

¿Qué ciencia ciudadana se está haciendo en contexto escolar? Una herramienta para su evaluación

Caterina Solé 

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès. España. caterina.sole@uab.cat

Digna Couso 

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès. España. digna.couso@uab.cat

María Isabel Hernández 

INS Gorgs. Departament d'Educació. Cerdanyola del Vallès. España. mhern372@xtec.cat

[Recibido: 19 julio 2023. Revisado: 4 diciembre 2023. Aceptado: 9 enero 2024]

Resumen: Las iniciativas de ciencia ciudadana, donde la población no profesional contribuye al desarrollo de la ciencia, ha ido en aumento en los últimos años, entrando también en las aulas de escuelas e institutos. Esta colaboración no está exenta de retos, puesto que a menudo los objetivos de la ciencia profesional no están alineados con los objetivos educativos. En este artículo se investiga cuál es la calidad de las iniciativas que se han llevado a cabo en contexto escolar. Para ello se ha elaborado una herramienta que pretende caracterizar y valorar las dimensiones clave identificadas. Esta se ha aplicado a un conjunto de 46 iniciativas seleccionadas a partir de una revisión sistemática de la literatura. El análisis nos permite apuntar algunas reflexiones sobre cuál es la calidad y qué aspectos se deberían tener en cuenta para su diseño en las aulas escolares.

Palabras clave: ciencia ciudadana, contexto escolar, evaluación, calidad

What citizen science is being done in school contexts? A tool for evaluation

Abstract: Citizen science initiatives, where non-professional citizens contribute to the development of science, have been increasing in recent years, extending their application into school classrooms. This collaboration presents a huge range of challenges, as the objectives of professional science often do not align with educational objectives. This article explores the quality of initiatives carried out in the school contexts. To address this issue, a tool has been developed to characterize and assess the key dimensions of these initiatives. It has been applied to a set of 46 initiatives selected from a systematic literature review. The analysis allows us to point out some reflections on the quality and aspects that should be taken into account for their design in school classrooms.

Keywords: citizen science, school context, evaluation, quality

Para citar este artículo: Solé, C., Couso, D., Hernández, M.I. (2024) ¿Qué ciencia ciudadana se está haciendo en contexto escolar? Una herramienta para su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(2), 2103. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2103

Introducción

En la actualidad encontramos un gran número de investigaciones científicas que cuentan con la contribución de ciudadanía no profesional (Vohland et al., 2021). A pesar de que existen numerosos paradigmas que abogan por la participación de diferentes agentes en una investigación, por ejemplo la investigación-acción, actualmente la ciencia ciudadana se ha erigido como un marco común (Nistor, 2019; Socientize Consortium, 2013), siendo, por

ejemplo, uno de los pilares de las convocatorias de organismos financiadores como la FECYT o la Comisión Europea.

A su vez, estas iniciativas de ciencia ciudadana también han permeado en las aulas escolares (Kocman et al., 2020; Zoellick et al., 2012), existiendo numerosas iniciativas donde el alumnado participa, junto con sus docentes, en investigaciones científicas reales. Estas iniciativas brindan la oportunidad de hacer en el aula un proyecto de ciencias conectado con personas que se dedican profesionalmente a la ciencia y, en numerosas ocasiones, teniendo la oportunidad de promover la educación ambiental y la conciencia en sostenibilidad (Queiruga-Dios et al., 2020; Roche et al., 2020). Sin embargo, esta colaboración no está exenta de retos, puesto que se deben atender tanto a los objetivos y necesidades de la comunidad educativa como a los de la comunidad científica, y que a menudo no están en consonancia (Roche et al., 2020). Así, desde el punto de vista del aprendizaje de las ciencias, debemos buscar la manera de aprovechar estas nuevas oportunidades con el fin de promover el máximo potencial educativo. Esto nos lleva a preguntarnos cuál es la calidad de las iniciativas que se están llevando a cabo para ver qué podemos aprender de las experiencias existentes y aportar a la reflexión sobre ellas: ¿Qué objetivos plantean las iniciativas tanto a nivel científico como educativo?, ¿Cómo es la participación del alumnado en dichas iniciativas?, ¿Cómo con los recursos ofrecidos para llevarla a cabo?

En este artículo se presenta una herramienta que pretende caracterizar y valorar la calidad de iniciativas de ciencia ciudadana en contexto escolar (ICCE). Para ello se han identificado unas dimensiones clave junto con sus diferentes niveles de sofisticación. Esta herramienta se ha aplicado a 46 ICCE que se han seleccionado a través de una revisión sistemática de la literatura, con el fin de discutir y reflexionar sobre su potencial educativo.

