



# La enseñanza del modelo de ser vivo en la formación inicial de maestros: Primer ciclo de una investigación basada en el diseño

Recepción: 22/06/2022 | Revisión: 10/11/2022 | Aceptación: 05/12/2022 | Publicación: 01/10/2023

 **Rosa Esperanza GALERA-FLORES**  
Universidad de Cádiz  
rosa.galera@uca.es  
<https://orcid.org/0000-0003-4092-9167>

 **Natalia JIMÉNEZ-TENORIO**  
Universidad de Cádiz  
natalia.jimenez@uca.es  
<https://orcid.org/0000-0001-7879-9877>

 **José María OLIVA**  
Universidad de Cádiz  
josemaria.oliva@uca.es  
<http://orcid.org/0000-0002-2686-6131>

**Resumen:** Presentamos el primer ciclo de una investigación basada en el diseño en torno a una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) orientada desde un enfoque de modelización en ciencias para abordar el modelo de ser vivo en maestros y maestras en formación inicial. Se propone una secuencia estructurada en 13 sesiones y 25 actividades que impulsan un acercamiento a este modelo, tanto desde un enfoque funcional a partir de las funciones vitales, como desde un enfoque estructural basado en su composición por células. Esta propuesta se implementó con un grupo clase de 58 estudiantes de tercer curso del grado en Educación Primaria. Los resultados se presentan en forma de una crónica que reconstruye y hace un seguimiento de lo acontecido durante la clase, utilizando el portafolio del estudiantado, el diario de clase y grabaciones de vídeo y audio como instrumentos de recogida de datos. La evaluación del grado de cumplimiento de las actividades diseñadas, unido a la crónica, permitió tomar decisiones sobre la modificación de la SEA con vistas a realizar nuevas implementaciones.

**Palabras clave:** investigación basada en el diseño; formación del profesorado; secuencia de enseñanza-aprendizaje; modelización; modelo de ser vivo.

Galera-Flores, R. E., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2023). La enseñanza del modelo de ser vivo en la formación inicial de maestros: Primer ciclo de una investigación basada en el diseño. *Didacticae*, (14), 176-196. <https://doi.org/10.1344/did.2023.14.176-196>





## **L'ENSENYAMENT DEL MODEL D'ÉSSER VIU EN LA FORMACIÓ INICIAL DE MESTRES: PRIMER CICLE D'UNA RECERCA BASADA EN EL DISSENY**

**Resum:** Presentem el primer cicle d'una recerca basada en el disseny al voltant d'una seqüència d'ensenyament-aprenentatge (SEA) orientada des d'un enfocament de modelització en ciències per abordar el model d'ésser viu en mestres en formació inicial. Es proposa una seqüència estructurada en 13 sessions i 25 activitats que impulsen un acostament a aquest model, tant des d'un enfocament funcional a partir de les funcions vitals, com des d'un enfocament estructural basat en la seva composició per cèl·lules. Aquesta proposta es va implementar en un grup classe de 58 estudiants de tercer curs del grau d'Educació Primària. Els resultats es presenten en forma d'una crònica que reconstrueix i fa un seguiment del que va passar durant la classe, utilitzant el dossier de l'estudiantat, el diari de classe i enregistraments de vídeo i àudio com a instruments de recollida de dades. L'avaluació del grau de compliment de les activitats dissenyades, unit a la crònica, va permetre prendre decisions sobre la modificació de la SEA per tal de realitzar noves implementacions.

**Paraules clau:** recerca basada en el disseny; formació del professorat; seqüència d'ensenyament-aprenentatge; modelització; model d'ésser viu.

## **TEACHING THE LIVING BEING MODEL TO PRE-SERVICE TEACHERS: FIRST CYCLE OF A DESIGN-BASED RESEARCH SEQUENCE**

**Abstract:** This paper presents the first cycle of a design-based research study around a teaching-learning sequence using a science modelling approach to address the living being model teacher training. A sequence is proposed in 13 sessions and 25 activities that promote an approach to the model of living beings, from both a functional approach based on vital functions and a structural approach based on its composition by cells. This proposal was implemented with a class group of 58 students in the third year of the degree in Primary Education. The results are presented in the form of a chronicle that reconstructs and monitors what happened during the class, using the students' workbook, the class diary, and video and audio recordings as data collection instruments. The evaluation of the degree of compliance of the designed activities, together with the chronicle, allowed decision-making on the modification of the teaching-learning sequence with a view to carrying out subsequent implementations.

**Keywords:** designed based research; living being model; modelling; teaching-learning sequence; training teachers.



## Introducción

La implicación del estudiantado en prácticas científicas constituye hoy día uno de los retos de la enseñanza de las ciencias (Crujeiras y Jiménez, 2018). En este marco, la enseñanza basada en modelización, además de ser clave para construir las "grandes ideas" de la ciencia (Solé et al., 2019), supone un escenario idóneo para este tipo de prácticas a través del uso y revisión de modelos (Gilbert y Justi, 2016). De particular interés resulta este tipo de enfoques en las primeras etapas de la educación, si bien su implementación debe ser paulatina para evitar disrupciones en etapas posteriores (Lehrer y Schauble, 2010). Sin embargo, y por desgracia, la modelización no forma parte habitual de las prácticas del aula de primaria, ya que lo usual es que se ilustre directamente al alumnado con los modelos enseñados, más que propiciar procesos de construcción (Duschl y Grandy, 2013). La falta de implementación de prácticas de modelización en el aula es debida, principalmente, a dos aspectos. Primero, los docentes prefieren centrar su atención en el discurso de los currículums oficiales y de los libros de texto, los cuales no recogen usualmente el uso de modelos (Schwarz et al., 2008). Y, segundo, suelen desestimar la utilización de modelos en alumnos de estas edades por considerar éstos demasiado abstractos para ellos (Pujol, 2003). De ahí la necesidad de formar a los docentes en este tipo de prácticas desde su formación inicial, con el fin de aportarles experiencias de aprendizaje que les sirvan de referente.

Por su parte, las secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA) juegan un papel fundamental en los procesos educativos al tratarse de propuestas de planificación específica sobre un contenido concreto. Crear y aplicar este tipo de secuencias supone un campo de interés para la investigación educativa. En este punto, podemos definir una SEA como una propuesta que incluye actividades de enseñanza y aprendizaje apoyadas en procesos de investigación y adaptadas al nivel educativo y a las pautas de aprendizaje del alumnado (Rodríguez y Blanco, 2021). Además, estas secuencias suponen una herramienta útil para concretar aspectos claves como: qué enseñar, cómo se va a abordar, cuáles son los objetivos planteados o cómo evaluar el proceso, entre otros aspectos (Couso, 2013).

La investigación basada en el diseño (IBD) es un marco de investigación en el aprendizaje y enseñanza de las ciencias que permite crear conocimiento didáctico a través del diseño, implementación, evaluación y modificación de SEA. No solo se trata de diseñar actividades para una intervención didáctica, sino de calibrar su funcionamiento y su adaptación a diferentes niveles y circunstancias (Guisasola et al., 2021). En esencia, además de la naturaleza colaborativa y participativa (Romero-Ariza, 2014), la IBD presenta otras características como: diseñar intervenciones útiles para resolver problemas reales; incorporar ciclos sucesivos de diseño, implementación, evaluación y modificación; buscar un conocimiento de los procesos que permita obtener criterios y principios en el diseño; comprender procesos o conceptos teóricos concretos como parte de sistemas complejos; entre otros (Plomp, 2013).

