



Fotografía: Jason Molano Molano

CONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS

Ecosystems Building in the Initial Teacher Training

Construção de ecossistemas na formação inicial de professores

María José Sáez Bondía*
María José Gil Quílez**
Begoña Martínez Peña***

Fecha de recepción: 15 de agosto de 2018

Fecha de aprobación: 20 de abril de 2019

Resumen

Este artículo derivado de una investigación de corte cualitativo parte de la problemática de la enseñanza y aprendizaje de los ecosistemas en la formación inicial de maestros. Los ecosistemas, como sistemas biológicos complejos, presentan numerosos componentes que se relacionan entre ellos y sufren cambios temporales, lo que supone un reto no solo para su aprendizaje, sino también para su enseñanza. El objetivo del mismo es analizar los aprendizajes, dificultades y percepciones de los maestros en formación durante el desarrollo de una secuencia de actividades sobre ecosistemas. Dicha secuencia se estructuró en tres fases: 1) construcción de ecosistemas; 2) debate sobre cómo trabajar los ecosistemas en primaria tras la visualización de vídeos donde niños de primaria realizan explicaciones sobre ecosistemas contruidos en el aula; 3) diseño de una propuesta sobre ecosistemas basada en el planteamiento de cuestiones desde una perspectiva sistémica. La secuencia fue analizada a través de estudio de caso, utilizando como herramientas de registro de la información cuadernos de laboratorio y grabaciones de audio. Los resultados muestran las dificultades de los maestros en formación inicial a la hora de expresar las relaciones observadas entre los elementos del ecosistema construido; la implicación profesional que genera el debate tras la visualización de situaciones reales de aula; y la presencia de demandas mayoritariamente centradas en la identificación de los elementos del ecosistema cuando diseñan sus propuestas.

Palabras clave: ecosistema; formación de profesores; preguntas; enseñanza de las ciencias; aprendizaje sistémico.

* Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación Universidad de Zaragoza. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8733-1501>.

Correo electrónico: msaezbo@unizar.es

** Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9386-1827>

Correo electrónico: quilez@unizar.es

*** Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5775-4696>

Correo electrónico: bpena@unizar.es

Abstract

This article derived from a qualitative research work is based on the problem of teaching and learning about ecosystems in initial teacher training. Ecosystems, as complex biological systems, have many components that are related to each other and undergo temporal changes, which is a challenge not only for their learning but also for their teaching. The aim of the work is to analyze the learnings, difficulties and perceptions of a group of primary pre-service teachers during a sequence of activities about ecosystems. The analyzed sequence was structured in three phases: 1) construction of ecosystems; 2) discussion about working with ecosystems in primary school after the visualization of videos where primary school children make explanations about ecosystem created in the classroom; 3) design a pedagogical proposal about ecosystem based on raising issues from a systemic perspective. The sequence was analyzed using a qualitative approach through case study. To do so, data was recorded from annotations made by pre-service teachers and audio recordings. The results show the difficulties of the pre-service teachers when expressing the observed relationships between the elements of the built ecosystem; the professional implication generated by the debate after the visualization of real classroom situations; and the presence of questions mainly focused on the identification of the elements of the ecosystem when designing their proposals

Keywords: ecosystems; initial teacher training; questions; science education; system thinking.

Resumo

Este artigo, derivado de uma investigação qualitativa, baseia-se no problema do ensino e aprendizagem sobre ecossistemas na formação inicial de professores. Os ecossistemas, como sistemas biológicos complexos, têm muitos componentes que estão relacionados entre si e sofrem alterações temporais, o que não só desafia a sua aprendizagem, mas também a forma como são abordados no ensino. O objectivo deste projecto é analisar as aprendizagens, dificuldades e percepções dos professores em formação durante o desenvolvimento de uma sequência de actividades sobre ecossistemas. A sequência analisada foi estruturada em três fases: 1) construção de ecossistemas; 2) debate sobre como trabalhar com ecossistemas na escola primária depois de ver vídeos onde as crianças da escola primária realizam explicações sobre ecossistemas construídos na sala de aula; 3) concepção de uma proposta sobre ecossistemas baseada na abordagem de questões a partir de uma perspectiva sistémica. A sequência foi analisada através de um estudo de caso, utilizando cadernos de notas de laboratório e gravações áudio como ferramentas para registrar a informação. Os resultados mostram as dificuldades dos professores na formação inicial ao expressarem as relações observadas entre os elementos do ecossistema construído; o envolvimento profissional gerado pelo debate após a visualização de situações reais em sala de aula; e a presença de exigências centradas principalmente na identificação dos elementos do ecossistema ao conceber as suas propostas.

Palavras-chave: ecossistema; formação de professores; questões; ensino das ciências; aprendizagem sistémica.

Introducción

Los ecosistemas son un eje vertebral en la enseñanza de las Ciencias Naturales ya que interaccionan con muchos otros aspectos relacionados con la biología: los seres vivos, los ciclos de la materia y energía, aspectos medioambientales, entre otros. Como todos los sistemas naturales, los ecosistemas se encuentran constituidos por elementos que se relacionan entre sí de forma compleja (Liu, et ál., 2009), e interaccionan dinámicamente con entornos próximos, con los que hay un intercambio constante de materia y energía (Odum, 1992; Pickett, et ál., 1994).

Las características complejas y dinámicas de los ecosistemas hacen que su comprensión desde una perspectiva global y holística por parte de los estudiantes sea difícil, ya que requiere del desarrollo de un pensamiento sistémico (Leach, et ál., 1996; Martínez, et ál., 2014; González, et ál., 2015). Por este motivo, actualmente se busca que los estudiantes desarrollen ese tipo de pensamiento que les ayude a reconocer, describir y modelar aspectos complejos de la realidad como sistemas, identificando los elementos constituyentes y sus interacciones, así como reconocer los cambios en el tiempo y construir un modelo interno que facilite hacer predicciones (Archer, et ál., 2007; Riess, et ál., 2010).

De este modo, partimos de la idea de sistema como forma de abordar esta temática en el aula, tomando como referencia las recomendaciones sobre la introducción progresiva de ecosistemas y su relación con el modelo jerárquico del pensamiento sistémico propuestos por Del Carmen (1999) y Assaraff, et ál. (2005), respectivamente. Este modelo incluye tres niveles de complejidad que deben introducirse progresivamente cuando abordan sistemas complejos en el aula: nivel 1) análisis de los componentes del sistema, relacionado con la caracterización de los factores bióticos y abióticos del ecosistema estudiado, el establecimiento de límites y el estudio de la diversidad y abundancia; nivel; 2) síntesis de los componentes del sistema, asociado a las relaciones entre los elementos del ecosistema y nivel; 3) aplicación, en el que se incluyen los cambios en el ecosistema a lo largo del tiempo y su interacción con otros ecosistemas (Sáez, et ál., 2017).

