



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

Estudiando los polinizadores en el contexto del huerto ecodidáctico universitario: presentación de una SEA

Eugenio-Gozalbo, Marcia; Monferrer, Lidón; Ortega-Cubero, Inés; Adelantado-Renau, Mireia

Estudiando los polinizadores en el contexto del huerto ecodidáctico universitario: presentación de una SEA

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 19, núm. 3, 2022

Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92070576012>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3206

Estudiando los polinizadores en el contexto del huerto ecodidáctico universitario: presentación de una SEA

Studying pollinators in the context of the university organic learning garden: a teaching-learning sequence

Marcia Eugenio-Gozalbo

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales,
Sociales y de la Matemática, Facultad de Educación de
Soria, Universidad de Valladolid, España

marcia.eugenio@uva.es

 <https://orcid.org/0000-0002-7907-9780>

DOI: <https://doi.org/10.25267/>

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3206

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92070576012>

Lidón Monferrer

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales,
Departamento de Educación y Didácticas Específicas,
Universitat Jaume I, España

lmonferr@uji.es

 <https://orcid.org/0000-0001-8117-6814>

Inés Ortega-Cubero

Departamento de Didáctica de la Expresión Musical,
Plástica y Corporal, Facultad de Educación de Soria,
Universidad de Valladolid, España

ines.ortega.cubero@uva.es

 <https://orcid.org/0000-0003-1097-6181>

Mireia Adelantado-Renau

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales,
Departamento de Educación y Didácticas Específicas,
Universitat Jaume I. Castellón, España

adelantm@uji.es

 <https://orcid.org/0000-0001-6124-8876>

Recepción: 11 Enero 2022

Revisado: 06 Abril 2022

Aprobación: 24 Mayo 2022

RESUMEN:

Se presenta una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) para maestros en formación inicial, así como los resultados obtenidos tras dos implementaciones consecutivas en dos universidades diferentes, con una fase de rediseño entre ambas. Su objetivo es promover el conocimiento sobre la reproducción vegetal, la importancia de la polinización entomófila y los grupos taxonómicos de polinizadores de la Península Ibérica. Su diseño se planteó desde una estrategia de enseñanza de las ciencias en contexto, utilizando los huertos ecodidácticos como contextos reales, e incluyendo entre sus actividades el uso del dibujo científico para la enseñanza-aprendizaje de la anatomía (flor y polinizadores), y la realización de experiencias prácticas, incluyendo un muestreo de polinizadores del huerto, que se hizo siguiendo un programa de ciencia ciudadana británico, traducido y adaptado. Se evalúan su implementación piloto (n=21, Universitat Jaume I) y la implementación de la secuencia mejorada (n=41, Universidad de Valladolid), en base al análisis de las respuestas que dieron los estudiantes a un cuestionario combinando preguntas abiertas y cerradas que se les planteó inicial y finalmente, en el que se solicitaban también representaciones gráficas. Respecto a las plantas, se observaron ideas iniciales erróneas sobre la reproducción sexual, como no considerar la existencia de flores hermafroditas, o de plantas monoicas; la creencia de que existen angiospermas sin flores; la asociación de flor con polen, pero no con óvulos; o la conceptualización del polen en

base a su aspecto y no a su función, que mejoraron tras la instrucción, particularmente en la Universidad de Valladolid. Respecto a polinizadores, la segunda implementación conllevó mejoras notables en el aprendizaje sobre su anatomía, diversidad, y clasificación taxonómica. Se discuten potenciales mejoras para esta SEA, conectándose así su diseño con la investigación educativa.

PALABRAS CLAVE: Ciencia ciudadana, Dibujo científico, Enseñanza de las ciencias en contexto, Formación inicial de maestros, Investigación Basada en Diseño, Polinizadores, Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA).

ABSTRACT:

A Teaching-Learning Sequence (TLS) for pre-service teachers is introduced, together with the results obtained after two consecutive implementations at two different universities, with a redesign phase between them. Its objective is promoting knowledge about plant reproduction, the importance of entomophile pollination, and the taxonomic groups of pollinators in the Iberian Peninsula. Its design was approached from a strategy of science education in context, by using learning gardens as real contexts, and including among its activities the use of scientific drawing for teaching-learning on anatomy (flowers and pollinators), and the realization of practical experiences, including a sampling of garden's pollinators, that was conducted by following a British citizen science program, translated and adapted. Its pilot implementation (n=21, Universitat Jaume I) and the implementation of the improved sequence (n=41, Universidad de Valladolid) are assessed based on the analysis of the responses given by students to a questionnaire that was conducted both initially and finally, including open and closed questions, and also graphic representations. Regarding plants, initial erroneous ideas on sexual reproduction were observed, such as obviating hermaphroditic flowers, or monoecious plants; the belief that there are angiosperms without flowers; associating flowers with pollen, but not with ovules; or a concept of pollen based on its external appearance instead of its function. All such ideas improved after instruction, particularly at Universidad de Valladolid. Regarding pollinators, the second implementation led to notable improvements in learning about their anatomy, diversity, and taxonomic classification. Potential improvements for the TLS are discussed, thus connecting its design with educational research.

KEYWORDS: Citizen science, Initial teacher training, Pollinators, Research-Based Design, Science education in context, Scientific drawing, Teaching-Learning Sequence (TLS).

INTRODUCCIÓN

La educación biológica tiene como objetivo mejorar el conocimiento y la apreciación de la biodiversidad. Actualmente, la biodiversidad es un tema educativo clave (Gaston y Spicer, 2004; van Weelie y Wals, 2002), cuya comprensión requiere conocimientos básicos sobre las especies, su identificación e historia de vida (Lindemann-Mathies, 2006; Randler, 2008). El grupo de organismos más abundante y diverso del planeta son los insectos, que son parte fundamental de las redes tróficas y elementos clave en procesos ecológicos como la polinización (Black *et al.*, 2001). Sin embargo, el 40% de las especies está en riesgo de extinción y las tasas de desaparición son 8 veces superiores a las de mamíferos, aves y reptiles (Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019). La mayor disminución ocurre en los polinizadores, y en insectos acuáticos (Potts *et al.*, 2010). A pesar de que los polinizadores son responsables de hasta un 35% de la producción mundial de alimentos (Klein *et al.*, 2007), una causa importante de su disminución es la expansión de la agricultura intensiva (Gabriel *et al.*, 2013), debido a la pérdida y fragmentación de hábitats (Gossner *et al.*, 2016) y al uso masivo de biocidas (Brittain *et al.*, 2010). Otros factores, como el cambio climático y las especies invasoras, agravan aún más la situación (Mohsin *et al.*, 2015). Pese a su relevancia, la población muestra un escaso conocimiento y apreciación de la biodiversidad de insectos (Shipley y Bixler, 2017; Puig y Gómez Prado, 2021).

Desde la educación científica se recomiendan la inclusión de los insectos desde edades tempranas y en la formación inicial de maestros (Hummel *et al.*, 2012; Wagler y Wagler, 2011). Entre otros argumentos, se señala que los insectos exhiben una variedad de rasgos anatómicos que resultan fascinantes para los niños (Shipley y Bixler, 2017), o que el trabajo práctico con insectos en la escuela puede aumentar el conocimiento sobre ellos, y reducir el rechazo y miedo que se les tiene desde la infancia (Hummel y Randler, 2012; Hummel *et al.*, 2012). En este trabajo nos centramos en los insectos polinizadores, presentando una secuencia didáctica para su conocimiento contextualizada en el huerto ecodidáctico. Las plantas y la polinización forman parte de los contenidos del currículo de ciencias naturales (RD 1630/2006, 29 de diciembre; RD 126/2014, 28 de

febrero), y abordarlos con los maestros en formación inicial puede, a su vez, promover que se aborden en la educación infantil y primaria (Gómez Prado *et al.*, 2020; Puig y Gómez Prado, 2021; Wagler, 2010; Wagler y Wagler, 2011).

