

Manejo del modelo de ser vivo por estudiantes de magisterio tras una experiencia de aprendizaje mediante modelización

Management of the living being model by trainee teachers after a learning experience through modeling

DOI: 10.7203/DCES.45.25443

Rosa Esperanza Galera-Flores

Universidad de Cádiz, rosa.galera@uca.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4092-9167>

Natalia Jiménez-Tenorio

Universidad de Cádiz, natalia.jimenez@uca.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7879-9877>

José María Oliva

Universidad de Cádiz, josemaria.oliva@uca.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2686-6131>

RESUMEN: Este estudio investiga el manejo del modelo de ser vivo en estudiantes de magisterio tras finalizar una propuesta didáctica desde un enfoque de modelización. Se trata de analizar las respuestas del alumnado ante cinco actividades finales que tenían como propósito la autorregulación y evaluación de los conocimientos aprendidos. Las dos primeras actividades trataban de conectar todos los aspectos que definen un ser vivo para conseguir un modelo aplicable a cualquier organismo. Mientras, las tres restantes, trataban de consolidar dichos conocimientos, estableciendo un modelo completo y cercano al científico escolar y su aplicación a otras situaciones, como a un robot o un virus. En el estudio participaron 58 estudiantes de tercer curso del Grado en Educación Primaria y su desarrollo mostró un desempeño favorable en todas las actividades, motivo que anima a continuar con esta línea de investigación y extrapolar sus planteamientos a otros casos.

PALABRAS CLAVE: propuesta didáctica, modelización y uso de modelos, robot, seres vivos, virus

ABSTRACT: This study investigates the management of the living being model in trainee teachers after completing a teaching proposal from a modelling approach. The aim was to analyse the students' responses to five final activities aimed at self-regulation and evaluation of the knowledge learned. The first two activities tried to connect all the aspects that define a living being to obtain a model applicable to any organism. Meanwhile, the remaining three activities were aimed at consolidating this knowledge, establishing a complete model close to the school scientific model and its application to other situations, such as a robot or a virus. The study involved 58 third-year students of the Primary Education Degree and their development showed a favourable performance in all activities, which encourages us to continue with this line of research and extrapolate these approaches to other cases.

KEYWORDS: didactic proposal, modelling and use of models, living beings, robot, virus

Fecha de recepción: octubre de 2022
Fecha de aceptación: septiembre de 2023

Agradecimientos. Financiado por: Ministerio de Ciencia e Innovación-Proyectos de Generación de Conocimiento/Proyecto PID2022-136353NB-I00.

1. INTRODUCCIÓN

La Biología es el estudio de los organismos vivos, noción esencial para una adecuada alfabetización científica y, por ende, presente en todos los niveles formativos (De las Heras y Jiménez, 2011; García y Martínez, 2010; González et al., 2022). Su estudio resulta de especial interés cuando se aborda desde una perspectiva integral y sistémica, a través de la conexión de las funciones vitales y unificando todos los elementos que intervienen en su definición (Cañal, 2011; Pujol y Márquez, 2005). Pero, son diversas las dificultades que presenta el estudiantado ante esta noción, por lo que resulta crucial detectar qué ideas suponen un obstáculo para la comprensión del ser vivo y las distintas formas de vida (Simard, 2023).

A lo largo de la etapa educativa y adecuándose a los distintos niveles, se ha de ir avanzando en el conocimiento de esta noción, partiendo de un conocimiento cotidiano basado en la experiencia y evolucionando hacia otro más complejo (Membiela y Cid, 1998). Por tanto, se trata de llevar a cabo un proceso continuo y progresivo impulsando en el alumnado un modelo coherente con el que propone la ciencia escolar (González et al., 2022).

Las dificultades de aprendizaje de esta noción, así como el tipo de enseñanza habitual centrada en aspectos descriptivos y aislados, y el desinterés del alumnado por la ciencia ante este tipo de enfoques, hace necesario el desarrollo de propuestas didácticas que superen esos problemas. Tales dificultades persisten incluso en estudiantes para maestros, lo que supone un problema añadido ya que difícilmente van a poder ayudar en el futuro a sus estudiantes a superar esas dificultades si ellos mismos las tienen.

Este estudio forma parte de una investigación más amplia que pretende analizar la evolución en el manejo de la noción de ser vivo en estudiantes de magisterio tras finalizar una propuesta de enseñanza diseñada desde un enfoque diferente al habitual, la modelización en ciencias. En este caso, se trata de analizar las respuestas aportadas por el alumnado en un conjunto de actividades finales planteadas tras cursar una secuencia didáctica sobre el modelo de ser vivo, evaluando el impacto de la propuesta en el conocimiento de los futuros maestros y maestras.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos didácticos sobre la idea de modelo y modelización

El estudio realizado se sitúa en el marco de la modelización en ciencias, planteamiento que puede interpretarse desde distintas direcciones, una de las cuales se refiere a la evolución de las ideas del alumnado hacia otras más acordes con un modelo de ciencia escolar (Oliva, 2019).

En el día a día y a lo largo del aprendizaje, los alumnos y alumnas elaboran ideas y representaciones del mundo que les ayudan a entender y predecir la realidad. Cada vez que se enfrentan a una observación novedosa o a una pregunta, utilizan esas ideas preconcebidas para elaborar un modelo que dé respuesta a las mismas, y que luego evalúan, revisan y modifican en caso necesario (Gobert y Buckley, 2000). Este modelo tiene para ellos un papel similar al que tienen los modelos para el científico, de ahí la denominación que algunos autores asignan en términos de modelos mentales (Johnson-Laird, 1996; Vosniadou, 1994).

En este marco, el aprendizaje escolar puede interpretarse como un proceso de integración jerárquica (Pozo y Gómez-Crespo, 1998) en el que las ideas de sentido común se desarrollan y se (re)organizan paulatinamente alrededor del modelo escolar objeto de enseñanza (Sanmartí, 2000). A partir de ahí, los modelos personales van dejando paso a modelos cada vez más avanzados y compartidos, al menos cuando las condiciones de enseñanza son las adecuadas. Desde esta perspectiva, el aprendizaje basado en modelos puede contemplarse como una evolución de los modelos implícitos y personales del alumnado hacia otros explícitos y más complejos y coherentes con el modelo científico (Clement, 2000; Oliva, 2019).

