajo. Así, entre todos podréis comprobar hipótesis diferentes.

EXPERIMENTO 1	EXPERIMENTO 2	EXPERIMENTO 3
4 personas	4 personas	4 personas
10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>
2:30h	2:45h	2:00h
Ventanas Cerradas	Ventanas Cerradas	Ventanas Cerradas
sin máscara	sin máscara	con máscara
40%	60%	20%

Figura 6. Actividad de indagación



### Anexo III. Prueba escrita

#### PRUEBA ESCRITA A – CIENCIAS APLICADAS A LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

4º ESO – CURSO 2020/2021.

Fecha:

#### “TRANQUILO, ES SOLO UN PINCHAZO”: UNIDAD DIDÁCTICA SOBRE LA I+D+i Y LAS VACUNAS

Apellidos \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Calificación

Estás a punto de realizar el examen de esta unidad... Si estás un poco agobiado/a, no te preocupes. Todo lo que aparece a continuación se ha tratado en clase y lo vas a hacer muy bien. Hay tiempo suficiente, tan solo debes leer con detenimiento las preguntas. Si necesitas un folio, no dudes en pedirlo. Si no sabes la respuesta de alguna pregunta, pasa a la siguiente.

**1. Indica una diferencia entre la ciencia pura y la ciencia aplicada (0,5 puntos)**

**2. Escribe el significado de las siglas I+D+i, indicando brevemente (máximo dos líneas) en qué consiste cada uno de los términos. (1,5 puntos) [0,5 puntos cada uno]**

**3. Lee detenidamente el siguiente texto e identifica al menos cinco frases en las que aparezcan elementos del proceso de I+D+i, indicando de qué elementos se trata. (1,5 puntos) [0,3 puntos cada una]**

Todo comenzó en el laboratorio de un tal Heinrich Hertz, quien estaba fascinado por la electricidad. Sin ningún interés económico, se dedicó a conocer, cada vez más, el fenómeno que tenía entre manos: el efecto fotoeléctrico. Aprovechando los conocimientos existentes, Albert Einstein logró dar una explicación a dicho fenómeno, por la cual le darían el Premio Nobel de Física años más tarde. No fue hasta pasados sesenta años desde ese momento, cuando los ingenieros de una empresa de ascensores se dieron cuenta de que podían usar esas investigaciones para diseñar y fabricar un dispositivo que impidiera que se cerrasen las puertas con solo poner la mano entre ellas. Para ello, llevaron a cabo muchos experimentos totalmente diferentes a los que se habían hecho anteriormente y obtuvieron los sistemas que usan los ascensores actuales. Tras esto, solo tuvieron que producirlos en grandes cantidades, venderlos alrededor de todo el mundo y observar cómo sus ganancias se multiplicaban en un abrir y cerrar de ojos.

**4. Como hemos visto a lo largo de la unidad, la I+D+i se basa en el uso de nuevos materiales y tecnologías en diversos campos. Escribe las cinco áreas estratégicas de la I+D+i en España. (0,5 puntos) [0,1 puntos cada una]**

**5. Escribe cinco organismos responsables de la I+D+i en España y/o Andalucía (puedes poner tantos como quieras de uno o de otro). (1 punto) [0,2 puntos cada uno]**

6. Según la Organización Mundial de la Salud, ¿cuál es la única enfermedad erradicada gracias a la vacunación? (0,5 puntos)

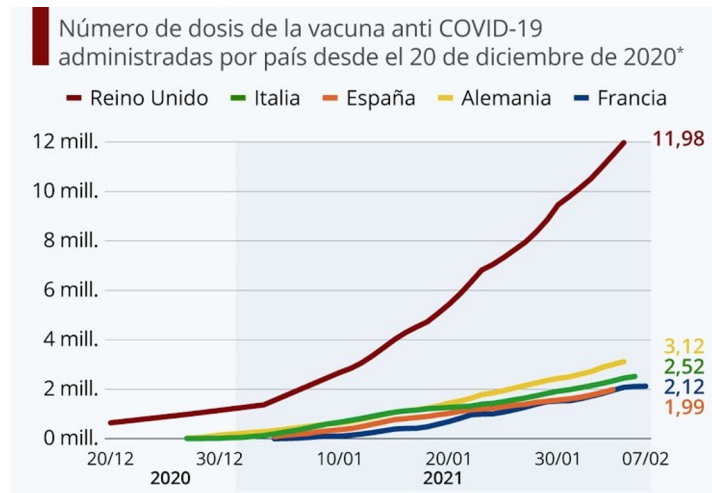
7. Enumera cinco medidas que llevas a cabo diariamente para evitar el contagio del SARS-CoV-2. (0,5 puntos) [0,1 puntos cada una]

8. ¿Cuál de las siguientes situaciones implica una **MENOR** probabilidad de contagio del SARS-CoV-2? ¿Por qué? (0,5 puntos)

SITUACIÓN 1	SITUACIÓN 2	SITUACIÓN 3
<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 personas</li><li>• Habitación de 100 m<sup>2</sup></li><li>• 30 minutos</li><li>• Ventanas abiertas</li><li>• No están hablando</li><li>• Usan mascarillas FFP2</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 personas</li><li>• Habitación de 10 m<sup>2</sup></li><li>• 30 minutos</li><li>• Ventanas abiertas</li><li>• No están hablando</li><li>• Usan mascarillas FFP2</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 personas</li><li>• Habitación de 100 m<sup>2</sup></li><li>• 30 minutos</li><li>• Ventanas abiertas</li><li>• No están hablando</li><li>• No usan mascarillas</li></ul>

9. Supón que en el organismo de una persona entra el coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (un coronavirus parecido al SAR-CoV-2). Explica y dibuja las acciones que lleva a cabo el sistema inmunitario como defensa frente al virus (2,5 puntos) [1,25 puntos la explicación; 1,25 puntos los dibujos]

10. A lo largo de la unidad hemos visto la importancia de las vacunas por diversas razones. ¿Qué relación existe entre las siguientes imágenes sobre la vacunación en Reino Unido? (1 punto)



**EJERCICIO VOLUNTARIO, PARA SUBIR UN PUNTO SOBRE LA CALIFICACIÓN DEL EXAMEN. SOLO PUNTÚA SI ESTÁ CORRECTAMENTE REALIZADO**

11. El desarrollo de una vacuna cuesta 2 500 000 000 \$. ¿Podrá financiarla España por sí misma? DATOS:

a) PIB nominal de España: 1 460 000 000 000 \$. b) % del PIB que invierte España en I+D+i: 1,3%. Nota: cuidado con los ceros que escribes. (1 punto)