MARCO TEÓRICO

Las secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEAs) son una herramienta clave para la planificación de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Consisten en productos curriculares que cubren un tema científico específico (Guisasola y Oliva, 2020). Diseñar SEAs implica tomar decisiones en dos niveles: macro -para asegurar la consistencia general-, y micro -sobre cada sesión- (Artigue, 1992). Tales decisiones incluyen (1) seleccionar y organizar contenidos para un nivel educativo concreto desde la perspectiva de la alfabetización científica (Millar *et al.*, 1998); (2) definir objetivos; (3) investigar y considerar las ideas alternativas del alumnado para anticipar las dificultades de aprendizaje que puedan aparecer; (4) seleccionar una estrategia metodológica; (5) elegir o diseñar actividades; (6) decidir cómo evaluarlas; (7) y secuenciarlas (Couso, 2012; Zabala y Arnau, 2007).

De entre las propuestas para orientar el diseño de SEAs, escogimos la de Giné y Parcerisa (2003) y Zabala y Arnau (2007), quienes siguen una perspectiva socioconstructivista y recomiendan una estructura en tres fases:

(1) la inicial, que implica introducir el tema, motivar al alumnado a aprenderlo e identificar sus intereses y conocimientos, para promover una mayor adaptación de las actividades;

(2) la de desarrollo, enfocada a la reconstrucción del conocimiento y que debe incluir actividades de diferentes tipos y organizaciones sociales (individual, grupal, de clase).

(3) la final, con actividades para revisar y sintetizar contenidos, y para aplicar conocimientos. También se recomienda una evaluación final, para contrastar los conocimientos iniciales y finales de los estudiantes.

Cabe señalar que el diseño de SEAs incluye uno o varios ciclos de diseño, es decir, de implementación, evaluación y refinamiento (Méheut y Psillos, 2004), por lo que es fundamental evaluar los resultados de aprendizaje alcanzados, y luego volver a conectarlos con el diseño (*investigación basada en diseño*) (Guisasola *et al.*, 2017).

El interés por las SEAs se ha visto reforzado en el marco actual de una educación científica orientada a promover la competencia científica (MEFP, 2019), particularmente en relación con la contextualización en situaciones reales que son significativas para la vida personal, social o profesional futura de los estudiantes (Gilbert *et al.*, 2010; Muñoz-Campos *et al.*, 2020). Dado que los huertos constituyen contextos reales, significativos a nivel social y en muchos casos personal (Eugenio-Gozalbo *et al.*, 2019), y que son recursos didácticos valiosos para la educación infantil y primaria, proponemos su uso en el marco de la formación inicial de maestros (Zuazagoitia *et al.*, 2021). Los huertos constituyen sistemas ecológicos cuyos elementos, sus relaciones y procesos pueden ser abordados desde una perspectiva científica. Su presencia en los campus universitarios nos proporciona la oportunidad de ofrecer experiencias de aprendizaje al aire libre (Williams y Dixon, 2013), que son muy relevantes en la educación biológica, dado que involucran los distintos modos de aprendizaje: cognitivo, afectivo y evaluativo (Drissner *et al.*, 2010; Kellert, 2002). Además, para los maestros en formación inicial actúan como modelo de práctica docente (Lindemann-Matthies, 2006; Torquati *et al.*, 2013).

El manejo sostenible de estos espacios es importante. En primer lugar, para promover de manera clara y comprometida aprendizajes actitudinales de respeto y cuidado hacia la naturaleza y la vida. Pero, además, porque las técnicas que se emplean ^[1] resultan en el mantenimiento de agroecosistemas más diversos, complejos y funcionales (Laureto *et al.*, 2015; Carmona *et al.*, 2016), y en consecuencia más valiosos para promover aprendizajes conceptuales relevantes sobre temas del ámbito de la Ecología. Es por ello que utilizamos el término huertos ecodidácticos para nombrarlos (Eugenio *et al.*, 2017). Por ejemplo, a escalas

espaciales pequeñas, la diversidad de insectos puede predecirse en base a la de plantas (Southwood *et al.*, 1979), y la complejidad espacial en la distribución de esas plantas es también importante para las abejas (Jha y Vandermeer, 2020). Estos aspectos son considerados y promovidos por la agricultura sostenible, por lo que el huerto ecodidáctico se convierte en un contexto idóneo para abordar el tema de los polinizadores.

Presentamos una SEA dirigida al estudio de los polinizadores, incluyendo: su papel en la reproducción sexual de las plantas angiospermas, los grupos de insectos polinizadores de la Península Ibérica, los que habitan en el huerto del campus, las amenazas que sufren, y las medidas que pueden tomarse al respecto. Para el diseño de esta SEA trabajamos desde una perspectiva constructivista, considerando las ideas iniciales de los estudiantes, secuenciando contenidos según su dificultad y articulando contenidos que se abordan en más de una actividad para favorecer la construcción personal de conocimiento, planteando ambas actividades individuales y grupales, de varios tipos, en particular incluyendo actividades para poner en práctica habilidades características de la ciencia (observación rigurosa y sistemática, toma de datos, puestas en común que promueven la argumentación sobre los temas abordados en los artículos o vídeos, etc.), proporcionando andamiaje durante la realización de las actividades, etc.

Existen trabajos recientes sobre el tema (Puig y Gómez Prado, 2021; Baranzelli *et al.*, 2018), pero que lo abordan desde enfoques distintos al de la enseñanza en contexto (Gilbert *et al.*, 2010). Por otra parte, a pesar de la existencia de numerosas publicaciones sobre aprendizaje basado en huertos los ejemplos de implementaciones didácticas sobre el tema son escasos (ver Fisher-Maltese y Zimmerman, 2015 para primaria).

OBJETIVOS

Pretendemos presentar como producto curricular el rediseño resultante de un ciclo de implementación de una SEA sobre polinizadores, contextualizada en el huerto ecodidáctico y dirigida a maestros en formación inicial, que incluye mejoras importantes respecto al diseño inicial, como actividades de dibujo científico o un muestreo de polinizadores en el huerto. También presentamos evidencias empíricas de la evaluación de sus dos implementaciones (SEA piloto y SEA mejorada), en base a un esquema de recogida de información pre/post, como se recomienda en la literatura (Artigue, 1992).

METODOLOGÍA

El diseño inicial fue elaborado partiendo del estudio de la función de reproducción en las plantas para, dentro de la reproducción sexual, incidir en la importancia de la polinización entomófila, y desde ella enfocar el estudio de los insectos polinizadores. Se incluyeron actividades como: prácticas sobre reproducción de las plantas (i.e., sembrar semillas, plantar esquejes, bulbos y tubérculos); visionado de vídeos de divulgación científica y lectura de artículos científicos y de divulgación, siempre incluyendo puestas en común de ideas; realización de presentaciones sobre un grupo de polinizadores; y elaboración de un póster sobre concienciación. La secuencia combinaba actividades individuales y grupales (en grupos de trabajo de 3-4 estudiantes, 9 grupos por institución), e incluía una recogida de ideas iniciales y finales por medio de un cuestionario fundamentalmente de preguntas abiertas sobre concepciones alternativas en relación con la reproducción de las plantas, adaptadas de Nicolás *et al.* (2017). El cuestionario fue completado individualmente por los estudiantes, en formato papel y en unos 30 minutos. Cabe indicar que, aunque se indicó que no debían consultarse fuentes, particularmente para la realización de los dibujos, por condiciones de pandemia y docencia bimodal, la mitad del grupo de estudiantes estaba en casa y no pudo ser supervisado directamente por la docente.

