



Saberes del alumnado de secundaria sobre el modelo de inmunidad y vacunas

- Knowledge of Secondary School Students about Immunity and Vaccines Model
- Conhecimento dos alunos do ensino médio sobre o modelo de imunidade e vacinas

Resumen

El presente artículo investiga el saber que tiene el alumnado de secundaria sobre la inmunidad y las vacunas, para lo que se empleó un cuestionario de respuesta abierta junto a su rúbrica de evaluación. Así la rúbrica contempla cuatro categorías de respuesta para cada pregunta, cuyos significados revelan el tipo de concepción que mantiene el alumnado. Los resultados cualitativos obtenidos manifiestan ideas poco acordes al modelo escolar de inmunidad; no obstante, un análisis de Rasch muestra un saber articulado, el cual es evidenciado a través de la unidimensionalidad de las medidas obtenidas. Lo anteriormente mencionado sugiere la posibilidad de utilizar las mismas como guía de un posible itinerario de progresión que facilite el aprendizaje de los estudiantes a lo largo de la enseñanza. Estos resultados no solo tienen implicaciones a nivel teórico y de la práctica del aula, sino que también conllevan a la validación de la rúbrica construida para su uso con esta población de estudiantes.

Palabras clave

hipótesis de progresión; inmunidad modelización; modelo de Rasch; rúbricas

Abstract

This article investigates the knowledge of secondary school students about immunity and vaccines, using an open-ended questionnaire along with its evaluation rubric. Thus, the rubric includes four response categories for each question, whose meanings reveal the kinds of ideas held by the students. The qualitative results obtained show ideas that are not very consistent with the referent learning model for immunity; however, an analysis of Rasch shows articulated knowledge, which is evidence through the unidimensionality of the measurements obtained. This suggests the possibility of using them as a guide to a possible progression itinerary that facilitates student learning over the course of their education. These results not only have implications at a theoretical and classroom practice levels, but also entail the validation of the rubric constructed for use with this student population.

Keywords

progression hypothesis; immunity; modelling; Rasch model; rubrics

Marta Gómiz-Aragón* 
María Del Mar Aragón-Méndez** 
José María Oliva-Martínez*** 

* Doctora y profesora, Universidad de Cádiz, España. marta.gomizaragon@gmail.com

** Doctora y profesora, Universidad de Cádiz, España. mariadelmar.aragon@uca.es

*** Doctor y profesor, Universidad de Cádiz, España. josemaria.oliva@uca.es



Resumo

Este artigo investiga o conhecimento de alunos do ensino médio sobre a imunidade e as vacinas, utilizando um questionário de resposta aberta juntamente com a respectiva rubrica de avaliação. Assim, a rubrica contempla quatro categorias de resposta para cada questão, cujos significados revelam o tipo de concepção que os alunos possuem. Os resultados qualitativos obtidos mostram ideias que não condizem com o modelo escolar de imunidade; no entanto, uma análise Rasch mostra um conhecimento articulado, que é evidenciado pela unidimensionalidade das medidas obtidas. O que foi mencionado anteriormente, sugere a possibilidade de utilizá-los como guia para um possível roteiro de progressão que facilite o aprendizado dos alunos ao longo do ensino. Estes resultados não só têm implicações a nível teórico e prático em sala de aula, como também implicam à validação da rubrica construída para a utilização com esta população de alunos.

Palavras-chave

hipótese de progressão; imunidade; modelagem; modelo de Rasch; rubricas

Introducción

La vacunación y la inmunidad son tópicos de interés en la educación para la salud debido a su relevancia individual y colectiva (García-Ruiz *et al.*, 2022; Lobera *et al.*, 2019; López Rúa *et al.*, 2017; Maguregui *et al.*, 2017). Los motivos que llevan a la ciudadanía a posicionarse a favor o en contra de la vacunación atienden a diferentes causas, aunque una de las principales es la educación (Lobera *et al.*, 2019). Suele concebirse que las personas que se oponen a las vacunas no tienen el conocimiento necesario para participar críticamente en decisiones sociopolíticas acerca de la vacunación, y que, por contrapartida, el conocimiento sobre el funcionamiento del sistema inmunitario y las vacunas contribuye a una actitud positiva respecto a la vacunación y otras medidas sanitarias. Aunque no hay pruebas definitivas, existen estudios que avalan la relación entre el pensamiento mágico o supersticioso y el escepticismo ante la vacunación (Bryden *et al.*, 2018). Esto constata el efecto pernicioso de las creencias pseudocientíficas en la toma de decisiones de la ciudadanía (Domínguez *et al.*, 2019).

Este estudio forma parte de una investigación más amplia que tiene, entre sus objetivos, el estudio del impacto de estrategias de modelización en los conocimientos de los estudiantes en el ámbito de la inmunidad y las vacunas. En este trabajo se investigan los saberes del alumnado de secundaria en torno a estos tópicos, a identificarlos, a constatar el grado de articulación interna que poseen y, si es posible, a identificar niveles de progresión bien definidos que permitan orientar posibles itinerarios didácticos. Para esto se precisa un

instrumento de evaluación validado para este dominio, que permita emprender futuros estudios de progresión del aprendizaje.

Antecedentes

La concepción sobre cómo enfermamos y sanamos ha evolucionado a lo largo de la historia, ya que los diferentes contextos sociales, las epidemias, las enfermedades crónicas o el desarrollo de la salud pública han modificado el concepto de salud y enfermedad (Gavidia Catalán y Talavera, 2012). Ya en el siglo V a.C., Turídates atribuía el término inmunidad a la protección frente a las enfermedades infecciosas, pero no fue hasta 1796 que Jenner fundamentó un proceso inmunitario describiendo la adquisición de la inmunidad a través de las vacunas (Iglesias-Gamarra *et al.*, 2009). Desde entonces, los conocimientos producidos en este campo han hecho de la inmunología una de las disciplinas biomédicas más prolíficas.

