



TRABAJO FIN DE MÁSTER

BEE GREEN MY FRIEND

revisión bibliográfica y propuesta
sobre ciencia ciudadana,
secundaria y polinización

Estudiante: JOSE MARÍA MARMANEU PALERO
Especialidad: BIOLOGÍA y GEOLOGÍA

Tutora: EVA GRACIÁ MARTÍNEZ
Cotutor: DANIEL BRUNO COLLADOS

Curso académico: 2023-24



BEE GREEN MY FRIEND

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y PROPUESTA
SOBRE CIENCIA CIUDADANA, SECUNDARIA
Y POLINIZACIÓN

JOSE M^a MARMANEU PALERO

«La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo».

Nelson Mandela.

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Resumen | 4 |
| Palabras clave | 4 |
| 2. Introducción | 5 |
| 3. Revisión bibliográfica..... | 9 |
| 4. Propuesta | 19 |
| 4.1 Aspectos técnicos | 19 |
| 4.2 Objetivos de etapa y relación con los ODS..... | 21 |
| 4.3 Competencias clave..... | 23 |
| 4.4 Competencias específicas | 23 |
| 4.5 Saberes básicos..... | 25 |
| 4.6 Criterios e instrumentos de evaluación | 27 |
| 4.7 Metodología y desarrollo de la propuesta..... | 30 |
| Fase 1. Conocimientos previos y planificación del proyecto. La ciencia ciudadana como herramienta para la conservación de los polinizadores | 31 |
| Fase 2. Planteamiento de objetivos y diseño experimental | 34 |
| Fase 3. Trabajo de campo y toma de datos | 35 |
| Fase 4. Interpretación de los resultados y elaboración de la memoria final.. | 37 |
| Fase 5. Comunicación, difusión y autoevaluación del proyecto | 38 |
| 5. Conclusiones | 40 |
| 6. Referencias | 43 |
| 7. Anexo I..... | 49 |
| 8. Anexo II..... | 51 |
| 9. Anexo III..... | 53 |
| 10. Anexo IV | 54 |

1. Resumen

La ciencia ciudadana comparte muchos objetivos con la nueva visión que propone la reciente ley de educación LOMLOE, sin embargo, su implantación en el sistema educativo español todavía es escasa. Con el fin de desarrollar las competencias establecidas entre el estudiantado de secundaria, en especial la Competencia matemática y en ciencia, este trabajo propone los fundamentos teóricos del proyecto *Bee Green my Friend*, proyecto de aprendizaje-servicio basado en la ciencia ciudadana que aborda el servicio ecosistémico de los insectos polinizadores. Como objetivo principal se ha realizado una revisión bibliográfica con el fin de conocer el estado actual del uso conjunto de los términos: “Ciencia ciudadana”, “Polinización” y “Educación secundaria”. Los datos obtenidos muestran una tendencia en alza del uso de proyectos de ciencia ciudadana, sin embargo, apenas un tercio (37,5%) recoge planes destinados a la educación secundaria dentro del marco legislativo, y solo en la mitad de ellos (50%) los participantes están involucrados en más de una fase del proyecto de investigación. En concreto, se detecta una carencia de proyectos de ciencia ciudadana en el sistema educativo español que a su vez se convierte en la fortaleza de esta propuesta. La implantación del proyecto *Bee Green my Friend*, espera generar una mayor conciencia ambiental y respeto por el entorno, así como desarrollar un conocimiento más amplio sobre conceptos como biodiversidad urbana, servicios ecosistémicos o polinización, fomentando a su vez la autonomía y el trabajo cooperativo entre los estudiantes de secundaria.

Palabras clave

Aprendizaje efectivo; Compromiso social; Conservación de la biodiversidad; Educación ambiental; Proyecto de aprendizaje; Valores medioambientales

2. Introducción

Hablar de ciencia ciudadana supone hablar de la interconexión entre dos mundos aparentemente alejados, pero con una necesidad básica de entendimiento. El modelo de ciencia ciudadana se basa en el concepto de investigación participada, donde tanto sociedad como comunidad científica aúnan esfuerzos colaborando conjuntamente en diferentes proyectos de ámbito científico (Hand, 2010; Senabre et al., 2018; Haklay et al., 2021). Generalmente, esta estrecha colaboración entre el mundo académico y el social suele estar mediada o desarrollada por expertos científicos que solicitan la ayuda y participación ciudadana amateur, es decir, sin que tengan necesidad de conocimientos relativos al tema del proyecto (Wiggins y Crowston, 2015).

Habitualmente, esta colaboración suele concentrarse en la fase de toma de datos o en la difusión y divulgación del proyecto (Cohn, 2008; Follett y Strezov, 2015). Sin embargo, cada vez más el planteamiento formal académico está abriendo su rigidez en vistas de un mayor acercamiento social y una contribución más paritaria en todas las fases del proyecto, tanto desde el planteamiento inicial del problema a la propia interpretación colectiva de los resultados (Delfanti, 2010). Amparados bajo este contexto, cada vez más voluntarios participan en el proceso de desarrollo del diseño del proyecto lo cual permite un avance más robusto y colaborativo con una mayor retroalimentación entre las partes implicadas (Senabre et al., 2018; Arbetman et al., 2022).

Diferentes autores destacan la importancia de la ciencia ciudadana en el aprendizaje efectivo desde la perspectiva del ciudadano científico (Cohn, 2008), definiendo este tipo de proyectos como una potente herramienta educativa para el acercamiento de la ciencia a la sociedad y, por lo tanto, de su comprensión social (Bonney et al., 2016). Es sabido que, tras su participación en proyectos de ciencia ciudadana, muchos voluntarios

manifiestan un interés sostenido sobre el tema, así como continúan con su formación de manera activa (Ceccaroni y Piera, 2017).

Además, el auge de las nuevas oportunidades de comunicación y transmisión de información surgidas de las nuevas tecnologías ha hecho que en los últimos años se haya constatado un incremento de las prácticas de ciencia ciudadana especialmente en proyectos relacionados con las ciencias naturales o experimentales (Ferran-Ferrer, 2015; Follett y Strezov, 2015). En este sentido, la conservación de la biodiversidad es un tema de alta preocupación académica y social, por lo que cada vez más está presente en los proyectos de ciencia ciudadana. Schröter y colaboradores (2017) contribuyeron a este respecto revisando un total de 17 proyectos actuales relacionados con diferentes servicios ecosistémicos que la biodiversidad brinda como el control de la calidad del agua, el almacén de carbono o la polinización o el control biológico de plagas.

Si hablamos de servicios ecosistémicos, y en concreto de regulación, es decir, aquellos que hacen referencia a procesos ecológicos que mejoran o hacen posible nuestra vida (CICES, 2024), los artrópodos constituyen uno de los grupos más relevantes, ya que, además de suponer cerca del 80% de todas las especies de animales descritas, realizan innumerables funciones básicas sin las que el ser humano no podría existir (Stork, 2018). Servicios ecosistémicos de regulación como la descomposición de la materia orgánica, el control biológico o la polinización, destacan entre tantas. Sin embargo, y al igual que ocurre con muchos otros grupos de animales, los artrópodos, y en concreto los insectos, están sufriendo las consecuencias de un gran declive poblacional generalizado (Pérez-García, 2020). La diversidad y abundancia de insectos observable tanto en espacios naturales como urbanos, es cada vez menor, poniendo de manifiesto la constante pérdida de biodiversidad que este grupo afronta (Galante, 2022; Nava-Bolaños et al., 2022).

Pese a su importancia en términos de biodiversidad y biomasa, los insectos, son un grupo poco carismático, y, por ende, constituyen un grupo menos estudiado. En este punto, la ciencia ciudadana podría contribuir a aumentar el conocimiento científico sobre el grupo y los valiosos servicios ecosistémicos que prestan, como el caso de la polinización. Los insectos polinizadores constituyen un grupo artificial que recoge a todos aquellos insectos que, de algún modo, o en alguna fase de su vida, contribuyen a la polinización de las flores y por lo tanto a la fecundación de las plantas. Solo dentro de las cuatro familias principales de insectos polinizadores se contabilizan más de 30 mil especies (Coleoptera 10000 spp., Hymenoptera 9500 spp., Diptera 7000 spp. y Lepidoptera 4000 spp.) (Monteagudo, 2022).

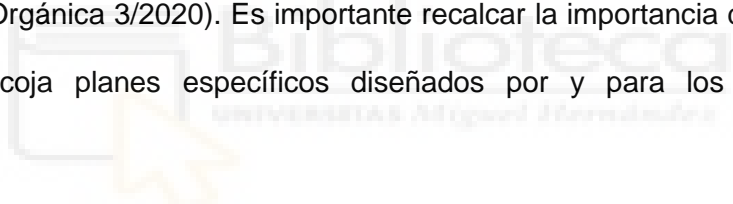
Se estima que cerca del 88% de las plantas silvestres con flores necesitan de los animales para completar su ciclo de vida, servicio que, a nivel mundial, genera una repercusión económica superior a los 200 mil millones de dólares por año (Klein et al., 2006; Sosenski y Domínguez, 2018). En la economía nacional aproximadamente el 70% de los cultivos destinados al consumo humano dependen de los polinizadores, lo que acaba suponiendo una cuantía superior a los 2700 millones de euros (Jiménez et al., 2018; Monteagudo, 2022). Además de estos datos a nivel económico y agrícola, las plantas, fecundadas y polinizadas por los insectos, también generan otros múltiples beneficios como la producción de oxígeno, la captación de dióxido de carbono, la evapotranspiración y contribución al ciclo del agua o el arraigo del suelo y la lucha contra la desertificación y la pérdida edáfica (González y Rivadulla, 2009).