Esta primera SEA se implementó a modo de piloto en la Universitat Jaume I, entre enero y marzo del curso 2020-2021, con 21 estudiantes de la asignatura “Laboratorio escolar en ciencias”, del Grado en Maestro de Educación Infantil. Las restricciones existentes por la pandemia supusieron cancelar algunas tareas prácticas (i.e. reproducción de plantas) por visionados de vídeos y lecturas de artículos. La SEA se rediseñó, y el producto se muestra en el Anexo 1. Esta SEA mejorada se implementó en la Universidad de Valladolid entre abril y junio del mismo curso, con 41 estudiantes de la asignatura “Las Ciencias de la Naturaleza”, del mismo Grado.

En la SEA mejorada se completó el cuestionario de recogida de ideas iniciales y finales, añadiendo preguntas sobre polinizadores (Anexo 2). Con el objetivo de mejorar los resultados de la implementación piloto se añadieron experiencias que permitieran tener un contacto más directo con las flores y los polinizadores. Así, se incluyeron dos actividades de dibujo científico: una de disección, observación y dibujo de la anatomía de la flor, y otra en que los estudiantes recibieron instrucción de un especialista para abordar el dibujo de un espécimen de polinizador local, perteneciente a una colección que nos fue prestada (Figuras 1a y 1b). En trabajos anteriores se ha fundamentado el uso del dibujo tanto para explicitar ideas como para construir conocimiento (Eugenio-Gozalbo y Ortega-Cubero, *in press* ; Eugenio-Gozalbo *et al.*, 2020). También se incluyó una práctica de muestreo de polinizadores en el huerto ecodidáctico, que implicaba observar los polinizadores visitantes, y discernir a qué grupos taxonómicos pertenecen. Para realizarla se utilizaron los materiales proporcionados por un programa de ciencia ciudadana británico - no los hay nacionales-, que se tradujeron y adaptaron en cuanto a especies de plantas en floración (Actividad 13, Anexo 1). El muestreo se hizo en dos días cercanos del mes de mayo con la mitad del grupo de estudiantes cada vez, tratando de escoger periodos soleados o poco nublados, en los que las temperaturas fuesen al menos de 13°C. Cada grupo de trabajo seleccionó tres especies de plantas en flor, ubicó un cuadrante de 50 x 50 cm alrededor de cada una, y pasó 10 minutos en cada cuadrante, observando las visitas de polinizadores, y anotando cuántos aparecían, clasificados en categorías. También hicieron fotografías. Cabe señalar que previamente se dedicó una sesión de aula a identificar las características anatómicas de los distintos grupos, en base a los materiales proporcionados por el programa de ciencia ciudadana (Actividad 12, Anexo 1: https://ukpoms.org.uk/site/s/default/files/pdf/FIT%20Count%20insect%20guide%20v5_1.pdf).

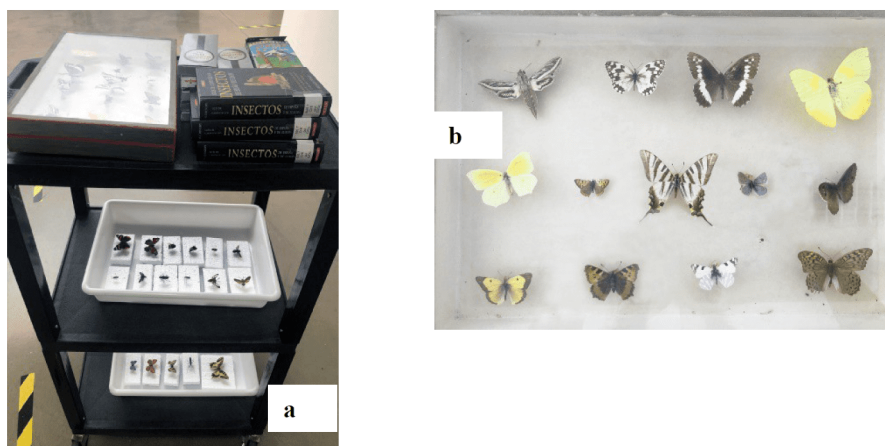


FIGURA 1

(a) Materiales utilizados en el seminario de dibujo científico de polinizadores, incluyendo la colección que nos cedió un naturalista, guías de identificación, y materiales de dibujo, (b) Detalle de una de las cajas.

Para la obtención de resultados, se analizaron las respuestas de los estudiantes al cuestionario inicial y final (Anexo 2). Las respuestas a preguntas abiertas se analizaron cualitativamente, mediante un sistema de categorías y subcategorías de análisis emergentes. Respecto a los datos nominales, se presentan como frecuencia (porcentaje) y las diferencias se analizaron empleando la prueba estadística Chi-cuadrado de

Pearson, incluyendo exclusivamente los sujetos con datos apareados. El nivel de significación se estableció para $p < 0.05$. Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico IBM SPSS 27.0 (Armonk, NY: IBM Corp). Por último, se analizaron también las representaciones gráficas, tanto las solicitadas en el cuestionario como las realizadas durante la SEA. Sobre el análisis de los dibujos:

- Para polinizadores, se utilizó una rúbrica específicamente diseñada, que se centra en el registro de elementos estructurales e incluye ocho dimensiones relacionadas con el rigor constructivo: 1) simetría estructural, 2) segmentación del cuerpo, 3) proporción general, 4) número de patas, 5) fidelidad de las patas (segmentación y proporciones); observación rigurosa de: 6) las antenas, 7) las alas, y 8) otros detalles característicos, como ojos o mandíbulas; tres dimensiones de naturaleza no estructural: 9) textura, 10) color y 11) motivos gráficos; y una última dimensión que es el volumen y que, dependiendo del insecto, puede ser un elemento importante o superfluo a nivel de representación gráfica. Todas las dimensiones, excepto la referida al número de patas, se puntuaron de 1 a 4, representado el 4 el mayor nivel de fidelidad respecto al modelo (Eugenio-Gozalbo y Ortega-Cubero, *in press*).

- Para las flores, se llevó a cabo un análisis formal a través del método de comparación constante, enmarcado en la *Teoría Emergente de los Datos*, que, tomando en consideración criterios estructurales y de afinidad con modelos gráficos accesibles a los estudiantes, permite llevar a cabo una categorización morfológica (Ortega-Cubero, 2010).

RESULTADOS

Las respuestas de los estudiantes a la P1 (Anexo 2) se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1
Respuestas a la pregunta 1 ("Indica cuántas plantas son necesarias para que ocurra la reproducción vegetal").

	Universitat Jaume I	Universitat Jaume I	Universidad de Valladolid	Universidad de Valladolid
n	20		38	
1 planta	5 (25,0)	8 (40,0)	9 (23,7)	7 (18,4)
2 plantas	1 (5,0)	0	9 (23,7)	3 (7,9)
1 o 2 plantas	14 (70,0)	12 (60,0)	19 (50,0)	27 (71,1)
ninguna anteriores	0	0	0	1 (2,6)
NC	0	0	1 (2,6)	0
Los datos se muestran como frecuencia (porcentaje). NC: no contesta.				

No hubo diferencias significativas entre las respuestas finales e iniciales en la implementación piloto ($n=20$; Pearson Chi-cuadrado=4,762; $p=0.092$), pero sí en la implementación de la SEA mejorada ($n=38$; Pearson Chi-cuadrado=24,963; $p=0.003$). En esta segunda, se solicitó la justificación de la respuesta,

observándose que los estudiantes que respondieron “1 planta”, argumentaron que “ya posee todos los elementos para reproducirse”; los que respondieron “2 plantas”, escribieron “se necesitan los dos gametos para poder reproducirse”; quienes contestaron correctamente ($n=19$; “1 ó 2 plantas”), se refirieron ambos a la reproducción sexual y la asexual ($n=8$), pero sin mencionar la existencia de plantas de flores hermafroditas, y de plantas de flores masculinas y/o femeninas, monoicas o dioicas.