Jiménez-Sarmiento *et al.* (2022) reconocen diferentes modelos de inmunidad a largo de la historia: el sobrenatural, del desequilibrio, el miasmático, el clásico, el precientífico y el científico. Estos que encuentran cierto reflejo en los modelos mentales de estudiantes universitarios. Otras investigaciones (Maguregui *et al.*, 2017) exploran qué modelo de inmunidad expresa el alumnado universitario y establecen sistemas que permiten categorizar las ideas expresadas por los sujetos acerca de las vacunas y del sistema inmunológico. La progresión de modelos históricos de inmunidad descritos por López-Rúa *et al.* (2017), y su relación con los modelos de sistema inmunitario que expresan los estudiantes universitarios de Maguregui *et al.*, (2017) se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Modelos de inmunidad y vacunas descritos en la literatura

Modelos históricos de inmunidad	Modelos de los estudiantes
Sobrenatural	El cuerpo es inerte
Del desequilibrio	
Miasmático	
Clásico	El cuerpo posee defensas
Precientífico	El cuerpo produce anticuerpos
Científico	
	El cuerpo produce anticuerpos a largo plazo

Fuente: López Rúa *et al.* (2017); Maguregi González *et al.* (2017).

Estos y otros trabajos (Aidoun *et al.*, 2016; Andrade *et al.*, 2016) recogen ideas del alumnado sobre el sistema inmunitario que, según López *et al.* (2016), son inducidas, en su mayoría, cultural o escolarmente. Un ejemplo es la creencia de que la inmunidad se adquiere contra la enfermedad y no contra el microorganismo causante, o la que sostiene que una vez aquejado por un virus, este no se puede readquirir (López *et al.*, 2016).

La mayoría de los antecedentes se centran en la enseñanza universitaria, y raramente en la secundaria (Ageitos y Puig, 2016; Lundström *et al.*, 2012), estos estudios, además de tratar la inmunidad, incluyen otros propósitos relacionados con distintos temas. En definitiva, en esta etapa educativa se conoce poco sobre los mecanismos que operan durante la evolución de las ideas iniciales hacia un modelo de ciencia escolar sobre la inmunidad. Profundizar en esa dirección requiere en, primer lugar, desarrollar instrumentos que ayuden a conocer qué saben los estudiantes de secundaria sobre estos tópicos. En segundo lugar, precisa investigar el grado de coherencia interna de esos saberes y si el conocimiento sobre la inmunidad es capaz de integrar la idea de vacuna y las opiniones y decisiones que evocan sobre ella, lo que es vital para interpretar dichos saberes en términos de modelos. Por último, implica identificar caminos de progresión plausibles desde las ideas de sentido común al modelo escolar de referencia.

Marco teórico

Los fundamentos de este estudio adoptan los modelos y la modelización como marco de referencia. Los modelos son representaciones de sistemas y fenómenos que constituyen una forma racional de interpretar la realidad y estructurar el conocimiento sobre ella (Gilbert *et al.*, 2000; Treagust *et al.*, 2002). La construcción de modelos, comprobar su utilidad, aplicarlos y revisarlos, son tareas propias de la actividad científica y también son tareas practicables mediante enfoques de enseñanza basadas en la modelización (Acevedo-Díaz *et al.*, 2017; Adúriz-Bravo, 2012; Oliva, 2019; Oh y Oh, 2011).

Los modelos científicos son modelos conceptuales (Greca y Moreira, 2000) consensuados por la comunidad científica, por tanto, explícitos, pudiendo ser

definidos de forma precisa y completa. Estas son propiedades compartidas con los modelos científicos escolares, resultado de la transposición didáctica de los modelos científicos (Treagust *et al.*, 2002). Durante el aprendizaje, los modelos personales, implícitos y basados en ideas intuitivas, van dando paso a modelos expresados (Blanco-Anaya *et al.*, 2017) y socialmente distribuidos (Pozo, 2020), ya que el aula propicia un contexto mental colectivo que posibilita el intercambio de modelos personales y da ocasión a que se generen modelos consensuados (Seel *et al.*, 2017). Estos modelos son cada vez más complejos y sofisticados (Clement, 2000), o deberían serlo si las condiciones de enseñanza fueran adecuadas. Desde esta perspectiva, el aprendizaje basado en modelos puede contemplarse como un proceso de integración jerárquica (Pozo y Gómez-Crespo, 1998), como una progresión desde modelos implícitos y personales hacia otros explícitos, más complejos y coherentes con el modelo escolar de referencia (Delgado *et al.*, 2019; Sanmartí Puig, 1997; Oliva, 2019). Resulta de interés para la investigación didáctica, identificar núcleos temáticos del currículum cuya comprensión se estructure en torno a modelos, que son los ejes de estos enfoques. Además, sería interesante identificar caminos de progresión que, a modo de hipótesis, sirvan de base para el diseño de propuestas didácticas dirigidas a su evolución.

Para contribuir a este campo de estudio, se proponen los siguientes objetivos de investigación:

1. Caracterizar los saberes del alumnado de secundaria en torno al modelo de inmunidad y vacunas en una muestra de estudiantes españoles.
2. Estudiar el grado de estructuración de esos saberes investigando si se organizan o no en torno a un modelo articulado.
3. Comprobar si dichos saberes pueden describirse mediante una escala progresiva o hipótesis de progresión.

Metodología

Contexto del estudio

El estudio se inserta en la fase preparatoria de una investigación basada en el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje, en torno a la inmunidad y vacunas dirigida a estudiantes de 14 y 15 años. Cuando este tipo de investigación se refiere a propuestas didácticas, como en este caso, se compone de una serie de ciclos iterativos de diseño-implementación-evaluación y nueva implementación (Bahamonde *et al.*, 2020). El primer diseño requiere un análisis previo sobre el contexto y el tipo de alumnado que participará en dichas implementaciones. Por ello, se trataba aquí de extraer información útil sobre los saberes del alumnado de esas edades. De hecho, los saberes previos ocupan un rol un importante, ya que hacen posible conectar el nuevo conocimiento con el del alumnado, avanzando a partir de él mediante su interacción con la nueva información aportada (Acher, 2014; Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2022).