Si trasladamos el aprendizaje de los ecosistemas desde una perspectiva sistémica a la formación inicial de maestros, no solo es necesario que estos conozcan los contenidos científicos correspondientes al currículo de primaria, sino que deberían adquirir competencias en el planteamiento de actividades contextualizadas en el aula de primaria, considerando las dificultades que entraña el abordar modelos complejos. Asimismo, en sus propues-

tas didácticas debería quedar reflejada la planificación de la interacción con los alumnos, aspecto que les resulta complejo plasmar (Toma, et ál., 2017).

Desde este enfoque, la formulación de preguntas constituye una herramienta básica para la construcción de modelos y la conexión de ideas que permiten afrontar la comprensión de fenómenos complejos (Sánchez, 2010; Aragüés, et ál., 2013). A través de las preguntas el alumado es capaz de avanzar en su propia comprensión, lo que representa una poderosa actividad metacognitiva (Roca, 2008) fundamental en el desarrollo de una visión sistémica.

Consideramos que analizar y valorar críticamente grabaciones de vídeo sobre situaciones reales de aula capacita a los maestros en formación inicial para reflexionar y revisar las interacciones que tienen lugar en las clases de ciencias, el uso del conocimiento científico y el planteamiento de cuestiones (Duncan, et ál., 2010; Aragüés, et ál., 2013). De este modo se palia, en parte, la falta de experiencia que les hace depender de materiales ya elaborados (Gil, et ál., 2017).

Este trabajo muestra la secuencia de actividades llevada a cabo en la formación inicial de maestros con tres objetivos: 1) construir un modelo de ecosistema y comprender su funcionamiento; 2) conocer y analizar situaciones de aula en las que los niños y niñas de primaria trabajan sobre ecosistemas. De estos objetivos se desprende un tercero, 3) diseñar propuestas sobre ecosistemas que permitan la construcción de un modelo inicial de ecosistema en la etapa de Educación Primaria, partiendo del modelo jerárquico de pensamiento sistémico.

A partir de dicha secuencia, se analizan los aprendizajes, dificultades y percepciones de los maestros en formación inicial a la hora de trabajar construyendo ecosistemas y diseñar propuestas basadas en el planteamiento de cuestiones sobre este tema desde una perspectiva sistémica.

Materiales y métodos

Contexto

La secuencia de actividades sobre ecosistemas llevada a cabo fue realizada en el 3º curso del grado de maestro en educación primaria de la Universidad de Zaragoza (España) en la asignatura Didáctica del Medio Biológico y Geológico durante el año académico 2017-2018. El número total de estudiantes que realizaron la secuencia de actividades fue de 150 que se distribuían en nueve grupos de trabajo.

Previo a la realización de la secuencia de actividades sobre la enseñanza de los ecosistemas, los maestros en formación inicial habían trabajado aspectos relativos a la germinación de las semillas, el concepto de ser vivo, el suelo, el río e invertebrados acuáticos. Por tanto, la introducción de los ecosistemas en ese momento permitiría vincular todos los aspectos trabajados previamente.

La universidad en la que se realizó la propuesta colabora con un centro escolar de la provincia de Zaragoza el CEIP X Fernández Vizarra Este centro trabaja utilizando un enfoque indagador, donde las demandas de los alumnos son consideradas a la hora de trabajar ciencias. Así, durante ese mismo año académico los niños y niñas de 5º y 6º de primaria habían propuesto construir y mantener ecosiste-

mas en clase. Un total de 45 alumnos de 5º y 6º de primaria trabajaron sobre ecosistemas y sus producciones, dudas y explicaciones fueron registradas y utilizadas para ser analizadas y discutidas con los maestros en formación inicial.

Para comprender mejor el contexto del estudio se muestra a continuación la secuencia de actividades realizadas con los maestros en formación, y el modo en el que los estudiantes de primaria trabajaron con ecosistemas.

Secuencia de actividades en la formación inicial de maestros

La secuencia de actividades realizada se estructuró en tres fases (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de la secuencia de actividades realizadas con los maestros en formación inicial

Fase 1. Construyendo ecosistemas en el aula
1. Los profesores proponen la construcción de un ecosistema cerrado
2. Los maestros en formación (estudiantes) buscan información y realizan propuestas sobre cómo construir un ecosistema cerrado
3. Profesores y estudiantes acuerdan la construcción de una eco-columna
4. Los estudiantes construyen sus eco-columnas y anotan las observaciones a lo largo del tiempo
5. Se discute en clase sobre los elementos presentes en los ecosistemas de la eco-columna y sus relaciones. Se proporciona una tabla orientativa para discutir los elementos y relaciones de la eco-columna (figura 2)
Fase 2. Percepciones sobre la enseñanza y aprendizaje de ecosistemas en primaria
1. Los profesores presentan la actividad realizada en Educación Primaria acompañado de imágenes de las producciones de los estudiantes y muestran videos de las explicaciones realizadas por los estudiantes de primaria sobre los cambios observados en sus ecosistemas. A partir de las explicaciones, los maestros en formación inicial exponen sus percepciones y expectativas relacionadas con enseñanza y aprendizaje de los ecosistemas en primaria.
Fase 3. Aplicación de lo aprendido
1. Los profesores proponen el diseño de una secuencia de actividades en Educación Primaria que ayude a los estudiantes a construir el modelo de ecosistema.

En la primera fase se trabajó sobre el modelo de ecosistema. Para ello, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cómo construirías un ecosistema autosuficiente en clase? Propusieron diferentes diseños: ecosistemas terrestres y acuáticos principalmente. Tras una puesta en común se acordó la construcción de una eco-columna, ya que aunaba las propuestas planteadas.

La eco-columna es un ecosistema autosuficiente a pequeña escala construido con tres botellas de plástico comunicadas entre sí. Cada una de las botellas representa

un “mini-ecosistema”: el acuático, el de descomposición y el terrestre (Figura 1). Así, no solo se pueden observar las relaciones entre los componentes presentes en cada botella sino también las relaciones entre ellas, favoreciendo una visión más sistémica y global. Este diseño de ecosistema a pequeña escala se encuentra en Instructable (s.f.), donde se concretan las instrucciones para su construcción.