La propuesta de este trabajo surge, en definitiva, de aunar parte de los conceptos expuestos hasta el momento: ciencia ciudadana, polinización y educación ciudadana. En concreto, el objetivo principal consiste en realizar una revisión bibliográfica para conocer el estado actual de la ciencia ciudadana aplicada a la educación secundaria y,



en concreto, desde la perspectiva de la polinización. Se pretende analizar tanto la tendencia actual, como la presencia o ausencia de dichos proyectos de ciencia ciudadana en planes educativos dedicados específicamente a estudiantes de secundaria.

Como objetivo complementario, se propone el planteamiento teórico de un proyecto de investigación científica dentro del marco de la asignatura de Biología y Geología en un centro de educación secundaria sobre polinización en base a la ciencia ciudadana. Específicamente, con este proyecto se pretende involucrar a los estudiantes en todas sus fases de desarrollo de modo que fomente el desempeño de las nuevas competencias que la ley de educación exige, adaptándose al currículum y normativa vigente (Ley Orgánica 3/2020). Es importante recalcar la importancia de que la ciencia ciudadana recoja planes específicos diseñados por y para los estudiantes de secundaria.



3. Revisión bibliográfica

La participación pública en la ciencia ha existido durante siglos. Desde sus orígenes la ciencia siempre se ha nutrido de aportes ciudadanos, sin embargo, no es hasta finales de 1990 cuando se describe con mayor exactitud el término de ciencia ciudadana (Irwin, 1995; Cooper, 2018). En su reciente revisión, Torralba-Burrial (2021) destaca la mayor presencia de este, tanto en su voz castellana como inglesa (*citizen science*), en artículos científicos publicados y recogidos por el buscador académico *Google Scholar* (fig. 1).

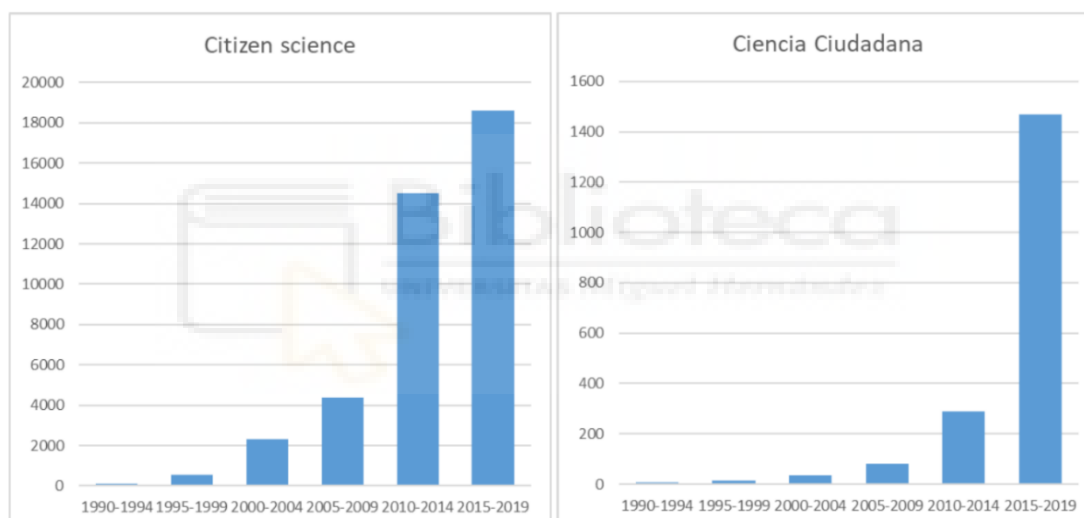


Figura 1: Número de trabajos científicos publicados desde 1990 en el buscador *Google Scholar* hasta enero del 2020 con las palabras clave. Izquierda: *Citizen science*; derecha: Ciencia ciudadana. Extraído de (Torralba-Burrial, 2021).

En concreto, el término en inglés muestra un despegue de interés sobre el tema a principios de 2010, década que recoge casi el 85% de las publicaciones relativas a la ciencia ciudadana (más de 32000) con respecto a la década de los 2000 con apenas el 15% (algo más de 6000 publicaciones). En castellano, el patrón observado es similar, aunque a menor escala y con un retraso de popularización de 5 años. Solo en el lustro

que va desde 2015 a 2019 el número de publicaciones (casi 15000) triplicó a la suma de todos los artículos publicados desde 1990 (500).

No obstante, esta reciente investigación no aborda el concepto desde la perspectiva de la educación secundaria ni, en concreto, desde la aproximación de la polinización. Por lo tanto, esta revisión bibliográfica actualiza la búsqueda añadiendo al estado actual de la situación la suma de los términos "*citizen science + pollination + high school*" en el buscador *Google Scholar*.

De manera similar a las revisiones anteriores, la nueva búsqueda reflejó la tendencia actual positiva y en alza de publicaciones concernientes a estos temas. Cabe destacar el aumento de publicaciones a partir de 2010 donde se recogen el 89% del total de las publicaciones (460 de 516) (fig. 2). El último lustro, 2019-2023, supone casi el 49% (252 publicaciones) de todos los trabajos que aúnan ciencia ciudadana, polinización y escuela secundaria.

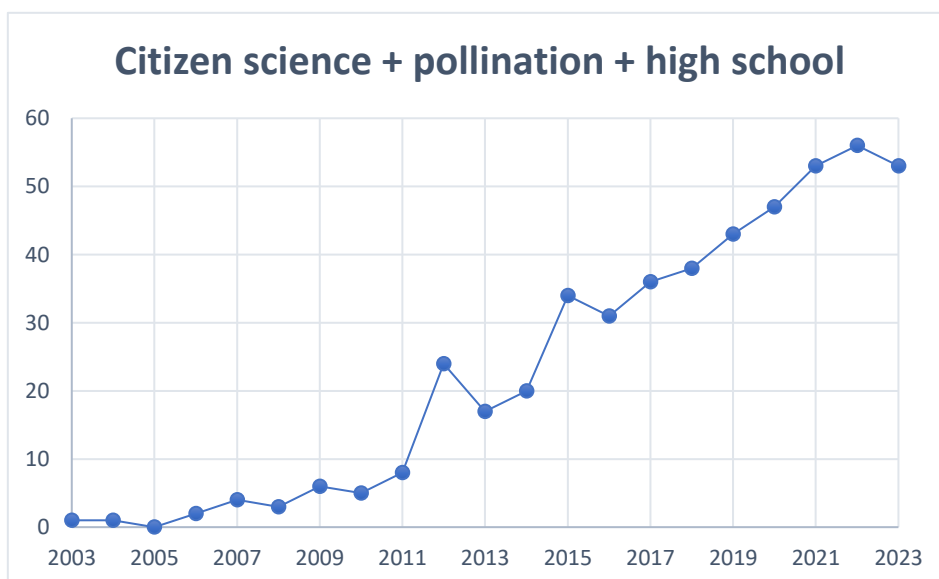


Figura 2: Número de trabajos científicos publicados en los últimos 20 años en *Google Scholar* con las palabras clave: *Citizen science + pollination + high school*.



De manera complementaria, se ha realizado una lectura detallada de los artículos más destacados en función de la relevancia y el número de citas que el motor de búsqueda genera para poder conocer en detalle aspectos básicos de algunas de estas investigaciones (tabla 1).

Datos como el país o región de origen de dichas investigaciones o el estado de naturalización del área de influencia donde se desarrolla el proyecto de ciencia ciudadana (bajo cuatro categorías: natural, rural, urbano y todos), nos permite conocer en que lugares es más frecuente o están más concienciados a la hora de realizar este tipo de proyectos y sobre qué elementos naturales se centran dichas investigaciones.

Por otro lado, y dado que las palabras “*high school*” se incluían en el motor de búsqueda, se ha considerado necesario comprobar si estos proyectos contenían planes específicos de actuación docente para secundaria en base a la legislación y no solo contemplan a los estudiantes como un grupo más de participantes. A este respecto, la última variable observada ha sido evaluar si la participación ciudadana en dichos proyectos se remite a una sola fase del método científico (generalmente recopilación o toma de datos) o si por el contrario los voluntarios están involucrados en más de una fase (diseño experimental, desarrollo de conclusiones, difusión del proyecto, etc.).

Tabla 1: Aspectos relativos a las investigaciones: Presencia/ausencia de proyectos de ciencia ciudadana, relación con la polinización y con participación de estudiantes de educación secundaria; región de actuación del proyecto; entorno (natural, rural, urbano o todos); presencia de un plan educativo; implicación, o no, de los participantes en más de una fase del proyecto.

| Referencia | Ciencia ciudadana | Polinización | Educación Secundaria | Región | Entorno | Plan educativo | Más de una fase |
|---------------------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|---------|----------------|-----------------|
| Fraser et al., 2023 | Si | Si | Si | Italia | Urbano | Si | Si |
| Tokarski et al., 2023 | Si | Si | Si | Europa | Todos | Si | Si |
| Van der Stock 2023 | Si | Si | Si | Australia y Japón | Urbano | Si | Si |
| Christ et al., 2022 | Si | Si | Si | Alemania | Urbano | Si | Si |
| Schneiderhan-Opel y Bogner 2020 | Si | Si | Si | Alemania | Natural | Si | Si |
| Petroff 2017 | Si | Si | Si | EE. UU. | Natural | Si | Si |
| Denton et al., 2021 | Si | Si | Si | Japón | Urbano | No | Si |
| Gómez-Salazar et al., 2023 | Si | Si | Si | Colombia | Rural | No | No |
| Leou et al., 2023 | Si | Si | Si | EE. UU. | Urbano | No | No |
| Patel 2023 | Si | Si | Si | Canadá | Urbano | No | No |
| Arbetman et al., 2022 | Si | Si | Si | Argentina | Todos | No | No |
| Romero et al., 2022 | Si | Si | Si | Ecuador | Natural | No | No |
| Klütsch et al., 2020 | Si | Si | Si | Escandinavia | Natural | No | No |
| MacPhail et al., 2020 | Si | Si | Si | EE. UU. y Canadá | Todos | No | No |
| Williams 2017 | Si | Si | Si | EE. UU. | Urbano | No | No |
| de Leon et al., 2016 | Si | Si | Si | Francia | Rural | No | No |
| Ryan et al., 2018 | Si | Si | No | | | | |
| Gratzer y Brodschneider 2021 | Si | Si | No | | | | |
| Jimenez et al., 2022 | No | Si | | | | | |
| Golick et al., 2018 | No | Si | | | | | |
| Reis 2014 | No | Si | | | | | |

Cabe destacar que algunos trabajos han sido descartados de los resultados ya que no estaban bien asignados a las palabras clave de la búsqueda: “*Citizen science + pollination + high school*”. Estas no siempre se corresponden con el desarrollo del texto, sin embargo, se considera interesante plasmar el porcentaje de trabajos que no coinciden con las etiquetas de búsqueda. De esta manera, hasta 5 de los 21 trabajos estudiados (24%) no cumplieron con alguno de los tres requisitos de la búsqueda, siendo 3 los que no contenían referencias a proyectos de ciencia ciudadana, y dos cuyos destinatarios no incluían estudiantes de secundaria.