En la Tabla 2 se muestran las respuestas a la P2.

TABLA 2
Respuestas del alumnado a la pregunta 2 (“¿Todas las plantas tienen flores?”).

	Universitat Jaume I	Universitat Jaume I	Universidad de Valladolid	Universidad de Valladolid
n	20		38	
Sí	0	0	3 (7,9)	1 (2,6)
No	20 (100,0)	20 (100,0)	34 (89,5)	37 (97,4)
NC	0	0	1 (2,6)	0
Los datos se muestran como frecuencia (porcentaje). NC: no contesta.				

Respecto a la segunda parte de esta pregunta (“¿Conoces alguna planta que no tenga flor?”), se mencionaron sobre todo helechos (55%) y musgos (45%). Asimismo, un 35% señaló que las gimnospermas no tienen flores, ejemplificando con pinos, abetos y cipreses.

La P3 planteaba: “¿Sabrías cuál es la importancia de la flor en una planta?”, y la totalidad de estudiantes de ambas universidades, y tanto antes como al finalizar la instrucción, respondieron relacionando flor con reproducción de la planta. Un análisis más exhaustivo muestra que, tras la instrucción, un número mayor dio respuestas más completas, incluyendo “atraer a los insectos polinizadores” (de 33% a 41% en la Universitat Jaume I y de 5% a 31% en la Universidad de Valladolid). En el 11% se hizo alusión al polen, relacionándolo con la reproducción de las plantas; sin embargo, el término óvulo no apareció. Esta última evidencia concuerda con la obtenida a partir de representaciones gráficas; la P4 planteó: “¿Podrías dibujar una flor? Nombra las partes que conozcas y explicita sus funciones”. Los dibujos, que muestran las ideas previas sobre la flor de los estudiantes de la Universidad de Valladolid, se agrupan en:

A) dibujos espontáneos relacionados con el dibujo infantil (Figura 2), donde no existe copia y se incluyen etiquetas para nombrar las partes claramente visibles ($n=15$),

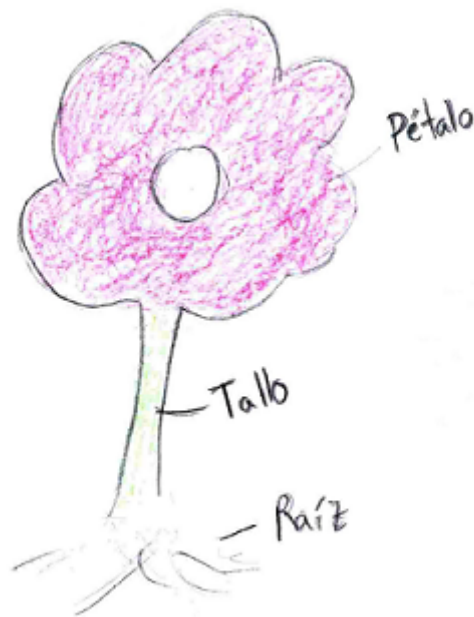


FIGURA 2
Dibujo de una flor que explicita las ideas previas de un estudiante mediante un lenguaje gráfico propio del dibujo infantil.

B) dibujos que tratan de asemejarse a representaciones científicas, en los que las flores carecen de pétalos en la parte anterior (n=9). En este subgrupo se detectó un apoyo en modelos gráficos (Figura 3), dibujos probablemente tomados de Internet. Sólo dos incluyeron etiquetas en relación con partes ocultas (ovario y óvulos), manteniéndose la referencia a los elementos visibles, como en el subgrupo A,

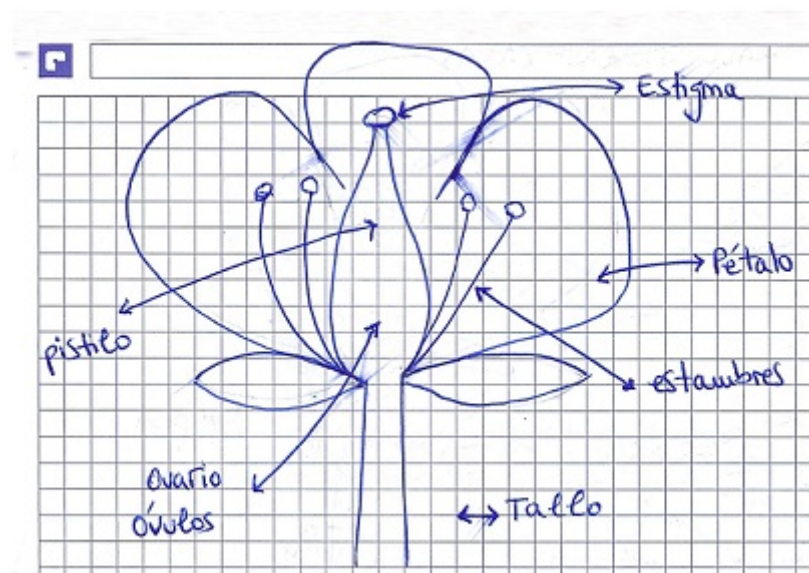


FIGURA 3
Dibujo de una flor que explicita las ideas previas de un estudiante, en que se observa una representación influida por referentes gráficos, aunque no hay una comprensión profunda de las estructuras.

C) algunos dibujos mostraron un corte ($n=10$); casi todos eran copias ($n=9$).

Tras la implementación de la SEA mejorada, que incluyó una práctica consistente en la observación, disección y dibujo de un narciso (Actividad 5, Anexo 1), los estudiantes del subgrupo A modificaron mayoritariamente sus esquemas ($n=8$), incluyendo un corte del pistilo para reflejar la parte femenina, mientras que la minoría produjo representaciones confusas, pero recogiendo más información en las etiquetas ($n=2$), y sólo un estudiante mantuvo su esquema inicial. En los estudiantes del subgrupo B se observó que quienes no copiaron, mejoraron en todos los casos ($n=4$), incorporando detalles internos como los óvulos. Sin embargo, quienes copiaron no mejoraron: mantuvieron los mismos esquemas simplificados ($n=2$) o introdujeron alguna novedad, pero muy limitada ($n=2$). Estas observaciones son concordantes con las derivadas del análisis detallado de los dibujos del subgrupo C: algunos que copiaban inicialmente volvieron a copiar, manifestando una limitada comprensión de las representaciones gráficas que copian ($n=4$); sin embargo, otros mejoraron de forma notable ($n=3$). En este último caso, es muy significativo que reprodujeran exactamente el tipo de flor diseccionado en clase (Figura 4); es decir, sustituyeron su modelo inicial por el que se trabajó.

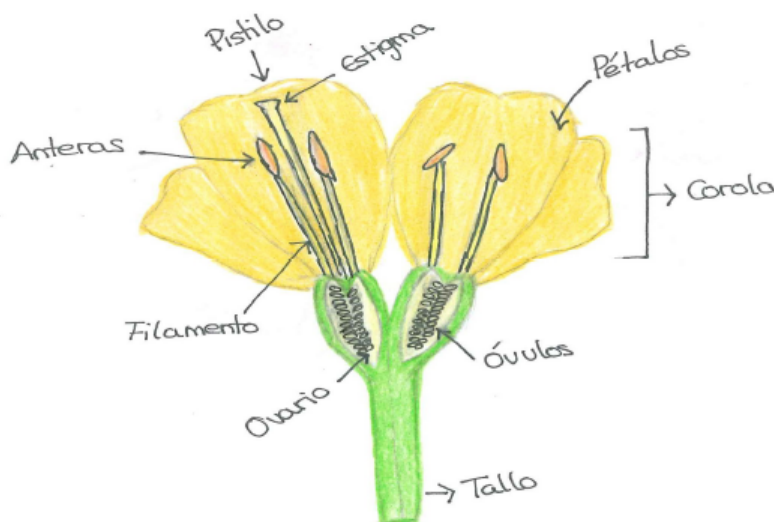


FIGURA 4

Dibujo de una flor que explicita las ideas del estudiante tras la implementación de la SEA mejorada recreando el modelo que se observó en la práctica de disección (narciso).