Marco teórico y antecedentes

¿Qué objetivos persigue la ciencia ciudadana en contexto escolar?

Uno de los grandes retos que la literatura ha identificado en las ICCE es el equilibrio entre los objetivos científicos y los objetivos educativos (Harlin et al., 2018; Roche et al., 2020). Para que una iniciativa de este tipo sea satisfactoria para todos los agentes, esta debe perseguir con el mismo énfasis tanto el desarrollo de nuevo conocimiento científico como el aprendizaje del alumnado (Zoellick et al., 2012).

Desde el punto de vista de los objetivos científicos, las ICCE deben aportar a la mejora o al desarrollo de nuevo conocimiento científico (Socientize Consortium, 2013). Este hecho diferencia la ciencia ciudadana de otras perspectivas o estrategias de participación, dónde, por ejemplo, la comunicación de resultados existentes ya pueden ser el propio objetivo de la actividad. Así, el desarrollo de este nuevo conocimiento se puede dar en diferentes grados: los resultados pueden ser novedosos para la comunidad local (p. ej. los niveles de contaminación lumínica de un determinado barrio) o pueden aportar al desarrollo del conocimiento científico profesional, siendo la ciencia ciudadana una forma eficiente para ello (p. ej. la contribución de muchas personas analizando un gran volumen de datos de células tumorales a simple vista de forma más rápida y eficiente que de forma convencional).

De la misma manera, en nuestra área hay consenso en afirmar que uno de los objetivos de la educación científica es la alfabetización científica del alumnado (Acevedo, 2004) y el desarrollo de la competencia científica (Couso, 2017; OCDE, 2006). Estos objetivos

deberían no solo tener finalidades curriculares, sino también permitir al alumnado tomar decisiones informadas y desarrollar una ciudadanía responsable (Hadjichambis & Reis, 2020), con el fin de no solo comprender su entorno, sino también actuar sobre él (Domènech-Casal, 2018).

¿Cómo contribuye el alumnado a las ICCE?

La principal característica que diferencia la ciencia ciudadana de la ciencia “tradicional” es la contribución de la ciudadanía no profesional. Existen diferentes modelos de participación pública en investigaciones científicas según las fases en las que la ciudadanía participa y su implicación en ella. Uno de los modelos más conocidos es la propuesta de Bonney et al. (2009) en la que diferencia iniciativas donde la participación ciudadana consiste prácticamente solo en la recogida de datos (proyectos contributivos), iniciativas donde la ciudadanía participa en la recogida y el análisis de datos (proyectos colaborativos) e iniciativas donde la ciudadanía participa en todas las fases de una investigación científica, proyectos cocreados). Ante esta clasificación, la literatura existente apunta que la mayoría de iniciativas que se están llevando a cabo son del primer tipo (Phillips et al., 2019), donde la ciudadanía contribuye en la recolección de datos.

De la misma manera ocurre en las iniciativas que se llevan a cabo en contexto escolar, donde el alumnado puede participar solo en la recogida de datos o contribuyendo al diseño y realización de otras fases de la investigación.

¿Cómo contribuye la ICCE al alumnado?

Tal y como se ha discutido anteriormente, el objetivo de la educación científica en las escuelas es promover el desarrollo de la competencia científica del alumnado. Estamos de acuerdo en que para fomentar su desarrollo en profundidad el alumnado se debe involucrar en prácticas análogas a las de la ciencia (Osborne, 2014), como la modelización, la indagación o la argumentación, así como en la reflexión sobre la propia naturaleza de la ciencia (Acevedo et al., 2005). Aun y así, hay muchas actividades en las que se involucra el alumnado que solo tienen como objetivo informarse o tomar consciencia sobre un tema, por ejemplo, de que reciclar es importante. Siguiendo la argumentación de este ejemplo propuesto por Sanmartí y Márquez (2017), la escuela, sin embargo, debe ser la institución donde el alumnado aprenda a razonar de forma argumentada y fundamentada la importancia del reciclaje y las posibles maneras para hacerlo. Es por ello, que para el análisis de las iniciativas se debe tener en cuenta la diferencia entre aquellas actividades que tengan por objetivo solo concienciar sobre una problemática, y aquellas que busquen construir conocimientos profundos, argumentar en base a pruebas o diseñar y llevar a cabo investigaciones.