En el diseño de una propuesta de enseñanza-aprendizaje es preciso considerar las dificultades y preconcepciones del alumnado, así como las distintas estrategias de enseñanza que acompañen a los objetivos propuestos (Bayram-Jacobs et al., 2019). Desde esta perspectiva, podemos también situar la idea de modelización como un marco de enseñanza dirigido a facilitar esos procesos, ayudando al estudiante a construir y aprender modelos, usarlos, revisarlos, discutir sobre ellos y reconstruirlos (Justi y Gilbert, 2002). En este marco, el aprendizaje basado en modelos unido a estrategias de indagación, refuerzan el compromiso activo del alumnado, desencadenando mecanismos de atención y revisión de lo aprendido, lo que ayuda al replanteamiento de sus ideas de partida (Percarrari y Oliveira, 2022). Y es que las preconcepciones juegan un papel esencial, ya que permiten enlazar el nuevo conocimiento con el que ya trae el estudiante, evolucionando a partir de él mediante su interacción con la nueva información aportada (Acher, 2014; Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2022). Todo ello en un contexto de trabajo participativo y reflexivo (Couso, 2014), en el que pueden aportar ideas y avanzar en el conocimiento ayudados por la labor de andamiaje del docente (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2018). Este enfoque funciona habitualmente mediante secuencias didácticas en torno a ciclos de aprendizaje, con las que se pretende hacer evolucionar los modelos iniciales presentes en el estudiantado hacia otros más cercanos a la ciencia escolar, contemplando un itinerario de progresión (Clement, 2000).

Dentro de esta lógica, un aspecto a tener claro es cuál es el modelo científico de referencia que ha de orientar los aprendizajes o, mejor dicho, la transposición didáctica del mismo que lo convierte en un modelo escolar.

2.2. Fundamentos científicos para un modelo escolar de vida y ser vivo

Existen en la ciencia una serie de nociones relevantes para conseguir una comprensión integrada de ciertos conocimientos. En particular en biología, uno de los conceptos claves es el concepto de “vivo” o “vida” por ser atributo de los seres vivos y por distinguir a estos de los objetos inertes (Caravita y Falchetti, 2005; O-Saki y Samiroden, 1990).

El concepto de vida puede tener distintas acepciones en el ámbito cultural, si bien desde el punto de vista científico es un fenómeno biológico único y genuino que comparten todos los organismos vivos, de modo que su ausencia lo convertiría en un organismo inerte (Lau y Lau, 2020). La “vida”, “tener vida” o “estar vivo” es el periodo que transcurre desde el nacimiento hasta la muerte, pasando por procesos de crecimiento y reproducción; por tanto, la vida es un fenómeno o proceso vital que ocurre en los seres vivos (Gómez-Márquez, 2021). De ahí que definir qué es la vida juegue un papel fundamental en la enseñanza de la biología, ya que implica considerar aquellas características que definen a los seres vivos y los diferencian de los cuerpos inertes. Pero, más allá de ello, requiere la construcción de un modelo o teoría sobre lo que es la esencia de un organismo vivo (El-Hani, 2008).

Los seres vivos pueden ser definidos como sistemas complejos abiertos capaces de realizar las funciones vitales: modifican el entorno que los rodea intercambiando materia y energía con este (nutrición), detectan estímulos internos o externos y responden ante ellos (relación), y generan descendencia transmitiendo características e interviniendo en procesos de reparación celular y crecimiento (reproducción); además, están formados por células, cada una de las cuales presenta las mismas características que el organismo (García, 2005).

A pesar de que los seres vivos son estudiados a lo largo de la etapa educativa, persisten una serie de dificultades o concepciones asociadas a su aprendizaje. Esto es debido a que, tradicionalmente, su estudio se ha abordado desde un punto de vista estructural, sin atender las conexiones que ocurren entre sus elementos, y focalizando hacia las características que diferencian unos seres vivos de otros en lugar de contemplar las comunes a todos ellos (Martínez-Losada et al., 2014). Algunas de las dificultades y concepciones han sido ampliamente estudiadas y descritas en la literatura. Entre otras se encuentran las siguientes:

a) Identificar “tener vida” con movimiento, reducir la idea de vida al ciclo vital, o asociar seres vivos con el ser humano o con aquello que tiene características antropomórficas (Bahar, 2003; González, 2015; Özgür, 2018).

b) No considerar a las plantas como organismos vivos (Kose, 2011; Patrick y Tunnicliffe, 2011).

c) No representar la nutrición como un proceso que integra varios sistemas (digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor) (Reinoso y Delgado-Iglesias, 2020; Rivadulla-López et al., 2016).

d) Conectar el cerebro únicamente con acciones físicas y motoras (Cañal, 2008a).

e) Considerar que la función de reproducción sirve solamente para generar descendientes (Cañal, 2008a), o no identificar el nivel celular y su actuación en procesos como la división celular o la respiración (Camacho et al., 2012; Mengascini, 2006; Verhoeff et al., 2008).

Desde hace años existe debate por parte de la comunidad científica sobre si se debe incluir dentro de los organismos con vida a los virus. La importancia de este debate radica en que los virus son los agentes infecciosos más pequeños que están presentes en la actualidad, causando enfermedades en plantas, humanos o animales. Además, coexisten con todos los seres vivos y son útiles en la producción de vacunas (Delgado y Hernández, 2015). Para dar respuesta a esta incógnita primero hay que definir qué es un virus y ver si encaja dentro de la definición de vida y ser vivo. Un virus es un agente infeccioso que presenta una estructura denominada cápside formada por proteínas y ácidos nucleicos, por lo que son acelulares, y no son considerados sistemas abiertos capaces de intercambiar energía con el entorno (Delgado y Hernández, 2015; Gómez-Márquez, 2021). Siguiendo a los científicos posicionados a este lado, un virus no está formado por células, no presenta metabolismo celular, no respira o no es capaz de reproducirse por él mismo, sino que necesita una célula hospedadora para reproducirse y utilizan la maquinaria metabólica del mismo, por tanto, no pueden ser considerados como entes vivos (Garbisu et al., 2003; Tezt y Tezt, 2020). Por su parte, aquellos científicos posicionados al otro lado defienden al virus como organismo vivo ya que es capaz de evolucionar, contiene ácido nucleico o coexiste con los seres vivos, participando en la evolución de las especies (Forterre, 2010; Koonin y Starokadomskyy, 2016).

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Pregunta de investigación

La investigación que se presenta es de tipo cualitativo y consiste en el estudio de las ideas y explicaciones que dan los alumnos y alumnas sobre el modelo de ser vivo al final de una secuencia didáctica (SEA) orientada desde enfoques de modelización. Se trataba de valorar el alcance de esas ideas en relación a las que presentaron inicialmente, al objeto de comprobar el impacto de la SEA. En concreto, la pregunta de investigación que orienta este trabajo puede enunciarse de la siguiente manera: ¿Cómo manejan el modelo de ser vivo maestros de primaria en formación inicial tras finalizar una experiencia de aprendizaje sobre dicho tópico mediante enfoques de modelización?