De los trabajos que sí correspondían a los temas seleccionados podemos destacar el origen de procedencia de las investigaciones (fig. 3 izquierda), siendo, el continente americano, el más representado con la mitad de los trabajos (8 de 16), mientras que Europa con 6 trabajos y Asia y Oceanía con 2 completan la totalidad. Específicamente, Estados Unidos fue el país donde más proyectos se detectaron (4), seguido de Canadá, Alemania y Japón (2).

El análisis del entorno donde se aplicó el proyecto (fig. 3 derecha) destaca la dominancia del medio urbano donde se llevaron a cabo 7 de los 16 trabajos (más del 62% si incluimos aquellos trabajos asignados en la categoría de “todos”). El medio natural, en espacios o reservas naturales protegidas, albergó 4 proyectos, mientras que zonas rurales, más naturalizadas, pero con presencia de construcciones y ciertas influencias antrópicas conllevó 2 trabajos. En 3 de los proyectos de ciencia ciudadana no se especificó área de actuación, dejándolo a elección del voluntario.

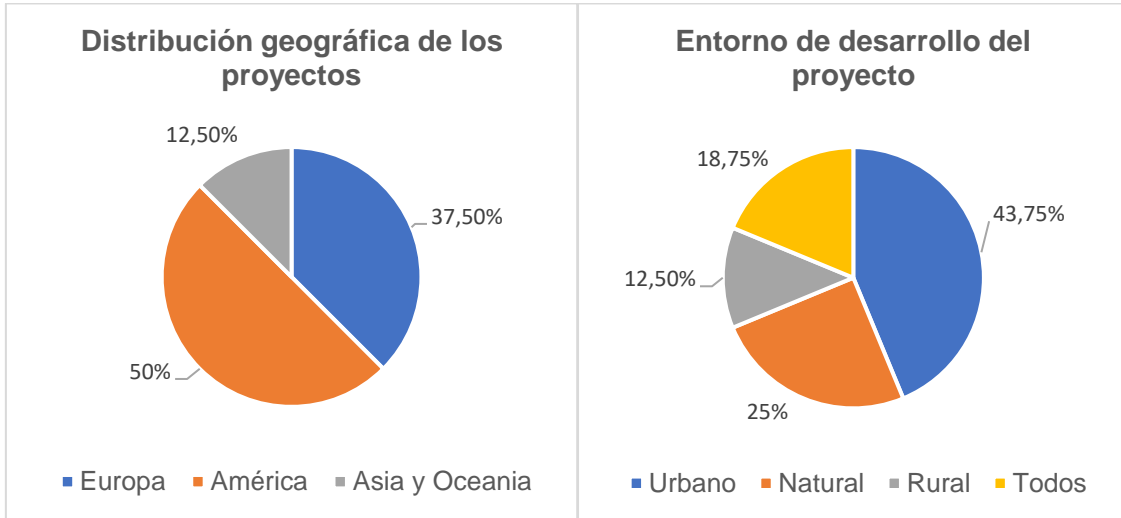


Figura 3: Datos de los proyectos de ciencia ciudadana de los trabajos científicos analizados. Izquierda: distribución geográfica por continente; derecha: grado de naturalización del entorno donde se desarrolla el proyecto.

Por último, uno de los aspectos más relevantes para este trabajo era la presencia o ausencia en dichos proyectos de ciencia ciudadana de planes educativos destinados específicamente a estudiantes de secundaria basados en el marco legislativo (fig. 4 izquierda). A pesar de que la mayoría de los proyectos (90%) contemplaba a los estudiantes entre sus participantes solo un 37,5% (6 de 16) incluía algún tipo de material específico para la formación, educación y aprendizaje de los estudiantes, es decir, los había tenido en cuenta a la hora de elaborar el proyecto.

A su vez, también se evaluó si la participación de los voluntarios estaba reducida a una sola fase del proyecto o si por el contrario se ampliaba a más de una (fig. 4 derecha). En este caso, el resultado fue equitativo, ya que la mitad de los trabajos analizados sí contemplaban la participación en más de una fase. Concretamente, todos los proyectos que contemplaban planes educativos, más uno que no, fueron aquellos donde los voluntarios pudieron participar en más de una fase.

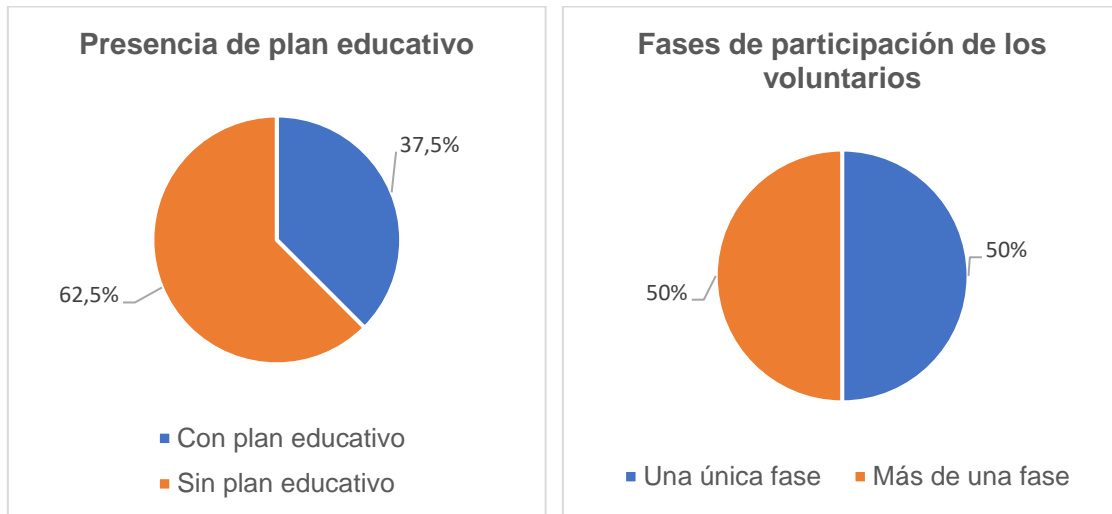


Figura 4: Datos de los proyectos de ciencia ciudadana de los trabajos científicos analizados. Izquierda: presencia/ausencia de planes específicos educativos; derecha: fases de participación de los voluntarios dentro del proyecto.

Identificar planes educativos dedicados a la formación de los estudiantes en base a la ley de educación vigente es una de las prioridades de este trabajo. A lo largo de la bibliografía podemos encontrar algunos ejemplos relevantes de proyectos de ciencia ciudadana que abordan la problemática de la pérdida de los polinizadores desde diferentes puntos de vista con éxito, pero que dejan de lado el enfoque educativo.

Desde Argentina Arbetman y colaboradores (2022) desarrollan el proyecto “Vi un abejorro” destinado a registrar la presencia de una especie nativa de abejorro, *Bombus dahlbomii* Guérin-Méneville (1835), frente a la alóctona invasora, *Bombus terrestris* L. (1758) permitiendo conocer detalles de su fenología o preferencias florales y que en la actualidad cuenta con más de 600 colaboradores (Campopiano, 2023). También desde Estados Unidos, dos grandes proyectos como *Bee Friendly Gardening* o *The Great Sunflower Project* abordan la problemática de los polinizadores recopilando datos sobre su presencia en jardines y parques, así como en las propias escuelas. Desde Francia y

con más de 4000 participantes el proyecto *SPIPOLL* plantea el seguimiento de las poblaciones de insectos polinizadores mediante la fotografía, registrando durante un periodo de tiempo concreto la visita de los polinizadores a especies de plantas con flor (fig. 5).



Figura 5: Composición con ejemplos de los logos de proyectos de ciencia ciudadana relativos a la polinización. De izquierda a derecha: *The Great Sunflower Project*, Proyecto *SPIPOLL* y *X-Polli:Nation*.

Sin embargo, y aunque todos estos proyectos pueden contar con recursos docentes o actividades destinadas a los estudiantes, si algo tienen en común es que no han sido diseñados para un contexto educativo. Si bien, es habitual que como ciudadanos voluntarios incluyan participantes en edad escolar, tanto su diseño experimental, gestión de los datos, difusión y elaboración de los resultados, son llevados a cabo por expertos científicos para ámbitos académicos sin tener en cuenta las necesidades específicas del alumnado. Esto conlleva que no haya unidades didácticas adaptadas a las diferentes edades escolares y que, al final, no pueda ser fácilmente integrado en el currículum educativo del alumno, limitando la sinergia entre la ciencia ciudadana y la educación.