Al objeto de validar estos diseños es posible recurrir a dos vías complementarias. De un lado, se puede analizar el propio diseño y su implementación, al objeto de comprobar su coherencia interna y viabilidad, así como estimar su potencialidad analizando las situaciones de aprendizaje que promueve. De este modo, la propia SEA implementada se convierte en objeto de estudio y en fuente de información. De otra, se podría constatar el grado de progresión del saber de los estudiantes a lo largo de la SEA, con la intención de evaluar su impacto real



en el aprendizaje de los participantes. En este artículo seguimos el primer camino, usando como referente los propósitos de las actividades planteadas en la secuencia. En consecuencia, constatar si las expectativas depositadas en las actividades quedaron o no satisfechas tras la implementación será el criterio que utilizaremos para valorar la potencialidad de la SEA e identificar posibles cambios a introducir en la misma de cara a futuras implementaciones.

En este marco, la finalidad de este artículo es realizar un recorrido en torno a las fases de diseño e implementación del primer ciclo de IBD llevado a cabo sobre el modelo de ser vivo en la formación inicial de maestros. Sus objetivos son:

1. Caracterizar una SEA en torno al modelo de ser vivo para la formación inicial de maestros, que tenga en cuenta las ideas del alumnado y sea acorde con los principios de diseño formulados en coherencia con la literatura disponible.
2. Describir el proceso de implementación seguido para la SEA con un grupo de participantes, al objeto de constatar su potencialidad, detectando logros y dificultades, con vistas a futuras implementaciones.

### **Modelo escolar de ser vivo**

Existe un consenso generalizado sobre que el modelo de ser vivo supone un eje fundamental en la enseñanza de la biología. El concepto de vida puede tener distintas acepciones. Así, podemos definirla como el tiempo que ocurre desde que un ser nace hasta que muere, como una condición exclusiva de los organismos vivos, o como una propiedad de las entidades que realizan procesos biológicos. Sin embargo, estas definiciones no son suficientes para demarcar con exactitud qué es la vida, siendo necesario aportar información científica que nos permita reflejarlo de manera precisa (Gómez-Márquez, 2021).

Particularmente, en el marco escolar, los estudiantes deberían aprender diversas ideas, entre las que García (2005) destaca las siguientes: un ser vivo está formado por una o varias células, que son las últimas responsables de las funciones vitales; intercambia materia y energía con el medio modificando el mismo (función de nutrición); es capaz de generar nuevos individuos, mantener su especie, y participar en procesos de crecimiento y reparación celular (función de reproducción); y se relaciona con su entorno interno y externo gracias a la captación de estímulos y generación de respuestas (función de relación). Este aprendizaje ha de iniciarse desde la escuela primaria, y de hecho, el currículum oficial de Educación Primaria (RD 157/2022) recoge una serie de saberes básicos que todos los niños deberían aprender al finalizar la etapa en relación al modelo de ser vivo: conocer las necesidades básicas de los organismos vivos y su diferencia con los seres inertes; clasificar los organismos de acuerdo a características observables, reconociendo los reinos de la naturaleza desde una perspectiva integral y general; reconocer las características de animales y plantas (obtención de energía, relación con el medio y perpetuación de la especie); identificar los aspectos básicos de las funciones vitales del ser humano desde una perspectiva integrada; etc.

Sin embargo, a pesar de la relevancia de estos aprendizajes, los resultados alcanzados habitualmente no son satisfactorios, observándose ideas confusas en los estudiantes de todos los niveles (Mora, 2019). Las razones para estas dificultades son diversas, si bien una de ellas podría ser la forma en la que suelen enseñarse esos contenidos. Así, lo habitual es que el



ser vivo sea estudiado desde un punto de vista estructural, focalizándose hacia la definición, localización y funciones de órganos y sistemas. Este punto de vista impide identificarlos como sistemas complejos que están constantemente interaccionando con su medio y que, por tanto, son dinámicos y tienen capacidad de adaptación (Gómez, et al., 2007). Esta otra visión integradora y adaptativa permitiría a los estudiantes establecer relaciones conceptuales de las partes que definen a un ser vivo, de manera que su conjunto adquiera un significado útil.

Además de ello, la bibliografía muestra la presencia de dificultades de aprendizaje y concepciones alternativas sobre el ser vivo en estudiantes de todas las edades. Özgür (2018) determinó que alumnos de primaria y secundaria lo definían a partir de la presencia de caracteres similares al humano; González-Weill y Harms (2012) detectaron que estudiantes de secundaria utilizaban el movimiento como criterio para identificarlos; otros estudios (Díaz de Bustamante, 1992; Galera-Flores et al., 2023; González-Weill y Harms, 2012; Maguregi, 2013) registraron el uso del ciclo vital como criterio ampliamente utilizado en la definición de ser vivo; y otros autores detectaron en maestros en formación inicial la confusión de los términos nutrición y alimentación, y dificultades para identificar a nivel microscópico esta función o para detectar movimiento y capitación de estímulos en plantas (Mondelo et al., 1998; Reinoso y Delgado-Iglesias, 2020). Un estudio realizado con alumnos de 15 a 17 años indicó que un porcentaje de ellos no consideraba las plantas como seres vivos, ni que estuvieran formadas por células (Banet y Ayuso, 2000). Y, atendiendo a este concepto de célula, diversas investigaciones muestran la dificultad que tienen los estudiantes para reconocerla como unidad estructural y funcional de los seres vivos (Díaz de Bustamante, 1992; Mondelo et al., 1998) y distinguir entre célula procariota y eucariota (Camacho et al., 2012; Edelsztein y Galagovsky, 2020; González-Weill y Harms, 2012).

Según todo ello, y asumiendo que muchas de las dificultades de aprendizaje en torno al modelo de ser vivo persisten en el alumnado de magisterio (Bonil y Pujol, 2008; Mondelo et al., 1998), se hace necesario el abordaje de estos contenidos en la formación de maestros, haciendo una cuidadosa selección de los mismos y de su nivel de formulación. En este sentido, en otros trabajos el modelo de ser vivo se aborda en la formación docente introduciendo el concepto de célula y su evolución, y los procesos metabólicos y su relación con aspectos macroscópicos (Greca et al., 2017), o incluyendo el principio de complejidad, que defiende la interconexión de los elementos que componen el sistema (Bonil y Pujol, 2008). Estos contenidos exceden, como es lógico, de los que necesitan los alumnos de primaria, pero son necesarios para el maestro como parte de su formación en torno al contenido sobre estos temas, por lo que también serán tenidos en cuenta en el presente estudio.

## **1. Metodología**

### **1.1 Contexto y participantes**

Este estudio se enmarca en la formación inicial de maestros y maestras del grado en Educación Primaria, concretamente, dentro de la asignatura Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I impartida en el tercer curso de dicho grado en la Universidad de Cádiz. Dicha asignatura contempla el abordaje de algunos de los modelos de la ciencia, intentando que los futuros docentes experimenten durante su aprendizaje aquello que sería deseable que luego aplicasen con sus



alumnos, logrando así coherencia entre el medio y el mensaje. En esta ocasión, el contenido curricular de referencia es el modelo de ser vivo.

Participó en este estudio un grupo clase de 58 estudiantes, en el que predominaban las chicas frente a los chicos, y en el que la mayoría provenía de un bachillerato no científico. Estos estudiantes estaban distribuidos en el aula en 13 grupos formados por 4 a 5 componentes. Por su parte, la profesora era licenciada y doctora en Ciencias del Mar y Ambientales, pertenecía al área de Didáctica de las Ciencias Experimentales y contaba con doce años de experiencia como responsable de la asignatura.