Por otro lado, en los últimos años se ha puesto en el centro del debate la necesidad de que el alumnado mejore su posicionamiento, es decir, sus intereses, aspiraciones, autoeficacia, capacidad e identidad hacia las ciencias (Grimalt-Álvaro et al., 2022). En consecuencia, se deberá promover tanto que el alumnado sea competente científicamente, como que desarrolle un posicionamiento positivo hacia la ciencia (Couso et al., 2022). Con esta finalidad, son comunes las actividades donde el alumnado conecta con personas que trabajan en instituciones científicas permitiéndoles conocer modelos menos estereotipados de quién se dedica este ámbito y cómo es la actividad científica (Kim et al., 2018).

¿Cómo son los recursos que se ofrecen para conseguir los objetivos?

Para conseguir con éxito tanto los objetivos científicos como los objetivos educativos, diferentes autores apuntan que, en contexto escolar, es necesario tanto el soporte a los participantes a nivel institucional como a nivel técnico, así como materiales educativos listos para su uso (Harlin et al., 2018; Kloetzer et al., 2021). Además, Zoellick et al. (2012) también destacan la necesidad de acompañar al profesorado participante mediante formación con el fin de mejorar su confianza sobre sus conocimientos o habilidades haciendo ciencias. Este hecho es especialmente relevante en el contexto de las escuelas de primaria, debido a la falta de confianza de las maestras con relación a las ciencias (Marcos-Merino et al., 2022).

Pregunta de investigación

En este contexto la pregunta de investigación planteada es la siguiente:

- ¿Cuál es la calidad de las iniciativas de ciencia ciudadana escolar que se han llevado a cabo en relación con la misión científica y la misión educativa?

Metodología

Selección de las ICCE

Con el fin de analizar las ICCE que se han llevado a cabo en las aulas de primaria y secundaria, se ha hecho una revisión sistemática de la literatura usando el Protocolo PRISMA (Page et al., 2021) como estrategia para la selección de los datos.

La revisión sistemática se inició mediante una búsqueda de artículos publicados en revistas que disponen de revisión por pares en la base de datos Web of Science entre el año 2000 y el 2022. Se escogió esta base de datos con la finalidad que la búsqueda fuera amplia en artículos publicados en revistas de impacto internacionales. A su vez, por el contexto donde se ha realizado esta investigación, también se buscaron artículos en las revistas de impacto en didáctica de las ciencias en español de forma manual.

Las palabras clave usadas fueron una combinación de “citizen science” en el título junto con “classroom” o “school” o “student*” o “pupil” o “learning” en el tema, con el objetivo de incluir el mayor número posible de artículos relacionados con la ciencia ciudadana en contexto escolar. Se obtuvieron 644 artículos de la base de datos de Web of Science, mientras que no se obtuvo ningún artículo bajo estas palabras clave para las revistas españolas en didáctica de las ciencias. En la primera fase de selección, se quitaron de la base de datos 3 artículos duplicados, 5 artículos en una lengua diferente del inglés o del español, 12 artículos que no se encontraron disponibles, 2 notas de retracto de artículos y 1 artículo en pre-publicación incompleto, seleccionando así 621 publicaciones.

En dos fases, primero por el título y resumen del artículo, y después con la lectura completa, se excluyeron las publicaciones según los siguientes criterios de exclusión:

- a) Publicaciones no relacionadas con la ciencia ciudadana de temática científica en contexto escolar de la etapa obligatoria (n excluidos = 547).
- b) Publicaciones que solo involucraban alumnado voluntario y no el conjunto de la clase (n excluidos = 13).
- c) Publicaciones que no explicaban cómo se involucraba el alumnado (n excluidos = 9).

d) Publicaciones que describían la adaptación de una iniciativa de ciencia ciudadana en el contexto de la pandemia por Covid-19 (n excluidos = 2).

Finalmente, se seleccionaron para la revisión 49 artículos correspondientes a 46 iniciativas de ciencia ciudadana escolar, puesto que 3 iniciativas se explicaban en más de un artículo. Con el fin de aumentar la transparencia de la aplicación de los criterios de selección y exclusión, la base de datos final, así como todo el proceso, se puede encontrar en Solé et al., (2023) en el repositorio en abierto Zenodo.