En respuesta a la P5, la práctica totalidad de los estudiantes (57/58 estudiantes) estuvo de acuerdo con que el polen es muy importante para la reproducción de las plantas. En lo relativo a expresar “qué es” (solo SEA mejorada), 15 estudiantes inicialmente dijeron “células sexuales masculinas, gametos” y tras la instrucción no hubo mejoras; otra parte (6 en el pre y 7 en el post, sobre 38) lo definieron como “granos, polvillo, pelusilla”, centrándose en su aspecto. Respecto a “para qué sirve”, la totalidad del alumnado lo relacionó con la reproducción.

La P6 planteaba: “Es habitual ver algunos insectos posados sobre las plantas. ¿Por qué crees que acuden a las plantas?”. Las respuestas se categorizaron en: 1) para que la planta “se reproduzca”; 2) para “alimentarse o refugiarse”; y 3) el insecto “va a alimentarse/refugiarse y como consecuencia se produce la reproducción” (Figura 5). En la implementación piloto se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas proporcionadas pre y post (todas $p < 0.05$), con un mayor porcentaje de

respuestas correctas (categorías 2 y 3) en el post. En la SEA mejorada, se observaron diferencias entre las distintas categorías ($p=0,017$), con un porcentaje de respuestas correctas elevado en el pre y una tendencia de mejora en el post.

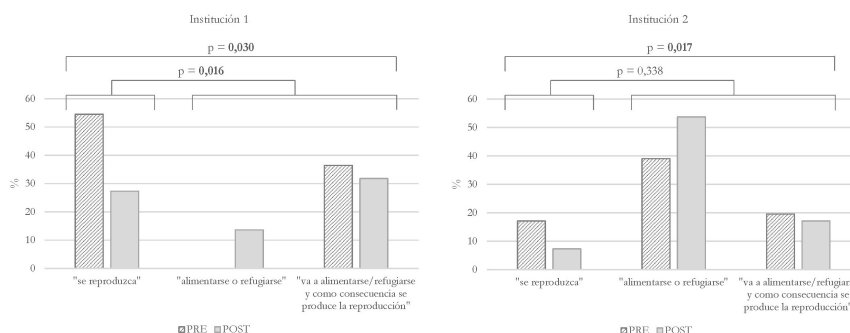


FIGURA 5

Respuestas del alumnado a P6 ("Es habitual ver algunos insectos posados sobre las plantas. ¿Por qué crees que acuden a las plantas?") antes (pre) y después (post) de la instrucción. Los resultados significativos se muestran en negrita.

En la primera parte de la P7 se solicitó a los estudiantes que indicaran los insectos que recordaban haber visto posados sobre flores (solo en SEA mejorada). Inicialmente, se mencionaron abejas (90,2%), mariposas (82,9%) y mariquitas (70,7%), y tras la instrucción, además de abejas (97,2%) y mariposas (100%), también moscas (88,9%), hormigas (86,1%), avispas (83,3%) y escarabajos (80,6%). Es decir, desaparecieron los insectos que no son polinizadores (mariquitas) y se incluyeron nuevos polinizadores, haciéndose además distinciones taxonómicas más finas (p. ej., mosca cernícalo, abeja silvestre o escarabajo coracero). La P7 solicitaba también el dibujo de 3 de esos insectos, y entre las producciones se observaron dos subgrupos diferenciados: A) un conjunto de trabajos con un dominio predominante de esquemas característicos del dibujo infantil ($n=23$), y B) dibujos copiados ($n=11$), principalmente de Internet, a pesar de la insistencia de la docente en cuanto a la importancia de no copiar. En el subgrupo A) aparecieron una serie de rasgos característicos: combinación de puntos de vista para mostrar aspectos reveladores de los distintos insectos, formas sincréticas, generalmente redondeadas, de las que suele emerger un número par de patas (no necesariamente seis), incorporación de rasgos humanizados y tendencia hacia la simetría estructural, aunque no necesariamente visual. En síntesis, un tipo de dibujo sencillo e intuitivo que trata de transmitir la idea general del animal, de cara a su reconocimiento eficaz, pero carente de rigor analítico (Figura 6a). Los dibujos copiados reflejan referentes gráficos heterogéneos (Figura 6b).

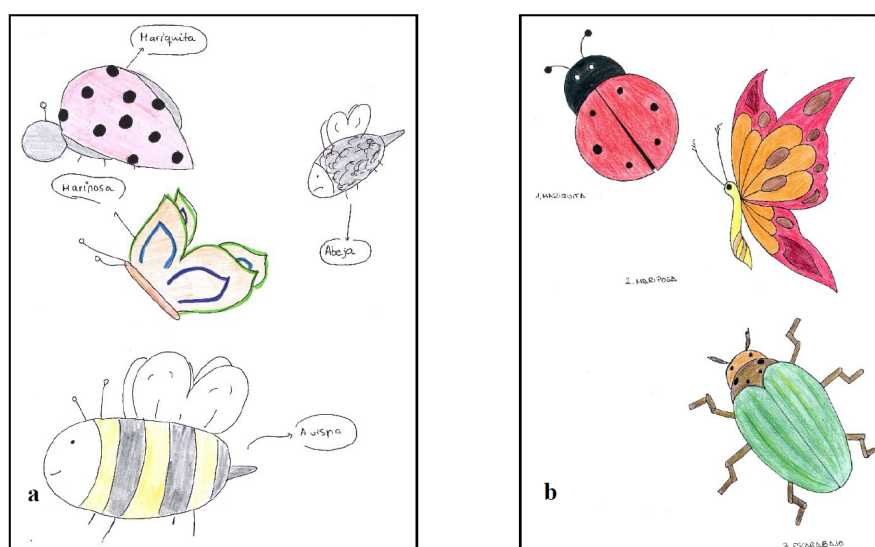


FIGURA 6

(a) Dibujo de insectos de un estudiante al inicio de la SEA, durante la recogida de ideas previas, (b) Ídem, pero en este caso se trata de una copia en la que se aprecia una selección heterogénea de imágenes de referencia: la estructura del cuerpo de la mariposa es unitaria, el cuerpo de la mariquita está dividido en dos partes y el del escarabajo en tres. Tampoco hay coherencia en cuanto al número de patas de los insectos.

El análisis mediante rúbrica de los dibujos producidos en el seminario de dibujo científico (Actividad 11, Anexo 1) reflejó mejoras en el conocimiento de estructuras en la mayor parte de estudiantes: la forma del cuerpo se captó con mayor exactitud, apareciendo las tres partes principales (cabeza, tórax y abdomen) en 24 alumnos de 33; también se incorporaron los tres pares de patas segmentadas, siempre que eran visibles; y además se observaron cuidadosamente detalles relevantes de la cabeza, así como otras estructuras anatómicas, fundamentalmente las alas (23 de 27 dibujos las representaron entre aceptablemente y muy bien), lo cual es relevante por la gran presencia de mariposas en la colección (Figura 7). No obstante, 7 estudiantes se mantuvieron en la misma línea de dibujo anterior, sin expresar grandes avances a nivel gráfico, aunque sí una mejor diferenciación de estructuras (Figura 8).

