



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Estudio de progresión de saberes personales y consensuados en torno a la noción de ser vivo en estudiantes para maestros

Galera-Flores, Rosa Esperanza; Oliva, José María; Jiménez-Tenorio, Natalia

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, vol. 20, núm. 2, 2023

Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956011>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2103

Fundamentos y líneas de trabajo

Estudio de progresión de saberes personales y consensuados en torno a la noción de ser vivo en estudiantes para maestros

Study of personal and consensual knowledge progression around the notion of living being in student teachers

Rosa Esperanza Galera-Flores

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz, España

rosa.galera@uca.es

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

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2103

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2103

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956011>

José María Oliva

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz, España

josemaria.oliva@uca.es

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

Natalia Jiménez-Tenorio

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz, España

natalia.jimenez@uca.es

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

Recepción: 10 Octubre 2022

Revisado: 02 Diciembre 2022

Aprobación: 17 Enero 2023

RESUMEN:

Este trabajo analiza la progresión del saber de futuros maestros de primaria en torno al modelo de ser vivo. El análisis se realiza a partir de los resultados de cuatro actividades incluidas dentro de una secuencia didáctica diseñada desde un enfoque de modelización en ciencias. Dos de ellas se basaban en un cuestionario administrado al inicio y final de la implementación en el aula, mientras las otras dos recopilaron información sobre el modelo de ser vivo consensuado en grupo al inicio y final de la propuesta. La comparación inicial-final permitió determinar en qué medida las ideas de los participantes progresaron a lo largo de la secuencia cursada. En general, los estudiantes experimentaron una mejora en el manejo de este modelo, tanto personalmente como en grupo, si bien no en todas las vertientes pueden considerarse satisfactorias. Esto muestra la conveniencia de cambios en la secuencia con vistas a futuras implementaciones.

PALABRAS CLAVE: Maestros en formación inicial, Modelización, Modelos, Ser vivo.

ABSTRACT:

This work analyses the knowledge progression of future primary school teachers around the living being model. The analysis is carried out based on the results of four activities included in a didactic sequence designed from a science modelling approach. Two of them were based on a questionnaire administered at the beginning and end of the implementation in the classroom, while the other two collected information about the living being model done in group at the beginning and end of the proposal. The beginning-end comparison determined what extent the participants' ideas progressed throughout the course. In general, the students experienced an improvement in the management of this model, both personally and in groups, although not all aspects are considered satisfactory. This shows the need to change the sequence with a view to future implementations.

KEYWORDS: Initial teacher training, Living being, Model, Modelling.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias promueve hoy la participación del alumnado en prácticas científicas (Crujeiras y Jiménez, 2018), fomentando la reflexión y compromiso con su propio aprendizaje. Una vía para hacerlo es mediante enfoques de enseñanza basada en modelización, donde los modelos ocupan un lugar central y las tareas de aprendizaje se focalizan hacia la construcción, uso y revisión de los mismos (Gilbert y Justi, 2016). De este modo, el alumnado moviliza sus ideas, siendo el contraste entre el modelo escolar y el que este sostiene previamente un factor que contribuye a la implicación con el propio aprendizaje (Acher, 2014; Prins *et al.*, 2009).

En biología, el modelo de ser vivo es un referente del currículum escolar al ser clave para comprender la mayoría de contenidos y procesos de esta ciencia. Sin embargo, su estudio conlleva problemas de aprendizaje al manejar ideas que son abstractas y complejas, incluso en sus versiones más simples (Mora, 2019), a lo que se añade la presencia en los estudiantes de ideas alternativas sobre qué es un ser vivo (Özgür, 2018). De ahí la necesidad de desarrollar propuestas didácticas especialmente pensadas para superar vicisitudes como estas.

En particular ello es necesario en la formación inicial de maestros, ya que muchas de las dificultades que presentan los niños también están presentes en los maestros en formación (Díaz de Bustamante, 1992; Mondelo *et al.*, 1998). Por ello, en este artículo se analizan los cambios que se producen en el saber de estudiantes para maestros sobre el modelo de ser vivo tras una propuesta educativa desarrollada en el contexto de una asignatura de formación científica de la titulación de maestros de primaria.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El estudio de los modelos y la modelización constituye una línea prioritaria de investigación en didáctica de las ciencias, como también un marco de fundamentación teórica para la intervención y evaluación en la actividad del aula (Garrido y Couso, 2017). En este contexto, la ciencia escolar trata de ayudar a los estudiantes a construir modelos relevantes y significativos útiles para comprender la realidad (Maguregi, 2013).

Los modelos juegan un papel esencial en la enseñanza de las ciencias al tratarse de uno de los principales instrumentos de la práctica científica (Acevedo-Díaz *et al.*, 2017). Un modelo científico es una representación de un objeto o fenómeno que permite explicar situaciones (Oh y Oh, 2011) y es útil para describir y predecir hechos (Adúriz-Bravo, 2012). Se trata de una representación de la realidad que, aunque no es literal (Concari, 2001), ofrece información útil para comprender su funcionamiento (Gilbert *et al.*, 2000). Por tanto, los modelos actúan como mediadores entre la realidad y la teoría (Giere, 1999; Morrison y Morgan, 1999). Por su parte, los procesos de construcción, uso, evaluación y modificación de modelos son los que definen la modelización como práctica científica (Díaz *et al.*, 2019; Gilbert y Justi, 2016).

Situados en un contexto didáctico, se pretende que los estudiantes a lo largo del proceso educativo se aproximen al modelo científico-escolar de referencia. Este puede considerarse como el resultado de la transposición didáctica del modelo científico (Izquierdo, 2005), es decir, el producto de la adaptación de aquel a los requerimientos educativos y las competencias de los estudiantes (Garrido, 2016). Frente a los modelos escolares que son externos, explícitos y sirven de referencia al aprendizaje en el aula, los estudiantes suelen generar explicaciones y argumentos sobre la realidad basados en sus modelos mentales, que son implícitos, personales y suelen conducir a ideas alternativas. Son las tareas de aula y los discursos en torno a ellas los que permiten que el alumnado exprese sus ideas, debata en torno a ellas y alcance un modelo consensuado o compartido (Seel, 2017).

En el caso de la noción de ser vivo, el modelo escolar se concibe como un sistema integrado por células y que realiza las tres funciones vitales: se mantiene gracias a un continuo intercambio de materia y energía con el entorno (nutrición), perpetúa su especie generando nuevos individuos e interviene en procesos de crecimiento y reparación celular (reproducción), y capta los cambios que ocurren en el medio interno y

externo emitiendo respuesta ante ellos (relación) (García, 2005). Vemos que este modelo articula varias ideas que, de forma aislada, no son suficientes para definir al ser vivo, pero en conjunto conforman una trama de ideas que ayudan a definirlo. Así, su estudio ha de realizarse desde una visión compleja del mismo y de las interacciones que ocurren con el medio (Gómez, 2009).