3.2. Participantes

Los participantes fueron 58 estudiantes de tercer curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Cádiz, mientras cursaban la asignatura de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I. Se trataba de un grupo mixto, predominando las mujeres sobre los hombres, que en su mayoría no cursaban asignaturas de ciencias desde los 14-15 años. El alumnado fue dividido en 13 grupos de trabajo formados por 4-5 sujetos cada uno. La profesora era licenciada y doctora en Ciencias del Mar y contaba con doce años de experiencia en la formación inicial de maestros en esta misma asignatura.

3.3. Escenario del estudio

La propuesta didáctica se conformaba a partir de una SEA dirigida a abordar el modelo de ser vivo (Galera-Flores et al., en prensa), y se estructuraba en torno a los siguientes principios didácticos: situar la propuesta en un marco de modelización siguiendo las fases propuestas por Sanmartí (2000) en el diseño de SEA (exploración de ideas previas, introducción de nuevas ideas, estructuración del conocimiento aprendido, aplicación y transferencia, y autorregulación); combinar distintos modos de organización del aula: individual, en pequeño grupo y en gran grupo; conectar la teoría con la realidad, promoviendo un trabajo activo y participativo del alumnado; utilizar el modelo de ser vivo como eje vertebrador de la propuesta; y establecer un recorrido de aprendizaje desde modelos simples hacia otros complejos. La SEA estaba constituida por 14 sesiones de una hora y media de duración y 26 actividades, y a su vez estaba dividida en cinco partes: cuatro bloques diferenciados y una última parte de actividades de cierre (Tabla 1).

TABLA 1. Secuencia de enseñanza-aprendizaje diseñada

Bloque	Sesión	Actividad	Descripción
1	1	1. Cuestionario inicial	Elaboración de un cuestionario inicial sobre los seres vivos
	2	2. ¿Conocemos a los seres vivos?	Representación de modelos individuales;
		3. Avanzamos en grupo 4. Hagamos nuestro modelo	Comparación de modelos en grupo; Reelaboración del modelo de ser vivo
3	3	5. Esto es un ser vivo	Comparación con un primer modelo de ser vivo;
		6. ¿Qué pasa en otro ser vivo?	Aplicación del modelo
2	4	7. ¡Hora de comer!	Reestructuración de la función de nutrición en el ser humano
	5	8. ¿Cómo nos nutrimos?	Representación del proceso de nutrición en el ser humano;
		9. ¿Cómo se nutren otros organismos?	Acercamiento a otros organismos (hongos y plantas)
6	10. Recapitulando sobre nutrición	Elaboración de un modelo final de nutrición	
3	7	11. ¿Qué sabemos de la reproducción?	Explicitación de la necesidad de reproducción;
		12. ¿Quién es quién?	Analogía
	8	13. ¡Nos ponemos a cultivar!	Experimento mental; Explicitación de las diferencias entre reproducción sexual y asexual
14. De padres a hijos			
4	9	15. Profundizando en la reproducción	Introducción del concepto de crecimiento y reparación en la reproducción;
		16. Nos ponemos en situación 17. ¡Hora de actuar!	Simulación; Experimento mental
	10	18. ¡Que se haga la luz!	Analogía
Actividades de cierre	11	19. ¿Qué pasaría?	Experimento mental
		20. Uniendo ideas. Todo está conectado	Explicitación de la conexión entre las tres funciones vitales; Constatación de la funcionalidad de la célula;
	12	21. ¡Hora de aplicar el conocimiento!	Aplicación del modelo a un robot; Caracterización de un modelo final;
		22. Os presento a Sophie	Aplicación del modelo a un virus
		23. Hacemos un modelo final 24. ¿Son seres vivos?	
13	25. Reflexión final	Revisión final sobre la progresión en el conocimiento sobre el modelo de ser vivo	
14	26. Cuestionario final	Cumplimentación del cuestionario final sobre los seres vivos	

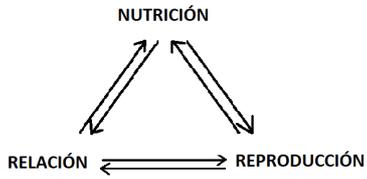
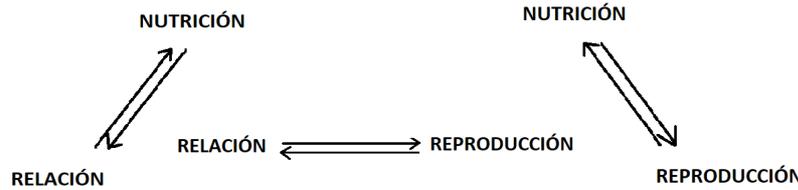
Con independencia de que algunas actividades se realizaran de manera individual, la mayoría se completó de forma grupal, disponiendo cada grupo de estudiantes de un porfolio en el que se recogían sus respuestas.

3.4. Recogida y tratamiento de la información

Un primer paso en el estudio fue identificar las ideas iniciales que manejaba el alumnado sobre la noción de ser vivo, para lo que se emplearon dos fuentes distintas de datos. De un lado, se utilizó un cuestionario abierto junto a su rúbrica de evaluación (Galera-Flores et al., 2023a), que permitió llevar a cabo un análisis personalizado de las ideas iniciales de los participantes. De otro, se analizaron las respuestas que reflejaron en los porfolios en una de las actividades iniciales de la secuencia (Actividad 2), la cual se analizó siguiendo un sistema de categorías que contemplaba distintas dimensiones (Galera-Flores et al., 2023b).

Para evaluar cómo manejaban los participantes el modelo de ser vivo al final de la SEA, se estudiaron las respuestas aportadas en los porfolios a cinco actividades durante la sesión final de cierre (Tabla 2). Aunque a lo largo de la secuencia se llevaron a cabo momentos de autorregulación de forma transversal, esta última parte era específica para este tipo de procesos, promoviendo la revisión de lo aprendido y la metacognición de los participantes. Supuso, así, una ocasión inmejorable para comprobar el alcance de los aprendizajes conseguidos, aunque también sirvieran para que continuaran aprendiendo.