En cuanto a los dibujos realizados al finalizar la secuencia, y con posterioridad al seminario, fue interesante constatar que seis estudiantes que habían copiado en los dibujos de ideas iniciales volvieron a copiar, reproduciendo de nuevo idénticos errores. Otros dos, sobre los cuales no se puede asegurar que copiaran -aunque los dibujos eran sospechosos-, incorporaron errores nuevos. En otros dos casos, que inicialmente copiaron y al final no, un estudiante mejoró y el otro cometió errores estructurales. En suma, casi la mitad de los trabajos estuvieron afectados directa o indirectamente por la copia, lo que supuso una traba importante para la progresión gráfica. Del resto, siete estudiantes mejoraron notablemente sus esquemas, mientras que otros cuatro se mantuvieron en un nivel de representación similar al inicial.

Finalmente, la P8 (solo en SEA mejorada) solicitó: “¿Podrías relacionar esos insectos con los grupos o taxones de abajo?” (Hemípteros, Lepidópteros, Dípteros, Himenópteros y Coleópteros). Únicamente 17 estudiantes completaron la pregunta inicialmente, con una media de $4,35 \pm 3,72$ aciertos (Mín=0; Máx=13). Tras la secuencia, un total de 35 estudiantes lo hizo, con una media de $5,31 \pm 2,68$ aciertos (Mín=0; Máx=12).



FIGURA 7

Dibujos de polinizadores locales realizados por tres estudiantes en el seminario de dibujo científico a partir de la observación de especímenes reales. En orden descendente, *Zygaena lavandulae*, *Lasiomata maderá* (su coloración original es anaranjada), y *Cetonia aurata*. Las dimensiones guardan la escala relativa.



FIGURA 8

Dibujo de una mariposa (*Aglais io*) realizado por un estudiante en el seminario de dibujo científico, a partir de la observación de un espécimen real. Pese a las evidentes limitaciones, los dos pares de alas están separados y hay una incipiente estructuración del cuerpo.

DISCUSIÓN

En lo relativo al aprendizaje sobre reproducción vegetal, se observó que los estudiantes asocian la reproducción sexual a dos plantas y la reproducción asexual a una sola planta, obviando cuestiones como la existencia de plantas con flores hermafroditas, o de especies monoicas, que tienen flores masculinas y femeninas en un mismo individuo. Estas ideas previas se han observado también en estudiantes de educación primaria (Nicolás *et al.*, 2017), por lo que es posible que persistan a lo largo de etapas educativas, como sucede con otras ideas erróneas sobre las plantas (Wynn *et al.*, 2017). El huerto ecodidáctico, al incluir muchas especies de plantas monoicas (p. ej. Cucurbitáceas) y de plantas con flores hermafroditas (p. ej. Leguminosas), constituye un escenario adecuado para el aprendizaje práctico y significativo sobre esto. Otra idea errónea

detectada es la creencia de que existen angiospermas sin flores, quizás debido a que, en algunas, la flor aparece en condiciones muy concretas y durante un periodo corto de tiempo (p. ej. Crasuláceas), o a que, en otras, las flores son de tamaño reducido y poco vistosas (p. ej. Poáceas) (Mak *et al.*, 1999), aspecto que podría trabajarse con el contexto del huerto. Una tercera cuestión es que asociaron la flor con la formación de polen, pero no con la de óvulos. Esta visión incompleta podría deberse a que el polen es conocido por el proceso de polinización y su relación con las abejas y la miel (Nicolás *et al.*, 2017), así como por ser causante de alergias y poseer propiedades beneficiosas para la salud. También puede jugar un papel el hecho de que es perceptible a simple vista, mientras que los óvulos están contenidos en el ovario, y no lo son. Este aspecto se trabajó específicamente en la SEA mejorada mediante una práctica de observación de flores y disección y dibujo de una flor (narciso), y mejoró tras la instrucción. Finalmente, un número alto de estudiantes definió el polen en base a su aspecto externo, con términos como “pelusilla, granos, polvillo”, y esto no varió tras la instrucción, poniendo de manifiesto que la comprensión sobre la materia viva se apoya en aspectos externos, sin alcanzar niveles más complejos y menos perceptibles (i.e. nivel celular: “es portador de células sexuales masculinas”). Se ha señalado en literatura que todo lo relativo a las flores, la fecundación, y la formación de frutos y semillas resulta complicado de aprender significativamente (Cañal de León, 2008; Schussler y Winslow, 2007), por lo que disponer de un espacio al aire libre en donde observar y realizar prácticas es valioso para los profesores de ciencias, a lo largo de todas las etapas educativas (Eugenio-Gozalbo *et al.*, 2020).

En lo relativo al aprendizaje sobre polinizadores, los datos corresponden a la implementación de la SEA mejorada en la Universidad de Valladolid. Tras ella, se observó que los estudiantes conocían una mayor diversidad de insectos polinizadores, y con un nivel de concreción taxonómica más detallado, además de ser más capaces de clasificarlos. Respecto a los aprendizajes sobre anatomía, que se promovieron mediante las prácticas de dibujo científico, en general se detectó una mejora en el conocimiento en los estudiantes que no copiaron; el uso del dibujo como estrategia se discute más adelante en el texto. Además, la inclusión del muestreo de polinizadores en el huerto reforzó estos conocimientos, y permitió a los estudiantes vivenciar y reconducir sus razonamientos, señalando en sus respuestas que la polinización entomófila ocurre como consecuencia de las visitas de ciertos insectos a las flores en busca de alimento o de refugio. Por último, cabe señalar que la implementación de la SEA fue útil para que los estudiantes fueran capaces de establecer una asociación entre polinización y reproducción sexual de las plantas, que es poco reconocida (Schussler, 2008).

Según se indica en la literatura, es pertinente reflexionar sobre el propio diseño de la secuencia, para plantear potenciales mejoras y relacionar así los resultados obtenidos de la implementación con el propio diseño (Méheut y Psillos, 2004; Guisasola *et al.*, 2017). En primer lugar, cabe señalar que el uso de un huerto ecodidáctico como contexto es una de las fortalezas de esta SEA: se trata de un lugar real, cercano al aula y al aire libre donde es posible aprender de manera práctica y experiencial al respecto de las plantas y su reproducción, y también de los polinizadores. Las experiencias de aprendizaje al aire libre se consideran muy valiosas para la educación biológica (Drissner *et al.*, 2010; Kellert, 2002) y en el caso de nuestros maestros en formación inicial, actúan como modelo de práctica docente (Lindemann-Matthies, 2006; Torquati *et al.*, 2013). Es importante que el manejo del huerto sea ecológico y que no se empleen pesticidas, pues afectarían negativamente a la entomofauna. El entorno en que se ubica el huerto juega también un papel en relación con la presencia y abundancia de polinizadores; una mayor naturalidad favorece, como en la Universidad de Valladolid. En segundo lugar, se ha observado que la incorporación de prácticas sobre la reproducción de las plantas supuso aprendizajes relevantes en la Universidad de Valladolid, mientras que su tratamiento exclusivamente teórico no lo hizo (Universitat Jaume I). Al respecto de las prácticas, las mejoras potenciales estarían relacionadas con la observación de algunos de los aspectos que parecen no estar claros para los estudiantes, y a los que nos hemos referido anteriormente en este apartado. En tercer lugar, la realización del muestreo de polinizadores ha tenido también un impacto positivo en el aprendizaje, particularmente respecto al reconocimiento (anatómico) y diferenciación (taxonómica) de los distintos grupos de polinizadores, y a su distinción de otros organismos que encontramos en las plantas, pero que no lo son. Sin embargo, este

programa hubo de ser traducido y adaptado, al no existir programas semejantes en el contexto estatal; una mejora se daría en caso de poder aplicar un programa regional o estatal, pues de ese modo los datos recabados podrían enviarse. Cabe por último señalar que los recursos se consideran adecuados: artículos científicos recientes y bien ajustados al tema objeto de estudio, y vídeos y blogs de divulgación elaborados por grupos de investigación españoles.