Cada grupo de trabajo construyó una eco-columna que hizo que, atendiendo a los elementos a introducir en cada ecosistema, existiesen ligeras variaciones. Por ejemplo,



Figura 1. Modelo de eco-columna utilizado y eco-columnas construidas

hubo equipos que en la cámara acuática introdujeron peces y otros equipos emplearon agua de charca donde se podían observar pequeños invertebrados acuáticos; en la cámara terrestre se introdujeron diferentes tipos de semillas y algunos equipos introdujeron caracoles. Además, el suelo empleado era de diferente procedencia (tierra de maceta, suelos o tierra arcillosa). La Figura 1 muestra fotografías de algunas de las eco-columnas construidas.

Una vez construida la eco-columna, los maestros en formación inicial realizaban observaciones semanales y

las anotaban en sus cuadernos de laboratorio. El objetivo de las observaciones era que los maestros expresasen de forma escrita los cambios observados, lo que obligaba a explicitar las relaciones entre los elementos que conforman el ecosistema o entre los elementos presentes en cada cámara. Asimismo, permitía el planteamiento de preguntas y la elaboración de explicaciones sobre los cambios observados a modo de hipótesis. A partir de ello, se proporcionó una tabla orientadora adaptada de Gil, et ál. (2011) con cuestiones relacionadas con los elementos que componen el ecosistema construido y sus relaciones (Figura 2).

A continuación responde de forma individual a las siguientes preguntas, para ello puedes ayudarte de la siguiente tabla:

Tabla 1

Centrado en los organismos	Factores abióticos	Sistema
Energía: <ul style="list-style-type: none"> Obtención de la energía Reproducción: <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la población Competidores: <ul style="list-style-type: none"> Por el alimento Por la pareja Por el espacio 	Clima: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura, humedad, luz Sustrato, suelo Oxígeno, CO₂	Establecimiento de relaciones: <ul style="list-style-type: none"> Entre organismos Entre organismos y factores abióticos

- ¿Qué elementos reconoces en cada uno de los ecosistemas de la eco-columna?
- ¿Qué relaciones existen entre los diferentes ecosistemas?
- ¿Qué cambios has observado en cada uno de los ecosistemas a lo largo del tiempo? ¿Cuáles pueden ser los motivos de dichos cambios?

Figura 2. Cuestiones planteadas sobre la eco-columna

En la segunda fase, a partir de la observación de las explicaciones dadas por alumnos de primaria sobre los ecosistemas construidos y la propia actividad realizada, se discutió con el grupo-clase sobre los aprendizajes y las implicaciones didácticas a la hora de trabajar ecosistemas en el aula de primaria. Para ello se mostró la secuencia de actividades realizada con los alumnos de primaria: el planteamiento de la secuencia, sus construcciones y las explicaciones dadas por los niños de primaria ante problemas observados.

Por último, en la tercera fase, una vez debatidas las características y dudas presentes en los alumnos de primaria y las posibilidades de construir ecosistemas en el aula, plantearon el diseño de una secuencia de actividades con el objetivo de que los alumnos de primaria elaboren un modelo de ecosistema.

Actividades con ecosistemas en Educación Primaria

Partiendo de la pregunta ¿cómo podemos construir un ecosistema autosuficiente en clase?, las maestras de primaria del centro colaborador propusieron a los alumnos trabajar en grupo y comenzar buscando información sobre cómo podrían hacerlo y qué materiales necesitarían para construirlos. Después de buscar la información en internet, cada grupo expuso su propuesta que, posteriormente, fue sometida a debate para refinar y concretar los planteamientos de los diseños de los distintos grupos.

En otra sesión, los alumnos de primaria llevaron los materiales acordados al aula y realizaron los montajes: ecosistemas acuáticos abiertos y cerrados y ecosistemas terrestres abiertos. De este último tipo prepararon cuatro ecosistemas: con insectos palo; con lombrices; con caracoles y con lombrices y caracoles. En todos los terrarios había tierra y se plantaron lechugas para proporcionar alimento a los animales. En la Figura 3 se muestran fotografías del proceso de diseño y construcción de los ecosistemas.

Todos los cambios que se iban produciendo demandaban una explicación por parte de los alumnos de primaria o de las maestras, por lo que se dedicó una sesión en la que se debatió y profundizó sobre las explicaciones de los niños, que fueron grabadas en vídeo y transcritas para ser mostradas en la fase 2 de la secuencia con los maestros en formación inicial (Tabla 2).

Metodología de análisis

La investigación presentada es de corte cualitativo enmarcada en un estudio de caso (Simons, 2011). En la secuencia de actividades realizada con los maestros en formación inicial se analizan:

1) Fase 1: aprendizajes y dificultades derivadas de trabajar a partir de la construcción de un ecosistema con maestros en formación inicial. Para ello se emplearon los diarios de observación escritos por los futuros maestros y las



Figura 3. Propuesta de los alumnos de primaria sobre los materiales y ecosistema construido

Tabla 2. Cuestiones planteadas sobre la evolución de los ecosistemas en el aula de primaria

¿Por qué salen las lombrices a la superficie?

- Porque cuando llueve pueden salir de manera segura para buscar nuevas madrigueras.
- Las lombrices salieron porque a ellas les gusta la humedad y como el ecosistema estaba húmedo salieron.
- Porque cuando están bajo tierra tienen aire de la superficie, en cambio si hay mucho agua no pueden respirar bien, no pueden respirar por eso no están debajo y están arriba.

¿Por qué en el ecosistema acuático abierto se ha puesto el agua turbia?

- Porque metimos a dos cangrejos (muertos) y se han podrido.
- Creo que lo que pasa es que los cangrejos que metimos ensuciaron y contaminaron el ecosistema.
- El ecosistema huele mal porque los cangrejos se descomponen y el agua también porque falta de oxígeno.
- Se está evaporando el agua.

¿Por qué en un ecosistema acuático cerrado ha salido espuma y en el otro no?

- Porque la cladofora está sucia
- Porque el agua no está del todo limpia.
- Creo que lo que ha pasado ha sido que como se ha podrido las plantas y las lombrices, se fermentan y se produce anhídrido carbónico.

respuestas dadas sobre las características del ecosistema construido (Figura 2). Las observaciones realizadas en la fase 1.4 (Tabla 1) fueron analizadas atendiendo a los elementos del ecosistema a los que hacían referencia y a la coherencia de las explicaciones dadas a dichas observaciones. En el caso de las respuestas a las preguntas planteadas sobre el ecosistema (fase 1.5 de la Tabla 1 y Figura 2), se consideraron de nuevo el tipo de elementos que citaban dentro de la eco-columna, las relaciones que establecían entre organismos y factores abióticos y las explicaciones que construían sobre los cambios observados.