TABLA 2. Enunciados de las actividades finales

Actividad	Enunciado
20. Uniendo ideas. Todo está conectado	<p>Como ya se ha visto en las sesiones anteriores, todos los seres vivos realizan las tres funciones vitales y, además, todas ellas están relacionadas entre sí de la siguiente manera: Razona la conexión de cada par de funciones, explicando detalladamente lo que ocurre en cada flecha:</p> 
21. ¿Hora de aplicar el conocimiento!	 <p>Ahora que conoces en qué consisten, cómo se relacionan las funciones vitales y que la célula es la unidad funcional del ser vivo, ¿Crees que estas funciones ocurren en la célula? Explica cada una de ellas.</p>
22. Os presento a Sophie	<p>Mira el siguiente vídeo, y responde a esta pregunta: ¿Es el robot Sophie un ser vivo?</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=gB6mVTSr8cQ&ab_channel=ElHor miguero</p>
23. Hacemos un modelo final	<p>Busca tu modelo inicial de ser vivo. ¿Harías ahora el mismo modelo? ¿Qué cambiarías, quitarías o añadirías? ¿Cómo representarías ahora tu modelo final de ser vivo?</p>
24. ¿Son seres vivos?	<p>Utilizando este modelo final, ¿Dirías que un virus es un ser vivo?</p>

Además del porfolio, como fuente de datos se utilizaron el diario de la profesora y de una observadora externa, así como grabaciones en vídeo y audio de las sesiones. En este caso, el procesamiento de la información recopilada siguió dos caminos diferentes. De un lado, se realizó un análisis cualitativo de las respuestas de los participantes en el porfolio grupal, para lo que se utilizó el mismo sistema de categorías empleado en el diagnóstico previo. De otro, se procedió a una síntesis en la que, para cada actividad, se integró información procedente del análisis anterior, así como de los diarios y de las grabaciones. Los diarios sirvieron para caracterizar cada sesión y establecer un hilo conductor para la secuencia, mientras que las grabaciones y registros de los porfolios complementaron dicha base y aportaron evidencias sobre las conclusiones formuladas. Consecuencia de ello, resultó una crónica de sesiones, la cual constituye la base de los resultados cualitativos que se ofrecen en este artículo para valorar el alcance de lo aprendido. Aunque dicha crónica recogió detalles tanto del desarrollo de las sesiones como sobre cómo el alumnado respondió a las actividades planteadas, nos referiremos solo a este segundo aspecto que es el que resulta relevante a efectos del problema de investigación formulado.

4. RESULTADOS

4.1. Actividades de inicio y exploración

Se analizaron inicialmente las ideas de los alumnos y alumnas sobre el modelo de ser vivo para establecer un punto de partida y determinar, posteriormente, la mejora experimentada. Casi dos tercios de ellos definían al ser vivo como aquello que tiene vida, añadiendo características propias de los organismos vivos pero que no los definen, como son el movimiento, comer, respirar o el ciclo vital. En ocasiones se incluían las funciones vitales, aunque sin dar explicaciones sobre ellas y apareciendo intercaladas con las características mencionadas anteriormente, las cuales solían situarse a un mismo nivel en la definición. Asimismo, solo un 8% hacía alusión a aspectos estructurales, omitiendo la idea de célula como unidad de vida. Por otro lado, más de un tercio del alumnado representaba al ser vivo mediante un humano, un animal o una planta, mientras que menos de un 10% citó ejemplos de los cinco reinos. En cuanto a la función de reproducción, alrededor de dos tercios del alumnado reconocían esta función bajo un único aspecto, normalmente la generación de individuos, careciendo de una visión compleja de la misma a nivel celular. En el caso de la función de relación, más del 90% mostraba desconocimiento sobre ella, y no llegaba al 10% los que la reconocían como la capacidad de captar estímulos o de responder ante ellos, pero no ambas cosas a la vez. Finalmente, en relación a la función de nutrición, menos de un 10% fueron capaces de definirla en términos de intercambio de materia y energía.

Por tanto, las ideas iniciales fueron similares a las descritas en la literatura para aquellos estudiantes que presentan una visión poco informada sobre el tema. De hecho, se detectaron insuficiencias y concepciones alternativas semejantes a las ya descritas líneas atrás, lo que sugiere que al alumnado le quedaba un largo camino por recorrer, motivo por el cual se esperaba que la SEA contribuyera positivamente al respecto. A continuación, se exponen los logros alcanzados a raíz de la misma, para lo que se muestra el manejo que hicieron del modelo de ser vivo en las actividades finales de la secuencia.

4.2. Actividad 20. Uniendo ideas. Todo está conectado

Esta actividad permitió evaluar el alumnado reconocía la conexión y relación entre las distintas funciones vitales después de abordarlas de forma independiente. Normalmente, respondieron a esta actividad utilizando ejemplos concretos o nombrando partes particulares del proceso en lugar de dar respuestas genéricas. En la Tabla 3 se muestran ejemplos de respuesta para cada una de las flechas de conexión que aparecen en esta actividad.

TABLA 3. Respuestas del alumnado en la actividad 20

Par de funciones conectadas	Respuestas del alumnado
Nutrición y reproducción	<p>“Cuando el feto está en su periodo de gestación se nutre por el cordón umbilical.” (Grupo-5, G-5)</p> <p>“La nutrición es esencial para nuestro organismo [...]. En cuanto a la reproducción, la energía obtenida de la nutrición es usada por nuestro organismo tanto para reproducirnos como individuos como para crecer (necesaria la energía para mitosis, meiosis, síntesis de proteínas, etc.) [...]” (Es un ciclo en el que nos nutrimos para obtener energía necesaria en la reproducción, proceso que implica la necesidad de nutrirse, comenzando nuevamente el ciclo). (G-7)</p>
Nutrición y relación	<p>“La nutrición es necesaria para obtener energía [...]. En cuanto a la relación, esta es vital para poder sobrevivir. La energía de la nutrición es usada por el cuerpo para que este pueda percibir estímulos, enviar señales y crear respuestas en forma de acciones para responder ante estos. La función de relación requiere mucha energía ya que nos avisa de lo que ocurre tanto dentro como fuera del cuerpo y ordena una respuesta.” (G-7)</p> <p>“Nos permite a los seres vivos detectar y obtener información del medio, respondiendo al entorno para poder sobrevivir, ya que la nutrición aporta la energía necesaria para poder responder a un estímulo. La función de relación necesita de la nutrición.” (G-12)</p>
Relación reproducción	<p>“Para que se produzca la reproducción es necesario un contacto con el medio (o con otro individuo que se encuentre en este) y, por ende, para que continúe la especie en sí (incluyendo sus relaciones) es necesaria la reproducción.” (G-4)</p> <p>“La reproducción no sería posible sin la relación. Por ejemplo, los bailes de apareamiento.” (G-8)</p>

La mayoría de los alumnos y alumnas identificaron la necesidad o conexión de cada función vital con otras e incluso su actuación conjunta para lograr un fin. En el debate en gran grupo, incluso mejoraron sus respuestas gracias a la retroalimentación que tuvieron con el resto de grupos y con la docente, reflexionando sobre la necesidad de la energía (función de nutrición) para que el organismo pueda crecer o dividirse (función de reproducción) y para crear respuestas frente a un estímulo (función de relación), entre otras. También indicaron la necesidad en algunos organismos de detectar las condiciones adecuadas (función de relación) para poder comenzar a desarrollarse (función de reproducción). En conclusión, a lo largo de esta actividad el alumnado dio muestras de comprender interrelaciones entre las funciones vitales e incluso consiguieron nuevos avances en ese sentido gracias al trabajo colectivo.