Pensar en los estudiantes a la hora de plantear un proyecto de ciencia ciudadana conlleva ciertos aspectos relevantes indispensables tanto en el marco educativo como

legislativo. La nueva ley de educación LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020) destaca por la educación en el respeto, la tolerancia y la libertad, el desarrollo del autoaprendizaje, la adquisición de hábitos de trabajo o la inserción digital, así como la adquisición de valores en el respeto hacia los seres vivos y el medio ambiente. En su implementación esta nueva ley nos habla de la necesidad de aplicar un enfoque competencial en la educación, donde el foco se sitúe en formar ciudadanos autónomos y competentes capaces de afrontar desafíos propios de nuestra época, así como en desarrollar una conciencia medioambiental basada en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que marcan desde la Comunidad Europea (Naciones Unidas, 2023). En resumen, la nueva ley adaptada al siglo XXI pretende que el alumnado aprenda a ser, aprenda a saber, aprenda a convivir y aprenda a hacer.

El proyecto *X-Polli:Nation* (Fraser et al., 2023), puede ser uno de esos ejemplos donde verse reflejados ya que está diseñado específicamente para alumnos en edad escolar y sus profesores. Con una serie de ejercicios y actividades basadas en el aprendizaje y la comunicación científica, el proyecto anima a los docentes a incluir parte de sus materiales en sus situaciones de aprendizaje. Como buen proyecto de ciencia ciudadana, también presenta disponibles hojas de registro de encuestas para imprimir, así como un certificado de participación para todos aquellos voluntarios.

Esta línea es el camino y el objetivo de este trabajo, sin embargo, se detecta una carencia de recursos y materiales en idioma español; *X-Polli:Nation* solo está disponible en inglés e italiano. Según el Instituto Cervantes, la comunidad hispanohablante supone el 7,5% de la población mundial (600 millones de hablantes), quedando, en muchos casos, fuera del alcance de este conocimiento. Además, en función del país, los recursos deben estar bajo el amparo de las leyes de educación vigentes, siendo en España la nueva ley de educación LOMLOE la que gestiona objetivos de etapa,



competencias específicas y clave y criterios de evaluación. Adecuarse a los requisitos legislativos de cada país es una obligación para cualquier proyecto educativo y la ciencia ciudadana dedicada a la educación no está exenta de ello. Por ello, si cabe, este trabajo toma mayor trascendencia, ya que propone en español y ajustado a la legislación educativa española un proyecto de ciencia ciudadana diseñado por y para el estudiantado de secundaria.



4. Propuesta

4.1 Aspectos técnicos

Este trabajo propone el planteamiento teórico de una propuesta de aprendizaje-servicio basada en la ciencia ciudadana comprendiendo aspectos relativos a la polinización y el servicio ecosistémico que los insectos polinizadores realizan. El diseño de la propuesta se realiza en forma de situación de aprendizaje bajo el título: *Bee Green my Friend*, estando destinada a alumnos de 3º de la ESO dentro de la asignatura de Biología y Geología y atendiendo a todos los aspectos del currículo (objetivos de etapa, saberes básicos, competencias clave, competencias específicas y criterios de evaluación) según reza la ley vigente (tabla 2).

Tabla 2: Esquema general resumen de los aspectos técnicos de la situación de aprendizaje propuesta en este trabajo.

| 2023/2024 | Título: <i>Bee Green my Friend</i> | |
|--|--|--|
| Curso: 3º de la ESO | Materia: Biología y Geología | Temporalización: 12 sesiones (55min) + 3 salidas de campo |
| Comp. específicas: CE1; CE2; CE3; CE7; CE10 y CE11 | Criterios de evaluación: 1.1; 1.2; 1.3; 2.1; 2.2; 2.3; 2.5; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 7.2; 7.3; 7.5; 10.1; 10.2; 11.1 y 11.2 | Objetivos de etapa: 1; 5; 6; 7 y 11 |
| Saberes básicos: <ul style="list-style-type: none"> • Bloque 1: Metodología de la ciencia; *Estrategias de utilización de herramientas digitales para la búsqueda de la información... *Lenguaje científico y vocabulario específico... *Procedimientos experimentales... *Pautas de trabajo científico en la planificación y ejecución de un proyecto | | |

de investigación... *Procedimientos y métodos de observación de hechos o fenómenos naturales...

- Bloque 3: Los seres vivos; *Nomenclatura binomial: concepto de especie. *Principales grupos de seres vivos de cada reino... *Ecodependencia de los seres vivos e importancia del mantenimiento de todas las formas de vida para la salud humana. *Estrategias de reconocimiento y estudio de especies...
- Bloque 5: Sostenibilidad; *Corresponsabilidad en la protección ambiental... *Medio ambiente y salud. Influencia de los desequilibrios ambientales sobre las enfermedades y el bienestar.

Metodología: La situación de aprendizaje se realiza a lo largo de todo el curso académico desarrollándose en función de las siguientes fases:

1. Conocimientos previos y planificación del proyecto. La Ciencia ciudadana como herramienta para la conservación de los polinizadores.
2. Planteamiento de objetivos y diseño experimental.
3. Trabajo de campo y toma de datos.
4. Interpretación de los resultados y elaboración de la memoria final.
5. Comunicación, difusión y autoevaluación del proyecto.

El contexto legislativo estatal viene definido por:

- **Ley Orgánica 3/2020**, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- **Real Decreto 217/2022**, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.

Mientras que a nivel autonómico las directrices se fundamentan en:

- **Decreto 107/2022**, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establecen la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria.

- **Decreto 104/2018**, de 27 de julio, del Consell, por el que se desarrollan los principios de equidad y de inclusión en el sistema educativo valenciano.

4.2 Objetivos de etapa y relación con los ODS

Los objetivos de etapa son los logros que todo alumno deberá adquirir a lo largo de la etapa formativa (Educación Secundaria Obligatoria) en base al artículo 7 del **RD 217/2022**, (Real Decreto 217/2022) y que contribuyen al desarrollo de todas sus capacidades. La presente situación de aprendizaje aborda aquellos relacionados con el respeto, el compromiso social, el método científico y la sostenibilidad:

- **1.** “Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a las demás personas, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática”.
- **5.** “Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Desarrollar las competencias tecnológicas básicas y avanzar en una reflexión ética sobre su funcionamiento y utilización”.
- **6.** “Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia”.

- 7. “Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades”.
- 11. “Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado, la empatía y el respeto hacia los seres vivos, especialmente los animales, y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora”.

Complementariamente, como parte de su nueva agenda de desarrollo sostenible, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), plantea una serie de 17 objetivos de desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2023) (fig. 6).



Figura 6: Objetivos de desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2023).

En esta situación de aprendizaje se tratará de inculcar una conciencia activa y respetuosa por la vida (ODS 15), así como involucrar al estudiantado en el desarrollo de ciudades y comunidades más sostenibles e integradas con el medio natural (ODS 11), sin olvidar el gran papel de los ecosistemas en la lucha contra el cambio climático, conociendo de primera mano el efecto de las acciones antrópicas importante para poder desempeñar una acción eficaz por el clima (ODS 13).

4.3 Competencias clave

Las competencias clave (CV) son los desempeños que se consideran imprescindibles para que el alumnado pueda progresar con garantías de éxito en su itinerario formativo, y afrontar los principales retos y desafíos globales y locales. En base al **Decreto 107/2022** esta situación de aprendizaje abordará las siguientes competencias clave (Decreto 107/2022):

- **CMCT**: “Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería”.
- **CPSAA**: “Competencia personal, social y de aprender a aprender”.
- **CC**: “Competencia ciudadana”.
- **CCEC**: “Competencia en conciencia y expresión culturales”.

4.4 Competencias específicas

Las competencias específicas (CE) son los desempeños que cada alumno debe poder desplegar en actividades o situaciones y cuyo abordaje requiere de los saberes básicos de cada área. En base al **Decreto 107/2022** las competencias específicas de esta situación de aprendizaje son (Decreto 107/2022):

- **CE1.** “Resolver problemas científicos abordables en el ámbito escolar a partir de trabajos de investigación de carácter experimental”.
- **CE2.** “Analizar situaciones problemáticas reales utilizando la lógica científica y explorando las posibles consecuencias de las soluciones propuestas para afrontarlas”.
- **CE3.** “Utilizar el conocimiento científico como instrumento del pensamiento crítico, interpretando y comunicando mensajes científicos, desarrollando argumentaciones y accediendo a fuentes fiables, para distinguir la información contrastada de los bulos y opiniones”.
- **CE7.** “Actuar con responsabilidad participando activamente en la conservación de todas las formas de vida y del planeta en base al conocimiento de los sistemas biológicos y geológicos”.
- **CE10.** “Adoptar hábitos de comportamiento en la actividad cotidiana responsables con el entorno, aplicando criterios científicos y evitando o minimizando el impacto medioambiental”.
- **CE11.** “Proponer soluciones realistas basadas en el conocimiento científico ante problemas de naturaleza eco-social a nivel local y global, argumentar su idoneidad y actuar en consecuencia”.

La relación de las competencias clave con las específicas se puede resumir en la siguiente tabla (tabla 3):

Tabla 3: Conexión de las competencias específicas (CE) con las competencias clave:

| | CE1 | CE2 | CE3 | CE7 | CE10 | CE11 |
|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| CMCT | | | | | | |
| CPSAA | | | | | | |
| CC | | | | | | |
| CCEC | | | | | | |

4.5 Saberes básicos

Los saberes básicos de la asignatura Biología y Geología de 3º de la ESO establecidos en el **Decreto 107/2022** que se abordarán en esta situación de aprendizaje son (Decreto 107/2022):

- **Bloque 1: Metodología de la ciencia.**
 - “Estrategias de utilización de herramientas digitales para la búsqueda de la información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados e ideas en diferentes formatos (infografía, presentación, póster, informe, gráfico...)”.
 - “Lenguaje científico y vocabulario específico de la materia de estudio en la comprensión de informaciones y datos, la comunicación de las propias ideas, la discusión razonada y la argumentación sobre problemas de carácter científico”.
 - “Procedimientos experimentales en laboratorio: control de variables, toma (error en la medida) y representación de los datos (tablas y gráficos), análisis e interpretación de los mismos”.