### 1.2 Etapas de la investigación

El diseño de la SEA sigue las etapas de la IBD: una preliminar en la que se realiza un estudio diagnóstico; una segunda de implementación en ciclos, de los que solo se ha desarrollado uno hasta aquí; y una última de evaluación retrospectiva.

El estudio preliminar sirvió para identificar las dificultades de aprendizaje que presenta el estudiantado en torno al modelo de ser vivo, algunas ya reflejadas en la literatura, como hemos mencionado antes. Sus resultados mostraron que la mayoría nombraban animales como ejemplos de seres vivos y en menor medida plantas, apareciendo de forma esporádica organismos de otros reinos. De otro lado, pudimos observar que el estudiantado solía utilizar criterios inadecuados para definir a los seres vivos, simplificaba la función de nutrición al aparato digestivo, y consideraba la función de relación como la comunicación entre dos individuos.

Estos estudios, junto con el establecimiento de una serie de principios de diseño, dio como resultado una primera versión de la SEA, que es la que aquí se presenta.

### 1.3 Principios de diseño empleados

Para el diseño de la SEA se tuvieron en cuenta los siguientes principios:

- a) Secuenciación didáctica basada en la modelización, para la que contemplamos las etapas propuestas por Sanmartí (2000): exploración de ideas previas, introducción de nuevas ideas, estructuración del conocimiento, aplicación del conocimiento aprendido, y autorregulación. Estas etapas fueron insertadas dentro de ciclos y subciclos iterativos de modelización (Couso y Garrido-Espeja, 2017).
- b) Conexión de los modelos teóricos con la realidad sensible. La modelización del conocimiento exige el contraste continuo con la realidad de los modelos desarrollados (Giere, 1999). Por ello la propuesta diseñada ha tratado constantemente de relacionar los contenidos teóricos con la experiencia previa del alumnado, lo que permite avanzar hacia un conocimiento más coherente y estructurado (Odden y Russ, 2018).
- c) Integración de trabajo individual y grupal del alumnado. Se trata de incluir actividades ante las cuales los estudiantes reflexionen, en unos casos individualmente, y en otros, en pequeño grupo, dando así ocasión a que argumenten y discutan sus ideas, generándose así un modelo compartido que suele ser más rico que el personal (Reiner y Gilbert,



2000; Velentzas y Halkia, 2013). Por último, se deja también espacio para la puesta en común en gran grupo, donde se debaten los modelos surgidos en clase y donde el docente tiene oportunidad de reconducir las producciones del alumnado e introducir nueva información para enriquecer dichos modelos.

- d)** Diseño de un itinerario de progresión que, de acuerdo con Clement (2000), partiría de las ideas intuitivas del alumnado, pero teniendo como referente el modelo que proporciona el currículum escolar. Tanto las ideas de partida como los modelos intermedios sobre “ser vivo” se entenderían como instrumentos de reflexión y lugar de tránsito natural hacia niveles más complejos (Acher, 2014). Los hitos serían:
- **Hito 1:** entender el modelo de ser vivo como un sistema complejo que realiza las funciones vitales (nutrición, reproducción y relación) y que está formado por células, ejemplificándolo en el reino animal, principalmente en el ser humano.
  - **Hito 2:** profundizar en el conocimiento de las funciones vitales a nivel celular, reconociendo a la célula como la estructura básica del ser vivo donde ocurren estas: en las células se genera materia y energía (nutrición), intervienen en el proceso de división celular, reparación y crecimiento de estructuras (reproducción) y son las responsables de detectar cambios en el medio (relación).
  - **Hito 3:** progresar en el modelo de ser vivo expresado, trasladando el conocimiento aprendido a organismos menos conocidos como los vegetales, entendiendo que: (1) estos organismos también están formados por células, aunque estas difieren en algunos aspectos de las células animales, y (2) realizan las funciones vitales: intercambian materia y energía con el medio, esto es, realizan la nutrición aunque con características particulares como realizar la fotosíntesis; se reproducen perpetuando la especie y manteniendo las poblaciones en ambientes cambiantes, tanto de forma asexual como sexual, donde pueden intervenir elementos como el viento o animales en la dispersión y polinización; y son capaces de relacionarse con el medio detectando estímulos y respondiendo ante ellos, como por ejemplo ante la presencia de luz (fototropismo).
  - **Hito 4:** avanzar en el modelo de ser vivo incluyendo organismos del resto de los reinos (mónera, protista y hongos), de forma análoga al hito anterior.
- e)** Se pretende un abordaje integral del modelo de ser vivo, en los términos definidos anteriormente, centrándose en dos vertientes: la funcional, abordando las tres funciones vitales, y la estructural, trabajando el concepto de célula (García, 2005). Esto conlleva que la secuencia se divida en cuatro bloques diferenciados, en cada uno de los cuales se articula la secuencia completa de hitos que se acaba de mencionar.
- f)** Uso de diversos recursos instrumentales propios del proceso de modelización, como analogías, experimentos mentales y simulaciones (Oliva, 2021).

#### 1.4 La secuencia didáctica

El diseño didáctico elaborado en una IBD ha de entenderse no como un mero escenario en el que se desenvuelve la investigación, sino como una de sus principales aportaciones (Romero-Ariza, 2014). Tras establecer los principios en los que se sustenta esta propuesta y los resultados



del estudio preliminar (Galera-Flores et al., 2023), se desarrolló una secuencia didáctica compuesta por 25 actividades para implementarla a lo largo de 13 sesiones, estructurada en torno a cuatro bloques. El anexo 1 presenta una tabla con la SEA diseñada, ofreciendo información de distinta índole que ayuda, no solo a describir la secuencia, sino también a establecer conexiones entre los principios de diseño y la SEA elaborada e implementada. De esta forma, además de una breve descripción de cada actividad, se especifica el bloque de contenidos de referencia en cada momento, la fase del ciclo de modelización en la que se inserta, los hitos de referencia que orientaban cada una, la forma de organización de aula y los recursos específicos para la modelización empleados.

El primero de los bloques, diseñado en torno a la definición de ser vivo, incluye cinco actividades. Concretamente se centra en identificar y trabajar el modelo de ser vivo que traen los estudiantes tomando como referencia las ideas de partida. El segundo bloque consta de cuatro actividades en las que se aborda la función de nutrición. Esta se presenta como intercambio de materia y energía entre un organismo y el medio, en el que es necesario una incorporación de nutrientes y oxígeno, un transporte a todas las células y eliminación de sustancias de desecho procedentes del metabolismo celular. Esta función se trabaja en todos los reinos, tanto a nivel macroscópico como microscópico, con el fin de establecer un modelo de nutrición aplicable a cualquier ser vivo. El tercer bloque incluye siete actividades dedicadas a la función de reproducción entendiéndola como un proceso que permite generar nuevos individuos haciendo que la especie perpetúe, pero además interviene en el crecimiento y reparación de estructuras, e influye en el proceso de adaptación y evolución. Es decir, un proceso que ocurre a tres niveles: célula, individuo y población. El bloque cuatro consta de dos actividades dedicadas a la función de relación. Se centra en reconocer esta función como un proceso en el que los organismos son capaces de detectar la presencia de estímulos, tanto del medio interno como externo, y responder ante ellos, entendiendo la actuación conjunta de receptores, transmisores y efectores, en cualquier ser vivo. Para finalizar, y aunque durante toda la SEA existen actividades de autorregulación, es en las seis últimas donde se hace más patente ya que se abordan los cuatro bloques descritos para que los alumnos cierren la secuencia realizando una revisión completa y global del modelo de ser vivo.