4.3. Actividad 21. ¡Hora de aplicar el conocimiento!

Esta actividad tenía como protagonista a la célula, con el objetivo de valorar si los participantes reconocían a la célula como la unidad mínima de vida que actúa de igual forma que el organismo completo, tanto en organismos unicelulares como pluricelulares: la energía se produce en el interior celular (nutrición), la célula se divide para generar nuevas estructuras o individuos (reproducción) y son las propias células las que reciben estímulos, procesan la información y responden ante él (relación).

Algunos grupos presentaron dificultades a la hora de explicar alguna de las funciones a nivel microscópico o aportaban respuestas triviales en sus justificaciones. Sin embargo, la mayoría de los grupos reflejaron en sus portafolios cómo actúa cada una de las funciones vitales a nivel celular, e

incluso utilizaron ejemplos para afianzar que todos los procesos vitales tienen lugar, finalmente, en la célula (Tabla 4).

Tabla 4. Respuestas del alumnado en la actividad 21

Respuestas del alumnado
<p>“La célula es la unidad mínima. El ser vivo debe estar compuesto por células. Nutrición: las células obtienen la energía mediante esta función. El organismo se alimenta (obtiene nutrientes) y obtiene el oxígeno necesario que llega a la célula, y se realiza la reacción que desprende agua, dióxido de carbono y energía. Reproducción: puede ser de dos tipos, asexual y sexual. En la asexual la célula realiza la mitosis (donde una célula realiza clones). En la sexual se realiza por meiosis, donde se necesitan dos células y hay mezcla de genes. Relación: la célula recibe un estímulo y por medio de las células del sistema nervioso el cerebro recibe esa información y elabora una respuesta. A través del sistema nervioso se manda esa respuesta al órgano efector que realiza la respuesta. Una bacteria es un ser vivo. Es una célula y cumple las funciones vitales. (G-3)”</p>

De nuevo, en este caso también, la puesta en común sirvió para afianzar esas ideas llegándose a identificar la acción celular en cada una de las funciones vitales, consolidando así la necesidad de identificar a la célula como unidad de todos los organismos vivos.

4.4. Actividad 22. Os presento a Sophie

En esta actividad se proyectó un vídeo en el que se presenta un robot humanoide llamado Sophie con el objetivo de valorar sus respuestas ante el conflicto cognitivo que supone decidir si un robot puede ser considerado un ser vivo o no. Algunos de los argumentos utilizados por el alumnado se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5. Respuestas del alumnado en la actividad 22

Respuestas del alumnado
<p>“Sophie no es un ser vivo puesto que la función de reproducción no la cumple. Además, pensamos que realiza las demás funciones de forma artificial, es decir, no las realiza por sí mismo, además de no contener células. Es un ser programado.” (G-5)</p>
<p>“El robot no es un ser vivo. No realiza las funciones vitales, aunque parezca que se relaciona con el medio. Además, tampoco realiza la nutrición ni reproducción, debido a que es un robot que utiliza inteligencia artificial para hablar.” (G-6)</p>
<p>“No es un ser vivo. Sophie posee un número limitado de respuestas, es decir, su creación tiene límites muy claros: solo responderá a aquellos estímulos a los que haya sido preparada. Además, la función de reproducción es inviable para ella por sí misma, debe aplicarse a través de otro ser, seres humanos. Podríamos aceptar su función de nutrición en cierta medida porque necesita energía para funcionar. En definitiva, es imposible afirmar que Sophie es un ser vivo.” (G-7)</p>
<p>“Podríamos pensar que sí lo es debido a que se relaciona con otros humanos y se comporta como ellos, pero esta no realiza la función de reproducción ni nutrición. El robot no siente como los humanos y tampoco muere, es inmortal. Es una máquina que piensa, no un ser vivo. Vive mientras tenga batería o sus mecanismos funcionen.” (G-11)</p>

Hemos observado que todos los grupos indicaron, con mayor o menor justificación, que un robot no es un ser vivo porque no realiza todas las funciones vitales, si bien algunos grupos reflejaron que es capaz de realizar la función de relación y otros que podría realizar todas las

funciones, pero no por sí mismo, apareciendo así el concepto de autonomía. Por tanto, con esta pregunta los alumnos y alumnas fueron capaces de aplicar el modelo de ser vivo aprendido a una situación concreta.

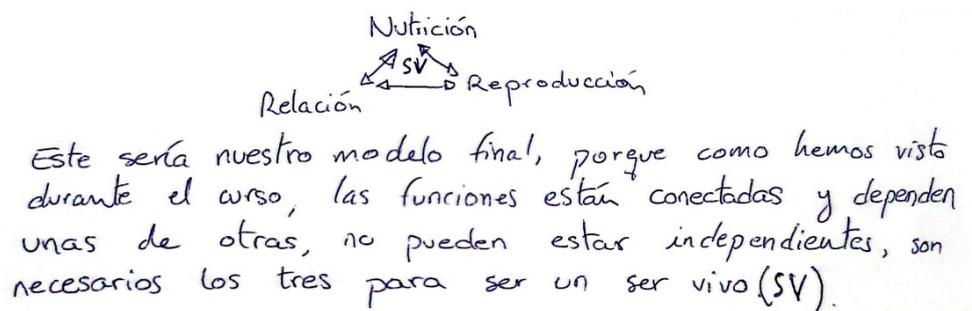
Sin embargo, y a pesar de que todos afirmaban que un robot no es un ser vivo en sus portafolios, durante la puesta en común en gran grupo plantearon reflexiones profundas como que puede “nutrirse” de electricidad, “se relaciona” con otros seres humanos ya que responde y detecta sus sentimientos, etc. Así, consideraban que si un robot es programado podría ser capaz de realizar las mismas funciones vitales que los seres vivos y, por tanto, se podría cuestionar la opción de incluirlos dentro de este grupo. Con este debate se consideró la posibilidad de que en un futuro podamos incluir a los robots dentro de nuestra definición de vida, incluyendo modificaciones en esta. Esta perspectiva es interesante, pues da a entender que la parte de estudiantes que la consideraron tenían una visión dinámica y cambiante de lo que es un modelo.

4.5. Actividad 23. Hagamos un modelo final

La actividad 23 se planteó para identificar la idea de ser vivo que eran capaces de representar los alumnos y alumnas en esta fase final. Para ello, se pidió que comparasen el modelo inicial que expresaron al iniciar la secuencia con el suyo de ahora estableciendo diferencias.