Aunque dicho modelo se trabaja repetidamente a lo largo del sistema educativo, los estudiantes suelen generar ideas confusas en torno al mismo. Ello se refleja en diferencias sustanciales entre las ideas que manejan sobre el modelo al finalizar el proceso educativo y las que debieran haber aprendido (de las Heras, 2010; Mora, 2017). Se ha observado, por ejemplo, que desde edades tempranas el estudiantado recurre al ciclo vital para definir al ser vivo, o a características como el movimiento, la alimentación o la presencia de características humanas, entre otros (Bahar, 2003; Cañal, 2008; Martínez-Losada *et al.*, 2014; Özgür, 2018).

En la literatura se han descrito diversas dificultades referidas a las funciones vitales (Cañal, 2008; García, 2017; González, 2015; Pigrau y Sanmartí, 2015), entre ellas para: entender la división celular; conectar órganos de los sentidos, sistema nervioso y aparato locomotor; distinguir entre nutrición y alimentación, o reconocer la nutrición humana como una función integradora de varios aparatos. Atendiendo al concepto de célula, se han descrito dificultades asociadas a reconocer su participación en la nutrición, respiración celular o procesos de crecimiento y reparación de estructuras (Camacho *et al.*, 2012). Un estudio realizado sobre este último determinó que estudiantes de educación infantil consideran que el crecimiento ocurre por estiramiento del cuerpo (Teixeira, 2000), persistiendo esta idea en edades más avanzadas. Otros autores han descrito concepciones asociadas a los vegetales, como que no respiran oxígeno (Flores *et al.*, 2003) o que, al no respirar, no pueden identificarse como vivos (Banet y Ayuso, 2000). Esto puede ser debido al reconocimiento de la respiración como un intercambio de gases, asociándola al movimiento de la caja torácica humana (González-Weill y Harms, 2012).

Centrándonos en la formación inicial de maestros, diversos autores han descrito dificultades sobre la noción de ser vivo, detectando que tienen mayor facilidad para identificar como tales animales que plantas (Çil y Yanmaz, 2017; Torres-Porras y Alcántara-Manzanares, 2019). Por su parte, Reinoso y Delgado-Iglesias (2020) evaluaron el conocimiento de docentes en formación sobre los aparatos implicados en la nutrición. Además de algunos errores anatómicos, observaron concepciones alternativas asociadas a esta función como considerar que la digestión comienza en el estómago, confundir el sistema urinario con el digestivo, o identificar la respiración como un proceso mecánico de introducción de oxígeno y expulsión de dióxido de carbono, sin considerar la necesidad de su llegada a las células para generar energía. En otro estudio se detectaron concepciones similares (Mondelo *et al.*, 1998), ya que los estudiantes usaron principalmente aspectos macroscópicos en sus definiciones de ser vivo como respirar, alimentarse o moverse, y en menor medida aquellos relacionados con la fisiología celular, al no citar la célula ni los procesos en los que ésta interviene. Además, observaron dificultades al usar la terminología nutrición y alimentación, o en identificar movimiento o captación de estímulos en plantas. Por su parte, Maguregi (2013) detectó la presencia de dificultades para identificar a las semillas como seres vivos y reconocer a la célula como unidad básica de vida.

En conjunto, la mayoría de estudios sobre seres vivos están centrados en las primeras etapas educativas, y en menor medida en la formación de maestros. Además, puede verse que, de manera general, estos tratan particularidades de este modelo focalizando su atención en aspectos concretos. Asimismo, gran parte de ellos son de tipo diagnóstico y pocos se basan en intervenciones didácticas dirigidas a hacer progresar el saber del alumnado.

Por ello, esta investigación pretende contribuir en dos direcciones. Primero, conceptualizando la idea de ser vivo desde una perspectiva integral, lo que significa contemplar la dimensión estructural y funcional de los procesos vitales y la existencia de conexiones mutuas entre ellas. Segundo, yendo más allá de la identificación del saber de los futuros docentes sobre el modelo escolar de ser vivo, para emprender un estudio de progresión de dicho saber tras la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) concreta desde esa perspectiva integral.

METODOLOGÍA

Diseño didáctico

La SEA diseñada se inserta dentro de la asignatura de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I impartida en la Universidad de Cádiz. Esta asignatura implica el estudio de algunos de los modelos de la ciencia, entre los que figura el modelo de ser vivo. Para su construcción se utilizaron los siguientes principios didácticos:

1. Utilizar el modelo integral de ser vivo como eje vertebrador de la SEA, centrado en la parte funcional y estructural del mismo, es decir, las funciones vitales y la célula. Se contemplaron cuatro bloques diferenciados:

(1) Definición de ser vivo: establecer un primer modelo de ser vivo.

(2) Función de nutrición: reconocer esta función como intercambio de materia y energía con el medio.

(3) Función de reproducción: abordar esta función como un proceso que permite generar nuevos individuos haciendo que la especie perpetúe, además de intervenir en el crecimiento y reparación de estructuras e influir en el proceso de adaptación y evolución.

(4) Función de relación: conocer esta función como la capacidad de detectar estímulos, tanto del medio interno como externo, y responder ante ellos, entendiendo la actuación conjunta de receptores, transmisores y efectores.

2. Diseñar un itinerario de progresión desde modelos cercanos a los estudiantes hacia otros más complejos y cercanos al escolar, recorriendo distintos hitos de aprendizaje: (1) trabajar el modelo de ser vivo en el humano; (2) abordar una visión microscópica del mismo; (3) transferir el conocimiento a organismos vegetales; (4) incluir en el modelo al resto de reinos. Estos hitos aparecen de forma progresiva en las actividades de cada uno de los cuatro bloques descritos.

3. Situar la SEA en el marco de modelización basándonos en las fases del diseño de secuencias didácticas propuestas por Sanmartí (2000) (exploración de ideas previas, introducción de nuevas ideas, estructuración del conocimiento, aplicación y transferencia del conocimiento, y autorregulación) basadas en una serie de ciclos y subciclos de modelización (Couso y Garrido-Espeja, 2017).

4. Conectar la realidad con la teoría relacionando aquello conocido y cercano al alumnado con el modelo generado, acción estrechamente unida a la modelización.

5. Utilizar recursos instrumentales propios de la modelización como analogías, experimentos mentales y simulaciones, con el objetivo de ayudar en la progresión del conocimiento del modelo de ser vivo.

6. Combinar distintos tipos de metodología de trabajo: individual, grupal y en gran grupo, promoviendo participación activa y reflexiva de los estudiantes.

El diseño didáctico quedó integrado por 25 actividades distribuidas en 13 sesiones en la que se diferenciaban los cuatro bloques descritos y una última parte de actividades de cierre (tabla 1). Un análisis más detallado de la SEA puede encontrarse en Galera-Flores *et al.* (2022).

TABLA 1
Propuesta didáctica diseñada para abordar la noción de ser vivo.