(2) Fase 2: declaraciones de los maestros en formación inicial ante la comparación de sus expectativas y la realidad en el aula de primaria comentada y visualizada en relación con la enseñanza y aprendizaje de ecosistemas en primaria. Los datos empleados parten de la transcripción de grabaciones en audio realizadas en una sesión de discusión de clase (fase 2.1 de la Tabla 1). Estas declaraciones fueron analizadas atendiendo a si los maestros en formación inicial hacían referencia a aspectos relativos a la ecología o a los relacionados con su futuro como maestros (comentarios profesionales).

(3) Fase 3: en la aplicación en el aula sobre lo aprendido (fase 3.1 de la Tabla 1) se analizaron las propuestas de enseñanza sobre ecosistemas para la escuela primaria desde la perspectiva del planteamiento de preguntas. Para ello, se utilizaron los cuadernos de laboratorio donde los estudiantes habían redactado sus propuestas. A partir de los diseños propuestos, se analizó el tipo de preguntas planteadas atendiendo al modelo de pensamiento

sistémico propuesto por Assaraff, et ál. (2005) y su categorización (Tabla 3).

Resultados

(1) Construyendo ecosistemas en el aula (fase 1): aprendizajes y dificultades

Generalmente, el modo en el que los maestros en formación inicial realizan sus anotaciones consiste en describir los cambios observados en cada cámara y tratan de explicar los motivos por los que han sucedido dichos cambios:

el pez que se encontraba en la botella del medio acuático ha aparecido muerto. Puede ser debido a falta de alimento o bien a que es de agua caliente y el agua en la que se encontraba no cumplía con esta condición.

Y en otros casos incluso indican modos de comprobar las posibles explicaciones propuestas:

el agua ha adquirido un color amarillo-marrón. Para poder comprobar la hipótesis de que el agua ha adquirido este color debido a la tierra que se ha utilizado podemos coger otro tipo de tierra y realizamos la comparación entre la tierra que hemos utilizado en nuestra columna y la otra tierra poniéndola cada una en un recipiente y echando la misma cantidad de agua en cada recipiente pudiendo observar el color de agua filtrada y así pudiendo comprobar si la hipótesis es correcta. (figura 4)

- cámara acuática : el agua ha adquirido un color amarillo-marrón. Para poder comprobar la hipótesis de que el agua ha adquirido este color debido a la tierra que se ha utilizado podemos coger otro tipo de tierra y realizarse la comparación entre la tierra que hemos utilizado en nuestra columna y la otra tierra poniéndola cada una en un recipiente y echando la misma cantidad de agua en cada recipiente pudiendo observar el color de agua filtrada y así pudiendo comprobar si la hipótesis es correcta. *

Figura 4. Anotaciones realizadas sobre las observaciones de la eco-columna

En otros casos el lenguaje empleado permite detectar dificultades a la hora de expresar sus ideas. Por ejemplo, “en esta cámara han desaparecido las lombrices, estas no se ven aunque las hemos buscado aunque pueden estar dentro de la tierra [...] creemos que están descompuestas”. Esta estudiante, plantea la idea de transformación de la materia, pero no tiene muy claro ni los factores implicados en el proceso ni el modo en el que expresarlo (“han desaparecido”).

A pesar de aportar la tabla orientadora (Figura 2), fueron pocos los estudiantes que se basaron en ella para contestar a las preguntas planteadas. En la Figura 5 se puede observar una de las pocas respuestas realizadas empleando la base de orientación. Dicha figura muestra cómo, para cada uno de los apartados de la tabla orientadora, se incluye información articulada atendiendo a las cámaras de la eco-columna (partes “acuática”, “descomponedora” y “terrestre”). Cuando se hace referencia a la obtención de energía, para cada uno de los elementos presentes en cada cámara, insinúa cómo cubren sus necesidades energéticas (“el pez mediante las algas y el agua”). Del mismo modo describe la reproducción, donde se observan ciertas dudas: “no creemos que las algas se vayan a reproducir” (sin especificar el porqué). En el caso de los factores abióticos, no concreta, indicando para las tres cámaras que “las condiciones están controladas para que sobreviva la población”.

Cuando se demandaba que identificasen los elementos presentes en cada cámara o ecosistema, pregunta a de la Figura 2, mayoritariamente indicaban los organismos que habían introducido, así como la tierra y el agua como factores abióticos y, muy pocos señalaban la presencia del oxígeno producido por las plantas o

algas, la luz o la temperatura, que estaban recogidos en la base de orientación:

En los tres ecosistemas tenemos agua, ya sea para construirlo o en la tierra, que está mojada por agua para que puedan crecer seres vivos. También existe presencia de seres vivos, ya sean animales o plantas. Por último, los tres tienen algún tipo de roca y oxígeno y CO_2 para la vida.

Así, se aprovechó este momento para comentar la presencia de factores abióticos que no son visibles, pero tienen un papel básico en el mantenimiento de los ecosistemas.

En cuanto a las relaciones entre cada uno de los ecosistemas, pregunta b de la Figura 2, la mayoría de los maestros en formación inicial los relacionaban a través del paso de agua de un ecosistema al siguiente, especificando que, en su paso, arrastra tierra y algunas semillas:

Las plantas usan la energía lumínica, los nutrientes de la tierra y el agua, que se filtra al ecosistema de suelo hace que las lombrices obtengan energía. Del suelo pasan nutrientes que han filtrado del terrestre y a su vez llegan al acuático. Así, hay un intercambio de nutrientes.

Pero, no profundizan en cómo el paso del agua afecta a los otros ecosistemas, ni qué sucede con los elementos ya presentes en los mismos (relaciones entre factores abióticos y bióticos, por ejemplo). Tampoco tienen en cuenta a los microorganismos del suelo y del agua que realizan la descomposición de la materia orgánica y aportan nutrientes para el mantenimiento de los ecosistemas, por lo que se abordaron en el aula.