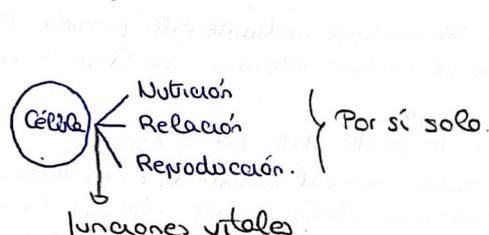
En su mayoría, el alumnado elaboró ahora una representación más adecuada de ser vivo, incluyendo a la célula como unidad estructural y nombrando las funciones vitales como características que definen a los seres vivos (Imagen 1a y 1b). Sin embargo, algunos grupos continuaban representándolo a través de un animal (Imagen 1c) y otros nombraban otras características propias de los organismos vivos pero que no las definen, como el movimiento o crecer (Imagen 1d).

IMAGEN 1. Ejemplos de respuestas aportadas a la actividad 23: a) G-7 b) G-3 c) G-5 d) G-1



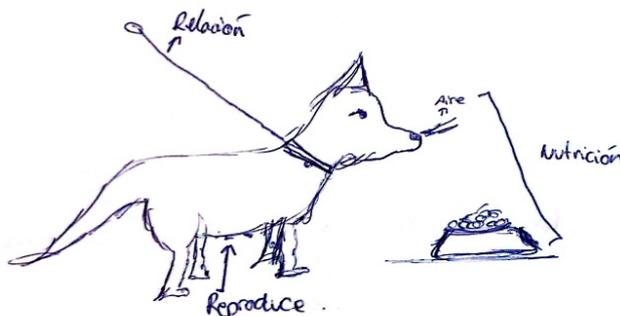
a)

No haríamos el mismo modelo, lo cambiaríamos todo. Un ser vivo no es obligatoriamente un ser humano.



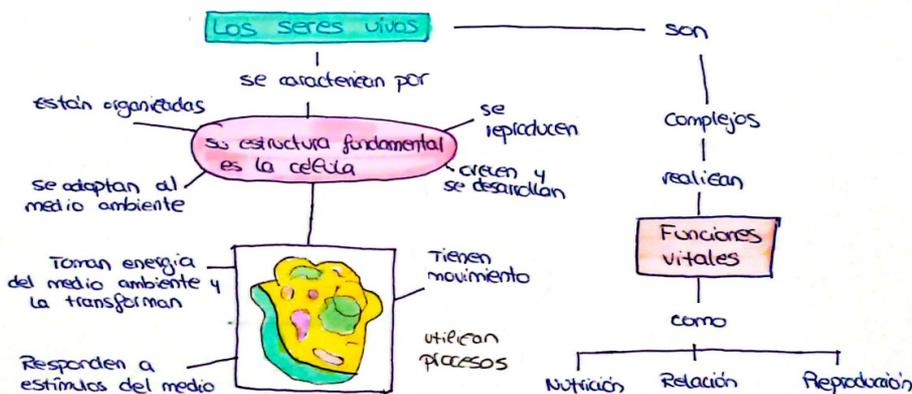
b)

Representaríamos el modelo final del ~~concepto~~ ser vivo, como todo aquel ser capaz de realizar las 3 funciones vitales (de manera) por sí mismo.



c)

No, también añadiría lo de las células, pero no quitaría nada



d)

4.6. Actividad 24. ¿Son seres vivos?

Por último, la actividad 24 fue una ocasión idónea para comprobar si el alumnado utilizaba el modelo establecido en la actividad anterior, así como la información obtenida a lo largo de la propuesta, para determinar si un virus es o no un ser vivo. Esta es una pregunta que fue y sigue siendo objeto de debate científico, ya que para responder a la misma hay que tener en cuenta los criterios utilizados para hablar de ser vivo.

Las respuestas aportadas por los participantes estuvieron divididas (la mitad de los grupos consideraban al virus como un ser vivo y la otra mitad no), aunque en general, la mayoría de ellos consideraba que los virus, al menos, eran capaces de reproducirse, basándose en lo vivido por la situación de pandemia derivada de la Covid-19. Aquellos grupos que no consideraban al virus como un ser vivo lo justificaban indicando que estos, a diferencia de los seres vivos, no realizan las funciones vitales. En concreto, todos ellos indicaban que no cumple con la función de nutrición. Esto es, no se pueden nutrir, pero sí se reproducen y se relacionan. Por otro lado, aquellos que sí consideraban al virus como un ser vivo lo justificaban fundamentando que sí son capaces de nutrirse, relacionarse y reproducirse. Solamente un grupo expresó duda, por lo que justificó ambas respuestas (Tabla 6).

TABLA 6. Respuestas del alumnado en la actividad 24

Respuestas del alumnado
“[...] Por un lado, encontramos a los que dicen que no pueden ser seres vivos porque no realizan la función de nutrición y por otro lado se posicionan los que argumentan que sí que realiza esta función, la única diferencia es que para nutrirse necesitan “infectar” a alguien, encontrar un huésped nuevo.” (G-12)
“Un virus no es un ser vivo ya que estos no se nutren por lo que no cumple con las tres funciones vitales que todo ser vivo debe cumplir.” (G-10)
“Un virus no es un ser vivo, puesto que solo cumple con 2 de las funciones vitales: relación (responde a estímulos con el entorno [...]) y reproducción ([...] necesita de un agente externo).” (G-5)
“Sí, el virus se relaciona con el medio y con nosotros mismos, ya que dependiendo del medio en el que este se reproduce, muere, debilita, ... El virus se nutre de nuestras células.” (G-11)
“Sí, porque un virus realiza las tres funciones vitales: se nutre, se reproduce y se relaciona con el medio.” (G-8)
“Consideramos que es un ser vivo ya que cumple las tres funciones vitales de forma natural. Nutrición: se nutren del ser humano y de los animales donde habitan. Relación: presentan una relación simbiótica con el organismo al que infecta. Reproducción: su correspondiente reproducción es asexual.” (G-9)

Sin embargo, tras la puesta en común en gran grupo, gracias a la retroalimentación con la docente y utilizando el modelo de ciencia escolar de ser vivo trabajado durante la SEA, la gran mayoría de estudiantes consideraron a la postre que el virus no forma parte de los seres vivos porque, aunque es capaz de realizar funciones exclusivas de los organismos vivos, necesitan un huésped para ello; asimismo, expresaron que no están formados por células.

5. DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

Se ha mostrado el manejo de estudiantes para maestros en torno al modelo de ser vivo tras completar una SEA orientada desde enfoques de modelización. Para ello se usó información procedente de las actividades finales que completaron durante una sesión de clase de una hora y media. Las respuestas proporcionadas por el alumnado finalmente, en comparación con las que dieron al principio, hacen pensar que la SEA promueve la evolución en el desempeño del alumnado.