### 1.5 Metodología de estudio para la implementación de la SEA

Al objeto de hacer un seguimiento del proceso y reconstruir después la crónica de implementación, se recurrió a distintos instrumentos de recogida de datos: cuestionario previo y final, diario de clase, portafolios de los estudiantes, grabaciones de audio y vídeo durante las sesiones y examen realizado un mes después de terminar la implementación. De una parte, las producciones del estudiantado en su portafolio, el diario de clase y las grabaciones fueron la base para el desarrollo de una crónica que nos permitió conocer con cierto detenimiento cómo se implementó la SEA y hasta dónde dio de sí. De esta forma, la crónica constituye una síntesis producto de la integración de la información procedente de dichos instrumentos, que sirve para hacer más transparente el proceso de implementación seguido y aportar evidencias sobre las conclusiones aportadas. En este contexto, mientras el diario sirvió para establecer un orden cronológico en el desarrollo de la implementación, el portafolio del estudiante y las grabaciones fueron clave para la transcripción y selección de las evidencias proporcionadas para ilustrar el discurso.

De otra parte, el cuestionario previo permitió establecer las ideas iniciales que presentaban los estudiantes, mientras que el cuestionario final y el examen sirvieron para hacer balance sobre lo que los estudiantes aprendieron al finalizar la secuencia. Los resultados de estos últimos serán objeto de análisis especial en futuros trabajos.

Finalmente, y al objeto de tomar decisiones sobre posibles cambios a introducir en la SEA, se elaboró una rúbrica para evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos en cada actividad, con tres niveles de respuesta, y un sistema de categorías que permitió identificar una tipología de dificultades y limitaciones encontradas con la SEA. Dicha valoración fue realizada de forma colegiada por la profesora y la observadora externa, una vez finalizada la implementación.

## 2. Resultados

### 2.1 Crónica de implementación de la SEA

La crónica de la implementación se divide en cinco partes correlacionadas con los cuatro bloques descritos y las actividades de cierre.

#### **Bloque 1. Definición de ser vivo**

Las sesiones de este bloque (1, 2 y 3) abarcaban actividades de exploración de los saberes iniciales del alumnado y de introducción en el marco del modelo de ser vivo. En su transcurso, los alumnos entraron en contacto por primera vez con la idea de modelo, no sin dificultades debido al desconocimiento sobre su significado. Por este motivo, la docente tuvo que detenerse para aclarar dicho término, explicando en qué consiste y cuál es su finalidad. Así, los estudiantes fueron capaces de afrontar el desarrollo de la actividad 4, en la que se pedía una representación del modelo de ser vivo en grupo, discutiendo y reflexionando sobre los modelos que expresaron previamente de forma individual. Sin embargo, buena parte de los grupos utilizaron características propias del ser vivo, pero no que lo definen, como son nacer, morir o respirar (Figura 1), inspirándose en las definiciones del ciclo vital que suelen introducirse en los niveles educativos iniciales. En el mejor de los casos incluían también las funciones vitales como rasgos definitorios, pero situándolas al mismo nivel que el ciclo vital. Pocos grupos fueron capaces de nombrar a la célula, aunque durante el debate con la profesora, y a instancias de ella, todos la reconocían como elemento fundamental para los seres vivos.

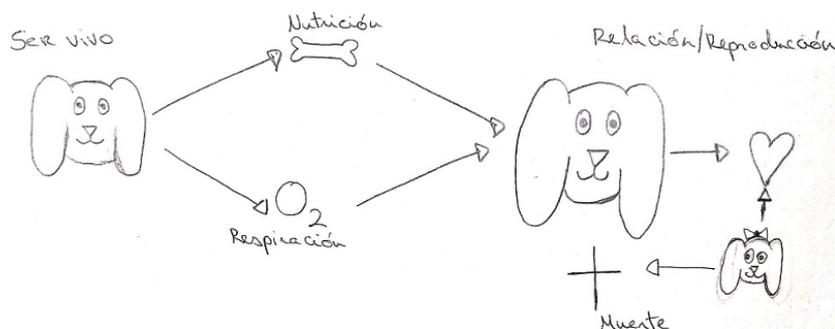


Figura 1. Representación del modelo de ser vivo del grupo 8. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la actividad 5 se les presentó de forma explícita por primera vez una representación del modelo de ser vivo en la que aparecen los elementos que lo definen (Figura 2) al objeto de que lo compararan con el suyo propio. En este caso, aunque el estudiantado identificó las diferencias entre modelos, sus argumentaciones fueron poco desarrolladas y, en algunos casos, no veían deficiencias en sus modelos.

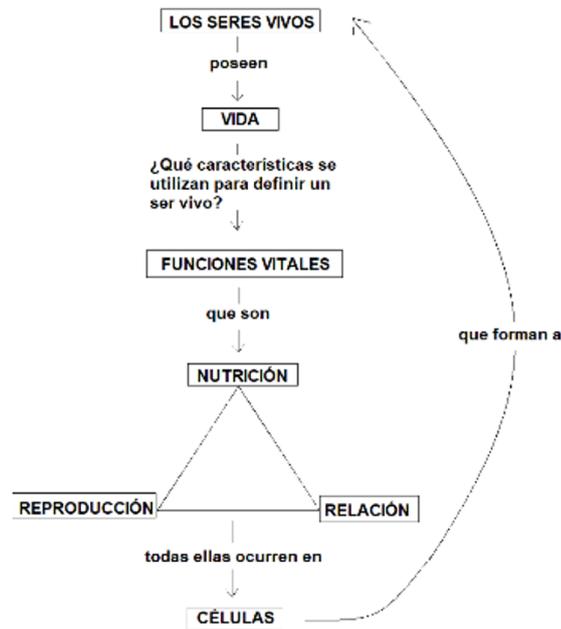


Figura 2. Primera aproximación al modelo de ser vivo propuesto en la actividad 5. Fuente: Elaboración propia.

Quando tuvieron que aplicar ese modelo a plantas y bacterias (actividad 6), generalmente identificaron los elementos que componen el modelo en ambos reinos. Sin embargo, les resultó complicada la comparación de células de diferentes organismos como por ejemplo las de una hormiga, un girasol o un microorganismo. Así, el estudiantado consideraba las de una hormiga de menor tamaño que las de una ballena; las de un girasol diferentes a las de un animal; y respecto al microorganismo, la mayoría de ellos desconocían cómo era esta célula. Para ello utilizaba argumentos como: "Las células de la ballena están enfocadas a que nadan, mientras que las células de la hormiga están enfocadas a caminar. Como conclusión creemos que no son del mismo tamaño"; "Creemos que la célula animal, por la ballena, y célula vegetal, por el girasol, son diferentes. Creemos que serán distintas en forma, tamaño, etc., ya que cada una pertenece a tipos diferentes". Puede verse cómo algunas de las explicaciones del estudiantado eran de tipo finalista, más que responder a explicaciones causales, mientras otras proyectaban sobre la célula propiedades macroscópicas.

### **Bloque 2. Función de nutrición.**

Las sesiones incluidas en este bloque estaban destinadas a reconocer la función de nutrición primero en el ser humano, transfiriendo luego lo aprendido a organismos de otros reinos, concretamente hongos y plantas.