Mención aparte merece el uso del dibujo tanto para explicitar ideas previas como para aprender en base a una observación objetiva sobre flores y polinizadores. En el primer caso, una mejora potencial consistiría en observar las estructuras bajo lupa binocular (no pudo hacerse por condiciones de pandemia), y dibujar también tanto el polen como los óvulos. En el segundo, podría haberse llevado a cabo una sesión de dibujo naturalístico en el huerto para afianzar los conocimientos sobre anatomía, como en trabajos anteriores (Eugenio-Gozalbo y Ortega-Cubero, *in press*). Los resultados muestran una clara mejoría en los estudiantes que no copiaron; sin embargo, la muestra de este trabajo estuvo muy mediatizada por la copia de otros dibujos. Las condiciones de docencia bimodal (la mitad del grupo en el aula y la otra en casa) fueron parcialmente causantes de este hecho. Copiar un dibujo que actúa como modelo es una actividad mecánica que no implica pensamiento ni reflexión; “una copia es un mero duplicado de una superficie a otra sin la implicación de la técnica mental de resolución de problemas” (Lowenfeld y Brittain, 2008, p. 208). Asimismo, no revela las verdaderas ideas previas del estudiante, por lo que no permite el trabajo genuino sobre él para reconstruirlo. La copia suscita un profundo arraigo a lo que se considera un modelo seguro y bueno, y da la confianza de repetir algo que ya se ha dibujado antes (aunque no sea del todo correcto o completo). Finalmente, puede favorecer la incoherencia estilística y estructural de los modelos seleccionados, aumentando la confusión (p. ej. Figura 7b). Por el contrario, cuando el dibujo refleja las ideas que verdaderamente se poseen, por limitadas o incompletas que sean, se da la situación adecuada para que haya refinamiento o desarrollo de un modelo cercano al conocimiento científico escolar, pues permite detectar, al profesor y al estudiante, errores interiorizados, lagunas e inconsistencias en el pensamiento (Van Meter y Garner, 2005). Al mismo tiempo, que los estudiantes dibujen posibilita una percepción afinada de los especímenes, pues la actividad gráfica demanda atención sobre los detalles constructivos (Dempsey, 2009). Sin embargo, la profundidad de los conocimientos que se alcanzan mediante el dibujo depende en buena medida de la calidad gráfica que se logre, por lo que es necesaria la supervisión cercana de profesorado especialista (Van Meter y Garner, 2005; Fiorella y Zhang, 2019). A este respecto también jugaron un papel negativo las limitaciones del momento, que impidieron hacer correcciones directas sobre los dibujos en el momento de realizarse; hubiera sido aconsejable proporcionar una mayor retroalimentación a los estudiantes sobre sus dibujos.

Por último, apreciamos también la necesidad de usar guiones para el análisis de los vídeos o las lecturas y de mejorar los instrumentos de recogida de información, para ajustarlos de forma más fina a los contenidos que se van a trabajar en la secuencia y obtener una imagen todavía más concreta de dónde radican las dificultades de aprendizaje de los estudiantes.

CONCLUSIONES

Se aporta un producto curricular (SEA rediseñada) para maestros en formación inicial, orientado al estudio de los polinizadores. La importancia de este tema en la educación biológica se fundamenta en su relevancia socioambiental, y en el escaso conocimiento inicial que muestran los estudiantes al respecto. Se aportan los recursos necesarios (artículos científicos, vídeos y blogs de divulgación), y se describen en cierto detalle algunas actividades clave (programa de ciencia ciudadana, seminario de dibujo científico). Se proponen también potenciales mejoras de cara a un nuevo ciclo. Para poder implementar esta SEA, resulta necesario disponer de un huerto ecodidáctico, o tener posibilidad de trabajar en algún espacio verde cercano que esté libre de pesticidas, y también trabajar en colaboración con un especialista en dibujo.

MATERIALES SUPLEMENTARIOS

Anexo 1 (pdf)

Anexo 2 (pdf)

Anexo 3 (pdf)

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el contexto del Grupo de Innovación Docente (GID) Huertos EcoDidácticos (HEDs), de la Universidad de Valladolid, y del Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Matemática y Didáctica de Ciencias Experimentales (INMATHEX), de la Universitat Jaume I. Agradecemos a Óscar Moreno Iriondo su asesoramiento especializado, y que nos prestara su colección personal de insectos.

REFERENCIAS

- Artigue, M. (1992). Didactic Engineering. *Recherche en didactique des mathématiques*, 13(3), 41-66.
- Eugenio-Gozalbo, M. y Ortega-Cubero, I. (*in press*). Drawing our garden's insects: a didactic sequence to improve pre-service teachers' knowledge and appreciation of insect diversity. *International Journal of Biological Education*. Aceptado en 21/04/2022.
- Baranzelli, M. C., Boero, L., Córdoba, S. A., Ferreiro, G., Maubecin, C. C., Paiaro, V., Renny, M., Rocamundi, N., Sazatornil, F., Sosa-Pivatto, M. y Soteras, F. (2018). Socios por naturaleza: una propuesta didáctica para comprender la importancia de la interacción mutualista entre las flores y sus polinizadores. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 181-200.
- Black, S. H., Shepard, M. y Allen, M. M. (2001). Endangered invertebrates: The case for greater attention to invertebrate conservation. *Endangered Species Update*, 18(2), 42-50.
- Brittain, C. A., Vighi, M., Bommarco, R., Settele, J. y Potts, S. G. (2010). Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 106-115.
- Cañal de León, P. (2008). *Investigando los seres vivos*. Diada.
- Carmona, C. P., de Bello, F., Norman W. H. M. y Lepš, J. (2016). Traits Without Borders: Integrating Functional Diversity Across Scales. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(5), 382-394.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 57-83). Graó.
- Dempsey, B. (2009). Biological drawing: A scientific tool for learning. *The American Biology Teacher*, 63(4), 271-279.
- Drissner, J., Haase, H. y Hille, K. (2010). Short-term environmental education -does it work? - an evaluation of the 'Green classroom'. *Journal of Biological Education*, 44(4), 149-155. <http://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656215>
- Eugenio, M., Correa-Guimaraes, A. y Pérez-López, R. (2017). Educando para la sostenibilidad desde los huertos ecológicos: evolución del concepto de naturaleza en futuros maestros/as de infantil. En B. Sáenz-Rico de Santiago (Coord), *XI Seminario investigación ambiental: avances para la sostenibilidad en la educación superior*. Edita Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico Organismo autónomo parques nacionales.