Participantes

Participaron 207 estudiantes de secundaria, 111 mujeres y 96 hombres, de dos centros de secundaria españoles de contexto urbano y nivel socioeconómico medio. En la muestra se distinguen dos grupos: el primero, de 105 estudiantes (56,7%) de 3º de ESO (14-15 años) que no habían abordado aún el tema de la inmunidad y las vacunas. El segundo, de 76 estudiantes (36,7%) de ese mismo curso, que ya habían estudiado el tópico, y 26 estudiantes (12,6%) de Bachillerato (16-18 años). Se trata

de una muestra de conveniencia con la que se abarcan sujetos con diferente grado de formación sobre el tema, con el objeto de hacerla más representativa.

Instrumento de recogida de datos

Es un cuestionario de respuesta abierta, diseñado a partir de la literatura (Bihouès y Malot, 1990; Gómiz, 2017; Maguregi *et al.*, 2017) y del modelo escolar sobre inmunidad y vacunas que orienta este estudio (Gómiz *et al.*, 2023). El cuestionario consta de seis preguntas y está dividido en dos partes. La primera contempla el funcionamiento del sistema inmunitario, particularmente en el contexto de la infección y de la vacunación. La segunda se centra en la importancia colectiva de la vacunación y en los argumentos para el debate sobre la obligatoriedad o no de esta.

Antes de administrar el cuestionario, los enunciados fueron valorados por un comité de expertos formado por dos docentes de Biología y Geología de Educación Secundaria Obligatoria y dos investigadoras del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, que evaluaron su claridad y pertinencia. Además, una especialista en ciencias de la salud cumplimentó el cuestionario, respondiendo a las preguntas conforme al modelo científico de inmunidad y vacunas. Posteriormente, se realizó una prueba piloto, con 20 estudiantes de 3º de ESO, todos de un mismo centro educativo, quienes no habían estudiado contenidos de inmunología. Por último, se entrevistó a una de las alumnas que formó parte de la prueba piloto para constatar la claridad de los enunciados y la idoneidad de las preguntas. Toda la información recopilada en esta fase condujo a modificaciones en la redacción del cuestionario inicial, resultando el que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Preguntas del cuestionario sobre inmunidad y vacunas

Partes	Aspecto tratado	Preguntas
1	Funcionamiento del sistema inmunitario	P1. ¿Qué ocurre en nuestro cuerpo cuando nos contagiamos de una enfermedad infecciosa?
	Composición de las vacunas	P2. ¿De qué están hechas las vacunas?
	Mecanismo de acción de las vacunas	P3. ¿Es lo mismo vacunar que curar? Explica tu respuesta
2	Importancia de la vacunación	P4. A la hora de controlar una enfermedad infecciosa, para cada una de las frases indica si estás de acuerdo o no y explica por qué. A. Habiéndome vacunado yo es suficiente, da igual lo que hagan los demás. B. Cuantas más personas estén vacunadas de una enfermedad mejor para todo el mundo. C. Da igual si la gente se vacuna o no, las enfermedades son un proceso natural y no podemos controlar su evolución.
		P5. ¿Piensa que corremos algún riesgo al vacunarnos? Si crees que sí indica cuáles
		P6. Hay personas que no se vacunan o que deciden no vacunar a sus hijos e hijas. ¿Cuáles piensas que son sus razones? Coméntalas
	Limitaciones de las vacunas	
	Cuestiones sociocientíficas sobre la vacunación	

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento de análisis de la información

Para responder al primer objetivo, se realizó un análisis cualitativo de las respuestas, elaborándose una rúbrica analítica (Neil *et al.*, 2022). La importancia de las rúbricas como instrumentos de evaluación es ampliamente reconocida (Broadbent, 2018; Brookhart, 2018; Gallardo, 2020; Rodríguez-Mora *et al.*, 2021), destacándose de ellas su utilidad para determinar el logro de los objetivos de aprendizaje (Chowdhury, 2019; Stevens y Levi, 2013), particularmente para evaluar el desempeño del alumnado en el aprendizaje de modelos

(Chiu y Lin, 2019). La rúbrica inicial se diseñó a partir la literatura existente, modificándose en función de las respuestas encontradas. La versión final se presenta en las tablas 3 y 4. En las rúbricas se establecen seis escalas, una por pregunta, de cuatro categorías cada una, y naturaleza ordinal (1 a 4). En la categoría 1 se categorizaron las respuestas más simples y elementales, mientras que en la 4 se ubicaron las más próximas a un modelo escolar. En este sentido, se ha estimado apropiado que el modelo científico escolar de referencia sea un modelo microscópico o celular, asequible para el alumnado de educación secundaria obligatoria, población objetivo del cuestionario.

Tabla 3. Modelos de respuesta e indicadores para las preguntas de la parte 1

Categorías	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
Modelo precientífico (1)	Interpretación restringida a hechos observables o experiencias cotidianas que forman parte del saber común, erróneas o no, pero sin atribuir un papel activo al organismo ante una infección.	Descripción equívoca de la composición de las vacunas, por ejemplo, aludiendo a la presencia del patógeno, sin referirse a la no-virulencia de este u otra alternativa alejada del modelo de referencia o ausencia de descripción alguna sobre la composición de las vacunas.	Descripción equívoca del mecanismo de acción de las vacunas, se confunde con el mecanismo de acción de los antibióticos, o descripciones muy vagas que no dan una verdadera descripción del mecanismo de acción.
Modelo defensivo (2)	Descripción de la función del sistema inmunitario en términos bélicos o defensivos, sin ofrecer mecanismos explicativos de la respuesta inmunitaria.	Descripción de la composición de las vacunas aludiendo a dosis como base de su composición. Se explicita la idea de refuerzo de la acción defensiva del organismo. Pueden aparecer errores como confundir vacunas y sueros o patógeno y enfermedad.	Descripción de las vacunas como un elemento que refuerza el sistema defensivo, contribuyendo a la prevención de la enfermedad, sin ofrecer explicaciones sobre su mecanismo de acción.
Modelo científico escolar aproximado (3)	Descripción parcial de los elementos y mecanismos de la respuesta inmunitaria. Respuestas demasiado escuetas, que no hacen referencia a alguna de las fases de la respuesta inmunitaria (innata o adaptativa) o a la memoria inmunitaria.	Descripción parcial de la composición de las vacunas, refiriéndose a la no virulencia del patógeno o a la administración de antígenos que activen la respuesta inmunitaria.	Explicación adecuada del mecanismo de acción de las vacunas, refiriéndose a la activación del sistema inmunitario.
Modelo científico escolar adecuado (4)	Descripción adecuada de los elementos y mecanismos de la respuesta inmunitaria. Se hace referencia a todas las fases de la respuesta inmunitaria (innata y adaptativa) y a la memoria inmunitaria.	Descripción adecuada de la composición de las vacunas, refiriéndose a la no virulencia del patógeno y a la administración de antígenos que activen la respuesta inmunitaria.	Explicación adecuada del mecanismo de acción de las vacunas, refiriéndose a la activación del sistema inmunitario y a la memoria inmunitaria.