Instrumento para el análisis de las iniciativas de ciencia ciudadana en contexto escolar

Con el fin de analizar la calidad de las ICCE se ha elaborado una herramienta teniendo en cuenta la discusión realizada en el marco teórico. Así, se han definido 4 niveles para cada una de las dimensiones analizadas: los objetivos, la contribución del alumnado a la ICCE, la contribución de la ICCE al alumnado y los recursos proporcionados.

A su vez, para los objetivos hemos diferenciado aquellos que tienen como finalidad contribuir al desarrollo de la ciencia (misión científica) de aquellos relacionados con lo que se espera que el alumnado aprenda (misión educativa). Del mismo modo, se han diferenciado los recursos que se ofrecen con finalidades científicas, por ejemplo, un protocolo de calibración de un sensor (misión científica), de los recursos que se ofrecen con finalidades educativas, por ejemplo, unas actividades didácticas que ayuden al alumnado a comprender el mecanismo que usa el sensor para medir (misión educativa). Así, los recursos no se han diferenciado por el tipo, sino por la finalidad con la que se pretenden usar.

Con el objetivo de dotar de robustez a la herramienta y dar validez al análisis, se utilizó una triangulación entre investigadoras. En una primera fase, la primera autora de esta contribución analizó cada una de las dimensiones en 10 ICCE. Este análisis se compartió con las demás autoras y se discutió en profundidad la asignación de cada nivel a cada una de las iniciativas, consensuando y refinando así los niveles de la herramienta en base a esta evaluación inicial. A partir de este consenso, se realizó el análisis para el total de las 46 ICCE, que también se compartió y consensuó entre las tres autoras de este trabajo.

Tabla 1. Herramienta para el análisis de la calidad de las iniciativas de ciencia ciudadana escolar en contexto escolar. El nivel 0 es el nivel de menor calidad y el Nivel 3 el nivel más sofisticado.

	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Objetivos relacionados con la misión científica	No se identifica ningún objetivo de forma explícita relacionado con el desarrollo de conocimiento científico.	El objetivo de la ICCE en relación con la ciencia es desarrollar nuevo conocimiento para los estudiantes y la comunidad local.	El objetivo de la ICCE en relación con la ciencia es desarrollar nuevo conocimiento para la comunidad científica profesional.	El objetivo de la ICCE en relación con la ciencia es desarrollar nuevo conocimiento para la comunidad científica profesional donde la ciencia ciudadana se presenta como la opción más eficiente.
Objetivos relacionados con la misión educativa	No se identifica ningún objetivo de forma explícita relacionado con el aprendizaje de las ciencias.	El objetivo educativo de la ICCE está orientado a un aprendizaje que en esencia sólo es relevante para la iniciativa.	El objetivo educativo de la ICCE está orientado a un aprendizaje científico relevante para la iniciativa que tiene sentido curricular.	El objetivo educativo de la ICCE está orientado a un aprendizaje científico relevante para la iniciativa que tiene sentido curricular y orientado a la acción personal y/o social.
Contribución del alumnado a las iniciativas de ciencia ciudadana (ICCE)	La contribución del alumnado no es clara.	El alumnado contribuye solo en un aspecto de la ICCE, normalmente en la recogida de datos.	El alumnado contribuye en más de un aspecto a la ICCE, normalmente recogiendo datos pero también ayudando a definir el problema, las estrategias de recogida de datos, el análisis o la diseminación de resultados.	El alumnado contribuye en la mayoría de aspectos de la ICCE, normalmente definiendo el problema, diseñando las estrategias y la recogida de datos, analizando los datos y diseminando los resultados.
Contribución de la iniciativa de ciencia ciudadana (ICCE) al alumnado	La ICCE no especifica cómo puede contribuir al aprendizaje científico del alumnado.	Las actividades propuestas por la ICCE pueden contribuir a concienciar al alumnado sobre una problemática científica y/o conocer una institución científica.	Las actividades propuestas por la ICCE pueden contribuir al aprendizaje de algún contenido científico (conceptual, de prácticas científicas, NdC,...) y/o mejora del posicionamiento STEM de forma superficial.	Las actividades propuestas por la ICCE pueden contribuir al desarrollar algún aspecto de la competencia científica y la mejora del posicionamiento STEM en profundidad.
Recursos relacionados con la misión científica	La ICCE no especifica ningún tipo de soporte ni recurso.	El soporte no facilita la colaboración entre equipo científico y alumnado (ej., no hay ninguna visita del equipo científico en relación con los objetivos científicos), ni se ofrece formación ni recursos al profesorado o estos solo son de carácter operativo (ej., el calendario de implementación de los protocolos).	El soporte facilitado promueve la colaboración entre equipo científico y alumnado (ej., supervisando la recogida de datos), o se ofrece formación al profesorado (ej., sobre el uso de los instrumentos de recogida de datos) o recursos (ej., protocolos de calibración de un sensor).	El soporte facilitado promueve la colaboración entre equipo científico y alumnado (ej., supervisando la recogida de datos), se ofrece formación al profesorado (ej., sobre el uso de los instrumentos de recogida de datos) y recursos (ej., protocolos de calibración de un sensor).
Recursos relacionados con la misión educativa	La ICCE no especifica ningún tipo de soporte ni recurso.	El soporte no facilita la colaboración entre equipo científico y alumnado (ej. no hay ninguna visita del equipo científico en relación con los objetivos educativos), ni se ofrece formación ni recursos al profesorado. Solo de carácter operativo (ej., calendario de las actividades de aula).	El soporte facilitado promueve la colaboración entre equipo científico y alumnado (ej., dando feedback al alumnado sobre el diseño de sus experimentos), o se ofrece formación al profesorado (ej., sobre aspectos relacionados con el aprendizaje o las ideas previas del alumnado sobre ese fenómeno) o recursos (ej., materiales didácticos).	El soporte facilitado promueve la colaboración entre equipo científico y alumnado (ej., dando feedback al alumnado sobre el diseño de sus experimentos), se ofrece formación al profesorado (ej., sobre aspectos relacionados con el aprendizaje o las ideas previas del alumnado sobre ese fenómeno) y recursos (ej., materiales didácticos).