Bloque	Sesión	Actividad
1, 2, 3, 4	1	1. Cuestionario inicial
1	2	2. ¿Conocemos a los seres vivos? 3. Avanzamos en grupo 4. Hagamos nuestro modelo
	3	5. Esto es un ser vivo 6. ¿Qué pasa en otro ser vivo?
2	4	7. ¡Hora de comer!
	5	8. ¿Cómo nos nutrimos? 9. ¿Cómo se nutren otros organismos?
	6	10. Recapitulando sobre la nutrición
3	7	11. ¿Qué sabemos de la reproducción? 12. ¿Quién es quién?
	8	13. ¡Nos ponemos a actuar! 14. De padres a hijos
	9	15. Profundizando en la reproducción 16. Nos ponemos en situación 17. ¡Hora de actuar!
4	10	18. ¡Que se haga la luz!
	11	19. ¿Qué pasaría?
1, 2, 3, 4	12	20. Uniendo ideas. Todo está conectado 21. ¡Hora de aplicar el conocimiento! 22. Os presento a Sophie 23. Hacemos un modelo final 24. ¿Son seres vivos?
	13	25. Cuestionario final

Preguntas de investigación

El propósito de este estudio es analizar la progresión del saber del alumnado en torno al modelo de ser vivo tras cursar una SEA orientada desde enfoques de modelización.

Para evaluar el saber de profesores en formación ante temas curriculares específicos, suele recurrirse en unos casos al saber individual mientras que en otros la información recopilada procede de tareas resueltas de forma colegiada dentro de grupos de estudiantes. En el primer caso se tiene la ventaja de recoger información personalizada de cada estudiante, lo que aporta una visión más representativa del conocimiento que posee cada uno. En cambio, cuando la información se obtiene a partir de tareas realizadas en grupo, la información resultante suele ser más robusta ya que la discusión y el debate permiten explicitar mejor los conocimientos tácitos que presenta el alumnado y elaborar representaciones más estructuradas (Reiner y Gilbert, 2000; Velentzas y Halkia, 2013). Por ello, y con el fin de triangular información, en este trabajo se realizan

dos estudios de modo que el problema de investigación podría formularse en torno a tres preguntas de investigación:

1. ¿Qué cambios se observan en las nociones individuales de los estudiantes de magisterio en torno a la idea de ser vivo tras cursar una SEA basada en modelización?

2. ¿Qué cambios se observan en las nociones grupales?

3. ¿Qué paralelismos se aprecian en las conclusiones del estudio mediante una y otra vía?

Todo ello tiene como propósito no solo evaluar la SEA empleada, sino, más allá de ello, perfilar posibles cambios y mejoras a introducir en la misma con vistas a una segunda implementación.

Participantes

En este estudio participaron 58 estudiantes (42 mujeres y 16 hombres) de tercero del Grado en Educación Primaria durante el curso 2021-22. En su mayoría no cursaban asignaturas de ciencias desde 3ºESO, esto es, desde los 14-15 años. El alumnado se distribuyó en 13 grupos (G1-G13) conformados por 4-5 sujetos cada uno. Por su parte, la profesora pertenecía al área de Didáctica de las Ciencias Experimentales y contaba con doce años de experiencia en la enseñanza de la asignatura.

Enfoque de investigación

Este estudio forma parte de otro más amplio orientado por un enfoque de investigación basado en diseño (IBD) que no solo se dirige a la génesis de conocimiento didáctico, sino que el propio diseño elaborado y modificado en función de sus resultados se convierte en una de sus aportaciones (Guisasola *et al.*, 2021; Plomp, 2013; Romero-Ariza, 2014).

El enfoque metodológico seguido en la recopilación y procesamiento de datos fue de tipo cualitativo, al tratarse del análisis e interpretación de las respuestas y representaciones aportadas por el alumnado. Puede considerarse como un estudio de caso desarrollado en un contexto natural de aula, como se corresponde con la mayoría de IBD.

Estudios contemplados

Al objeto de dar respuesta al problema de investigación se realizaron dos estudios a los que denominaremos 1 y 2. El estudio 1 se focalizó a la primera pregunta de investigación mientras que el estudio 2 lo hizo hacia la segunda. La comparación de los resultados de ambos estudios sirvió para responder a la tercera pregunta.

Para el estudio 1 se utilizó un cuestionario de respuesta abierta para recoger el conocimiento declarativo de cada estudiante en torno a la idea de ser vivo, el cual se administró en la primera y última sesión de la SEA. En concreto, se recopiló la información de las tres primeras preguntas que confeccionaban el mismo, cuyos enunciados fueron:

- 1. Explica qué significa que algo tenga vida.
- 2. ¿Cuáles son las características que definen a un ser vivo y lo diferencian de un cuerpo inerte?
- 3. Indica los reinos en los que se clasifican los seres vivos, nombrando un ejemplo en cada uno.

En el estudio 2 se analizó la información procedente de las representaciones que elaboraron los grupos de trabajo cuando se enfrentaron a la tarea de construir un modelo explícito sobre la idea de ser vivo a lo largo de la segunda y penúltima sesión de clase; concretamente en las actividades 4 y 23, cuyos enunciados fueron:

- Actividad 4. Hagamos nuestro modelo. Realiza un dibujo (modelo) final grupal de ser vivo y una definición.

- Actividad 23. Hacemos un modelo final. 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?

La primera actividad (4) permitió explicitar el modelo inicial de cada uno de los 13 grupos, mientras que la segunda (23) permitió determinar el modelo de ser vivo tras finalizar la SEA.

Procedimiento de análisis de la información

Para analizar las respuestas de los estudiantes en los dos estudios se creó un mismo sistema de categorías con cinco dimensiones:

- Noción de vida/ser vivo: identificar las características que se consideran esenciales desde un punto de vista funcional para distinguir qué es un ser vivo.
- Célula: analizar si se alude o no a la célula como unidad estructural y funcional del ser vivo.
- Prototipo de ser vivo: inquirir si se maneja una idea de ser vivo más allá de la especie humana y del reino animal y vegetal.
- Complejidad/profundidad: caracterizar el nivel de detalle y complejidad de las ideas expresadas.
- Autonomía: reconocimiento o no de la autonomía como condición del ser vivo.

Para cada dimensión se establecieron distintos niveles de progresión (tabla 2). La categorización fue realizada de forma independiente por los dos primeros autores del trabajo, recurriendo a la tercera autora en caso de discordancia entre ellos, cosa que solo llegó a suceder en casos muy esporádicos.

TABLA 2
Sistema de categorías para el análisis de modelos.