Tabla 4. Modelos de respuesta e indicadores para las preguntas de la parte 2

Categorías	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
1	No justifica ninguna de las opciones o reafirma el enunciado en todas ellas.	Se afirma que las vacunas están exentas de riesgo.	No se conoce ningún argumento por los que las personas están en contra de las vacunaciones.
2	Las justificaciones se limitan a la importancia individual de las vacunas.	Se reconoce que las vacunas acarrear ciertos riesgos, aunque los manifestados no son los verdaderos o no se especifican.	Se enumeran algunas razones por las que las personas estarían contra las vacunaciones, no correspondiendo estas con las verdaderas.
3	Las justificaciones se refieren a la importancia colectiva de las vacunas, aludiendo a los contagios.	Reconocimiento de que las vacunas tienen efectos secundarios.	Se reconoce razones bien socioculturales o científicas por las que las personas están en contra de las vacunaciones.
4	Las justificaciones se refieren a la importancia colectiva de las vacunas, aluden a la inmunidad de grupo.	Reconocimiento de que las vacunas acarrear ciertos efectos secundarios y otros riesgos, que se nombran adecuadamente.	Se reconocen razones socioculturales y razones científicas por las que las personas están en contra de las vacunaciones.

Fuente: elaboración propia.

Dos investigadoras se encargaron de clasificar las respuestas del 5% de participantes, con el objetivo de aunar criterios e introducir los ajustes necesarios. Luego, por separado, ambas juezas categorizaron las respuestas de un 20% estudiantes más. La comparación de los resultados arrojó un promedio del 98,3% de coincidencias, con un coeficiente kappa que oscilaba entre ,71 y ,98 en función de la pregunta, lo que muestra la fiabilidad del proceso de categorización.

Es importante destacar que, para cada una de las escalas construidas, se encontraron ejemplos concretos de respuestas en todas las categorías. Además, todas las respuestas analizadas pudieron ubicarse en alguna categoría de la rúbrica, sin tener que recurrir a la categoría extra de "Otras respuestas". Ello sugiere que la rúbrica es pertinente y completa.

Para la consecución de los objetivos 2 y 3, y tras puntuar las respuestas del total de la muestra, se realizó un análisis mediante el modelo de Rasch. Este tipo de análisis ha sido usado en la investigación educativa en ciencias para validar escalas provenientes de instrumentos de respuestas cerrada, por ejemplo, tipo Likert (Boone *et al.*, 2011) o de opción múltiple (Planinic *et al.*, 2010), aunque en otros casos, como en este, se usó para manejar rúbricas (Rodríguez-Mora *et al.*, 2021). El análisis de Rasch se basa en un modelo probabilístico mediante el que se estima la respuesta más probable de una persona a una determinada pregunta, en función de la información procedente de un conjunto de ellas administradas a una muestra de sujetos. Para esto recurre a la construcción de una escala única latente en unidades denominadas *logits* (Masters, 1982) sobre la que se puede cuantificar comparativamente tanto la dificultad de cada pregunta como el desempeño de cada estudiante. Dicha escala marca un continuo que puede variar entre menos infinito y más infinito, aunque lo habitual es que varíe

de -6 a $+6$, como mucho. En este contexto, el segundo interrogante se analizó mediante un estudio de unidimensionalidad de las medidas, mientras que el tercero se abordó usando el diagrama de curvas de probabilidad y el mapa de Wright.

Todos los análisis se realizaron mediante el software Winsteps v.4.4.7 (Linacre, 2022), concretamente empleando el Modelo de Crédito Parcial (PCM), el más adecuado para escalas tipo ordinal como las construidas con rúbricas.

Resultados y análisis

Para caracterizar de los saberes en torno a la inmunidad y vacunas (objetivo 1) se acude a

las distribuciones de respuestas por pregunta (figura 1). De un lado, para las preguntas 1 a 3, puede verse que la categoría mayoritaria varía de unas preguntas a otras, siendo el modelo precientífico (categoría 1) el más frecuente en la pregunta 1, el modelo escolar aproximado (categoría 3) el más evocado en la pregunta 2, y el modelo defensivo (categoría 2) el más extendido en la pregunta 3. Quiere esto decir que el modelo activado con mayor frecuencia dependía del contenido concreto de la pregunta, siendo la de composición de las vacunas la que evocaba un modelo más evolucionado, mientras que la referida al funcionamiento del sistema inmunitario evocaba modelos más simples.