Resultados y discusión

Mediante el uso de la herramienta descrita encontramos que las iniciativas se distribuyen, para cada una de las dimensiones, según los diferentes niveles tal y como se muestran en la Figura 1.

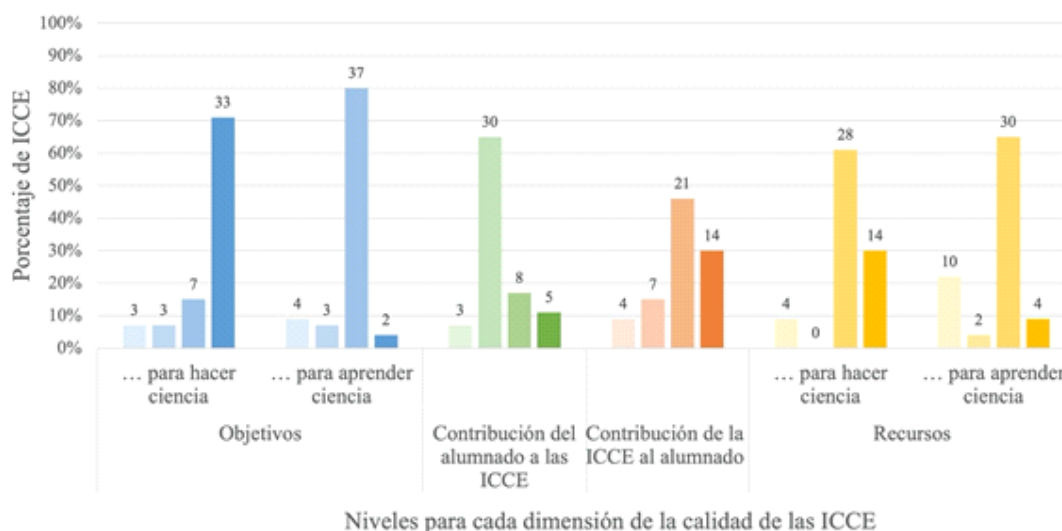


Figura 1. Distribución de los resultados de las ICCE para cada una de las dimensiones. De color creciente de intensidad se muestran los niveles de menor a mayor calidad.