La actividad 7 consistía en reconstruir la nutrición humana a partir de una serie de preguntas para luego trasladarla a una ilustración en la actividad 8. En ambas se observó que la mayoría de los grupos no identificaban de manera correcta la función de nutrición. Una gran parte la definía solo en función del aparato digestivo y circulatorio, mientras otros simplemente aludían a la entrada de alimento, procesamiento de este y eliminación de desechos. Además, algunos grupos presentaban limitaciones para identificar la respiración como parte del proceso de nutrición, reduciéndola a un mero intercambio de gases: "Creemos que la respiración es el proceso por el cual el ser vivo intercambia gases con el exterior, obteniendo oxígeno y expulsando dióxido de carbono". Sin embargo, algunos grupos sí aportaron detalle del proceso haciendo alusión, por ejemplo, al oxígeno como elemento necesario en la formación de energía, que es la finalidad de esta función: "Cabe recalcar la importancia del aparato respiratorio porque necesitamos el oxígeno para la producción de energía". Estas concepciones pudieron ser debidas al orden establecido de las preguntas de la actividad, que posiblemente dificultara la reconstrucción de este proceso en el humano.

Por su parte, en la sesión 5 se trabajó la función de nutrición en hongos y plantas (actividad 9) a partir de un mapa mudo. En este caso, la representación de esta función presentó más dificultades para los estudiantes al tratarse de organismos más alejados de su vida cotidiana. Por ejemplo, cuando se abordó en plantas, todos los grupos presentaron concepciones alternativas similares a las descritas en la bibliografía sobre este proceso (Cañal, 2008), ya que afirmaban que las plantas respiran de noche, toman los nutrientes por las raíces o que "En las plantas la respiración ocurre al contrario que en los humanos, obtienen dióxido de carbono y expulsan oxígeno". Estas ideas se tuvieron que reconducir en la puesta en común. Para ello, se generó un momento de reflexión y discusión, donde la profesora guio los argumentos y utilizó la pizarra para representar, paso a paso, la nutrición en plantas, prestando especial atención a la fotosíntesis y respiración. Finalmente, en la actividad 10 los estudiantes representaron un modelo de la función de nutrición generalizable a cualquier organismo, utilizando los contenidos aprendidos en las actividades anteriores.

### **Bloque 3. Función de reproducción.**

Este bloque abarca las sesiones 7, 8 y 9, cuya finalidad era reconocer en qué consiste la función de reproducción. Cabe destacar que se utilizaron recursos como una analogía, experimentos mentales y simulaciones por ordenador.

En la actividad 11 el estudiantado expresó sus conocimientos sobre esta función. Así, pudimos determinar que la mayoría de los grupos desconocían su vertiente microscópica y, en algunos casos, los procesos evolutivos en los que interviene: "Los seres vivos necesitamos reproducirnos para que no se acabe la especie. [...] ocurre como un instinto natural que tenemos".

La siguiente actividad (12) consistía en una analogía, la cual pretendía comprender la reproducción sexual en plantas a partir del proceso de reproducción sexual en el ser humano. La construcción de la analogía se articuló en seis fases (Oliva, 2011) comenzando con la introducción del fenómeno a estudiar (reproducción sexual en plantas), seguido de la presentación del análogo (reproducción sexual en humanos). Posteriormente, se identificaron aspectos comunes explicitando las similitudes entre ambos, se elaboraron conclusiones para establecer un modelo final de reproducción sexual en plantas y, por último, se analizaron las limitaciones de

la analogía identificando diferencias entre los dos sistemas comparados. La analogía se abordó primero de forma individual y posteriormente de manera grupal, lo que retrasó la planificación inicial al tener que utilizar una sesión más para finalizarla.

En la siguiente sesión (8), se profundizó en la función de reproducción comenzando con la actividad 13, un experimento mental que permitió trabajar el concepto de reproducción asexual y la existencia de organismos que presentan los dos tipos de reproducción. Consistía en imaginar cómo sería la descendencia y, por tanto, la reproducción que acontece en dos supuestos: cuando una patata se siembra, y cuando una planta con flores es fecundada y posteriormente una semilla germina originando una nueva planta. A continuación, en la actividad 14 se avanzó tanto en la reproducción sexual como asexual en una visión microscópica, identificando las diferencias entre ambos tipos. En dicha actividad encontramos que algunos grupos relacionaban de forma indiscriminada ambos tipos de reproducción con descendencia genéticamente idéntica o diferente al progenitor. Para solventarlo, en la puesta en común y gracias a las aportaciones de cada grupo, la profesora realizó una representación gráfica en la pizarra para visualizar las diferencias entre los dos tipos de reproducción en generaciones sucesivas, apareciendo los procesos de mitosis y meiosis.

La última sesión de este bloque (9) abordaba de nuevo el nivel celular pero también el nivel de población, además de extrapolar el conocimiento trabajado a organismos de otros reinos. La actividad 15 estaba destinada a reconocer los procesos de crecimiento y reparación celular como parte de la función de reproducción. La resolución de esta actividad mostró que este proceso inicialmente era desconocido para todos los estudiantes, apareciendo complicaciones en algunos grupos incluso tras la puesta en común. Por su parte, la actividad 16, en la que se hizo uso de dos simulaciones (el juego de las polillas y de los conejos), despertó el interés de todos los alumnos (Figura 3) y arrojó buenos resultados ya que sirvió para ver la influencia de factores como contaminación, presencia de depredadores o escasez de alimento en el fenotipo de los organismos vivos: "Uno de los factores que más influye en la evolución es el cambio climático [...] y factores externos como la actividad humana, que es muy importante e impredecible". Finalmente, el experimento mental de la actividad 17 sirvió para reconocer la reproducción en hongos y romper el mito de generación espontánea, poniendo en práctica el conocimiento adquirido: "Cuando la carne se pudre, por el olor y el mal estado acuden las moscas, y estas ponen huevos y así se forman las larvas".

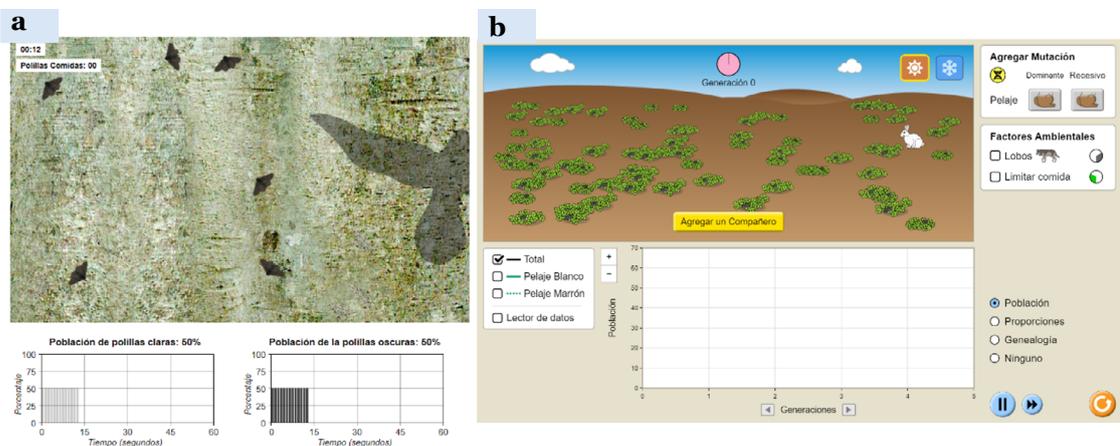


Figura 3. Simulaciones utilizadas en la actividad 16. El juego de: a) las polillas; b) los conejos.

Fuente: <https://askabiologist.asu.edu/juego-polilla-moteada/index.html> y <https://phet.colorado.edu/es/simulation/natural-selection>.