- “Pautas del trabajo científico en la planificación y ejecución de un proyecto de investigación en equipo: identificación de preguntas y planteamiento de problemas que puedan responderse, formulación de hipótesis, contrastación y puesta a prueba a través de la experimentación, y comunicación de resultados”.
- “Procedimientos y métodos de observación de hechos o fenómenos naturales desde el prisma del naturalista inquieto: capacidad de incorporar las observaciones a los conocimientos adquiridos y cuestionamiento de lo evidente”.
- **Bloque 3: Los seres vivos.**
 - “Nomenclatura binomial: concepto de especie”.
 - “Principales grupos de seres vivos de cada reino: ejemplos de rasgos característicos de las categorías taxonómicas más relevantes y relación con sus adaptaciones a las condiciones ambientales”.
 - “Ecodependencia de los seres vivos e importancia del mantenimiento de todas las formas de vida para la salud humana”.
 - “Estrategias de reconocimiento y estudio de especies más comunes de los ecosistemas del entorno (guías, claves dicotómicas, visu, herramientas digitales...)”.

- **Bloque 5: Sostenibilidad.**
 - “Corresponsabilidad en la protección ambiental. La importancia de las acciones individuales, locales y globales mediante estudios técnicos más pormenorizados”.
 - “Medio ambiente y salud. Influencia de los desequilibrios ambientales sobre las enfermedades y el bienestar”.

4.6 Criterios e instrumentos de evaluación

Tal y como establece el **RD 217/2022** la evaluación ha de tener su referente en los criterios de evaluación correspondientes a las competencias específicas de las materias debiéndose reconocer el esfuerzo, dedicación y rendimiento de una manera objetiva. En la siguiente tabla se establecen los criterios de evaluación empleados en esta situación de aprendizaje (tabla 4):

Tabla 4: Competencias específicas (CE) y criterios de evaluación vinculados tal y como se recogen en el Real Decreto 217/2022.

| | |
|------------|--|
| CE1 | <p>1.1 Realizar una interpretación adecuada de los hechos observados o los datos disponibles para contrastar hipótesis y extraer conclusiones que le resultan de utilidad en su conocimiento del mundo que le rodea.</p> <p>1.2 Elaborar informes de las investigaciones que justifiquen correctamente las conclusiones obtenidas de acuerdo con los resultados obtenidos y en el marco de los modelos o teorías.</p> <p>1.3 Argumentar, debatir y razonar sobre el problema investigado y la validez de la experiencia propuesta.</p> |
|------------|--|

| | |
|-------------------|--|
| <p>CE2</p> | <p>2.1 Utilizar correctamente los términos más habituales asociados a los distintos ámbitos de la ciencia.</p> <p>2.2 Utilizar correctamente las herramientas informáticas necesarias para su trabajo.</p> <p>2.3 Analizar críticamente la solución propuesta a un problema complejo en función de los saberes básicos que se movilizan.</p> <p>2.5 Construir explicaciones que relacionan los hechos y conceptos indicando sus limitaciones y movilizand o conocimientos complejos.</p> |
| <p>CE3</p> | <p>3.2 A partir de observaciones de fenómenos o hechos, construir una argumentación que dé base a una afirmación o que desmienta otra en retos de una dificultad ajustada a los saberes básicos del nivel.</p> <p>3.3 Comunicarse utilizando el lenguaje científico para participar en intercambios o en debates, interpretando y produciendo mensajes científicos, con un rigor medio, adecuado a los saberes básicos propios del nivel.</p> <p>3.4 Desarrollar una actitud abierta y receptiva hacia la diversidad de conocimientos, puntos de vista y enfoques.</p> <p>3.5 Utilizar fuentes de información variada para construir sus argumentaciones (textos escritos, audios, gráficas, infografías, vídeos) con un grado de complejidad medio.</p> |
| <p>CE7</p> | <p>7.2 Manejar claves dicotómicas para clasificar correctamente distintos seres vivos.</p> <p>7.3 Proponer soluciones para paliar las consecuencias de la actividad humana sobre el planeta o para prevenir los fenómenos responsables de las mismas.</p> <p>7.5 Argumentar sobre la necesidad de conservar todas las formas de vida.</p> |

| | |
|-------------|--|
| CE10 | 10.1 Utilizar su conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas para detectar las acciones humanas que los alteran. 10.2 Proponer soluciones para paliar las distintas formas de alteración humana de los ecosistemas. |
| CE11 | 11.1 Proponer y participar en la adopción de medidas locales y globales de mitigación de la crisis climática orientadas a evitar que las temperaturas sigan incrementándose. 11.2 Utilizar las fuentes adecuadas para documentarse en torno a causas y posibles soluciones a los problemas ambientales que les permiten argumentar y defender sus propuestas. |

Los instrumentos de evaluación son los productos que el cuerpo docente escoge para hacer evidente la adquisición de las competencias por parte del alumnado. En esta situación de aprendizaje se utilizarán 3: libreta o cuaderno de actividades, memoria de proyecto final y autoevaluación.

La libreta o cuaderno de actividades es el instrumento escogido para evaluar el registro diario y calificar el esfuerzo constante, la implicación y la participación del estudiantado a lo largo de las sesiones. Se presentará de manera individual y tendrá un valor del 25% de la nota final. Por su parte, la memoria del proyecto final supone la representación del trabajo completo de la situación de aprendizaje y estará valorada con un 70% del total. La memoria se entregará en grupos de 4 permitiendo al profesorado averiguar el grado de conocimiento global adquirido por el alumnado. Por último, en la sesión final se realizará una autoevaluación con un valor del 5% donde los estudiantes calificarán su propio rendimiento detectando sus fortalezas e identificando puntos de mejora futuros.

4.7 Metodología y desarrollo de la propuesta

La situación de aprendizaje consta de un total de 12 sesiones de 55 minutos cada una a desarrollar a lo largo del curso académico. Tal y como representa el cronograma (tabla 5), las sesiones se espacian equitativamente a lo largo de los meses distribuidas dentro de las diferentes fases del proyecto. Cabe destacar que las sesiones dedicadas a la fase 3, trabajo de campo, no se han tenido en cuenta para la temporalización total ya que se desarrollaran en horario no lectivo (sábados).

Tabla 5: Cronograma de distribución temporal de las diferentes fases del proyecto con el número de sesiones de 55 minutos de cada actividad.

| Fases del proyecto | Oct. | Nov. | Dic. | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1. Planificación del proyecto | 1 | 2 | 1 | | | | | | |
| 2. Objetivos y diseño | | | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 3. Trabajo de campo | | | | | | 4* | 4* | 4* | |
| 4. Conclusiones y memoria | | | | | | | | 2 | |
| 5. Difusión y autoevaluación | | | | | 1 | | | | 2 |

*las sesiones corresponden a salidas de campo en horario no lectivo (sábado).

Con el fin de permitir al alumnado adaptarse a las exigencias del proyecto y abordar cada etapa con el máximo de competencias, la situación de aprendizaje se ha dividido en 5 fases con sus respectivas actividades y procesos dentro del proyecto total (fig. 7).

1. Conocimientos previos y planificación del proyecto. La ciencia ciudadana como herramienta para la conservación de los polinizadores (4 sesiones).

2. Planteamiento de objetivos y diseño experimental (3 sesiones).
3. Trabajo de campo y toma de datos (3 salidas de campo).
4. Interpretación de los resultados y elaboración de la memoria final (2 sesiones).
5. Comunicación, difusión y autoevaluación del proyecto (3 sesiones).



**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y PROPUESTA SOBRE
CIENCIA CIUDADANA, SECUNDARIA Y POLINIZACIÓN**

Figura 7: Tema del proyecto de ciencia ciudadana *Bee Green my Friend*.

Fase 1. Conocimientos previos y planificación del proyecto. La ciencia ciudadana como herramienta para la conservación de los polinizadores

Esta primera fase tendrá como objetivo presentar la situación de aprendizaje a los estudiantes, establecer las normas y fases a seguir, recabar información sobre conocimientos previos del tema, asentar sus bases sobre el método científico, en concreto mediante las peculiaridades de la ciencia ciudadana, y establecer el guion de

la memoria que tendrán que realizar comenzando con la redacción de la introducción. Las cuatro sesiones de esta primera fase tendrán lugar en el aula habitual, y no se requerirá ningún material extra más allá de las fotocopias y la presentación que aporte el docente.

En la primera sesión se presentará el proyecto *Bee Green my Friend* estableciendo claramente las normas, la evaluación y las pautas a seguir durante todo el curso. Además, en esta primera sesión se realizarán los grupos de trabajo que constarán de 4 alumnos distribuidos de manera heterogénea siguiendo la pauta ABBC, donde A corresponde a alumnos con un ritmo de aprendizaje alto, B con ritmos de aprendizaje medio y C a alumnos con ritmo de aprendizaje más lento. El objetivo de este tipo de agrupación es fomentar el trabajo cooperativo entre los integrantes, tratando de equiparar el nivel entre ellos de modo que se apoyen y retroalimenten de una manera productiva. Por último, se entregará la primera ficha, sobre conocimientos previos de la polinización, que deberán entregar en la siguiente sesión (anexo I).

En la segunda y tercera sesión se explicará el concepto de ciencia ciudadana y como esta puede contribuir a la generación de conocimiento científico riguroso y de calidad. El objetivo de estas sesiones será, por lo tanto, familiarizar a los estudiantes con la ciencia ciudadana y asentar los conocimientos relativos al método científico y a la polinización ya adquiridos durante los cursos previos.