Resultados en relación con los objetivos de las ICCE

En las ICCE seleccionadas encontramos que, en relación con los objetivos relacionados con la misión científica, el 71% de ellas se encuentran en un Nivel 3, donde el objetivo es el desarrollo de conocimiento nuevo para la comunidad científica profesional para el que la ciencia ciudadana es la opción más eficiente. Por ejemplo, en este nivel encontramos muchas iniciativas que necesitan de una gran recogida de datos, ya sea, por ejemplo, por la extensa zona geográfica a cubrir (p. ej. *National Marine Debris Project* por van der Velde et al. (2017)) como por el gran muestreo necesario para llevar un monitoreo de una especie (p. ej. *Hummingbird Project* por Williams et al. (2021)) o por la imposibilidad de recoger muestras sin la participación de la comunidad afectada (p. ej. *GET WET!* por Thornton y Leahy (2012)). Por otro lado, el 15% de las iniciativas se sitúan en el Nivel 2 donde la ciencia ciudadana no se presenta como un requisito para poder alcanzar los objetivos científicos. Y el 7% en el Nivel 1, donde el conocimiento que se pretende desarrollar es nuevo para el alumnado y/o la comunidad local, pero no tiene por qué serlo para la comunidad científica, por ejemplo el *Lesser Krestel Educational Program* por Gal y Yosef (2018), donde el alumnado monitorea unos nidos de pájaros que hay en la escuela y comparte los resultados mediante una plataforma. Cabe destacar que hay un 7% de las iniciativas que se encuentran en el Nivel 0, donde explícitamente no se destaca ningún objetivo relacionado con el desarrollo del conocimiento científico.

Por otro lado, en relación con los objetivos relacionados con la misión educativa, el 80% de las iniciativas se encuentra en el Nivel 2, donde los objetivos están orientados a un aprendizaje científico que es relevante para la iniciativa y tiene sentido curricular. Por ejemplo, en el *Great Arizona Mosquito Hunt* por Tarter et al. (2019) se presenta como objetivo dar a conocer la transmisión de enfermedades a través de los mosquitos, así como ideas relacionadas con la biología de los mosquitos, a partir de que el alumnado recoja muestras de huevos de mosquitos de su vecindario y participe en diferentes actividades.

Por otro lado, el 7% de las iniciativas se sitúa en el Nivel 1 donde los objetivos están orientados a un aprendizaje científico que en esencia sólo es relevante para la iniciativa. Un ejemplo sería la iniciativa *EXTraS* por D'Agostino et al. (2020) donde el aprendizaje del alumnado está orientado a que aprenda a diferenciar fuentes de rayos X, con el fin de ayudar a la identificación de nuevas fuentes y su caracterización, pero sin ningún objetivo con sentido curricular explícito. En el otro extremo, un 4% de las iniciativas se recogen en el Nivel 3 teniendo como objetivo y resultado que el alumnado actúe sobre su entorno. Por ejemplo, en la iniciativa *WeatherBlur* por Kermish-Allen et al. (2019), los autores citan “*WeatherBlur* was a citizen science project that aimed to utilize digital tools to empower elementary students to use data to inform local decision making”. Finalmente, cabe destacar que hay un 9% de las iniciativas que se encuentra en el Nivel 0, donde explícitamente no se destaca ningún objetivo relacionado con el aprendizaje del alumnado.

Combinando tanto objetivos relacionados con la misión educativa como la científica, con la finalidad de explorar el balance entre los dos, encontramos que solo el 4% se encuentran en el Nivel 3 para ambos objetivos.

Resultados en relación con la contribución del alumnado a las ICCE

El 65% de las ICCE seleccionadas se encuentra en el Nivel 1, donde el alumnado solo participa en una etapa de la investigación, normalmente, en la fase de recogida de datos. Este resultado está de acuerdo con la literatura que apunta que en la mayoría de iniciativas la contribución de la ciudadanía se encuentra en este punto de la investigación. En este Nivel 1 podemos encontrar iniciativas, por ejemplo, donde el alumnado recoge datos sobre especies de avispas (Fagan-Jeffries y Austin, 2021) o contaminación por plásticos (Hidalgo-Ruz y Thiel, 2013; Syberg et al., 2020; van der Velde et al., 2017). Por otro lado, el 17% de las iniciativas se sitúa en el Nivel 2, donde el alumnado aparte de la recogida de datos también participa en el análisis o en otras fases de la investigación, como la difusión de los resultados. Por ejemplo, en este nivel encontramos la iniciativa *Urban bird feeding experiment* por (Soanes et al., 2020) donde el alumnado, con la estrecha colaboración de una persona que se dedica profesionalmente a la ciencia, a partir de una pregunta de investigación dada, pensaba su hipótesis, decidía la estrategia de muestreo y la llevaba a cabo. Así, llevado al extremo donde el alumnado contribuye en la mayoría de las fases de la investigación encontramos en el Nivel 3 el 11% de las iniciativas, por ejemplo en la iniciativa *Air quality measurements in high schools* por Grossberndt et al. (2021) donde el alumnado diseña y lleva a cabo una investigación sobre la calidad del aire. Finalmente, aquellas iniciativas que no destacan ningún objetivo relacionado con el desarrollo del conocimiento científico (7%) tampoco explicitan la contribución del alumnado.