Dimensiones	Niveles
Noción de vida/ser vivo	Se caracteriza por el ciclo de vida o por alguno de sus elementos (N1)
	Se incluyen funciones vitales y etapas del ciclo de vida, otorgándoles el mismo estatus (N2)
	Se caracteriza por las funciones vitales con independencia de que se cite el ciclo de vida como elemento que lo describe (N3)
Célula	No se incluye la célula en el modelo (Cel1)
	La célula aparece como ingrediente u origen de la vida (Cel2)
	Se atribuye a la célula las funciones vitales (Cel3)
Prototipo de ser vivo	Se ejemplifica con un humano o animal (P1)
	Se ejemplifica con una planta (P2)
	Se ejemplifica con organismos de otros reinos (P3)
	Genérico: no se hace alusión a ningún reino concreto (P4)
Complejidad/profundidad	No se aportan detalles sobre las funciones ni se sugiere conexión entre ellas (C1)
	Se ofrecen detalles sobre las funciones vitales y/o se insinúa relación entre ellas pero no se explica (C2)
	Se establece alguna conexión clara y explícita entre dos o más funciones vitales (C3)
Autonomía	No se menciona (A1)
	Sí se menciona (A2)

Estos niveles de progresión fueron los mismos para los dos estudios, salvo P4 (nivel genérico) de la dimensión prototipo de ser vivo, que no se contempló en el estudio 1 ya que la pregunta solicitaba ejemplos concretos de cada uno de los reinos.

RESULTADOS

Estudio 1

La figura 1 ofrece información sobre la distribución de frecuencias del alumnado en cada dimensión. En este estudio solo participaron 51 estudiantes, que son aquellos que cumplimentaron ambos cuestionarios.

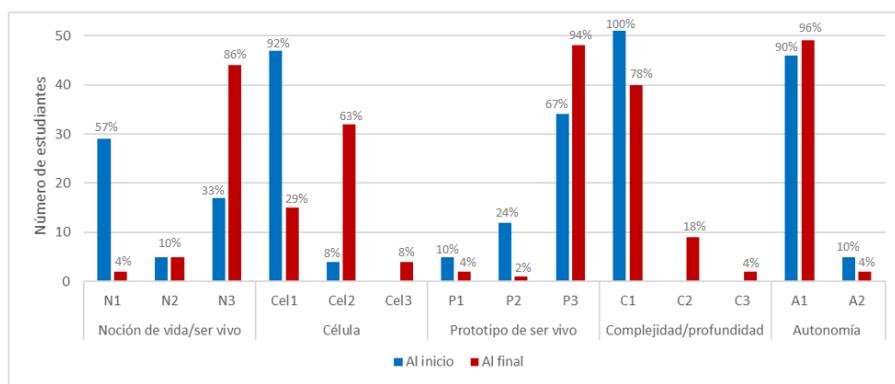


FIGURA 1

Comparación de representaciones inicial-final de la implementación a nivel individual (N=51).

Comenzando con la *noción de ser vivo*, entendida como la parte funcional del modelo, se puede ver que al inicio la mayoría de estudiantes (57%) utilizaron criterios basados en el ciclo vital (nacer, crecer, etc.) que son propios de los organismos vivos pero no lo definen, y en menor medida (33%) nombraron las funciones vitales como requisito indispensable para diferenciarlos de la materia inerte, independientemente de que citaran el ciclo vital. Estos resultados mejoraron al final de la SEA ya que el 86% de los estudiantes caracterizaron la noción de ser vivo a partir de las funciones vitales y solo en algunos casos se incluyeron las etapas del ciclo de vida, pero no como elemento definitorio.

Continuando con la dimensión *célula*, o parte estructural del modelo, mientras que inicialmente destacaron aquellos estudiantes que no la citaron (92%) el porcentaje se redujo ostensiblemente tras finalizar la SEA (29%) observándose así una cierta evolución ya que el 71% identificó la célula como la unidad básica de vida. No obstante, dicha mención fue en cierto modo superficial en la mayoría de casos, pues solo cuatro estudiantes del total (8%) consideraban la célula como la entidad en la que se realizan las funciones vitales, mientras la mayoría se encuadraban todavía en el nivel Cel2 en el que la idea de célula se mencionaba como mero componente del ser vivo o, en el mejor de los casos, como su punto de origen.

La siguiente dimensión, *prototipo de ser vivo*, relacionada con la exemplificación de seres vivos, se analizó utilizando la tercera pregunta del cuestionario. La mayoría de estudiantes identificaron organismos de reinos que van más allá de las plantas, tanto al inicio (67%) como al final (94%) de la propuesta. El balance global de esta dimensión muestra una evolución favorable tras la implementación de la SEA ya que disminuye el número de alumnos que solo nombran animales o plantas (6%), y crece el de aquellos que identifican los cinco reinos (94%).

El análisis de la *complejidad* en las respuestas de los estudiantes muestra que esta dimensión es una de las que menos evolución presentó. Si bien inicialmente todos los estudiantes se ubicaban en el nivel más simple de la rúbrica, al finalizar la propuesta la mayoría de ellos continuó en el mismo nivel (78%) al no incluir detalles

sobre las funciones vitales en caso de nombrarlas, ni identificar ninguna conexión entre ellas. No obstante, al terminar la SEA un 18% del alumnado fue capaz de detallar explícitamente en qué consisten las funciones vitales y un 4% identificó de forma clara alguna conexión entre ellas.

Para finalizar, la dimensión *autonomía* prácticamente se mantuvo estable, incluso podemos ver que su desempeño empeoró tras finalizar la SEA al aumentar aquellos alumnos que no reconocieron la autonomía del ser vivo.

En conclusión, según los datos obtenidos puede decirse que hubo un progreso decisivo en torno a la noción de ser vivo, importante en torno a la tendencia de limitar las representaciones en términos del ser humano o animales, y alguna mejora en la complejidad y profundidad de las explicaciones. En cambio, no se produjo ninguna mejora en la autonomía, detectándose incluso cierto empeoramiento.

Estudio 2

Se presentan los resultados de las dimensiones definidas en el mismo orden que en el estudio 1, pero en este caso recurriendo a diagramas de progresión semejantes a los usados por Muñoz-Franco *et al.* (2020). Como podrá verse a lo largo de las figuras 2 a 6, se representa en color verde los grupos que progresaron mientras que en color beige se ilustran aquellos que no lo hicieron; ningún grupo sufrió retroceso.

En relación a la *noción de ser vivo*, al finalizar la propuesta todos los grupos fueron capaces de aludir en sus modelos a las funciones vitales como elemento definitorio. Estos resultados son alentadores desde un punto de vista funcional ya que, aunque cuatro de ellos ya se situaban inicialmente en el nivel N3, el resto progresaron hasta él desde los niveles N1 y N2 (figura 2).