En primer lugar, los alumnos y alumnas respondieron adecuadamente a la primera pregunta planteada, que se relacionaba con la necesidad de comprender las funciones vitales como procesos interconectados y no independientes uno de otro. Tradicionalmente, su estudio se ha abordado de forma aislada al no plasmarse en los libros o incluir de forma parcial nexos entre ellas (Cañal, 2008b). De acuerdo con Pujol y Márquez (2005) es necesario abordar el estudio de los seres vivos desde una perspectiva integral y sistémica, a través de la interdependencia de las funciones vitales, al ser sistemas complejos donde interacciona la dinámica y estructura de las mismas (Cañal, 2008b; Kitano, 2002). En este sentido, los resultados sugieren que se han cumplido las expectativas previstas en la actividad 20, acercando al alumnado hacia un pensamiento sistémico en este ámbito.

De igual forma, y en relación a la idea de célula como unidad de vida, hemos visto que, por término general, el alumnado ha asimilado este conocimiento, siendo incluso capaces de determinar cómo actúan las tres funciones a nivel celular. Este resultado es novedoso respecto a lo publicado, pues son diversos los estudios que muestran las dificultades asociadas a la idea de célula, sus componentes, los procesos que tienen lugar en ella o concebir la actividad celular como base del funcionamiento del organismo (Cañal, 2008a; Cohen y Yardel, 2010; Gil y Martínez, 2013; González-Weill y Harms, 2012; Maguregui, 2013; Rodríguez, 1997; Verhoeff et al., 2008).

Por su parte, las representaciones de ser vivo establecidas por el alumnado tras finalizar la SEA mejoraron respecto a las iniciales. Pudimos ver cómo algunos grupos pasaron de representar

un organismo vivo a partir de un animal y nombrando características no definitorias, a un modelo general y útil para cualquier ser vivo incluyendo las funciones vitales y las células. Otros grupos, sin embargo, continuaron considerando en sus representaciones finales características como el ciclo vital o el movimiento. Todo ello indica que el saber manifestado por el alumnado no se ajustó plenamente al modelo de ciencia escolar, lo cual es lógico teniendo en cuenta la dificultad de estas ideas y la duración limitada de la intervención.

De otro lado, se incluyeron actividades orientadas hacia procesos de aplicación del modelo de ser vivo establecido, así como de valoración del conocimiento adquirido y su posible transferencia a nuevas situaciones. Tales actividades requieren que el estudiantado se plantee nuevos problemas, así como que apliquen y extrapolen su conocimiento a nuevas situaciones (Sanmartí, 2000). De ahí que se comprenda que una de las actividades girase en torno a los robots, mediante la que comprobamos cómo el alumnado asociaba un robot con un ser inerte, basándose en la evidencia de que no son capaces de realizar funciones vitales por sí mismos ni están formados por células. Siguiendo a Gómez-Márquez (2021), un robot es un sistema programado y organizado artificialmente que no es capaz de reproducirse, evolucionar o adaptarse por sí solo, sino que necesita del ser humano para poder hacerlo. Para decidir si incluir a estos sistemas dentro de los organismos vivos, primero hay que definir el modelo de ser vivo de referencia, el cual lo establecemos como un sistema formado por células y capaz de realizar las funciones vitales (García, 2005). Teniendo en cuenta ambas definiciones, se entiende que el alumnado no clasificara al robot como sistema con vida. No obstante, a la postre, esta actividad generó controversia al surgir durante la discusión la posibilidad de que un robot esté programado para poseer características similares a las presentes en los organismos vivos, como detectar sentimientos, hablar, moverse, necesitar energía para “vivir”, etc.

En la misma línea, se incluyó otra actividad de aplicación que planteaba un dilema en torno a los virus, tema de actualidad debido a la situación de pandemia vivida en los últimos años. Esta constituyó uno de los momentos de mayor debate en el aula, dado que el estudiantado se encontraba dividido en dos grupos diferenciados que defendían ideas opuestas respecto a si un virus es o no un ser vivo. De un lado, aquellos que defendían que un virus no es un ser vivo utilizaban criterios como la ausencia de estructuras celulares y procesos de nutrición, relación y reproducción. De otro lado, los que se posicionaban en el lado opuesto incluían en sus justificaciones la capacidad de obtener energía, reproducirse y detectar la presencia de organismos a los que infectar, aunque a costa de una célula hospedadora. Tradicionalmente, los virus han sido excluidos de los organismos vivos dada la ausencia de metabolismo propio y la necesidad de una célula para replicarse (Moreira y López-García, 2009); además, si consideramos a la célula como la unidad mínima de vida, no podemos incluirlos dentro de este grupo (Gómez-Márquez, 2021). Sin embargo, hay científicos que consideran a los virus como entes vivos con capacidad de evolucionar, que están compuestos por moléculas orgánicas, contienen material genético y están altamente organizados (Bruinsma et al., 2021; Forterre, 2010). Por tanto, vemos potencial en esta actividad para propiciar debate entre el alumnado a través de la aplicación del conocimiento adquirido.

A raíz de todo lo expuesto, podemos concluir cierto éxito en el uso de la SEA para hacer progresar el saber de los participantes sobre el ser vivo, como también se vislumbra la potencialidad didáctica de las cinco actividades finales que han servido para recopilar información sobre su desempeño. Además, han servido como ocasión para transferir el modelo desarrollado, favorecer la reflexión sobre lo aprendido, provocar controversia y discusión, suscitar dudas, e incluso refinar y consolidar el modelo desarrollado.

Consideramos adecuado continuar en esta línea de investigación, tratando de llevar secuencias como la diseñada al aula en distintos niveles. No obstante, el hecho de que las mejoras alcanzadas en la comprensión de los participantes fuera limitada, nos hace ver la necesidad de llevar a cabo nuevos estudios con propuestas mejoradas que tengan en cuenta los límites y problemas encontrados con la implementación realizada. De hecho, ese es el propósito del desarrollo de

nuevos ciclos de rediseño, implementación y evaluación, propios de las investigaciones de diseño en cuyo ámbito nos movemos.