#### **Bloque 4. Función de relación.**

Este bloque abarca las sesiones 10 y 11, comenzando con la actividad 18 que pretendía dar a conocer la función de relación en el ser humano a partir del funcionamiento de un flexo. Esta actividad se basaba en una analogía en la que se procedió siguiendo las mismas fases que la analogía anterior. Para que funcione un flexo necesita estar enchufado a la corriente eléctrica (estímulo) a través de la clavija (receptor); esa corriente eléctrica se mueve a través del cable (transmisor) hasta llegar al interruptor (coordinador), el cual debe accionarse para que la corriente continúe; finalmente, si la corriente llega hasta la bombilla (efector), emitirá luz (respuesta). Así, podemos compararlo con la función de relación en el ser humano, entendiendo esta como un proceso de captación de un estímulo por un receptor, transmisión de la información hasta el coordinador, y generación de una respuesta llevada a cabo por el efector. Durante el transcurso de la actividad pudimos observar que los estudiantes presentaban dificultades para reconocer cómo actúa esta función y, aunque al finalizar la puesta en común detectamos mejoras, algunos grupos en sus portafolios no asociaban los elementos que intervienen en esta función (estímulo, efector, etc.) con la parte del cuerpo que la realiza (célula receptora, aparato locomotor, etc.). Ello pudo deberse a la dificultad que subyace a esta función, aunque también a limitaciones en la analogía empleada.

En la siguiente actividad (19) se hizo uso de un experimento mental para extrapolar el contenido trabajado a organismos de otros reinos, comenzando por reconocer esta función en los vegetales a través de procesos como el fototropismo, o en los microorganismos como la proliferación de hongos ante condiciones idóneas. En general, el estudiantado fue capaz de contestar a las preguntas planteadas sin grandes dificultades: “[...] ha crecido verticalmente en busca de la luz y [...] está girada hacia la derecha, posición de la luz”; “El aumento de población es provocado por la bajada de defensas, es decir, el estímulo es la bajada de defensas y la respuesta a eso es el aumento de hongos”, llegando a comprender mejor esta función en estos organismos que en el ser humano.

#### **Actividades de cierre**

Aunque durante toda la SEA hubo momentos de autorregulación del conocimiento, en las últimas seis actividades se hizo especial hincapié en ellas al objeto de revisar y consolidar lo aprendido. La primera de ellas (actividad 20) se llevó a cabo de manera fluida, lo que nos hace pensar que el itinerario de progresión planteado inicialmente ha cumplido su propósito, o al menos en gran parte, ya que la mayoría de los grupos tuvieron una visión del ser vivo en su conjunto y fueron capaces de conectar las relaciones existentes entre las tres funciones vitales. Las siguientes actividades no resultaron complicadas para el estudiantado, ya que en su mayoría reconocían a la célula como unidad funcional del ser vivo (actividad 21) y sabían explicar por qué un robot no es un organismo vivo a pesar de ser capaz de realizar ciertas actividades similares a las humanas (actividad 22).

A continuación, la actividad 23 sirvió para generar situaciones de reflexión sobre el contenido recibido durante la SEA y que reformularan sus modelos iniciales. Estos los tuvieron presentes para realizar la actividad 24, que pretendía que los alumnos revisaran su aprendizaje en un nuevo contexto. Así, se planteó una controversia cuestionando si un virus está o no vivo, para que, aparte de que nos argumentaran su posición según los conocimientos adquiridos,

serviese para abordar aspectos sobre la naturaleza de los modelos en ciencia, así como los marcos de partida a la hora de defender o no un modelo, la subjetividad inherente a cualquier proceso de interpretación de la realidad en función del modelo utilizado, o el carácter evolutivo y cambiante de los modelos en ciencias.

## 2.2 Logros y limitaciones de la SEA

Como ya se señaló antes, una forma de valorar la potencialidad de la SEA implementada es analizando sus logros y dificultades con vistas a plantear cambios en futuras implementaciones. En este sentido, la Figura 4 aporta información sobre el grado de cumplimiento de los propósitos de las actividades, así como sobre el tipo de limitaciones o dificultades encontradas al realizarlas.

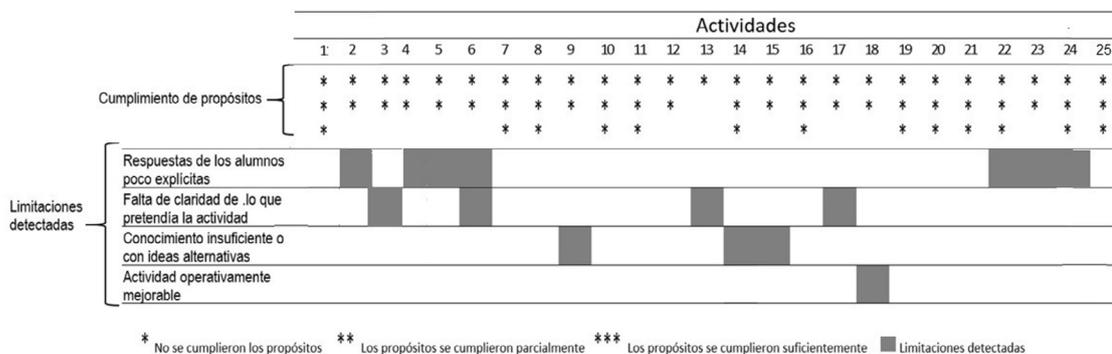


Figura 4. Análisis de logros y limitaciones de las actividades de la SEA.

Como se aprecia, no siempre se alcanzaron de forma íntegra los propósitos deseados. De este modo, una actividad (13) no cumplió en absoluto sus expectativas, once las cumplieron al menos parcialmente y trece cubrieron con suficiencia la finalidad para la que se diseñaron. Con relación a ello, entre las limitaciones detectadas observamos cuatro tipos de razones. Así, en unos casos las respuestas aportadas carecían de un nivel suficiente de explicitación, lo que sugiere limitaciones en el grado de formulación de ideas alcanzadas o, cuanto menos, dudas sobre el potencial de la actividad para ayudar a concretar ideas. Es el caso, por ejemplo, de la actividad 4 en la que los grupos no enriquecieron sus modelos a la hora de proponer uno común, sino que simplemente eligieron uno de ellos. En otros casos, los estudiantes no llegaron a entender plenamente lo que se solicitaba en los enunciados, como fue el caso de la actividad 13, donde los estudiantes no interpretaron que tenían que poner el foco en la reproducción asexual, frente a la sexual, por lo que las contestaciones no fueron las esperadas. Por otro lado, algunas actividades no tuvieron quizás en cuenta suficientemente las lagunas previas en el conocimiento de los estudiantes o la presencia de concepciones alternativas, como es el caso de la actividad 9 en la que los estudiantes tuvieron dificultades para representar por ellos mismos la nutrición en las plantas o en los hongos. También fue éste el caso de la actividad 14, donde muchos estudiantes desconocían los mecanismos de la mitosis y meiosis. Finalmente, otras dificultades se debieron a insuficiencias en la actividad desarrollada o en la forma en la que se usó, como ocurrió en la analogía de la actividad 18, en la que los estudiantes entendían



el análogo e intuían la comparación realizada, pero donde la transferencia de significados fue solo parcial, probablemente debido a limitaciones de la analogía en sí o a la manera en la que se implementó.