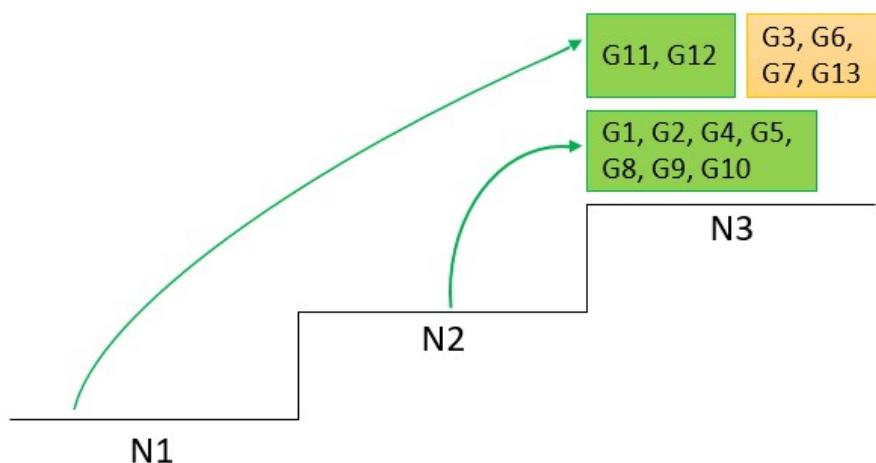


FIGURA 2
Progresión a nivel grupal en la dimensión *noción de ser vivo* (en beige aquellos grupos que no progresaron y en verde los que sí lo hicieron).

En cuanto la dimensión *célula* (figura 3), más de la mitad de los grupos no la mencionaron al principio como elemento que identifica al ser vivo (Cel1) y aunque el resto sí aludió a ella (Cel2), ningún grupo la mencionó como entidad en la que ocurren las funciones vitales (Cel3). Sin embargo, tras la implementación de la SEA los resultados mejoraron ya que no solo disminuyó el número de grupos que no la mencionaban, sino que aparecieron cuatro que apelaban a su funcionalidad, reduciendo a ellas las tres funciones vitales. En términos globales, siete de los trece grupos se mantuvieron en el mismo nivel mientras los seis restantes mejoraron sus representaciones desde un punto de vista estructural, cuatro de ellos parcialmente y dos sustancialmente.

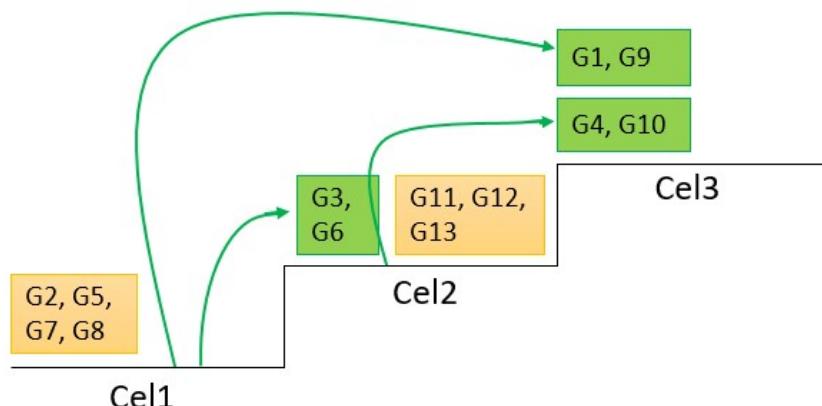


FIGURA 3
Progresión a nivel grupal en la dimensión *célula*.

En el caso de la dimensión *prototipo de ser vivo*, inicialmente casi todos los grupos lo exemplificaron con un organismo concreto, siendo el más representativo el ser humano u otros animales y solo dos representaron su modelo de forma genérica, sin necesidad de incluir ningún ejemplar concreto (figura 4). En general, las representaciones consensuadas mejoraron al final de la propuesta, ya que ocho de ellos expresaron su modelo de forma genérica, de los cuales dos ya lo habían hecho desde el inicio de la SEA. Mientras tanto, cinco grupos se mantuvieron en el mismo nivel, cuatro de ellos apelando de nuevo a un humano o animal y uno a una planta. Dado que la finalidad de la SEA era construir un modelo transferible a cualquier organismo vivo, podemos concluir que, en esta dimensión, la propuesta cumplió su finalidad parcialmente.

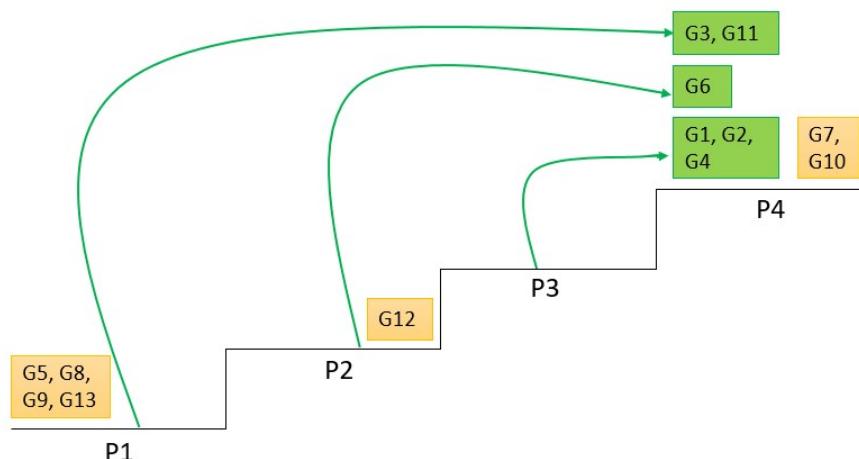


FIGURA 4
Progresión a nivel grupal en la dimensión *prototipo de ser vivo*.

En cuanto a la dimensión *complejidad/profundidad*, los modelos iniciales de casi todos los grupos se situaban en el nivel más bajo de la jerarquía ya que, en aquellos casos que se citaron las funciones vitales no se incluyeron detalles de las mismas ni relación entre ellas, y dos grupos en el nivel intermedio al sugerir interacciones entre ellas pero sin dar explicaciones. Al finalizar la SEA, cinco grupos mejoraron al profundizar en la definición de las funciones vitales o reflejar interacciones entre ellas, aunque los ocho grupos restantes se mantuvieron en el mismo nivel (figura 5).

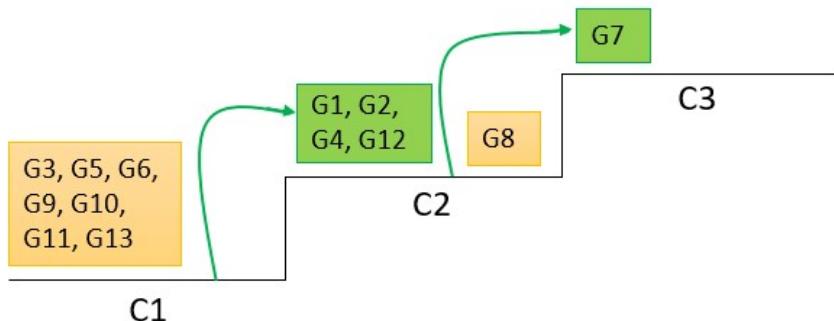


FIGURA 5
Progresión a nivel grupal en la dimensión *complejidad*.

Por último, en la dimensión *autonomía*, se puede observar que, si bien ningún grupo la mencionó en su modelo inicial, dos aludieron a ella tras finalizar la propuesta, expresando la capacidad del ser vivo para realizar por sí solo las funciones vitales (figura 6).