Aunque los proyectos de ciencia ciudadana son muy variados y pueden presentar una estructura diferente en función de sus peculiaridades, según Betancur y Cañón (2016) existe una serie de características comunes a tener en cuenta de manera transversal (tabla 6).

Tabla 6: Aspectos relevantes para un proyecto de ciencia ciudadana.

| Aspectos relevantes proyecto de Ciencia ciudadana (Betancur y Cañón, 2016) | |
|---|--|
| Tema | Definir los objetivos científicos y sociales del proyecto ayuda a conocer el punto de partida de los voluntarios, su interés y conocimientos sobre el tema. |
| Participantes | Aunque de manera general los estudios de ciencia ciudadana suelen estar liderados por un experto que guie el avance, en este caso serán los propios estudiantes (con el apoyo del docente) los que lleven el control, al mismo tiempo que participen, junto con familiares, amigos y vecinos, como voluntarios. |
| Tiempo | Tener claro el cronograma con el tiempo necesario para realizar cada una de las fases del proyecto es esencial, ya que, de esta manera, no solo se evitarán sobresaltos o inconvenientes derivados de una mala gestión del tiempo, sino que se podrá prever cualquier incidente como que los ciudadanos participantes se cansen o pierdan el interés antes de tiempo. |
| Compromiso | Las investigaciones derivadas de proyectos de ciencia ciudadana dependen del compromiso y voluntad de los participantes. De igual modo que en el apartado del tema, conocer el estado del conocimiento del tema de los voluntarios puede ayudar a desarrollar charlas o talleres que aumente el conocimiento de estos y por ende el nivel de compromiso por el proyecto. |

Como actividad los estudiantes deberán rellenar la segunda parte de la primera ficha (anexo I) tratando de explicar y resumir los apartados anteriores, es decir, el tema del proyecto, a quien va dirigido, la temporalización y que herramientas utilizarían para mantener e incentivar el compromiso de los participantes. Con las correcciones del

docente en la última sesión de esta fase se establecerán los objetivos finales y se comenzará con la redacción de la introducción.

Fase 2. Planteamiento de objetivos y diseño experimental

Una vez comprendido como abordar el proyecto desde la perspectiva de la ciencia ciudadana y tras la elección del tema objeto de la investigación; los polinizadores, la segunda fase consistirá en diseñar el modelo experimental para la posterior toma de datos y el planteamiento de las preguntas y objetivos. Si bien, debido a las propias limitaciones del proyecto (materiales, recursos, capacidad logística y de operación) los objetivos estarán guiados y condicionados, se dejará cierta libertad a los grupos de trabajo para que tomen sus propias decisiones a la hora de adaptar o modificar ligeramente las hipótesis iniciales. De igual modo que en la fase 1, todas las sesiones tendrán lugar en el aula habitual, salvo la tercera sesión, donde se saldrá al patio para observar la propia vegetación del centro. No se requerirá de más material a parte del aportado por el propio docente, fotocopias, fichas de trabajo y la presentación audiovisual.

La primera sesión tendrá lugar en diciembre, antes de las vacaciones de navidad, donde se entregará a los alumnos la segunda ficha (anexo II) para que durante el periodo de descanso piensen y mediten sobre los objetivos del proyecto y se hagan las preguntas pertinentes relativas a las hipótesis. A la vuelta, se valorarán y, en la medida de lo posible, se implementarán en sus propios proyectos de ciencia ciudadana. Es importante destacar que, aunque cada grupo de trabajo plantee sus propias hipótesis, esto no invalida la naturaleza única del proyecto de ciencia ciudadana *Bee Green my Friend*, ya que tanto la difusión, como la participación in situ de los voluntarios se realizará de manera colectiva para todos los grupos por igual.



A la vuelta de las vacaciones, durante la segunda sesión, se acabarán de establecer los objetivos del trabajo y se comenzará con la planificación del diseño experimental, estableciendo el protocolo de actuación y la manera en la que los propios estudiantes y voluntarios tomarán los datos de campo para tratar de responder a las preguntas iniciales. Este punto del proyecto continuará con la tercera sesión donde la mitad de la clase se dará en el patio del centro escolar para que puedan poner a punto el diseño y construirlo a partir de la observación directa de fenómenos y hechos.

El diseño experimental incluirá la delimitación de las 3 zonas de muestreo, seleccionadas dentro de un gradiente de naturalización o antropización, siendo la zona 1 la que mayor cobertura vegetal presente y la 3 la que menos. De igual modo, se establecerá un modelo de muestreo basado en la captura de los ejemplares con mangas entomológicas y las réplicas. El producto final de esta fase será la elaboración, en base a la plantilla preestablecida de la segunda ficha (anexo II), de las hojas de registro necesarias para cumplimentar durante la 3 fase.

Fase 3. Trabajo de campo y toma de datos

Tras la delimitación de las zonas de actuación y la selección del proceso de muestreo, durante la fase 3 los alumnos se prepararán para la recogida en el campo de los datos necesarios para elaborar el informe del proyecto. Las tres salidas de campo programadas y previstas dentro de la propuesta pedagógica del curso se realizarán en horario no lectivo: finales de marzo, mediados de abril y principios de mayo, espaciadas entre sí por 3 semanas. El carácter no lectivo de estas sesiones implica la no obligatoriedad de realizarlas, siendo, por lo tanto, optativas para el estudiantado. En caso de no asistencia, no habrá repercusión en la calificación, y las siguientes fases se trabajarán con los datos obtenidos por el resto de los compañeros. El horario será de

9:00 de la mañana a 13:00 del mediodía debiendo encargarse el propio alumno, y sus voluntarios, del desplazamiento.

El material necesario será: hojas de registro impresas, bolígrafos y lápices de reserva, reloj, termómetro, botes de recolección de plástico, mangas entomológicas y guías de identificación (Observatorio Biodiversidad Agraria, 2023). Previamente a la fecha de la primera sesión, tal y como se verá en la fase 5 dedicada a la difusión, los alumnos habrán dedicado una sesión a comunicar el proyecto dentro de la escuela, pasando aula por aula por todo el centro y exponiendo la necesidad de participación y voluntariado.

Una vez en las zonas de muestreo, el protocolo de actuación será el siguiente:

A la llegada los alumnos harán una breve explicación sobre el proyecto y en qué consistirá la sesión y en función del número de voluntarios y participantes se compondrán los grupos de muestreo. El factor limitante será la disposición de mangas entomológicas. Se repartirá una cada grupo y se delimitará su área de actuación dentro de la zona para evitar solaparse y que cada grupo sirva de réplica. De manera lineal se irá avanzando, registrando todos los insectos pertenecientes a los cuatro grupos principales establecidos: Coleoptera, Hymenoptera, Diptera y Lepidoptera. Para una correcta identificación se dispondrá de guías de identificación, no obstante, para evitar errores y el recuento de especies, se distribuirán botes de plástico para la captura de los insectos. Aquellos que estén sobre las flores, como los coleópteros, no hará falta capturarlos y con una simple fotografía será suficiente. Posteriormente, al finalizar la jornada, todos los insectos serán liberados en su mismo hábitat.

El protocolo se realizará de igual modo en las tres zonas de muestreo anotando en todos los casos el tiempo atmosférico, la hora de inicio y de finalización y cualquier

perturbación observada. Al final de cada jornada se recogerán las hojas de registro para el posterior análisis de los datos recogidos por los alumnos.

Fase 4. Interpretación de los resultados y elaboración de la memoria final

Durante el mes de mayo tendrán lugar las dos sesiones dedicadas a la interpretación de los datos y elaboración de las conclusiones. Paralelamente los alumnos habrán ido desarrollando la base de su memoria, siendo este punto el momento idóneo para la redacción de los resultados y las conclusiones. Para la primera sesión se reservará el aula de informática para que los alumnos puedan utilizar de manera muy básica el programa de hojas de cálculo disponible, anotando todos los avistamientos y registrando en una tabla las respuestas de los voluntarios del pequeño cuestionario. La segunda sesión tendrá lugar en el aula habitual. Para esta fase no será necesario ningún material extra aparte del que pueda proporcionar el profesor y los elementos habituales del aula de informática.

El curado y tratamiento de los datos que los alumnos tendrán que realizar serán muy sencillos y se abordarán de una manera muy superficial, ya que no es materia de este proyecto manejarse con la estadística. De manera muy simple calcularán la abundancia relativa, es decir, el número total de ejemplares capturados agrupados por orden (coleoptera, hymenoptera, díptera y lepidóptera) en las tres zonas de muestreo (1 natural, 2 intermedia y 3 urbana) y la abundancia total, número total de ejemplares sin agrupar. De esta manera podrán comparar entre zonas y poder hacer pequeñas comparativas.

Del mismo modo, registrarán en una tabla las respuestas de los participantes relativas al pequeño cuestionario indicando la edad de cada voluntario. Al final podrán sacar conclusiones generales sobre el estado de conciencia de la sociedad, cuanto ha



contribuido el proyecto de ciencia ciudadana a sensibilizar sobre una problemática medioambiental y si proyectos cómo este ayuda a crear una mejor comunidad. Al disponer de la edad del voluntario también podrán hacer pequeños gráficos agrupando las respuestas por franjas de edad (anexo III). Al finalizar estas sesiones, y gracias a su trabajo paralelo en casa, se espera que los alumnos tengan avanzada la memoria final del proyecto.