- Eugenio-Gozalbo, M., Ramos Truchero, G. y Vallés Rapp, C. (2019). Huertos universitarios: dimensiones de aprendizaje percibidas por los futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 37(3), 111-127.
- Eugenio-Gozalbo, M., Aragón, L. y Ortega-Cubero, I. (2020). Gardens as science learning contexts across educational stages: Learning assessment based on students' graphic representations. *Frontiers in psychology*, 11, 2226.
- Fiorella, L. y Zhang, Q. (2018). Drawing boundary conditions by learning by drawing. *Educational Psychology Review*, 30, 115-1137. <http://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8>
- Fisher-Maltese, C. y Zimmerman, T. D. (2015). A Garden-Based Approach to Teaching Life Science Produces Shifts in Students' Attitudes toward the Environment. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(1), 51-66.
- Gabriel, D., Sait, S. M., Kunin, W. E. y Benton, T. G. (2013). Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture. *Journal of applied ecology*, 50(2), 355-364.
- Gaston, K. J. y Spicer, J. I. (2013). *Biodiversity: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W. y Pilot, A. (2010). Concept development and transfer in context-science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837.
- Giné, N. y Parcerisa, A. (2003). Fases de la secuencia formativa. En N. Giné and A. Parcerisa (Eds.), *Planificación y análisis de la práctica educativa* (pp. 35-45). Graó.
- Gómez Prado, B., Puig, B. y Evagorou, M. (2020). Primary pre-service teachers' emotions and interest towards insects: An explorative case study. *Journal of Biological Education*, 56(1), 61-76. <http://doi.org/10.1080/00219266.2020.1756896>
- Gossner, M. M., Lewinsohn, T. M., Kahl, T., Grassein, F., Boch, S., Prati, D., Birkhofer, K., Renner, S. C., Sikorski, J., Wubet, T., Arndt, H., Baumgartner, V., Blaser, S., Blüthgen, N., Börschig, C., Buscot, F., Diekötter, T., Ré Jorge, L., Jung, K., ... Allan, E. (2016). Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature*, 540(7632), 266-269. <http://doi.org/10.1038/nature20575>
- Guisasola, J. y Oliva, J. M. (2020). Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3001.
- Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J. y Gutierrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020139. <http://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>
- Hummel, E. y Randler, C. (2012). Living animals in the classroom: A meta-analysis on learning outcome and a treatment-control study focusing on knowledge and motivation. *Journal of Science Education and Technology*, 21(1), 95-105. <http://doi.org/10.1007/s10956-011-9285-4>
- Hummel, E., Randler, C. y Prokop, P. (2012). Practical Work at School Reduces Rejection and Fear of Unpopular Animals. *Society and Animals*, 20(1), 61-74. <http://doi.org/10.1163/156853012X614369>
- Jha, S. y Vandermeer, J. H. (2020). Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation*, 143(6), 1423-1431.
- Kellert, S. R. (2002). Experiencing nature: affective, cognitive and evaluative development in children. In: Kahn, P.H., Kellert, S.R. (Eds.), *Children and Nature: Psychological, Sociocultural and Evolutionary Investigations* (pp.117-151). The MIT Press.
- Klein, A., Vaissière, B., Cane, H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C. y Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Laureto, L. M. O., Cianciaruso, M. V. y Samia, D. S. M. (2015). Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação*, 13(2), 112-116.
- Lindemann-Matthies, P. (2006). Investigating nature on the way to school: Responses to an educational programme by teachers and their pupils. *International Journal of Science Education*, 2(8), 895-918. <http://doi.org/10.1080/10670560500438396>

- Lowenfeld, V. y Brittain, L. (2008). *El desarrollo de la capacidad intelectual y creativa del niño*. Síntesis.
- Mak, S. Y., Yip, D. Y. y Chung, C. M. (1999). Alternative Conceptions in Biology-Related Topics of Integrated Science Teachers and Implications for Teacher Education. *Journal of Science Education and Technology*, 8, 161–170. <http://doi.org/10.1023/A:1018617202155>
- Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching–Learning sequences: aims and tools for science. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.
- Millar, J., Osborne, J. y Nott, M. (1998). Science Education for the Future. *School Science Review*, 80(291), 19–24.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2019). *PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*. Recuperado de https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=20372
- Mohsin Raza, M., Aslam Khan, M., Arshad, M., Sagheer, M., Sattar, Z., Shafi, J., ul Haq, E., Ali, A., Aslam, U., Mushtaq, A., Ishfaq, I., Sabir, Z. y Sattar, A. (2015). *Impact of global warming on insects*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48(1), 84–94. <http://doi.org/10.1101/728352>
- Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J. y Blaco-López, A. (2020). Integration of scientific practices into daily-living contexts: a framework for the design of teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 42(15), 2574–2600.
- Nicolás, C., Menargues, A., Limiñana, R., Rey, A., Rosa-Cintas, S. y Martínez-Torregrosa, J. (2017). Análisis y detección de las concepciones espontáneas sobre reproducción en plantas para la mejora de la enseñanza en Educación Primaria. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1003–1008.
- Ortega-Cubero, I. (2010). Los secretos del arsintés bajo el prisma de la teoría emergente de los datos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 22(2), 103–121.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. y Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 345–353. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Puig, B. y Gómez Prado, B. (2021). Una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de insectos, plantas y el problema de la pérdida de polinizadores. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 3203.
- Randler, C. (2008). Teaching species identification—A prerequisite for learning biodiversity and understanding ecology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(3), 223–231.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria (2014, 1 de marzo). *Boletín Oficial del Estado*, 52, 19349–19420. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-2222-consolidado.pdf>
- Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación Infantil (2007, 4 de enero). *Boletín Oficial del Estado*, 4, 474–482. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2007/01/04/pdfs/A00474-00482.pdf>
- Sánchez-Bayo, F. y Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, 232, 8–27. <http://doi.org/10.1080/08927936.2017.1335083>
- Schussler, E. E. (2008). From Flowers to Fruits: How children's books represent plant reproduction. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1677–1696.
- Schussler, E. y Winslow, J. (2007). Drawing on students' knowledge. *Science and Children*, 44(5), 40.
- Shipley, N. J. y Bixler, R. D. (2017). Beautiful Bugs, Bothersome Bugs, and FUN Bugs: Examining Human Interactions with Insects and Other Arthropods. *Anthrozoös*, 30(3), 357–372. <http://doi.org/10.1080/08927936.2017.1335083>
- Southwood, T. R. E., Brown, V. K. y Reader, P. M. (1979). The relationships of plant and insect diversities in succession. *Biological Journal of the Linnean Society*, 12(4), 327–348.
- Van Meter, P. y Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285–325.

- Wagler, R. (2010). The Association between Preservice Elementary Teacher Animal Attitude and Likelihood of Animal Incorporation in Future Science Curriculum. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(3), 353–375.
- Wagler, R. y Wagler, A. (2011). Arthropods: Attitude and incorporation in preservice elementary teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6, 229–250.
- Weelie D. V. y Wals, A. (2002). Making biodiversity meaningful through environmental education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1143-1156.
- Williams D. R. y Dixon P. S. (2013) Impact of Garden-Based Learning on Academic Outcomes in Schools: Synthesis of Research Between 1990 and 2010. *Review of Educational Research*, 83(2), 211-235.
- Wynn, A. N., Pan, I. L., Rueschhoff, E. E., Herman, M. A. y Archer, E. K. (2017). Student misconceptions about plants—a first step in building a teaching resource. *Journal of microbiology & biology education*, 18(1), 18-1.
- Zabala, A. y Arnau, L. (2007). Los métodos para la enseñanza de las competencias deben tener un enfoque globalizador. En A. Zabala y L. Arnau (Coords.), *11 Ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias* (pp. 163-191). Graó.
- Zuazagoitia, D., Ruiz-González, A., Aragón, L. y Eugenio-Gozalbo, M. (2021). ¿Podemos cultivar este suelo? Una secuencia didáctica para futuros maestros contextualizada en el huerto. *Investigación en la Escuela*, 103, 32-47. <http://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.03>

NOTAS

- [1] Como por ejemplo asociaciones y rotaciones de plantas, uso de plantas compañeras, hoteles de insectos y bandas florales, ausencia de biocidas, compostaje, ausencia de laboreo, acolchado de suelos.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Eugenio-Gozalbo, M., Monferrer, L., Ortega-Cubero, I., Adelantado-Renau, M. (2022) Estudiando los polinizadores en el contexto del huerto ecodidáctico universitario: presentación de una SEA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 19(3), 3206. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3206