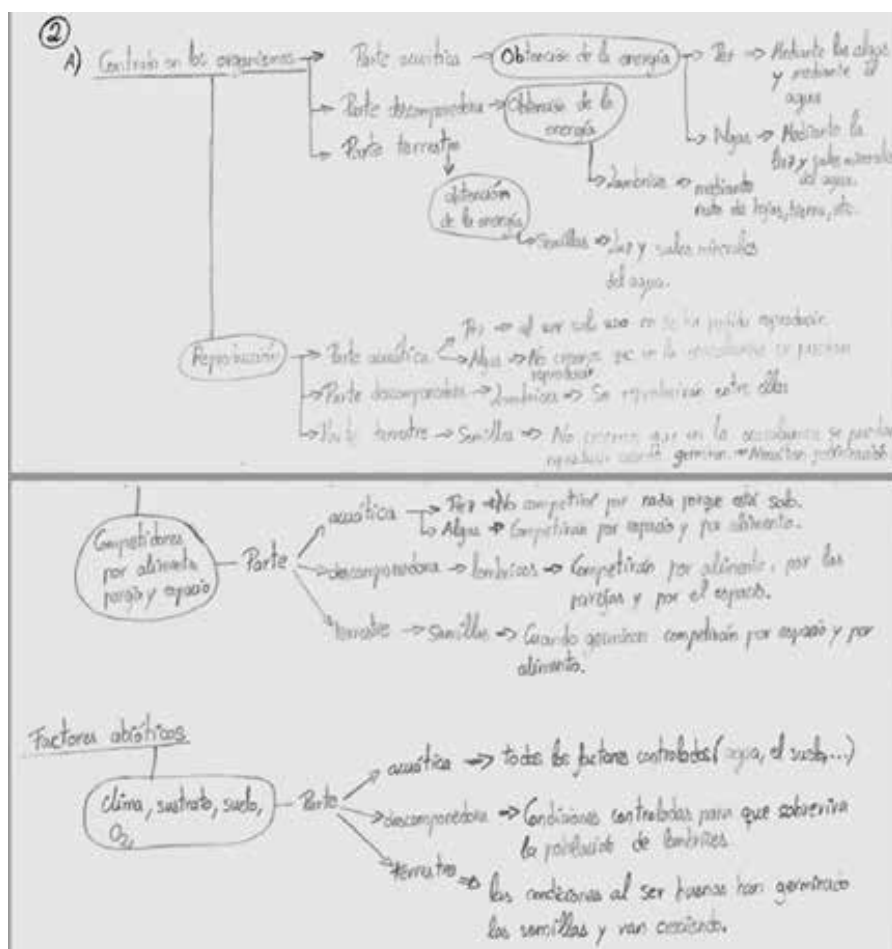


Figura 5. Esquema realizado por un estudiante sobre la eco-columna basado en las orientaciones proporcionadas

Por último, con relación a los cambios observados a lo largo del tiempo en los tres ecosistemas, pregunta c de la figura 2, los maestros en formación citaban mayoritariamente el incremento del nivel de agua en el ecosistema acuático, la germinación o no de las semillas del ecosistema terrestre o la descomposición de las hojas en la cámara de descomposición. También hicieron referencia a cambios no previstos como el paso de las lombrices al ecosistema terrestre o al acuático a través del cuello de las botellas, el moho que apareció en las hojas de las plantas que tocaban las paredes de las botellas, o la araña que encontraron en la cámara de descomposición a pesar de no haberla introducido de manera consciente:

Ha aparecido una araña en la segunda botella (descomposición). Consideramos que la araña podría haber estado oculta en la materia orgánica (hojarasca) que añadimos el día de la creación de la eco-columna. La otra posibilidad es que en esta materia orgánica hubiera huevos de araña.

Las características suelo también se consideraron, asociando, por ejemplo, el cambio de color del agua de la cámara acuática como algo que podía estar relacionado con las características del suelo. Todo ello son observaciones puntuales sobre la evolución de la eco-columna, pero faltaría una primera reflexión integradora que se aproxime a la idea de sistema. Fue en ese momento cuando se retomaron algunos aspectos trabajados anteriormente, como las variables que afectan a la germinación de las semillas para dar posibles motivos a los cambios observados.

En general, establecen relaciones causales simples en los cambios observados en las eco-columnas del mismo modo en el que lo hacían durante sus observaciones. Asimismo, tienen dificultades a la hora de diferenciar entre los materiales empleados para la construcción de la eco-columna (botellas de plástico) y los factores abióticos presentes en el modelo construido.

(2) Percepciones sobre la enseñanza y aprendizaje de ecosistemas en primaria (fase 2): de las expectativas a la realidad

Tras lo trabajado con la eco-columna se dedicó tiempo para hablar sobre los posibles aprendizajes que supondría trabajar a través de la construcción y observación de ecosistemas en el aula de primaria. Los maestros en formación inicial destacaban la implicación que genera construir, observar y mantener un ecosistema en clase debido a la facilidad de acceso para realizar observaciones. Asimismo, vieron muy interesante el hecho de introducir dentro de la eco-columna el “ecosistema de descomposición” ya que no se suele considerar el suelo como una parte importante en el mantenimiento de los ecosistemas. Otro aspecto que resaltaron fue la vinculación con contenidos previamente trabajados como las variables que influyen en la germinación de las semillas.

En cuanto al interés que puede tener su aplicación en un aula de primaria, concretaron que se trataba de un modo de adquirir una visión más integral de lo que sucede en un ecosistema, observando las relaciones presentes entre los diferentes elementos que los componen. Señalaban que este podría ser un punto de partida para plantear preguntas así como la realización de pequeñas investigaciones, como la señalada en el apartado anterior sobre el color del agua, ya que genera mucho interés en los alumnos.

Al mostrar las producciones y los vídeos del alumnado de primaria, les llamó la atención los conocimientos que mostraban a la hora de elaborar las explicaciones. Por ejemplo, una estudiante declaró “No me esperaba que supiesen tanto, hablan hasta del anhídrido carbónico”. Los estudiantes tienden a pensar que al alumnado de primaria no es capaz de utilizar términos científicos y construir explicaciones sencillas, probablemente porque para ellos es complejo. Asimismo se ratifican en lo expresado anteriormente: “trabajar construyendo ecosistemas en clase genera mucho interés e implicación por parte de los niños y las niñas”.

Los estudiantes de magisterio percibían la dificultad hacer preguntas que permitiesen relacionar ideas ya que, para ello es necesario tener claro los objetivos de estas y en general, resulta muy difícil hacer una buena pregunta en ese sentido.