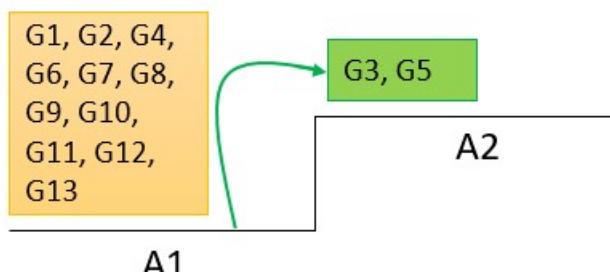


FIGURA 6
Progresión a nivel grupal en la dimensión *autonomía*.

El contraste de los modelos presentados en las dos actividades permitió realizar un balance global de logros conseguidos en relación al ser vivo (figura 7). En general, los modelos consensuados experimentaron una evolución al menos en algunas de las dimensiones analizadas tras finalizar la implementación de la SEA. Particularmente, progresaron mucho en relación a la noción de ser vivo, bastante en cuanto a su capacidad de superar el prototipo de ser vivo, y algo en cuanto al papel de la célula en las funciones vitales y a la complejidad o profundidad de sus explicaciones. Sin embargo, no se avanzó en cuanto al papel de la autonomía de realización de las funciones vitales como elemento identificador de lo que se supone que es un ser vivo.

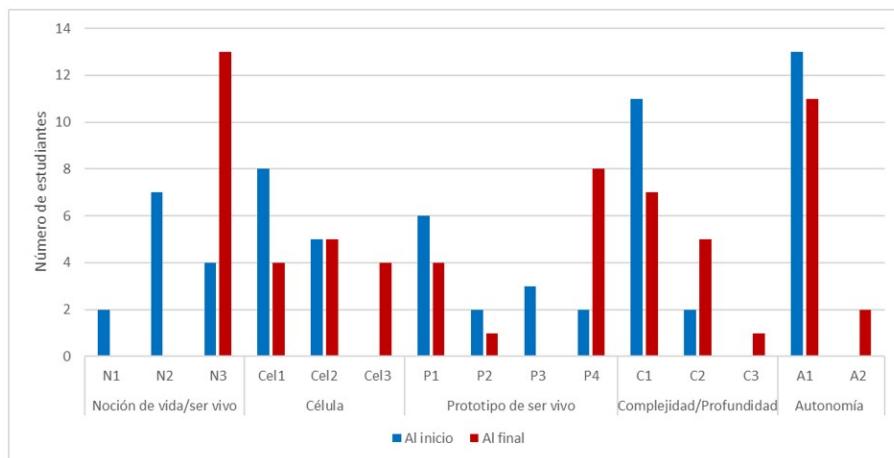


FIGURA 7
Comparación de representaciones inicial-final a nivel grupal (N=13).

Comparación de resultados de los estudios 1 y 2

La comparación de resultados personales y en grupo permite dar respuesta a la tercera pregunta de investigación (figuras 1 y 7). De forma general los resultados son coincidentes en cuanto a las dimensiones que presentan mayor, menor o nulo avance. Así, se produjo una progresión en la definición estructural y funcional de ser vivo al ser capaces de identificar la célula como mínima unidad de vida o incluso atribuirle las funciones vitales, y reconocer estas últimas. También se observa un comportamiento similar en cuanto a la complejidad de sus elaboraciones, donde hubo cierta progresión a la hora de detallar en qué consisten las funciones vitales o la conexión entre ellas, y sobre la autonomía del ser vivo en la que no se observa mejora.

DISCUSIÓN

Para dar respuesta a la primera pregunta de investigación, se analizaron las aportaciones individuales en el cuestionario administrado en la primera y última sesión de la SEA. Los datos obtenidos muestran que la mayoría de los estudiantes traen consigo una idea de ser vivo que se asocia sobre todo con el reino animal, vegetal y de los hongos, siendo más desconocidos los dos reinos restantes. Además, la gran mayoría no reconoce la célula como la mínima unidad de vida ya que tienen dificultades para citarla cuando se les solicita una definición de vida, lo que coincide con los resultados de la literatura (Maguregi, 2013; Mondelo *et al.*, 1998). También se ha detectado que utilizan características particulares de los organismos como respirar, moverse, nacer o morir a la hora de definir al ser vivo, presentando dificultades para citar las funciones vitales, detallar en qué consisten o identificar las interacciones entre ellas y el nivel celular en que ocurren (Gallegos-Cázares *et al.*, 2016; Martínez-Losada *et al.*, 2014; Noureddine y Zouhairea, 2017). Sin embargo, participar como estudiantes en una SEA en torno al modelo de ser vivo ha servido para mejorar su comprensión, ya que fueron capaces de identificar las funciones vitales y la célula en sus definiciones. Solamente en algunos casos los estudiantes aportaron detalles sobre las mismas o identificaron sus relaciones, por lo que la mayoría no mejoró en la dimensión complejidad. En este caso, donde se analizó la información individualmente y a través de las tres primeras preguntas del cuestionario, pudo ocurrir que los estudiantes no ahondaran en sus respuestas dado que eran conocedores de que las siguientes preguntas del cuestionario se referían expresamente a cada una de las funciones vitales. Por tanto, en este caso, el uso repetido del mismo instrumento antes y después de la implementación pudo provocar limitaciones en sus respuestas.

Por su parte, para la segunda pregunta de investigación se analizaron los modelos consensuados al inicio y final de la SEA. Varios grupos incluyeron en su modelo las funciones vitales al comienzo de la propuesta, si bien las situaron siempre al mismo nivel que las fases del ciclo vital y solamente las nombraron, por lo que no podemos asegurar su correcto reconocimiento o si presentan concepciones asociadas a ellas descritas en la bibliografía (Cañal, 2008; García, 2017; González, 2015; Pigrau y Sanmartí, 2015) como por ejemplo entender la nutrición como alimentación. Además, la mayoría de los grupos no consideraron la célula en sus modelos, ni tuvieron en cuenta la autonomía del ser vivo, conexiones entre las funciones vitales o detalles de las mismas. Sin embargo, estos modelos desarrollados mejoraron sustancialmente tras finalizar la SEA en cuanto a la noción de vida y ser vivo, parcialmente en las dimensiones de célula, imagen prototípica y complejidad, y nada en cuanto a su autonomía. Esta última solamente se nombró en la actividad 22 cuando se planteó la controversia de si un virus es o no un ser vivo, pero sin ser ese el propósito de la misma, lo que puede justificar la escasa o nula evolución de los estudiantes en esta dimensión.

La comparación de resultados individuales y en grupo permite dar respuesta a la tercera pregunta de investigación. Así, se observa progreso en la parte estructural y funcional del modelo en los dos momentos de trabajo al pasar de respuestas simples y alejadas del modelo de ciencia escolar hasta otras cercanas al él. No obstante, en ambos momentos persisten dificultades para identificar la célula como parte del modelo. A pesar de ser un concepto que se trabajó a lo largo del proceso educativo, no llegó a alcanzarse el nivel de desempeño esperado del mismo, problema que ya ha sido referido en la literatura (Maguregi, 2013).