Resultados en relación con cómo la ICCE contribuye al aprendizaje del alumnado

En la dimensión de cómo contribuyen las iniciativas al aprendizaje del alumnado encontramos más disparidad. El 46% de las iniciativas se encuentran en el Nivel 2, donde las actividades propuestas pueden contribuir al aprendizaje de algún contenido científico (conceptual, de prácticas científicas, de naturaleza de la ciencia, entre otros) y/o mejora del posicionamiento STEM de forma superficial. En este nivel encontramos, por ejemplo, la iniciativa *Pollinators in the playground* por Prendergast et al. (2021) en la que el alumnado “aprende sobre insectos y cómo identificarlos” o la iniciativa *Mass Experiment* por Syberg et al. (2020) donde el alumnado es “introducido a los tipos más comunes de polímeros y la recogida y caracterización de plásticos”. A pesar de que este tipo de iniciativas abordan alguna idea relacionada con la ciencia, no buscan contribuir al desarrollo de la competencia científica y la mejora del posicionamiento STEM, como serían las iniciativas situadas en el

Nivel 3. En el Nivel 3 encontramos el 30% de las iniciativas seleccionadas. Por ejemplo, podemos, *Perceiving the value of chemistry behind water and microplastics* por Araújo et al. (2022) propone actividades tanto para que el alumnado tome conciencia de la problemática de los micro plásticos en el agua, promueve conocimiento conceptual sobre química y el desarrollo de habilidades de laboratorio. Por otro lado, las iniciativas en el Nivel 1 representan el 15% y son iniciativas donde las actividades pueden contribuir a la concienciación del alumnado sobre una problemática y/o conocer una institución científica. Por ejemplo, en la iniciativa *EDUMAR – Educating for the Sea* por Boaventura et al. (2021) el objetivo principal es “educar para la preservación y la sostenibilidad de los mares y sus recursos” y “las actividades están relacionadas con el tema central del proyecto, con particular énfasis en concienciar al alumnado sobre la importancia del monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua del mar y la distribución de especies”. Finalmente, aquellas iniciativas que no destacaban ningún objetivo relacionado con el aprendizaje del alumnado (9%) tampoco explicitan ninguna contribución en relación con el aprendizaje.

Resultados en relación con cómo son los recursos que se ofrecen para conseguir los objetivos de la iniciativa

Con relación a los recursos y soporte que se ofrece hay diferencia con respecto a los recursos que tienen por objetivo facilitar a alumnado y profesorado al aprendizaje de las ciencias y los recursos que se ofrecen para llevar a cabo los objetivos científicos de la iniciativa.

En el caso de los recursos relacionados con la misión científica, el 61% de las iniciativas se sitúa en el Nivel 2, es decir, que los recursos promueven alguno de los tres factores investigados (colaboración, formación o recursos materiales). Por ejemplo, en la iniciativa *First small plastic debris sampling on Chilean beaches* por Hidalgo-Ruz y Thiel (2013), el equipo científico supervisa la recogida de datos; la iniciativa *Air quality measurements in high schools* por Grossberndt et al. (2021) ofrece formación al profesorado sobre aspectos científicos relacionados con la contaminación y la interpretación de datos; o la iniciativa *eMammal* por Schuttler et al. (2019) forma al profesorado sobre protocolos para tomar fotos con cámaras trampa. En el Nivel 3 encontramos el 30% de las iniciativas, donde se incluyen todos los recursos y soportes en los tres ámbitos destacados anteriormente, como el caso de la iniciativa *GET WET!* por Thornton y Leahy (2012) donde facilitadores colaboran con el alumnado para la recogida de muestras, se ofrece formación al profesorado y recursos para aplicar los parámetros de la calidad del agua a las muestras recogidas por el alumnado. Por otro lado, en solo el 9% de las iniciativas no se detalla ningún tipo de recurso relacionado con la misión científica.