En general, las declaraciones relacionadas con la comparativa entre sus expectativas y la realidad del aula mostrada se centran en cuestiones profesionales manifestando su sorpresa sobre las situaciones auténticas de aula, al mismo tiempo que cierta inseguridad ante la pers-

pectiva de abordar el tema en el aula como maestros en un futuro próximo (tanto desde los contenidos abordados como su didáctica).

(3) Aplicación de lo aprendido (fase 3): propuestas sobre ecosistemas

A partir del análisis de ambas secuencias de actividades se propuso a los maestros en formación inicial que planearan de forma individual una secuencia de actividades con el objetivo de que los alumnos de primaria construyesen el modelo de ecosistema: “Basándote en la actividad de la eco-columna plantea una secuencia coherente de preguntas y actividades que ayuden a los alumnos de primaria a construir el modelo de ecosistema (piensa tanto en los factores bióticos como abióticos)”.

La mayoría se centraban en el diseño del montaje de la eco-columna tal y como se había realizado en clase (fase 1):

Realizar la construcción más rigurosamente y más grandes para apreciar mejor los cambios. Añadir una especie de ventana en el acuático para medir variables como la temperatura del agua, la humedad en el de descomposición. Añadir pequeños crustáceos en el acuático. (Estudiar) la evolución de los ecosistemas por separado para comparar con la eco-columna.

En general, planteaban secuencias similares a la realizada con la eco-columna, bien comenzando desde la propuesta de una cuestión inicial relacionada con la construcción de un ecosistema autosuficiente en el aula, o bien a partir de la eco-columna ya construida. Desde ese punto los estudiantes proponían preguntas que guiaban hacia la descripción de fenómenos observables, la elaboración de explicaciones sobre lo observado o a la realización de predicciones (Tabla 3). No obstante, no concretaban los contenidos específicos sobre ecosistemas que se podían abordar a partir de las preguntas planteadas en su secuencia.

Casi todas las preguntas planteadas en sus propuestas se centran en los niveles uno y dos. En el caso de las cuestiones del nivel 1 hacen referencia a la identificación de los elementos presentes en el ecosistema estudiado, siendo mayoritariamente de carácter descriptivo. Las cuestiones relacionadas con el nivel 2 tratan de relacionar dos elementos del ecosistema o algunas que tienen un carácter más explicativo. Estas cuestiones generalmente se centran en el establecimiento de asociaciones lineales simples, que parecen tener un carácter unidireccional. En cuanto al resto de preguntas propuestas en sus secuencias, se observan cuestiones que no se incluyen en ninguno de los niveles establecidos ya que

Tabla 3. Cuestiones planteadas por los maestros en formación inicial en sus propuestas (basado en los niveles propuestos por Assaraff y Orion (2005))

Nivel Jerárquico de Pensamiento sistémico	Nº de preguntas (porcentaje respecto al total de preguntas)	Ejemplos
Nivel 1. Análisis de los componentes del sistema	n=145 (41.9%)	<p>“¿Qué elementos constituyen cada ecosistema?”</p> <p>“¿Qué se podría hacer para observar los ecosistemas?”</p> <p>¿Qué diferencias encontramos entre el terrestre, el de descomposición y el acuático?</p> <p>“¿Por qué cuando llueve la tierra absorbe agua?”</p>
Nivel 2. Síntesis de los componentes del sistema	n=158 (45.7%)	<p>“¿Qué relación tiene el oxígeno con una planta del ecosistema terrestre?”</p> <p>“¿Es necesario que el animal y la planta vivan en el mismo lugar? ¿Por qué?”</p> <p>“¿Qué harán las lombrices si en su ecosistema no encuentran alimento adecuado?”</p> <p>¿Por qué en el ecosistema de descomposición no vemos a las lombrices salir al exterior?”</p>
Nivel 3. Aplicación	n=19 (5.5%)	<p>“¿Qué pasaría si a la eco-columna no le da el sol?” “¿Cómo obtiene vuestro ecosistema la energía necesaria para ser autosuficiente?”</p> <p>“¿Podemos eliminar las bacterias y organismos descomponedores de un ecosistema? ¿Por qué?”</p> <p>¿Dónde encontramos y de qué manera los elementos de la eco-columna en el ecosistema fluvial?</p>
Otros	n=24 (6.9%)	<p>“¿Cómo podríamos demostrar si las hipótesis son ciertas?”</p>

no contextualizan sobre el ecosistema. Por ejemplo, en la pregunta incluida como ejemplo en la categoría “otros” de la Tabla 3 se plantea así en el comienzo de la actividad sin especificar cuáles son las hipótesis de partida. Por último, las cuestiones incluidas en el nivel 3 son principalmente de tipo predictivo, aunque hay alguna que sería de aplicación al buscar el paralelismo entre la eco-columna y un ecosistema fluvial.

En cuanto a la coherencia de las preguntas a lo largo de la secuencia, son pocos los maestros en formación que parten de niveles 1 para llegar a niveles 3. Por ejemplo, hay estudiantes que proponen el diseño de la eco-columna como actividad inicial y tras su construcción plantean cuestiones que implican un pensamiento sobre posibles cambios a lo largo del tiempo, sin haber discutido cuestiones sobre las necesidades de los seres vivos presentes en el ecosistema o las relaciones entre factores bióticos y abióticos. Asimismo, de nuevo, muchos maestros en formación plantean preguntas, pero luego no especifican el tipo de actividades que se realizarían para dar respuesta a dichas preguntas.

En menor proporción hay propuestas que son planteadas siguiendo la secuencia, preguntas-actividades de un modo coherente. Introduciendo, por ejemplo, preguntas de tipo descriptivo relacionadas con la identificación de los elementos que componen el ecosistema, siguiendo

con las relaciones existentes, bien entre factores bióticos o abióticos o entre cada una de las cámaras de la eco-columna (en caso de proponer la construcción de una eco-columna), demandando en algunas ocasiones explicación de dicha relación. No obstante, no se concretan las actividades a realizar quedando en descripciones generales. Por ejemplo, ante la pregunta ¿de qué se alimentan las lombrices si no les damos de comer? Se concreta como actividad para responder a la pregunta que los estudiantes “responderán a la pregunta”, pero no especifica el tipo de respuestas esperables y cómo abordarlas a continuación.

La secuencia de preguntas que plantean es más completa que los resultados obtenidos a partir de las observaciones de la eco-columna. En la eco-columna se planteaban pocas relaciones y muy lineales en cambio en la propuesta para trabajar con alumnado de primaria se plantean más relaciones, más complejas y próximas a un modelo de sistema.