La persistencia de dificultades en torno a esta dimensión puede asociarse, en parte, a la limitada efectividad de la SEA en torno a ella. Aunque una de las actividades finales (21) se focalizaba en esta dimensión, lo hacía para reconocer a la célula como unidad funcional del ser vivo, donde ocurren en última instancia las funciones vitales. Sin embargo, y a pesar de que durante toda la SEA se ha abordado la idea de célula, solamente había una actividad (6) que la trataba específicamente desde un punto de vista estructural. En ella los alumnos tenían que comparar las células de organismos de diferentes reinos, en concreto el animal, vegetal y mónera. Su propósito era que reconocieran que, aunque puede haber diferencias estructurales entre ellas, todos ellos contenían al menos una; es decir, todos los seres vivos están formados por células. Sin embargo, no se logró profundizar a este nivel, ya que los estudiantes lograron desarrollar ideas más allá de las que recordaban de lo aprendido a lo largo de su escolarización: que existen organismos unicelulares y pluricelulares; las diferencias entre una célula animal y una vegetal, o la no presencia de núcleo en células procariotas. En otros casos, se limitaron a asimilar la información que les resultaba más sorprendente, como que una ballena no tiene células de mayor tamaño que una hormiga a pesar de que un organismo es más grande que el otro. En ninguno de los casos argumentaron la idea principal que buscábamos con esta actividad. Además, aquellos estudiantes que sí lo hicieron, no fueron capaces de extrapolrar dicho conocimiento a otros organismos no citados en la actividad, incluso siendo del mismo reino. Por tanto, al desconocimiento del nivel microscópico del modelo que ya traían consigo los estudiantes, se une un limitado aprovechamiento de las oportunidades que se brindaron desde la SEA para ahondar en la dimensión estructural del modelo de ser vivo.

En relación a las funciones vitales, se pudo observar que los modelos grupales al inicio de la SEA las citaban en mayor medida comparado con las respuestas personales. Esto pudo ser debido a dos aspectos. De un lado, el cuestionario fue la primera actividad a la que se enfrentaron los estudiantes, lo que supuso la primera toma de contacto con estos conceptos, mientras que el modelo inicial se realizó después de tres actividades previas. De otro, el uso de distintos modos de organización del aula ya que el modelo analizado se realizó en grupo, lo que supone un método adecuado para fomentar el debate entre los estudiantes, posibilitando el intercambio y argumentación de modelos personales dando lugar a un modelo más rico y refinado (Velentzas y Halkia, 2013).

En resumen, esta investigación ha analizado el saber en torno al modelo de ser vivo de maestros en formación al comenzar y finalizar una SEA dirigida desde enfoques de modelización en ciencias. Se observan en los resultados obtenidos aspectos positivos que tienden a avalar los principios de diseño empleados,

al apreciarse importantes avances en sus conocimientos sobre el tema. Estos resultados contrastan con la abundante literatura existente que muestra que estudiantes, incluso de cursos superiores y maestros en formación, persisten en sus concepciones alternativas sobre la noción ser vivo incluso después de haber sido instruidos de forma reiterada sobre este tópico (Díaz de Bustamante, 1992; Mondelo *et al.*, 1998). Por ello, consideramos que este estudio muestra aportaciones interesantes, al comprobarse cómo una propuesta basada en modelización es capaz de conseguir resultados alentadores.

No obstante, el objetivo del artículo no era solo mostrar que la SEA ayudaría a avanzar a los estudiantes, sino también comprobar las limitaciones y hacer propuestas futuras de mejora. Esa es la esencia de la investigación basada en diseño en cuyo planteamiento se inserta esta investigación. En este sentido, y a pesar de los avances conseguidos, el estudio también ha mostrado la dificultad del alumnado que cursó la secuencia para conseguir una representación del modelo de ser vivo de forma compleja y estableciendo conexiones entre todos los elementos que intervienen. Ello plantea nuevos retos y la necesidad de cambios en la secuencia didáctica con vistas a futuras implementaciones.

Limitaciones de la investigación

Desde el punto de vista metodológico de la investigación realizada, no debemos esconder dos limitaciones importantes. Una es el limitado grado de elaboración con que nos encontramos en las respuestas de los estudiantes, ya que sus representaciones y explicaciones no tuvieron siempre el nivel de explicitación esperado. Esto suele ser un problema habitual del uso de instrumentos de respuesta abierta en la recogida de datos, como lo es el cuestionario o el portfolio, lo que supone una dificultad mayor a la hora de interpretar sus explicaciones. En este sentido, aunque el hecho de utilizar dos caminos para aproximarnos al saber de los estudiantes –el expresado individualmente y el consensuado de forma grupal– ha permitido triangular información y dar más robustez a las conclusiones obtenidas, sería interesante el uso de otros instrumentos, como preguntas específicas sobre cada una de las funciones vitales o el examen global de la asignatura, que probablemente proporcionen información más completa y explícita sobre el nivel de formulación del saber final del alumnado. En este sentido, se utilizará información de este tipo en los futuros estudios de la segunda implementación de la SEA al objeto de evaluar el verdadero alcance de los aprendizajes conseguidos a lo largo de la propuesta didáctica.

La segunda limitación se refiere al diseño metodológico inherente a la tercera pregunta de investigación, ya que a veces ha sido difícil la comparación de resultados de los dos estudios realizados, sencillamente porque las tareas planteadas en ambos casos no eran coincidentes. Particularmente, esta variación afectó a la identificación de la visión prototípica de ser vivo. Mientras que en el cuestionario individual se pedía explícitamente que se citaran los reinos y ejemplos de ellos, lo que constituye una pregunta muy concreta y dirigida, en el estudio grupal se solicitaba que los participantes hicieran una abstracción de ser vivo, lo cual hacía menos propicio la representación de imágenes concretas de alguno de ellos. Ambos aspectos, aun estando relacionados, no son directamente comparables,

Implicaciones futuras

Los resultados obtenidos, a pesar de ser alentadores al observarse cierta evolución en los modelos expresados por los estudiantes, resultan insuficientes. Así, el saber final manifestado no se ajusta suficientemente al modelo de ciencia escolar, quizás debido a la complejidad del modelo pero también a insuficiencias en la SEA diseñada. Por tanto, y dado que la implementación descrita supone solo el primer ciclo de implementación de una IBD, será preciso incluir mejoras con vistas a nuevos ciclos de implementación y evaluación. Entre ellas se modificarán enunciados que no han sido claros con su intención tratando de dirigir las respuestas

del alumnado y lograr un mayor desempeño en las mismas. Esto podría ocurrir en la actividad 5, cuyo propósito era que los estudiantes tomaran conciencia de una representación del ser vivo tras establecer modelos grupales; sin embargo, no argumentaron ni discutieron las diferencias o paralelismos entre ambos, sino que se limitaron a mostrar su conformidad con dicha representación e indicaron, en la mayoría de los casos, la necesidad de incluir el ciclo vital que sí aparecía en sus modelos. En otros casos podría ser conveniente la inclusión de nuevas preguntas para ayudarlos a interiorizar los elementos que definen al ser vivo, tratando de superar las dificultades persistentes como, por ejemplo, mantener al mismo nivel función y ciclo vital. Finalmente, se podría considerar oportuno eliminar o reformular alguna actividad, como sería el caso de la actividad 13, dado que no ha logrado evidenciar su intención ni ha servido para mejorar el conocimiento de los estudiantes sobre los conceptos que trataba.