### 3. Discusión y conclusiones

La secuencia diseñada que se presenta en este trabajo pretende contribuir a la mejora del conocimiento científico en maestros en formación inicial. En concreto, se dirige al avance en el saber de este alumnado en torno al modelo de ser vivo, noción sobre la que suelen presentar ideas alternativas y cuyo aprendizaje comporta un alto número de dificultades. Precisamente, los resultados arrojados sobre las dificultades que presentan los maestros en formación inicial fueron una base importante para el desarrollo de esta propuesta, como también lo fueron los principios de diseño formulados. Ambos elementos permitieron identificar las ideas clave que queríamos enseñar al estudiante (Couso, 2013) y crear situaciones didácticas con potencial para lograr una progresión de su saber hacia el modelo escolar de referencia. En este sentido, el enfoque de investigación adoptado fue el de la IBD, la cual trata de resolver problemas a través del diseño, desarrollo y evaluación de propuestas basadas en la investigación (Romero-Ariza, 2014), y particularmente comprender los procesos de enseñanza, crear teorías y elaborar SEA.

Tras el diseño e implementación de la SEA, podemos apuntar algunos indicadores que sugieren la potencialidad de la propuesta para cubrir los propósitos para los que ha sido diseñada. En primer lugar, se observa la posibilidad de integrar los principios de diseño considerados dentro de una propuesta global cuya viabilidad ha quedado evidenciada a partir de la crónica narrada. De este modo, ha sido posible ensamblar, dentro de ciclos de modelización, una trama de actividades que orbita en torno a distintos hitos de aprendizaje y combina diferentes recursos que facilitan la modelización, como analogías, experimentos mentales o simulaciones. Dichos recursos no se proponen de un modo ocasional y desconectado, sino de forma complementaria, lo que puede llevar a amplificar la utilidad de esos recursos (Clement, 1993; Dori y Barak, 2001; Wong et al., 2020). Asimismo, la consideración a priori de distintos modos de organización en el aula resultó productiva y enriquecedora, sobre todo las puestas en común que permitieron un intercambio de ideas entre todos los grupos. También elaborar una trayectoria progresiva de modelos acercándolo a la realidad del estudiante, junto con las distintas dimensiones de la definición de ser vivo, fue fundamental para lograr un avance en la comprensión y aplicación del modelo aprendido por los estudiantes. De esta forma, y como recomienda la literatura (Gómez et al., 2007), contemplamos el modelo de ser vivo desde un punto de vista integral ya que se aplica a cualquier reino, se trabaja en paralelo la parte estructural y funcional, y se atiende la visión macroscópica y microscópica.

En segundo lugar, la crónica relatada muestra que la SEA sirvió para generar situaciones de aprendizaje con potencial para ayudar a que las ideas del estudiantado sobre el ser vivo progresaran. De este modo, el alumnado ha tenido que explicitar y poner en práctica tanto los conocimientos implícitos que traían como su capacidad para reconocer los interrogantes planteados en las tareas propuestas e intentar resolverlos generando, oralmente y por escrito, modelos para ello. Además, para resolver las tareas formuladas, los participantes han tenido que poner a prueba sus modelos y, en ocasiones, reformularlos al objeto de adecuarlos a la realidad y a la nueva información que surgía en las puestas en común. Finalmente, algunas



de las actividades planteadas sirvieron para que los estudiantes recapitulasen y formalizaran verbalmente las ideas que iban desarrollando, por ejemplo, cuando tenían que plasmarlas en un modelo que tuviera en cuenta lo estudiado a lo largo de la SEA.

Sin embargo, se presentan algunas limitaciones de la SEA evidenciadas a través del análisis de la consecución de propósitos de las actividades y las dificultades encontradas durante su implementación en torno a nociones como la de célula, fotosíntesis o ciclo vital. Por tanto, aunque los resultados obtenidos parecen prometedores, se pone de manifiesto la necesidad de realizar cambios en la SEA con vistas a realizar una segunda implementación, ya que la IBD supone llevar a cabo varios ciclos de implementación y evaluación. Muchos de esos cambios a realizar afectan solo a la redacción de enunciados, si bien otros se refieren al orden de preguntas como las incluidas en la actividad 7, eliminación de las que no han funcionado como se esperaba o inclusión de otras nuevas. Del análisis realizado parece desprenderse la conveniencia de mantener siete actividades, realizar cambios menores de redacción en los enunciados en otras trece, y efectuar cambios sustanciales en las tres actividades restantes. Estas últimas son la actividad 5, 6 y 13. La primera de ellas (5), aunque cumplió su propósito lo hizo con dificultades ya que, a pesar de que sirvió para que los estudiantes analizaran un posible modelo de ser vivo, sus logros no se correspondieron con el nivel esperado. Para ello sería necesario modificar la actividad añadiendo subapartados más contextualizados que ayudaran a movilizar de forma progresiva las ideas utilizadas. Las otras dos actividades (6 y 13), por su parte, deberían sustituirse por otras ya que su redacción no resultó la más idónea, a tenor de las confusiones y bajos desempeños que evocaron durante su resolución.

Con estas modificaciones que planteamos, se pretende contribuir de forma más acertada a que el estudiante haga suyo el modelo de referencia y sepa aplicarlo a situaciones reales, sumando así al modelo teórico construido las prácticas epistémicas asociadas al mismo (Gouvea y Passmore, 2017). Como se ha comentado a lo largo del discurso, este artículo se ha basado en analizar la potencialidad de las actividades diseñadas en la SEA a través de la crónica, las valoraciones de la docente y una observadora externa, apoyadas en las evidencias obtenidas. Constatar la evolución del manejo de los modelos de los estudiantes requiere una investigación pormenorizada que, entre otros estudios, se comparen las ideas iniciales y finales del alumnado. Este análisis será objeto de atención en futuros estudios.

### **Agradecimientos**

Financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/\_Proyectos EDU2017-82518-P y PID2022-136353NB-I00.



## 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>
- 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.
- Bonil, J. y Pujol, R. M. (2008). Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 403-418. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132196>
- Camacho, J., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz T., y Rodríguez, G. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte 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](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i2.03)
- Cañal, P. (2008). Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo: *Investigando los seres vivos*. Díada.
- Clement, J. J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' pre-conceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Clement, J. J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053. <https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 74, 12-24.
- 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.
- Dori, Y. J. y Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modelling: Fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology and Society*, 4(1), 61-74.
- Duschl, R. A. y Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science and Education*, 22, 2109-2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Edelsztein, V. C. y Galagovsky, L. R. (2020). Evidencia de deducciones erróneas y sus posibles efectos en el aprendizaje inicial del concepto de célula en la escuela primaria. *Ciência y Educação*, 26, 1-20. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200037>
- Galera-Flores, R., Oliva-Martínez, J. y Jiménez-Tenorio, N. (2023). 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>
- García, P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra VII Congreso, 1-5.
- Giere, R. N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el Razonamiento Científico. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, 63-70.
- Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer.