Discusión, conclusiones e implicaciones didácticas

Este trabajo analiza los aprendizajes, dificultades y percepciones derivadas de la puesta en marcha de una secuencia de actividades llevada a cabo con maestros en formación inicial. A partir de la construcción de un

ecosistema en clase y la realización de observaciones sobre el mismo, los futuros maestros analizan la secuencia realizada y otra secuencia similar realizada con niños de primaria. A partir de lo trabajado, los maestros en formación inicial diseñan propuestas para trabajar los ecosistemas en el aula que son analizadas atendiendo al modelo jerárquico del pensamiento sistémico propuesto por Assaraff, et ál. (2005).

En España, la mayoría de los estudiantes que acceden al grado de magisterio dejan de cursar asignaturas relacionadas con las ciencias experimentales a los 15 años y, durante su formación como maestros, tan solo cursan dos asignaturas cuatrimestrales de contenidos relacionados con la didáctica de las ciencias experimentales. Así, el conocimiento sobre ciencias de estos estudiantes suele ser superficial, poco sólido y fragmentado (Cañal, 2008; Porlán, et ál., 2010; Verdugo, et ál., 2019).

Por ese motivo es necesario retomar conocimientos sobre el tema a trabajar en el aula. Así, llevar a cabo una secuencia de actividades sobre ecosistemas a través de la construcción de uno, es un punto de partida en la formación inicial de maestros. De este modo, se obliga a retomar ideas clave sobre el tema y desarrollar habilidades científicas como el planteamiento de preguntas y la emisión de hipótesis, necesarias para su labor como futuros maestros. En este caso, la construcción de la eco-columna, su observación y el análisis realizado sobre las características del ecosistema construido en clase, genera implicación e interés. Hay más participación por parte del alumnado de magisterio tanto en discusiones sobre el aprendizaje de la ecología como en la propuesta de actividades para el aula de primaria. Además, ver una grabación de un aula de primaria les hace ponerse en una situación más profesional.

No obstante, hay que ser cuidadosos, ya que puede generar un interés que deje a un lado el propio contenido a abordar, es decir que se centre exclusivamente en la parte manipulativa (*hands on* frente a *minds on*), tal y como explican Couso (2014) o Furtak, et ál. (2018). También hay que tener en consideración que la “emoción” por la novedad de llevar ecosistemas a clase domine sobre los aprendizajes sobre ecosistemas. Este último aspecto ya se ha observado en la realización de salidas a entornos naturales, donde fue denominado como “factor novedad” (Falk, et ál., 1978).

Durante el proceso de construcción y observación de los cambios producidos en el ecosistema (fase 1) los maestros en formación inicial realizan descripciones, observándose ciertas dificultades a la hora de emplear el lenguaje y el establecimiento de relaciones que supongan procesos de retroalimentación complejos (por ejemplo, cuando

hacen referencia a la “desaparición de las lombrices” o hablan de descomposición sin tener muy claro de qué están hablando). Es más, sus descripciones y explicaciones frente a los cambios observados, se centran fundamentalmente en relaciones lineales (más riego, más sube el nivel de agua, por ejemplo).

Discutir sobre las implicaciones didácticas de una propuesta que se ha llevado a cabo de primera mano (fase 2) favorece que los futuros maestros reflexionen sobre la puesta en marcha de este tipo de actividades. No obstante, resulta interesante mostrarles situaciones reales de aula que permitan hacerse una idea del contexto, aspecto que únicamente haciendo la actividad y analizándola no pueden observar. Además, este hecho parece generar más implicación (Gil, et ál., 2017) y así se observa también en la secuencia de actividades realizada. Parece que los maestros en formación no tienen muy claro los conocimientos de los estudiantes de primaria y perciben como una tarea compleja la realización de preguntas contextualizadas (Aragüés, et ál., 2013).

Las dificultades declaradas y observadas a lo largo de la secuencia se detectan de nuevo cuando plantean propuestas para trabajar ecosistemas en el aula de primaria (fase 3). La ausencia de coherencia en la secuencia global, el planteamiento mayoritario de preguntas centradas en la identificación de elementos dentro del ecosistema (nivel 1) o de preguntas que establecen relaciones entre elementos de tipo lineal (nivel 2), sin ampliar sus secuencias a preguntas a un nivel 3 (aplicación a nuevas situaciones), que impliquen un pensamiento temporal, son algunas de las dificultades. Asimismo, se observa una falta de concreción en las actividades con las que trabajar para responder a las cuestiones planteadas, es decir, no sabían diseñar actividades. Este hecho coincide con el trabajo de Tomás, et ál. (2017) con relación a las dificultades de los maestros para diseñar actividades desde un enfoque indagador. No obstante, se sienten concernidos por la actividad y despierta su responsabilidad como maestro.

Finalmente, hay que señalar que uno de los obstáculos tanto en el aprendizaje como en la enseñanza de los ecosistemas está relacionado con el lenguaje, tanto en el aula de primaria como en la universidad. La complejidad de los fenómenos que intervienen en un ecosistema (gran número de interrelaciones dinámicas, factores de cambio, límites temporales y espaciales, etc.) constituye un obstáculo en la comunicación de datos e ideas por parte del alumnado

Autores como Anderson, et ál. (1997) concretan que el pensamiento sistémico es un lenguaje que permite comunicar relaciones complejas e interdependencias.

No obstante, ese lenguaje no es fácil de aprender. Por una parte, los modelos mentales de las personas son una amalgama compleja de imágenes y experiencias, la construcción de una visión sistémica requiere del aislamiento de cada uno de los elementos dinámicos a partir de los cuales se va construyendo un modelo de interacciones y flujos. Sería como escribir la primera palabra de un párrafo: en el caso de los expertos esa palabra les hace ver el conjunto de oraciones que continuarán porque ya tienen un esquema mental creado, sin embargo en el caso de los novatos, esa primera palabra es un abismo. Por otra, la representación de modelos complejos, como lo son los ecosistemas, a partir de los cuales comunicar interacciones y cambios pueden generar una sobrecarga cognitiva que dificulta la comunicación (Richmond, 1994). Este tipo de dificultades relacionadas con el lenguaje se observan cuando los maestros en formación inicial tratan de hablar o diseñar actividades sobre ecosistemas. Por tanto, sería necesario trabajar el lenguaje de forma más explícita en relación con el aprendizaje de las ciencias en lo que hace referencia a sistemas complejos como los ecosistemas.