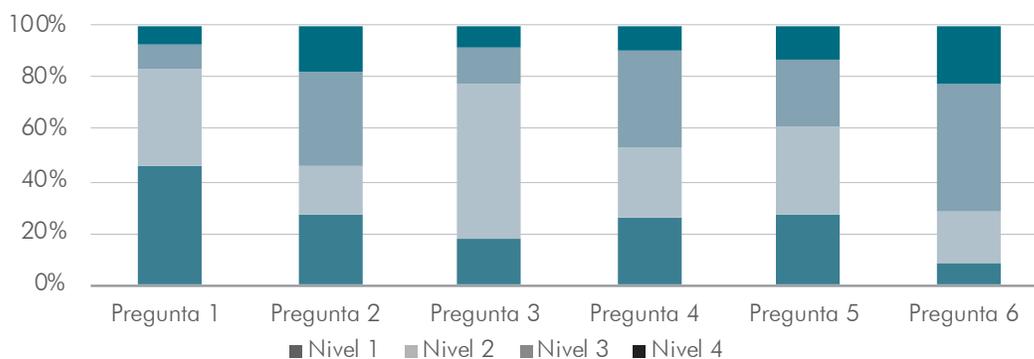


Figura 1. Distribución de porcentajes de respuestas ubicadas en los diferentes niveles

De otro lado, para las preguntas 4 a 6 se observan también variaciones en las distribuciones de frecuencias obtenidas. Así, es la pregunta 6 sobre cuestiones sociocientíficas sobre la vacunación la que arrojó mejores resultados, con dos tercios de los participantes siendo capaces de reconocer las razones socioculturales o científicas por las que una parte de la población está en contra de la vacunación. Sin embargo, parecen encontrar más complicado explicar la importancia de la vacunación y, más aún, las limitaciones de las vacunas.

En conjunto, se observa que el nivel de desempeño es bastante limitado, con escasa

proporción de estudiantes situados en la categoría de nivel 4, mientras que solo en dos preguntas (2 y 6) se supera el 50% de estudiantes situados en las categorías 3 o 4 de la rúbrica. Estos datos, junto con el contenido de las tablas 3 y 4, permiten caracterizar las respuestas de los participantes, dando así respuesta al objetivo 1 de investigación.

Antes de utilizar el modelo de Rasch para abordar los objetivos 2 y 3 del estudio, se analizó el grado de adecuación de los datos obtenidos a los requisitos del modelo. Un análisis del ajuste puede hacerse mediante los indicadores *infit* y *outfit*, cuyos resultados

se presentan en la tabla 5. Idealmente, ambos deben tener un valor próximo a 1, comprendido siempre entre 0,5 y 1,5 (Linacre, 2002). Valores por debajo van asociados normalmente a información redundante (preguntas reiterativas o muy parecidas). Mientras tanto, valores superiores sugieren “ruido de fondo”, que puede originarse por imprecisión en las medidas o por la presencia de otros factores ajenos al que pretende evaluarse. En este caso, los valores medios fueron muy próximos a uno (0,99), oscilando casi siempre entre 0,5 y 1,5. La excepción la encontramos en la pregunta 5 donde se obtuvo un *oufit* con valor de 1,54, algo superior a lo esperado para un ajuste idóneo, aunque la desviación es pequeña. En conjunto, puede decirse que el ajuste resultó bastante aceptable, lo que permite seguir adelante con el análisis.

Tabla 5. Datos de ajuste al modelo de Rasch y correlaciones poliseriales pregunta-total

Preguntas	MNSQ <i>Infit</i>	MNSQ <i>Outfit</i>	Correlación Pregunta-total
1. Funcionamiento del sistema inmunitario	0,81	0,77	,71
2. Composición de las vacunas	1,07	1,03	,66
3. Funcionamiento de las vacunas	0,76	0,80	,58
4. Importancia de las vacunas	0,97	0,95	,63
5. Limitaciones de la vacunación	1,50	1,54	,40
6. Aspectos sociocientíficos de la vacunación	0,84	0,89	,59

Fuente: elaboración propia.

Para investigar si el saber del alumnado resulta o no un conocimiento estructurado (objetivo 2), se analizó la unidimensionalidad de las escalas usadas. Esto puede evaluarse en el análisis de Rasch, en primera instancia, mediante las correlaciones de cada pregunta con la puntuación total del cuestionario (tabla 5). Los datos mostraron siempre valores por encima de ,50, excepto en el caso de la pregunta 5, donde la correlación fue de ,40, más modesta, aunque suficiente. Para un análisis más exhaustivo, el modelo de Rasch recurre a un análisis de componentes principales de residuos, mediante el que se obtuvo una varianza explicada por el factor principal del 42,5%, mientras que la varianza inexplicada en primer contraste fue de 15,2% y un valor propio de 1,58, que es menor de 2 —valor mínimo aconsejable para contemplar un segundo factor (Linacre y Tennant, 2009)—. En tales circunstancias, puede aceptarse cierta unidimensionalidad del conjunto de preguntas. Un segundo análisis, en el que se elimina la pregunta 5, que ya mostró ciertos problemas con el indicador *oufit*, hizo aumentar la varianza explicada hasta el 51,5%, lo que sugiere que dicha pregunta estaría influida por un segundo factor ajeno propiamente al constructo inmunidad-vacunas; de ahí provenga probablemente el ruido de fondo detectado.

La secuencia de niveles de las categorías de la rúbrica constituye en sí misma la hipótesis de progresión puesta a prueba, la cual se contextualiza particularmente en cada pregunta. Se trataba ahora de validar las escalas contempladas en la rúbrica, para lo que también resultó útil el modelo de Rasch, utilizando las

curvas de probabilidad y el mapa de Wright (objetivo 3).

La figura 2 presenta las curvas de probabilidad obtenidas para el conjunto de seis

preguntas. Estas permiten pronosticar la categoría en que se situará un determinado estudiante en la escala de la rúbrica en función de la medida de su desempeño global en el cuestionario.