Referencias

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 63-75. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Bahar, M. (2003). A study of pupils' ideas about the concept of life. *Kastamonu Education Journal*, 11(1), 93-104.
- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E. L., Alcaraz-Dominguez, S., Barajas, M., y Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(1), 1207-1233. <https://doi.org/10.1002/tea.21550>
- Bruinsma, R. F., Wuite, G. J. L., y Roos, W. H. (2021). Physics of viral dynamics. *Nature Reviews Physics*, 3, 76-91.
- Cañal, P. (2008a). *Investigando los seres vivos. Proyecto curricular investigando nuestro mundo (6-12)*. Díada.
- Cañal, P. (2008b). El cuerpo humano: una perspectiva sistémica. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 58, 8-22.
- Cañal, P. (2011). ¿Qué enseñar sobre el cerebro y la coordinación nerviosa? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 68, 42-59.
- Caravita, S., y Falchetti, E. (2005). Are bones alive? *Journal of Biological Education*, 39, 163-170.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22, 1041-1053. <https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- Cohen, R., y Yarden, A. (2010). How the curriculum guideline “The Cell is to be studied longitudinally” is expressed in six Israeli junior-high-school. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 276-292.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. En M. A. Héras, A. Lorca, B. Vázquez, A. Wamba y R. Jiménez. *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1-28). Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.
- Crujeiras, B., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 23-42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>
- De las Heras, M. A., y Jiménez, R. (2011). Experiencias investigadoras para el estudio de los seres vivos en primaria. *Investigación en la escuela*, 74, 35-44.
- Delgado, M. I., y Hernández, J. L. (2015). Los virus, ¿son organismos vivos? Discusión en la formación de profesores de Biología. *VARONA, Revista Científico-Methodológica*, 61, 1-7.
- El-Hani, C. N. (2008). Theory-based approaches to the concept of life. *Journal of Biological Education*, 42(4), 147-149. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656132>
- Forterre, P. (2010). Defining life: the virus viewpoint. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 40, 151-160.
- Galera-Flores, R. E., Jiménez-Tenorio, N., y Oliva, J. M. (en prensa). La enseñanza del modelo de ser vivo en la formación inicial de maestros: primer ciclo de una investigación de diseño. *Didacticae*, 14.
- Galera-Flores, R. E., Oliva, J. M., y Jiménez-Tenorio, N. (2023a). Rúbrica para evaluar el saber acerca del modelo de ser vivo en maestros en formación. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 18(2), 210-228. <https://doi.org/10.14483/23464712.18920>
- Galera-Flores, R. E., Oliva, J. M., y Jiménez-Tenorio, N. (2023b). Estudio de progresión de saberes personales y consensuados en torno a la noción de ser vivo en estudiantes para maestros.

- Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2), 2103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2103
- Garbisu, C., Amézaga, I., Albizu, I., y Alkorta, I. (2003). La esencia de los seres vivos. *Ecosistemas, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 12(3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/355>
- García, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias, núm. extra*, 1-6.
- García, S., y Martínez, C. (2010). Indagando con animales pequeños en el aula de Primaria. *Padres y Maestros*, 334, 19-25.
- Gil, M. J., y Martínez, B. (2013). Conocer lo pequeño para comprender lo grande. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73, 36-43.
- Gobert, J. D., y Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894. <https://doi.org/10.1080/095006900416839>
- Gómez-Márquez, J. (2021). What is life? *Molecular Biology Reports*, 48, 6223-6230. <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06594-5>
- González, F. (2015). *Didáctica de las ciencias para Educación Primaria II. Ciencias de la vida*. Pirámide.
- González, Ó., Fuentes-Silveira, M. J., y Rivadulla-López, J. C. (2022). Indagando con animales vivos en Educación Primaria. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.1.9021>
- González-Weil, C., y Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos de «ser vivo» y «célula». *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 31-52.
- Johnson-Laird, P. N. (1996). Images, models, and propositional representations. En M. de Vegan, M. J. Intons-Peterson, P. N. Johnson-laird, M. Denis y M. Marschark (Eds.), *Models of visuospatial cognition* (pp. 90-107). Oxford University Press.
- Justi, R., y Gilbert, J. K. (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Kitano, H. (2002). System Biology: A brief overview. *Science*, 295, 1.662-1.664.
- Koonin, E. V., y Starokadomskyy, P. (2016). Are viruses alive? The replicator paradigm sheds decisive light on an old but misguided question. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 59, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2016.02.016>
- Kose, E. O. (2011). Number of animal and plant species identified by biology students. *Energy Education Science and Technology Part b-Social and Educational Studies*, 3(3), 245-252.
- Lau, L. L., y Lau, W. (2020). Vital phenomena: life, information, and consciousness. *All Life*, 13(1), 151-163. <https://doi.org/10.1080/26895293.2020.1734670>
- Maguregi, G. (9-12 de septiembre de 2013). *El modelo de ser vivo: una secuencia indagativa con el alumnado del grado de educación primaria*. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Girona, España.
- Martínez-Losada, C., García-Barros, S., y Garrido, M. (2014). How children characterise living beings and the activities in which they engage. *Journal of Biological Education*, 48(4), 201-210. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2013.849281>
- Membiela, P., y Cid, M. C. (1998). Desarrollo de una unidad didáctica centrada en la alimentación humana, social y culturalmente contextualizada. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 499-511.
- Mengascini, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 485-495. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i3.09

- Moreira, D., y López-García, P. (2009). Ten reasons to exclude viruses from the tree of life. *Nature Reviews Microbiology*, 7(4), 306-311. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2108>
- O-saki, K. M., y Samiroden, W. D. (1990). Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of Biological Education*, 24(3), 199-207. <https://doi.org/10.1080/00219266.1990.9655141>
- 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>
- Özgür, S. (2018). A study on young Turkish students' living thing conception. *Educational Research and Reviews*, 13(5), 150-165. <https://doi.org/10.5897/ERR2018.3476>
- Patrick, P., y Tunnicliffe, S. D. (2011). What plants and animals do early childhood and primary students' name? Where do they see them? *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 630-642. <http://doi.or/10.1007/s10956-011-9290-7>
- Perticarrari, A., y Oliveira, A. (2022). El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(3), 3102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3102
- Pozo, J. I., y Gómez-Crespo, M. Á. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata.
- Pujol, R. M., y Márquez, C. (2005). L'estudi del cos humà a l'escola Infantil i Primària. *Perspectiva Escolar*, 292, 12-18
- Reinoso, R., y Delgado-Iglesias, J. (2020). Understanding pre-service teacher conceptual knowledge of human nutrition processes through drawings. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 1008-1019. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.1008>
- Rivadulla-López, J. C., García-Barros, S., y Martínez-Losada, C. (2016). Historia de la Ciencia e ideas de los alumnos como referentes para seleccionar contenidos sobre nutrición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 53-66. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.05
- Rodríguez, M. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(2), 123-149.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 239-276). Marfil.
- Simard, C. (2023). Epistemology and biology teaching: obstacles to a contemporary conceptualisation of living organisms among future teachers and biologists. *Journal of Biological Education*, 57(2), 432-451. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1924228>
- Tezt, V. V., y Tezt, G. V. (2020). A new biological definition of life. *Biomolecular Concepts*, 11, 1-6. <https://doi.org/10.1515/bmc-2020-0001>
- Vázquez-Ben, L., y Bugallo-Rodríguez, A. (2022). ¿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
- Verhoeff, R. P., Boersma, K. T., y Waarlo, A. J. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Science Education*, 30(4), 543-568.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Galera-Flores, R.E., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J.M. (2023). Manejo del modelo de ser vivo por estudiantes de magisterio tras una experiencia de aprendizaje mediante modelización. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 45, 83-98. DOI: 10.7203/DCES.45.25443