Fase 5. Comunicación, difusión y autoevaluación del proyecto

Esta última fase del proyecto se compone de tres sesiones siendo el objetivo de las dos primeras el de comunicar y dar difusión al proyecto, fomentando el desarrollo de las herramientas sociales y personales de comunicación de los estudiantes, así como las digitales a la hora de elaborar recursos divulgativos (infografías, poster, anuncios, etc.). La difusión en este proyecto presenta una doble vertiente, la de la propia divulgación del proyecto, tanto de sus resultados y conclusiones como de las posibles medidas y soluciones a tomar, como la de captar la atención de posibles voluntarios y participantes antes de la fase 3 de recolección de datos. Por ello, una de las sesiones tendrá lugar en febrero, antes del trabajo de campo, y consistirá en la difusión del proyecto en el propio centro.

Divididos en sus grupos de trabajo, los estudiantes recorrerán el centro visitando cada aula, desde primaria hasta bachiller, resumiendo en 5 minutos el objetivo del proyecto de ciencia ciudadana y el porqué de la necesidad de que los voluntarios participen. De acuerdo con el resto de los docentes del departamento de Biología y Geología, a aquellos alumnos de otros cursos que decidan presentarse como voluntarios se les premiará con 0,5 puntos en la nota final de la asignatura correspondiente.



Paralelamente, se repartirán octavillas con la información y se colocarán posters a lo largo del centro (anexo IV).

Por su parte, la sesión final estará destinada a la autoevaluación del proyecto, siendo por lo tanto el objetivo de esta el de desarrollar una actitud crítica y abierta, receptiva hacia la diversidad de puntos de vista y enfoques, así como el de proponer soluciones finales al proyecto, tratando con ello de paliar las distintas formas de alteración humana de los ecosistemas. La autoevaluación tendrá una repercusión en la nota final de esta situación de aprendizaje del 5%.



5. Conclusiones

La ciencia ciudadana es un movimiento de búsqueda de conocimiento en constante alza, en especial en el campo de las ciencias naturales o experimentales. Estudios sistemáticos ya publicados junto con el esfuerzo de revisión bibliográfico realizado en este trabajo, muestran un patente crecimiento del uso del término en la última década, así como su popularización en esferas académicas, lo cual pone de manifiesto su importancia tanto en la educación formal como informal de la sociedad. Sin embargo, y a pesar de esto, sigue existiendo un predominio de proyectos relacionados con servicios culturales frente a aquellos que contemplan la evaluación de servicios ecosistémicos de regulación como el de la polinización.

Las formas de participación también están cambiando, y aunque principalmente se centran en la fase de recopilación de datos, cada vez más se está rompiendo esa barrera encontrando fórmulas para mejorar y fortalecer la participación ciudadana en el resto de las fases. Estudios como el de Christ y colaboradores (2022) en Alemania, demuestran que los voluntarios pueden tener cabida tanto en el planteamiento de los objetivos, el diseño experimental como en la redacción de los resultados o la difusión. Esta tendencia aumenta el compromiso de los ciudadanos con los temas de los proyectos, haciendo que mantengan el interés en el tiempo, así como aumenta su concienciación y su percepción de la importancia de dichos proyectos.

No obstante, también se ha visto que las etiquetas de búsqueda no siempre concuerdan con el tema de las publicaciones y que en algunos casos se confunde ciencia ciudadana con la realización de encuestas, lo que apunta hacia una necesidad de mayor esfuerzo en la difusión y divulgación del término. También se ha detectado que, pese a llevar la etiqueta "*high school*", es decir, educación secundaria, algunos trabajos no estaban

dirigidos a estudiantes y los que sí los incluían era más por consecuencias circunstanciales de la investigación que por estar destinados a esta franja de edad. Solo un tercio de los proyectos estudiados estaban realmente dirigidos para estudiantes de educación secundaria.

A pesar de que el compromiso ciudadano y el número de participantes esté aumentado, no se ha detectado un interés destacado en la aplicación de proyectos de ciencia ciudadana a entornos escolares o educativos. En la mayoría de los trabajos analizados los estudiantes forman parte del grupo de voluntarios, pero solo en 1 de cada 3 se incluye algún tipo de plan o proyecto educativo que contemple estrategias de aprendizaje destinadas a estudiantes en edad escolar. En concreto, también se ha detectado, una carencia de proyectos de ciencia ciudadana en España, en comparación con países como Estados Unidos, y en el sistema educativo español, lo que a su vez se convierte en la principal fortaleza de esta propuesta.

Por su parte el campo de acción de los proyectos analizados destacó el entorno urbano como el más utilizado. Esto puede ser debido a que las urbes suelen acoger a la gran mayoría de los participantes y que muchas administraciones educativas locales están impulsando y promoviendo este tipo de metodologías para aumentar el interés y el conocimiento de la sociedad con respecto a la ciencia y el medio ambiente. En esta línea, según el estudio europeo, *Quality of life in european cities*, la presencia de espacios verdes es considerada como un indicador de calidad de vida urbana, ya que según el estudio europeo el nivel de satisfacción de los ciudadanos con respecto a estos entornos suele calificarse entre los niveles medios y altos.

El aumento en el interés por la ciencia ciudadana, la actualidad del tema escogido (polinización), la tendencia hacia mayor implicación y participación de los voluntarios en



este tipo de proyectos, sumado con la necesidad de que estos incluyan planes formativos de aprendizaje actualizados a la ley educativa vigente, en concreto, en España y en español, hacen de esta una interesante propuesta de cara a implementarse en escuelas de educación secundaria.

Trabajos como el propuesto, destacan por fomentar e implementar la posibilidad de instaurar la ciencia ciudadana como recurso educativo en el ámbito escolar de la educación secundaria obligatoria. Además, la participación en este tipo de proyectos favorece e incrementa la motivación del estudiantado por las ciencias, facilita la comprensión de conceptos relacionados con la metodología científica y contribuye a la formación ciudadana, personal e interpersonal de todos los participantes. La revisión bibliográfica muestra la importancia de la ciencia ciudadana en el aprendizaje efectivo, siendo este tipo de proyectos una potente herramienta educativa para la comprensión y acercamiento de la ciencia a la sociedad, así como para el aumento de la conciencia ambiental de los estudiantes de secundaria.

6. Referencias

- Arbetman, M. P., Morales, C. L., Campopiano Robinson, V., y Zattara, E. E. (2022). Ciencia ciudadana argentina—Proyecto “Vi Un Abejorro”. En *Ciencia ciudadana y polinizadores de América del Sur*. Cubo Multimedia. <https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c18.es>
- Betancur, E., y Cañón, J. (2016). La ciencia ciudadana como herramienta de aprendizaje significativo en educación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad*, 3(2), <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/323236>
- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., y Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- Campopiano, V. (2023). *Ciencia ciudadana y herramientas de control a campo aplicadas al monitoreo y manejo de una invasión biológica*. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/17360>
- Ceccaroni, L., y Piera, J. (2017). *Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research*. <https://digital.csic.es/handle/10261/142581>
- Christ, L., Hahn, M., Sieg, A.-K., y Dreesmann, D. C. (2022). Be(e) Engaged! How Students Benefit from an Educational Citizen Science Project on Biodiversity in Their Biology Classes. *Sustainability*, 14(21), <https://doi.org/10.3390/su142114524>
- CICES. (2024). Structure of CICES. <https://cices.eu/cices-structure/>



Cohn, J. P. (2008). Citizen Science: Can Volunteers Do Real Research? *BioScience*, 58(3), 192-197. <https://doi.org/10.1641/B580303>

Constitución española. BOE núm. 311, de 29 de diciembre de 1978.

Cooper, C. (2018). *Ciencia ciudadana: Cómo podemos todos contribuir al conocimiento científico*. Grano de Sal.

Costa, I. A., Morais, C., y Monteiro, M. J. (2022). Citizen science through schools: The importance of interpersonal relationships. *Cuadernos.Info*, 52, <https://doi.org/10.7764/cdi.52.39405>

Decreto 104/2018, de 27 de julio, del Consell, por el que se desarrollan los principios de equidad y de inclusión en el sistema educativo valenciano.

Decreto 107/2022, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establecen la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria. Pub. L. No. 108/2022, 43159 (2022).

Delfanti, A. (2010). Users and peers. From citizen science to P2P science. *Journal of Science Communication*, 9(1), E. <https://doi.org/10.22323/2.09010501>

Ferran-Ferrer, N. (2015). Volunteer participation in citizen science projects. *Profesional de La Información / Information Professional*, 24(6), <https://doi.org/10.3145/epi.2015.nov.15>

Follett, R., y Strezov, V. (2015). An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. *PLOS ONE*, 10(11), e0143687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>



- Fraser, P. L., Colucci-Gray, L., Robinson, A., Sforzi, A., Staples-Rolfe, R., Newman, J., Gill, R., Sharma, N., Rueger, S., y Siddharthan, A. (2023). X-Polli:Nation: Contributing Towards Sustainable Development Goals Through School-Based Pollinator Citizen Science (1). *Citizen Science: Theory and Practice*, 8(1), <https://doi.org/10.5334/cstp.567>
- Galante, E. (2022). Reservas entomológicas: O cómo frenar el declive de los insectos creando áreas de conservación. *El Ecologista*, 111, 12-13.
- González, C., y Rivadulla, J. C. (2009). ¿Son las plantas imprescindibles para la vida en nuestro planeta? Una propuesta de enseñanza para adultos. *Aula de Innovación Educativa*, 183-184, 56-58.
- Haklay, M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., y Vohland, K. (2021). What is citizen science? The challenges of definition. *The Science of Citizen Science*, 13.
- Hand, E. (2010). Citizen science: People power. *Nature*, 466(7307), 685-687. <https://doi.org/10.1038/466685a>
- Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Routledge & CRC Press. <https://www.routledge.com/Citizen-Science-A-Study-of-People-Expertise-and-Sustainable-Development/Irwin/p/book/9780415130103>
- Jiménez, L., Vignolo, C., y Alsedo, R. (2018). *SOS polinizadores: Guía para docentes y educadores ambientales*. Editorial CSIC. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/sos-polinizadores.html>

- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., y Tscharrntke, T. (2006). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, páginas 122868 a 122953 (86 págs.).
- Monteagudo, A. (2022). El declive de los insectos. *Ecologistas en Acción*, 111. <https://www.ecologistasenaccion.org/195168/el-declive-de-los-insectos/>
- Naciones Unidas. (2023). Objetivos de desarrollo sostenible. Desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Nava-Bolaños, A., Osorio-Olvera, L., y Soberón, J. (2022). Estado del arte del conocimiento de biodiversidad de los polinizadores de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, e933948-e933948. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3948>
- Observatorio Biodiversidad Agraria. (2023). Guía de campo de polinizadores. https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2023/07/Guia_A1-Polinizadores.pdf
- Pérez-García, J. N. (2020). Causas de la pérdida global de biodiversidad. *Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas*, 1(32), 183-198.



Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. BOE núm. 76, de 30 de marzo de 2022.

Schröter, M., Kraemer, R., Mantel, M., Kabisch, N., Hecker, S., Richter, A., Neumeier, V., y Bonn, A. (2017). Citizen science for assessing ecosystem services: Status, challenges and opportunities. *Ecosystem Services*, 28, 80-94. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.017>

Senabre, E., Ferran-Ferrer, N., y Perelló, J. (2018). Participatory design of citizen science experiments. *Comunicar*, 26(54), 29-38. <https://doi.org/10.3916/C54-2018-03>

Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B. V., Krasny, M. E., y Bonney, R. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2). <https://www.jstor.org/stable/26269051>

Sosenski, P., y Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), Article 3. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>

Stork, N. E. (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annual Review of Entomology*, 63, 31-45.

Torralba-Burrial, A. (2021). La ciencia ciudadana como innovación en la enseñanza de las ciencias. *Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Oviedo* (12ª, 2020, Oviedo).



Van Der Stock, A. (2023). *Crosspollinating cities: Growing ecological literacy in the urban garden*. <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/31529>

Wiggins, A., y Crowston, K. (2015). Surveying the citizen science landscape. *First Monday*, 20, 1-5, <https://doi.org/10.5210/fm.v20i1.5520>



7. Anexo I

Nombre y clase:

Biología y Geología - 3º de la ESO

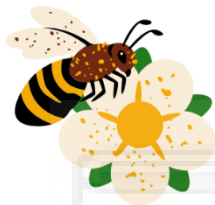


BEE GREEN MY FRIEND



Fase 1: Conocimientos previos y planificación del proyecto. La ciencia ciudadana como herramienta para la conservación de los polinizadores.

Actividad 1. Completa las palabras que faltan en los siguientes párrafos.



Literalmente los _____ son animales que mueven el _____ de una _____ a otra. Con esto ayudan a la fecundación de las _____ produciendo los _____ que contienen las semillas de una nueva generación. Gracias a este _____ ecosistémico gratuito obtenemos gran parte de los _____ que comemos, como frutas, verduras y hortalizas. Existen muchas especies de polinizadores: pájaros, murciélagos o lagartos, pero los _____ se encuentran entre los más diversos y eficientes.

Actividad 2. Indica si las siguientes afirmaciones son verdades o falsas. Explica las falsas.

1. Los polinizadores son exclusivamente insectos, como las abejas.
2. El polen se almacena en las anteras de las flores.
3. El tomate, la patata, la fresa o el melón son alimentos que dependen de la polinización.
4. La polinización se da en plantas sin flores ni frutos.
5. Los polinizadores no suponen un ahorro de millones de euros a la economía mundial.
6. La ropa de algodón también depende de los polinizadores.

Actividad 3. Relaciona los elementos de las dos columnas.

- | | |
|-----------------|-----------------|
| a) Abeja | 1) Fecundación |
| b) Polen | 2) Económico |
| c) Polinización | 3) Comida |
| d) Servicio | 4) Insecto |
| e) Ahorro | 5) Ecosistémico |
| f) Cultivo | 6) Flor |



Actividad 4. Enumera 3 causas del declive de las poblaciones de los insectos polinizadores.



Nombre y clase:

Biología y Geología - 3º de la ESO



BEE GREEN MY FRIEND



Fase 1: Conocimientos previos y planificación del proyecto. La ciencia ciudadana como herramienta para la conservación de los polinizadores.

Actividad 5. ¿Qué es la ciencia ciudadana? ¿Qué pretende?



Actividad 6. Describe brevemente los aspectos más relevantes para un proyecto de Ciencia ciudadana.

| | |
|---------------|--|
| TEMA | |
| PARTICIPANTES | |
| TIEMPO | |
| COMPROMISO | |



8. Anexo II

Nombre y clase:

Biología y Geología - 3º de la ESO



BEE GREEN MY FRIEND



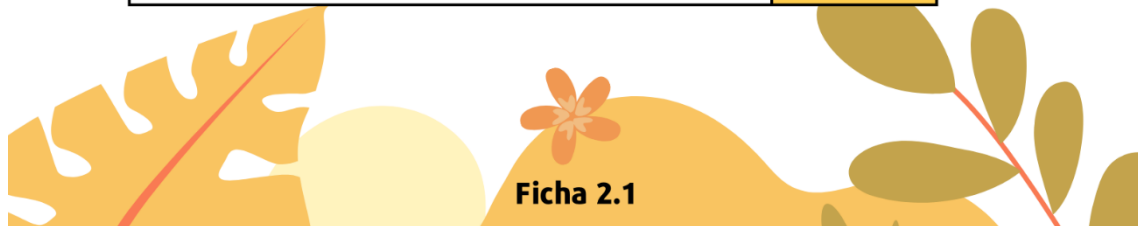
Fase 2: Planteamiento de objetivos y diseño experimental

Actividad 1. En base a lo propuesto, plantea tus propios objetivos del proyecto.

| | |
|-------------------|--|
| OBJETIVO 1 | Analizar la abundancia de polinizadores |
| OBJETIVO 2 | ¿Las acciones humanas afectan a los polinizadores? |
| OBJETIVO 3 | Contribuir a crear una comunidad más sostenible y concienciada |

Actividad 2. Transforma tus objetivos en hipótesis que puedas contrastar.

| | |
|---|--------------------|
| Los himenópteros son el grupo predominante | HIPÓTESIS 1 |
| Los espacios más naturales presentan mayor diversidad de polinizadores | HIPÓTESIS 2 |
| Tras el proyecto, la conciencia medioambiental de la comunidad ha aumentado | HIPÓTESIS 3 |



BEE GREEN MY FRIEND

Biología y Geología - 3º de la ESO



Código: _____ **Zona:** _____
Fecha: _____ **Área de la zona:** _____
Tiempo: _____ **Hora inicio/fin:** _____

| | |
|---------------------|--|
| Abejas | |
| Abejorros | |
| Abejas solitarias | |
| Avispas | |
| Sírfidos | |
| Moscas | |
| Mariposas diurnas | |
| Mariposas nocturnas | |
| Escarabajos | |

En virtud de la ley de protección de datos, marque la casilla si acepta la cesión de esta información. Se garantiza el total anonimato. Los datos solo serán utilizados con fines educativos.

Responde individualmente (utiliza el reverso de la hoja si hace falta). Añade tu edad . (1, poco o nada; 5, mucho)

- ¿Cuál era tu nivel de compromiso medioambiental antes de participar en este proyecto? 1 2 3 4 5
- Tras tu participación ¿Crees que ha mejorado tu conciencia social y medioambiental? 1 2 3 4 5
- En que medida crees que proyectos como este ayudan a mejorar la sensibilización ciudadana 1 2 3 4 5



Ficha 2.2

9. Anexo III

Nombre y clase:

Biología y Geología - 3º de la ESO

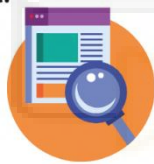


BEE GREEN MY FRIEND



Fase 4: Interpretación de los resultados y elaboración de la memoria final

Actividad 1. Calcula la abundancia relativa y total de cada zona de muestreo. Recuerda que la riqueza es el número total de ejemplares capturados y la abundancia se agrupa en función de la especie.



| | Abundancia relativa | Abundancia total |
|----------------------|---------------------|------------------|
| ZONA 1 NATURAL | | |
| ZONA 2 INTERMEDIA | | |
| ZONA 3 URBANA | | |

Actividad 2. Interpreta los resultados de las encuestas realizadas. Agrupa en franjas de edad: -18 años; 19-30; 31-60; +60 años.

% de participantes muy concienciados en función de su edad



% de participantes que valora muy positivamente este proyecto



10. Anexo IV

BEE GREEN MY FRIEND

Introducción

¿Quieres participar en un proyecto de investigación científica desarrollado por estudiantes de secundaria? Ayúdanos a conocer el estado de nuestros vecinos más pequeños, los polinizadores, un grupo de insectos de lo más esencial para nuestros ecosistemas, pero que lamentablemente se encuentran en peligro. Necesitamos tu colaboración para obtener datos sobre su riqueza y abundancia y elaborar un informe científico. Juntos podemos conocer más sobre sus poblaciones y hacer de nuestra comunidad un entorno más sostenible y agradable donde las plantas florezcan con pasión.

¿Puedo participar?

¡Por supuesto! La ciencia ciudadana se nutre de voluntarios como tú. Todo el mundo es bienvenido. No hace falta experiencia previa, solo ganas.

¿Quién lo organiza?

Este proyecto de ciencia ciudadana está desarrollado y gestionado por alumnos de Biología y Geología de 3º de la ESO con la ayuda del centro y del cuerpo docente.

¿Qué necesito?

Nada fuera de lo normal. La hoja de registro y de identificación que encontrarás aquí, lápiz, reloj y tú móvil con cámara de fotos.

¿Qué pretendemos?

Nuestra idea es recabar información científica sobre riqueza y abundancia de polinizadores con el fin de mejorar nuestro entorno y nuestra comunidad.

Ficha 4