- Gómez, A. A., Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325-340. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3699>
- Gómez-Márquez, J. (2021). What is life? *Molecular Biology Reports*, 48, 6223-6230. <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06594-5>
- 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://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/285682/373654>
- Gouvea, J. y Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'models for': towards an agent-based conception of modeling in the science classroom. *Science and Education*, 26(1), 49-63. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4>
- Greca, I. M., Meneses, J. A. y Diez, M. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 231-256. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC\\_16\\_2\\_4\\_ex1068.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_4_ex1068.pdf)
- 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](http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801)
- Lehrer, R. y Schauble, L. (2010). *What kind of explanation is a model? An instructional explanation in the disciplines*. Springer.
- 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, núm. extra, 2075-2081, Girona, España.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (2022). Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. BOE, nº 52, 2 de marzo de 2022.
- 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. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21545>
- 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.
- Odden, T. O. B. y Russ, R. S. (2018). Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. *Science Education*, 103(1), 187-205. <https://doi.org/10.1002/sce.21452>
- Oliva, J. M. (2011). Cómo usar analogías en la enseñanza de los modelos y de los procesos de modelización en ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 80-91.
- Oliva, J. M. (2021). Líneas y resultados de investigación en torno a la dimensión instrumental de la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(2), 1-16. <http://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7629>
- 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>
- Plomp, T. (2013). Educational design research: an introduction. En T. Plomp y N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 10-51). SLO.
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Síntesis.
- 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>
- Rodríguez, F. y Blanco, A. (2021). Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias científicas en el contexto del consumo de agua envasada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1803. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1803](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1803)
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Revista Internacional de Investigación Educativa*, 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.
- Schwarz, C. V., Gunckel, K. L., Smith, E. L., Covitt, B. A., Bae, M., Enfield, M. y Tsurusaki, B. K. (2008). Helping elementary preservice teachers learn to use curriculum materials for effective science teaching. *Science Education*, 92(2), 345-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20243>
- Solé, C., Hernández, M. I. y Márquez, C. (2019). El cicle de modelització com a eina d'anàlisi d'una unitat didàctica sobre energia. *Didacticae*, (5), 43-56. <https://doi.org/10.1344/did.2019.5.43-56>
- 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>
- Wong, W. K., Chen, K. P. y Chang, H. M. (2020). A comparison of a virtual lab and a microcomputer-based lab for scientific modeling by college students. *Journal of Baltic Science Education*, 19(1), 157-173. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.157>



## Anexo 1

### Secuencia de enseñanza-aprendizaje diseñada.

Bloque	Sesión	Actividad	Descripción	Propósito didáctico	Fase	Hito	Organización del aula	Recurso modelización
B1, B2, B3, B4	1	1. Cuestionario inicial	Cumplimentación del cuestionario inicial sobre los seres vivos.	Explorar los modelos iniciales que poseen los alumnos sobre el ser vivo.	F1	H1, H2, H3, H4	I	
B1	2	2. ¿Conocemos a los seres vivos?	Representación individual de los modelos iniciales	Explicitar las ideas de ser vivo que utilizan en su vida diaria.	F1		GP	
		3. Avanzamos en grupo	Comparación de modelos identificando distintos grados de complejidad. Aportación de una definición a partir de una serie de conceptos dados.	Introducir nuevas visiones del modelo de ser vivo para profundizar en su definición.	F2 F3 F4			
		4. Hagamos nuestro modelo	Reelaboración del modelo de ser vivo.	Establecer el modelo grupal de ser vivo desarrollado hasta el momento.				
	3	5. Esto es un ser vivo	Comparación del modelo elaborado con un modelo simple de ser vivo.	Tomar consciencia de una representación del ser vivo.			GP, GG	
6. ¿Qué pasa en otro ser vivo?		Aplicación del modelo y comparación de células.	Visualizar el modelo en organismos de otros reinos y reflexionar sobre sus células.					
B2	4	7. ¡Hora de comer!	Reestructuración del proceso de nutrición en el ser humano, incluyendo los cuatro aparatos que lo forman.	Comprender la nutrición como un proceso que integra cuatro aparatos y cuya finalidad es el intercambio de materia y energía en el ser humano.	F1 F2	H1, H2	GP	
	5	8. ¿Cómo nos nutrimos?	Representación del proceso de nutrición en un mapa mudo.	Avanzar en el modelo de nutrición en el ser humano.	F3			
		9. ¿Cómo se nutren otros organismos?	Acercamiento del proceso de nutrición en hongos y plantas, utilizando mapas mudos.	Inferir la nutrición en organismos de otros reinos.	F4	H2, H3, H4		
	6	10. Recapitulando sobre nutrición	Elaboración de un modelo final de nutrición.	Afianzar el modelo de nutrición en seres vivos.		H1, H2, H3, H4		
B3	7	11. ¿Qué sabemos de la reproducción?	Explicitación de la necesidad de reproducción en los seres vivos.	Explicitar las ideas previas sobre la función de reproducción.	F1	H1	GP, GG	
		12. ¿Quién es quién?	Comparación de la reproducción sexual en humanos y en plantas (analogía).	Tomar consciencia de la función de reproducción en el ser humano para comprenderla en las plantas.	F2 F3	H1, H3	I, GP, GG	
	8	13. ¡Nos ponemos a cultivar!	Reflexión sobre la existencia de organismos con los dos tipos de reproducción: sexual y asexual (experimento mental).	Introducir la reproducción asexual, así como la existencia de organismos que presentan ambos tipos.		H2, H3	GP, GG	EM
		14. De padres a hijos	Explicación de cómo ocurren y de las diferencias entre la reproducción sexual y asexual.	Profundizar en las diferencias entre reproducción sexual y asexual hasta el nivel celular.		H1, H2		

	9	15. Profundizando en la reproducción	Introducción del concepto de crecimiento y reparación en la reproducción.	Avanzar en el modelo de reproducción a nivel celular.		H2		
		16. Nos ponemos en situación	Inclusión de los factores ambientales en el proceso de evolución (simulación).	Reflexionar sobre la influencia de factores internos y externos en el proceso de evolución.		H1, H2, H3		S
		17. ¡Hora de actuar!	Aproximación del proceso de reproducción en hongos y generación espontánea (experimento mental).	Poner en práctica la predicción de los modelos.	F4	H4		EM
B4	10	18. ¡Que se haga la luz!	Comparación de la función de relación del ser humano con el funcionamiento de un flexo (analogía).	Comprender la función de relación como un proceso de captar estímulos y emitir respuestas en el ser humano.	F1 F2 F3	H1, H2	I, GP, GG	A
	11	19. ¿Qué pasaría?	Aplicación del conocimiento aprendido sobre la función de relación a organismos de otros reinos (experimento mental).	Comprender la función de relación en organismos de otros reinos.	F4	H3, H4	GP, GG	EM
B1, B2, B3, B4	12	20. Uniendo ideas. Todo está conectado	Razonamiento de la conexión entre las tres funciones vitales.	Razonar la conexión entre las funciones vitales.	F5	H1, H2, H3, H4		
		21. ¡Hora de aplicar el conocimiento!	Constatación de la funcionalidad de la célula.	Tomar consciencia de que la célula es la unidad funcional de los seres vivos.				
		22. Os presento a Sophie	Revisión del conocimiento aprendido a un organismo no vivo (robot).	Crear conflicto con sus ideas intuitivas.				
		23. Hacemos un modelo final	Caracterización del modelo final de ser vivo, comparándolo con el inicial.	Construir un modelo final explicativo abarcando todo el conocimiento desarrollado en el transcurso de la secuencia.				
	24. ¿Son seres vivos?	Comprobación del modelo elaborado con un virus.	Comprobar los modelos creados.					
13	25. Cuestionario final	Cumplimentación del cuestionario final sobre los seres vivos.	Explicitar los modelos de los alumnos tras la implementación de la secuencia.			I		

**NOTA:** F1: exploración de ideas previas. F2: introducción de nuevas ideas. F3: estructuración del conocimiento. F4: aplicación del conocimiento aprendido. F5: autorregulación. B1: definición de ser vivo. B2: función de nutrición. B3: función de reproducción. B4: función de relación. H1: hito 1. H2: hito 2. H3: hito 3. H4: hito 4. I: individual. GP: grupo pequeño. GG: gran grupo. A: analogía. EM: experimento mental. S: simulación.