Estos y otros cambios serán incorporados a la SEA con vistas a una segunda implementación, cuyos resultados serán presentados en un futuro estudio que tenemos en preparación.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/_Proyecto EDU2017-82518-P

REFERENCIAS

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30(3), 155-166. <https://doi.org/10.14483/2344-8350.12288>
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (36), 63-75. <http://dx.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, 1-9.
- Bahar, M. (2003). A study of pupils' ideas about the concept of life. *Kastamonu Education Journal*, 11(1), 93-104.
- Banet, E. y Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84, 313-351.
- Camacho, J. P., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz, T. y Rodríguez, G. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucariote animal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 196-212. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i2.03
- Cañal, P. (2008). *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12). Investigando los seres vivos*. Díada.
- Çil, E. y Yanmaz, D. (2017). Determination of pre-service teachers' awareness of plants. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 7(2), 84-93.
- Concari, S. B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciencia & Educação (Bauru)*, 7(1), 85-94.
- Couso, D. y Garrido-Espeja, A. (2017). Models and modelling in pre-service teacher education: why we need both. En K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, y J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and affective aspects in science education research. Selected Papers from the ESERA 2015 Conference* (pp. 245-261). Springer.
- Crujeiras, B. y Jiménez, 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>
- Díaz de Bustamante, J. (1992). El concepto de ser vivos en los diferentes niveles educativos: ideas de los alumnos de EGB, BUP y Magisterio. *Adaxe*, 8, 37-44.

- Díaz, C. A., Garay, F. R., Acosta, J. D. y Adúriz-Bravo, A. (2019). Los modelos y la modelización científica y sus aportes a la enseñanza de la periodicidad química en la formación inicial del profesorado. *Didacticae*, 5, 7-25. <https://doi.org/10.1344/did.2019.5.7-25>
- Flores, F., Tovar, M.ª. E. y Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view. *International Journal of Science Education*, 25(2), 269-286.
- Galera-Flores, R. E., Jiménez-Tenorio, N y Oliva, J. M. (2022). Diseño de una propuesta didáctica basada en modelización para abordar la noción de ser vivo. En A. Benarroch (Ed.), *Actas de los 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp 1043-1048). Melilla, España.
- Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B., Flores-Camacho, F. y Calderón-Canales, E. (2016). Models of living and non-living beings among indigenous community children. *Review of Science, Mathematics and Ict Education*, 10(2), 5-27. <https://doi.org/10.26220/rev.2710>
- García, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, extra, 1-5.
- García, S. (2017). La reproducción desde la ciencia escolar. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 88, 7-13.
- Garrido, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica* (Tesis). Universidad autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- Garrido, A. y Couso, D. (2017). La construcción del modelo materia en la formación inicial de maestros: análisis desde la perspectiva de la modelización. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.
- Giere, R. (1999). *Science without laws*. University of Chicago Press.
- Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in Science Education*. Springer.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*. Springer.
- Gómez, A. A. (2009). *El estudio de los seres vivos en la educación básica. Enseñanza del sistema nerviosos desde un enfoque para la evolución de los seres vivos*. Tendencias.
- González, F. (2015). *Didáctica de las ciencias para Educación Primaria II. Ciencias de la vida*. Pirámide.
- González-Weill, C. y Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos «ser vivo» y «célula». *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 31-52. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.144>
- Guisasola J., Ametller J. y Zuza K. (2021) Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1801. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.
- Maguregi, G. (2013). El modelo de ser vivo: una secuencia indagativa con alumnado del grado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, extra, 2075-2081.
- Martínez-Losada, C., García-Barros, S. y Garrido, M. (2014). How children characterise living beings and the activities in which they engage. *Journal of Biology Education*, 48(4), 201-210. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849281>
- Mondelo, M., Martínez, C. y García, S. (1998). Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 399-408.
- Mora, N. J. (2019). Propuesta didáctica para enseñar conceptos asociados al modelo 'ser vivo' en nivel medio. *Educación en Ciencias Biológicas*, 4(1), 10-22. <http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/579>
- Morrison, M. y Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. En M. S. Morgan y M. Morrison (Eds.), *Models as mediators* (pp. 10-37). Cambridge University Press.
- Muñoz-Franco, G., Criado, A. M. y García-Carmona, A. (2020). Investigating image formation with a camera obscura: a study in initial primary science teacher education. *Research in Science Education*, 50, 1027-1049. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9721-z>

- Noureddine, Z. y Zouhaire, L. (2017). Study of middle school students' conceptions regarding the living concept. *International Journal of Environmental & Science Education*, 12(3), 475-484.
- Oh, S. P. 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>
- Özgür, S. (2018). A study on Young Turkish students' living thing conception. *Educational Research and Reviews*, 13(5), 150-165.
- Pigrau, T. y Sanmartí, N. (2015). *Model per interpretar sistemes vius*. http://media.wix.com/ugd/81d0d8_2bd060dd60e84ba88ed018a28dc03fe6.pdf
- Plomp, T. (2013). Educational design research: an introduction. En T. Plomp y N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 10-51). SLO.
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., Van Driel, J. H. y Pilot, A. (2009). Students' Involvement in Authentic Modelling Practices as Contexts in Chemistry Education. *Research in Science Education*, 39, 681-700. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9099-4>
- Reiner, G. y Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5), 489-506. <https://doi.org/10.1080/095006900289741>
- 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>
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis*, 7(14), 159-176. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP>
- 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.
- Seel, N. M. (2017). Model-based learning: A synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development*, 65(4), 931-966. <https://doi.org/10.1002/tea.203110.1007/s11423-016-9507-9>
- Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520. <https://doi.org/10.1080/095006900289750>
- Torres-Porras, J. y Alcántara-Manzanares, J. (2019). Are plants living beings? Biases in the interpretation of landscape features by pre-service teachers. *Journal of Biological Education*, 55(2), 128-138. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1667405>
- Velentzas A. y Halkia K. (2013) The use of thought experiments in teaching physics to upper secondary-level students: Two examples from the theory of relativity. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3026-3049. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.682182>

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Galera-Flores, R. E., Oliva, J. M. y Jiménez-Tenorio, N. (2023) 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. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2103