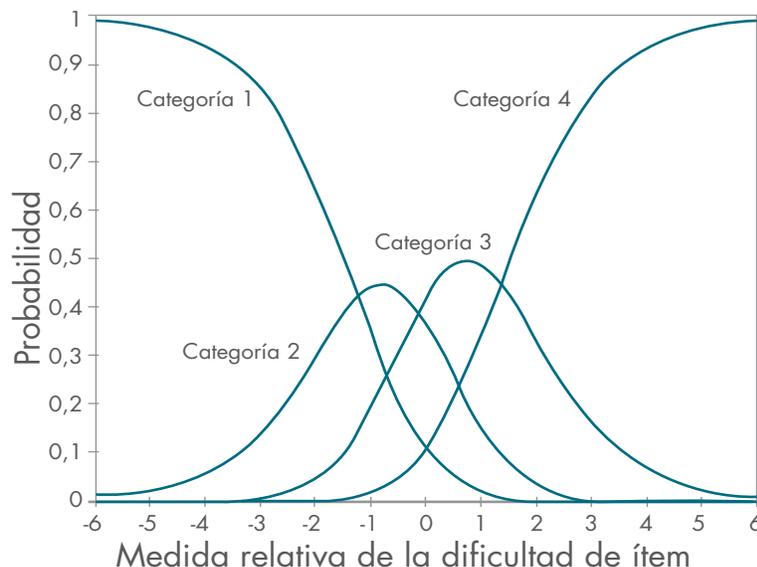


Figura 2. Probabilidad de respuesta en cada categoría en función del desempeño del estudiante

Un primer indicador de validez de la secuencia planeada en las escalas es que las distintas categorías sigan el orden lógico, de modo que la categoría 4 se sitúa más a la derecha, por ser la más exigente, siguiéndole, en este orden, las 3, 2 y 1, respectivamente. Un segundo indicador es que, aunque las curvas se solapan, se encuentran suficientemente separadas y diferenciadas. Como puede verse, ambas condiciones se cumplen, lo que muestra que las escalas mantienen una métrica lógica y consistente. Las verticales de los puntos de corte entre curvas son los umbrales de Andrich, que marcan los tránsitos de una categoría a otra. Como estos umbrales evalúan transiciones entre categorías, y se contemplan cuatro categorías de respuesta, el modelo proporciona tres umbrales.

Representando los resultados mediante el mapa de Wright (figura 3), se obtiene información desglosada por preguntas y una imagen

de conjunto que permite hacer comparaciones interesantes. Por encima del eje, aparece la distribución de medidas de desempeño global del alumnado en el cuestionario, siendo mayor este cuanto más a la derecha se sitúa el estudiante. Debajo se muestran los umbrales de Andrich (líneas verticales que separan las categorías), de modo que la complejidad de las categorías aumenta progresivamente de izquierda a derecha. Si un estudiante se sitúa a la derecha de un determinado umbral en una pregunta dada, significa que ese estudiante debería ser capaz de superar ese umbral. De la figura 3 se infieren tres conclusiones importantes. Primera, que los umbrales de Andrich aparecen para todas las preguntas perfectamente ordenados y separados de manera suficiente, algo que ya vimos que sucedía en términos globales con las curvas de probabilidades. Segunda, que aun cuando el orden secuencial de categorías es idéntico para todas

las preguntas, hay variación en la dificultad de las diferentes preguntas, siendo la sexta la más sencilla (más a la izquierda) y la primera la más compleja (más a la derecha). Tercera, que los niveles contemplados en las escalas de la rúbrica resultan apropiados para el desempeño de los estudiantes, ya que el intervalo de umbrales se solapa sustancialmente con el intervalo de desempeño de los estudiantes. En concreto, el solapamiento comprende el intervalo que va desde $-2,5$ aproximadamente hasta casi $+2,3$ logits.

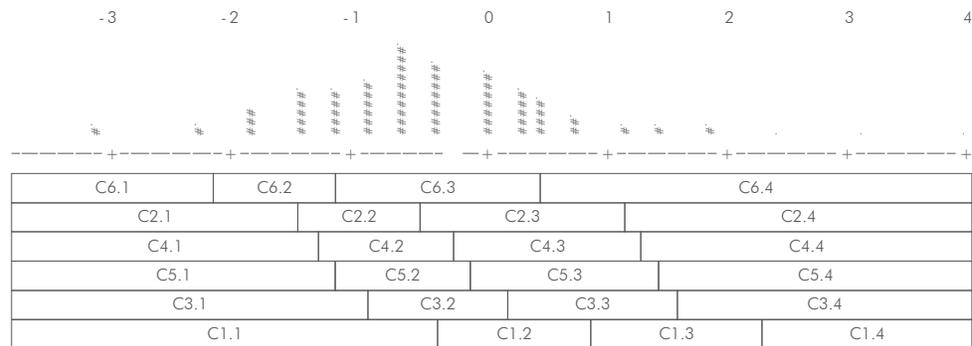


Figura 3. Mapa de Wright usando los umbrales de Andrich como límites entre categorías. El software utiliza el símbolo «#» para representar a cuatro personas y el símbolo «·» para representar de una a tres

Discusión y conclusiones

El análisis cualitativo de las respuestas permite, a través de la rúbrica usada, identificar los saberes del alumnado. Concretamente, una parte de este solo tiene un conocimiento experiencial de las enfermedades infecciosas, sin relacionar la función inmunitaria del organismo con ellas (nivel 1). También alejadas del conocimiento científico, hubo respuestas que asociaron, como una mera metáfora, la inmunidad con un sistema defensivo, sin reflejar la analogía implícita entre este y el sistema inmunitario (nivel 2). Hay estudiantes que se aproximan al modelo escolar de referencia (nivel 3) e incluso se ajustan a él (nivel 4), identificando partes y elementos concretos del sistema inmunitario, como también mecanismos y relaciones entre ellos. Estudios posteriores habrán de abordar con detalle las concepciones alternativas del alumnado de secundaria sobre este tema y cómo evolucionan con la enseñanza.

Los resultados indican que casi todas las preguntas mantienen un importante grado de unidimensionalidad. El conjunto sugiere que las respuestas del alumnado sobre el funcionamiento del sistema inmunitario y las vacunas no son ideas aisladas, sino que tienden a funcionar como un todo articulado. Según esto, el modelo científico escolar de inmunidad-vacuna parece servir de armazón para construir estructuras conceptuales complejas, partiendo de los conocimientos informales del alumnado, lo que es acorde con el modelo de integración jerárquica de Pozo y Gómez-Crespo (1998) y con el modelo

aprendizaje y ciencia escolar de Sanmartí e Izquierdo (1997). Más aún, el hecho de que, por lo general, los resultados de las preguntas de aplicación que aluden a la importancia colectiva y obligación de la vacunación converjan con los de carácter más teórico, refuerzan la importancia de una buena base de conocimientos en las actitudes y toma de decisiones, algo sobre lo que existe aún escasa literatura. La pregunta 5, sobre los riesgos de las vacunas, si bien converge con el resto, presenta matices propios de la influencia de un segundo factor, asociado probablemente a la idea de cómo funciona la ciencia. Así, la negación de los riesgos asociados a la vacunación podría reflejar una sobreestimación de la ciencia, lo que estaría corroborado por la frecuencia con la que aparecen argumentos de autoridad en las respuestas. En cualquier caso, se necesita más investigación para aclarar este punto.