Por todo ello, en el contexto analizado cabría señalar que la formación de maestros en materia de ciencias y su didáctica ante sistemas complejos debería ir encaminada a: 1) uso de estrategias que permitan construir conocimiento sobre sistemas complejos; 2) uso del lenguaje a través de comunicar ideas científicas complejas; 3) desarrollo de capacidades didácticas básicas, como selección de contextos, planteamiento de cuestiones coherentes a los objetivos, poniendo énfasis en la concreción del tipo de actividades a realizar. Desde la perspectiva de la competencia profesional es deseable que un maestro disponga de competencia científica y didáctica para promover la competencia científica de sus estudiantes (Cañal, 2012). Actividades como las analizadas en este estudio en las que se complementa la formación científica y didáctica de los maestros son útiles para eliminar los obstáculos relacionados con la formación inicial de maestros (Cañal, et ál., 2008).

Agradecimientos

Grupo Consolidado de Investigación Aplicada BEAGLE (Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo) perteneciente al Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA-UNIZAR). Proyecto EDU2016-76743-P del MINECO.

Referencias

Anderson, V. and Johnson, L. (1997). *Systems thinking basics*. Pegasus Communications.

- Aragüés, A., Gil, M.J. y De la Gándara, M. (2013). *Trainee Teachers in the Primary Classroom: the Role of Questions in Developing a Sequence of Inquiry-Based Classes*. European Science Education Research Association (ESERA), Conference, Nicosia, Chipre.
- Archer, A., Arcá, M. y Sanmartí, N. (2007). Modelling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: a Case Study in Primary Education. *Science Education*, 91, 398-418. <https://doi.org/10.1002/sce.20196>
- Assaraf, O. y Orion, N. (2005). Development of System Thinking Skills in The Context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Cañal, P. (2008). ¿Cómo orientar la formación inicial del profesorado de primaria en didáctica de las ciencias experimentales? En M. R. Jiménez Liso (Ed.). *Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 256- 263). Almería: Editorial Universidad de Almería.
- Cañal, P. (2012). Saber ciencias no equivale a tener competencia profesional para enseñar ciencias. En E. Pedrinaci (Coord.). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp.217-239). Grao.
- Cañal, P., Criado, A.M., Ruiz, N.J. y Herzel, C. (2008). Obstáculos y dificultades de los maestros en formación inicial en el diseño de unidades didácticas de enfoque investigador: el inventario general de obstáculos. En M. R. Jiménez Liso (Ed.). *Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 344-353). Ed. Univ. Almería.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. En M.A. de las Héras Pérez, A.A. Lorca Martí, B. Vázquez Bernal, A.M. Wamba Aguado y R. Jiménez Pérez, *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante* (pp. 1-28). Servicio de publicaciones. Universidad de Huelva.
- Del Carmen, L. (1999). El estudio de los ecosistemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 20, 47-54.
- Duncan, R. G., Pilitsis, V. y Piegario, M. (2010). Development of Preservice Teachers' Ability to Critique and Adapt Inquiry-Based Instructional Materials. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 81-102. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9153-8>

- Falk, J.H., Martin, W.W. y Balling, J.D. (1978). The Novel Field-Trip Phenomenon: Adjustment to Novel Settings Interferes with Task Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), 127-134. <https://doi.org/10.1002/tea.3660150207>
- Furtak, E. M., y Penuel, W. R. (2019). Coming to Terms: Addressing the Persistence Of “Hands On” And Other Reform Terminology in The Era of Science as Practice. *Science Education*, 103(1), 167-186. <https://doi.org/10.1002/sce.21488>
- Gil, M. J., Gándara, M. D. L., Dies, M. E. y Martínez, B. (2011). Animales extraordinarios: la construcción y uso de modelos en la Escuela Primaria. *Revista Investigación en la Escuela*, 74, 89-100.
- Gil, M.J., Martínez, M.B. y Cordero, S. (2017). Grabaciones de situaciones de aula para la formación del profesorado. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 58-73. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2005>
- González, F., Carrillo, F.J y García-Alix, A. (2015). Fundamentos de ecología. En F.G. González García (Coord.), *Didáctica de las ciencias para educación primaria. II. Ciencias de la vida* (pp. 189-209). Pirámide.
- Instructable. (s.f.). *Taller de Instructable*. <http://www.instructables.com/id/Eco-Column/>
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996). Children's Ideas About Ecology 2: Ideas Found in Children Aged 5-16 About the Cycling of Matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34. <https://doi.org/10.1080/0950069960180102>
- Liu, L., y Hmelo-Silver, C.E. (2009). Promoting Complex Systems Learning Through the Use of Conceptual in Hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 1023-1040. <https://doi.org/10.1002/tea.20297>
- Martínez, M. B. y Gil, M. J. (2014). El río: un tema cotidiano para el aula de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 257-266.
- Odum, E. (1992). Great Ideas In Ecology for The 1990's. *Biosciences*, 42, 542-545. <https://doi.org/10.2307/1311885>
- Pickett, S.T.A, Kolasa, J. y Jones, C.G. (1994). *Ecological understanding*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-050497-1.50013-4>
- Porlán, R., Martín, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- Richmond, B. (1994). Systems Thinking/System Dynamics: Let us Just Get on With It. *System Dynamics Review*, 10(23), 135-157. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100204>
- Riess, W. y Mischo, C. (2010). Promoting Systems Thinking through Biology Lessons. *International Journal of Science Education*, 32, 705-725. <https://doi.org/10.1080/09500690902769946>
- Roca, M. (2008). *Les preguntes en l'aprenentatge de les ciències*. [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona].
- Sáez, M.J., Lucha, P., Claver, A.M., Arasanz, A. y Iráizoz, R. (2017). Del dicho al hecho en una propuesta sobre ecosistemas contextualizada en el huerto escolar. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(2), 47-57. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.2.3085>
- Sánchez, N. (2010). La formulación de preguntas: una alternativa metodológica que favorece la reflexión, discusión y construcción de conocimiento. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 3(4), 191-196. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.3num.4bio-grafia191.196>
- Simons, H. (2011). *El estudio de caso: teoría y práctica*. Madrid: Morata.
- Tomá, R. B., Greca I. M. y Meneses-Villagrà, J. A. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 442-457. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11
- Verdugo, J., Soláz-Portoles, J.J. y Sanjosé, V. (2019). Evaluación del conocimiento científico en maestros en formación inicial: el caso de la comunidad valenciana. *Revista de Educación*, 383, 133-162.