Asimismo, el estudio de umbrales entre categorías de la rúbrica ha mostrado que estas cumplían un orden jerárquico, ocupando cada una un espacio razonable en el espectro de desempeño encontrado. Ello confirma la utilidad y nitidez de cada nivel contemplado en las mismas y el carácter progresivo de las escalas construidas. Por tanto, la rúbrica no solo es útil para evaluar el saber en torno al modelo de inmunidad-vacuna que se sustenta (nivel más avanzado), sino también para identificar modelos menos avanzados en la primera parte del cuestionario, como es el caso del modelo precientífico (nivel 1) o el defensivo (nivel 2), ya previstos en la literatura (López Rúa *et al.*, 2017; Maguregi González *et al.*, 2017). Esto unido a que la dificultad de las escalas manejadas resultara acorde al nivel de desempeño de la muestra diana, sugiere la posibilidad de utilizarlas como guía de un posible itinerario de progresión que facilite el aprendizaje a lo largo de la enseñanza.

No se discute aquí más a fondo el mapa de Wright (figura 3), lo que será objeto de otro estudio. No obstante, merece la pena destacar el potencial de este tipo de diagramas para identificar niveles mínimos de desempeño del alumnado en aspectos teóricos sobre inmunidad y vacunas (parte 1), necesarios para alcanzar una competencia suficiente en sus valoraciones y decisiones sobre las vacunas desde una perspectiva práctica (parte 2).

Además, es posible realizar una segunda lectura de los datos si se interpretan en clave de validación del instrumento empleado. De hecho, el modelo de Rasch suele emplearse como marco de validación de escalas de evaluación siguiendo los mismos criterios consignados. Desde esta otra perspectiva, y recapitulando, la validación de la rúbrica puede interpretarse en dos fases, una primera cualitativa de categorización de las respuestas de los estudiantes, y una segunda cuantitativa, realizada mediante el modelo de Rasch. El estudio cualitativo evidenció que la rúbrica es pertinente y completa. Por su parte, el análisis mediante el modelo de Rasch permitió validar la rúbrica en su conjunto y la métrica usada para las escalas correspondientes (Linacre, 2002). En el caso de la pregunta 5, las desviaciones detectadas no fueron desproporcionadas, concluyendo que las seis preguntas planteadas pueden conservarse en el cuestionario.

Una fortaleza de la rúbrica es que no se limita a evaluar conocimientos sobre el funcionamiento de la inmunidad, sino que también aborda los argumentos empleados ante la toma de decisiones y el debate sobre las vacunas, un aspecto considerado importante en la literatura (Lundström *et al.*, 2012).

Entre las limitaciones del instrumento de evaluación se apuntaría que el número de preguntas del cuestionario es escaso, que

no insuficiente. Pero, al ser preguntas abiertas, un número mayor implicaría un aumento del tiempo necesario para administrar la prueba y, con ello, una menor disposición del alumnado a responder.

Otra limitación se refiere al contexto de utilidad del instrumento, particularmente pensado para la educación secundaria obligatoria. En este sentido, si bien en cursos superiores el cuestionario serviría también para evaluar el desempeño, sería necesario ampliarlo y usar rúbricas que permitieran analizar saberes sobre aspectos más profundos del modelo.

En suma, el estudio ha permitido profundizar en el conocimiento sobre las ideas del alumnado en torno a los tópicos considerados, apreciándose unidad de constructo en torno a las distintas dimensiones consideradas en la evaluación y una secuencia progresiva de ideas acorde con los niveles o categorías contempladas en la rúbrica usada. Pero, además, nos proporciona una rúbrica de evaluación validada de interés para el aula y para futuros estudios, no solo como herramienta útil para el diseño de secuencias didácticas adecuadas al nivel de la ESO, sino también como instrumento de evaluación de la progresión en los aprendizajes.

Agradecimientos

Proyecto financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades-Agencia Estatal de Investigación/_Proyecto EDU2017-82518-P

Referencias

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 36, 63-75. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 248-256. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- Ageitos, N. y Puig, B. (2016). ¿Debería ser obligatoria la vacunación? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (83), 78-79.
- Aidoun, A., Mahdi, K., Tarichen, A., Zerhane, R., Madrane, M., Janati-Idrissi, R. y Laafou, M. (2016). Students' Perceptions on Some Immunological Concepts. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16(3), 2028-9324. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Andrade, V. A. de, Araújo-Jorge, T. C. de y Silva, R. C. (2016). Concepções discentes sobre imunologia e sistema imune humano. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 21(3), 01. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p1>
- Bahamonde, N., Cremer, M. C., Mut, P. N. y Lozano, E. (2020). El desarrollo de una línea disciplinar para la enseñanza del modelo de presión arterial en la forma-

- ción del profesorado en biología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (47), 143-159. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-7920>
- Bihouès, M. A., et Malot, S. (1990). Quelques représentations à propos des vaccinations et des transplantations. *Aster*, 10(10), 27-46. <https://doi.org/10.4267/2042/9130>
- Blanco-Anaya, P., Justi, R. y Díaz de Bustamante, J. (2017). Challenges and opportunities in analysing students modelling. *International Journal of Science Education*, 39(3), 377-402. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1286408>
- Boone, W. J., Townsend, J. S. y Staver, J. (2011). Using Rasch theory to guide the practice of survey development and survey data analysis in science education and to inform science reform efforts: An exemplar utilizing STEBI self-efficacy data. *Science Education*, 95(2), 258-280. <https://doi.org/10.1002/sce.20413>
- Broadbent, J., Panadero, E. y Boud, D. (2018). Implementing summative assessment with a formative flavour: A case study in a large class. *Assessment y Evaluation in Higher Education*, 43(2), 307-322. <https://doi.org/10.1080/02602938.2017.1343455>
- Brookhart, S. M. (2018). Appropriate criteria: key to effective rubrics. *Frontiers in Education*, 3, 22. <https://doi.org/10.3389/feduc.2018.00022>
- Bryden, G. M., Browne, M., Rockloff, M. y Unsworth, C. (2018). Anti-vaccination and pro-CAM attitudes both reflect magical beliefs about health. *Vaccine*, 36(9), 1227-1234. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.12.068>
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053. <https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- Chiu, M. H. y Lin, J. W. (2019). Modeling competence in science education. *Discip Interdiscip Sci Educ Res*, 1(12). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y>
- Chowdhury, F. (2019). Application of rubrics in the classroom: A vital tool for improvement in assessment, feedback and learning. *International Education Studies*, 12(1), 61-68. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n1p61>
- Delgado, F. A., Lombana, C. A. S. y Ochoa, J. A. G. (2019). Las demandas de aprendizaje como claves para el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje que promueven la modelización. *Bio-grafía*, 12(23), 169-180.
- Domínguez, A., Astray, J., Castilla, J., Godoy, P., Tuells, J. y Barrabeig, I. (2019). Falsas creencias sobre las vacunas. *Atención Primaria*. 51(1) 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.05.004>
- Gallardo, K. (2020). Competency-Based Assessment and the Use of Performance-Based Evaluation Rubrics in Higher Education: Challenges towards the Next Decade. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(1), 61-79. <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.61>
- Gavidia Catalán, V. y Talavera, M. (2012). La construcción del concepto de salud. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26(26), 161-175. <https://doi.org/10.7203/dces.26.1935>
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En Gilbert, J. K., C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1
- Gómez-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*. Universidad de Cádiz. <https://rodin.uca.es/handle/10498/19452>

- Gómiz-Aragón, M., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, J. M. (2023). La inmunología en las aulas de secundaria: una propuesta del modelo de inmunidad y vacunas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (111), 67-71.
- Greca, I. M. y Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/095006900289976>
- Jiménez-Sarmiento, M. M., Campillo, N. E. y Cañelles, M. (2022). *Las vacunas*. CSIC-Catarara.
- Linacre, J. M. (2002). Optimizing rating scale category effectiveness. *Journal of Applied Measurement*, 3(1), 85-106. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11997586>
- Linacre, J. M. (2022). *Winsteps® Rasch measurement computer program* (Version 5.2.2). <https://www.winsteps.com/>
- Linacre, J. M. y Tennant, A. (2009). More about critical eigenvalue sizes (variances) in standardized residual principal components analysis (PCA). *Rasch Measurement Transactions*, 23(3), 1228.
- Lobera, J., Hornsey, M. y Díaz-Catalán, C. (2019). Los factores que influyen en la reticencia a la vacunación en España. En J. Lobera, M. Hornsey y C. Díaz-Catalán (Eds.), *Percepción social de la Ciencia y la Tecnología* (pp. 13-35). FECYT.
- López, A. M., Orrego, M. y Tamayo, Ó. E. (2016). Modelos explicativos y su relación con las concepciones alternativas de estudiantes universitarios sobre inmunología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinario, 1049-1057.
- López Rúa, A. M., Orrego Cardozo, M., y Tamayo Alzate, Ó. E. (2017). Inmunidad: modelos mentales de estudiantes universitarios. X Congreso Internacional Sobre Investigación. *Didáctica de Las Ciencias*. Sevilla. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/333975>
- 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(1), 193-221. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9384-4>
- Maguregi González, G., Uskola Ibarluzea, A. y 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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2237>
- Masters, G. N. (1982). A rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*, 47(2), 149-174. <https://doi.org/10.1007/bf02296272>
- Neil, C., Battaglia, N. y De Vincenzi Zemborain, M. E. (2022). Marco metodológico para el diseño de rúbricas analíticas. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (80), 198-215. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2425>

- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Planinic, M., Ivanjek, L. y Susac, A. (2010). Rasch model-based analysis of the Force Concept Inventory. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(1), 010103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevstper.6.010103>
- Pozo, J. I. (2020). Aprender ciencias es reconstruir las ideas personales por medio del diálogo con otras personas y otros conocimientos. En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, M. C. Refojo y J. A. Sacritán (Eds.), *Enseñando Ciencia con Ciencia: Pruebas y mitos sobre enseñanza de las Ciencias*. Lilly-FECYT.
- Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. Á. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata.
- Rodríguez-Mora, F., Cebrián-Robles, D. y Blanco-López, Á. (2021). An Assessment Using Rubrics and the Rasch Model of 14/15-Year-Old Students' Difficulties in Arguing About Bottled Water Consumption. *Research in Science Education*, 52, 1075-1091. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09985-z>
- Sanmartí Puig, N. (1997). La secuenciación de las actividades a lo largo de un proceso de enseñanza. *Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones* (pp. 21-26). <https://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ensenanza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmarti.pdf>
- Seel, N. M., Lehmann, T., Blumschein, P. y Podolskiy, O. A. (2017). Models of Instructional Design. *Instructional Design for Learning* (pp. 45-107). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-941-6_3
- Stevens, D. D. y Levi, A. J. (2013). *Introduction to rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning*. Stylus Publishing, LLC.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. y Mami-ala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368. <https://doi.org/10.1080/09500690110066485>
- Vázquez-Ben, L. y Bugallo-Rodríguez, A. (2021). ¿Qué saben niños y niñas sobre evolución? Diseño y aplicación de un modelo científico escolar de evolución para educación primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 1102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1102

Forma de citar este artículo:

Gómiz-Aragón, M., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, J. M. (2024). Saberes del alumnado de secundaria sobre el modelo de inmunidad y vacunas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 100-116. <https://doi.org/10.17227/ted.num55-18761>