En el caso de los recursos para la misión educativa, el 65% de las iniciativas se sitúa en el Nivel 2, es decir, que los recursos promueven alguno de los tres factores investigados (colaboración, formación o recursos materiales) con finalidades educativas. Por ejemplo, en la iniciativa *Insect investigators* por Fagan-Jeffries y Austin (2021) se promovía la colaboración entre alumnado y equipo científico de forma continuada con diferentes visitas para presentar aspectos relacionados con los insectos y la taxonomía y ayudar al alumnado a reflexionar sobre el proceso llevado a cabo; la iniciativa *LIMPETS* por Freiwald et al. (2018) ofrecía formación al profesorado así como unidades didácticas según los estándares de su currículum con actividades de aula y herramientas didácticas para el profesorado. Así, a diferencia de los resultados en relación con los recursos para la misión científica, solo el 9% de las iniciativas ofrece recursos y soporte en los tres ámbitos destacados anteriormente (Nivel 3), como el caso de la iniciativa *Nature in your backyard* por

Kelemen-Finan et al. (2018) dónde el profesorado participa de formaciones a cargo del equipo científico y el equipo educativo, el equipo científico visita cada clase tres veces durante del proyecto y se ofrecen materiales educativos. Por otro lado, el 22% de las iniciativas no ofrece ningún soporte ni recurso (Nivel 0) y el 4% ofrece solo recursos de carácter operativo (Nivel 1), por ejemplo, la iniciativa *PowerStreams* por Weigelhofer et al. (2019) se ofrece una programación de cada sesión “teniendo en cuenta el horario del alumnado, el número de participante y el equipamiento necesario”.

Una aplicación cualitativa de la herramienta: comparando la calidad de dos ICCE similares

En la discusión anterior se ha ofrecido un análisis sobre cómo son las ICCE en relación con cómo son sus objetivos, la contribución del alumnado, la contribución de la iniciativa y los recursos ofrecidos. A continuación se profundizará en el uso de la herramienta para evaluar dos iniciativas de forma cualitativa: la iniciativa *Future Forest* publicada por Schneiderhan-Opel y Bogner (2020) y la iniciativa *Urban habitat for pollinators* publicada por Saunders et al. (2018) con el fin de discutir en profundidad como la herramienta presentada nos sirve para valorar la calidad.

Las dos iniciativas pueden parecer, a priori, muy similares. En ambas el alumnado debe recoger datos sobre su entorno relacionados con la preservación de la biodiversidad. En el primer caso, el alumnado recoge muestras del suelo forestal con el objetivo de que el equipo científico pueda extraer ADN de la fauna de ese ecosistema y, en el segundo, el alumnado monitorea la biodiversidad mediante el recuento de insectos polinizadores de su entorno. Así, en ambos casos, el alumnado solo participa en la recogida de datos y no contribuye a ninguna otra fase del proceso de investigación, situando ambas iniciativa en el Nivel 1 de la dimensión de la Contribución del alumnado a las ICCE. Bajo el marco relacionado con la participación descrito anteriormente, estas dos iniciativas formarían parte del mismo tipo, siendo proyectos contributivos (Bonney et al., 2009). Sin embargo, si observamos las demás dimensiones propuestas en nuestra herramienta encontramos diferencias relevantes entre ambas. En la Tabla 2 y en la Tabla 3 se encuentra un resumen de cada ICCE para cada dimensión, junto con las citas del artículo que nos han llevado a determinar el nivel.

Tabla 2. Descripción de las dimensiones de la iniciativa *Future Forest*.

<i>Future Forest</i> (Schneiderhan-Opel y Bogner, 2020)		
	Descripción de la dimensión	Cita del artículo
Objetivos relacionados con la misión científica	Los objetivos científicos pretendían establecer una librería digital de códigos de barras de la vida (“DNA barcoding”) para todas las especies de fauna bávara. Debido al gran muestreo que requiere este objetivo, la ciencia ciudadana se presenta como la opción más eficiente. (Nivel 3)	It “aims to establish a digital library of DNA barcodes for all Bavarian fauna species (Morinière et al., 2016). Soil organism species extracted from student’s forest soil samples were sent to the ZSM, where they were sorted, photographed, and determined by DNA barcoding.”
Objetivos relacionados con la misión educativa	Los objetivos educativos buscan que el alumnado: adquiriera una visión general del valor ecológico, económico y social de la biodiversidad y una idea del concepto de la biodiversidad a partir de la fauna del suelo; se dé cuenta que el conocimiento de las especies y las habilidades de identificación forman la base de una preservación exitosa; tome conciencia de los impactos negativos de la actividad humana en la biodiversidad. (Nivel 2)	“The anticipated objectives of our lesson were (1) for students to receive an overview of the ecological, economic, and social value of biodiversity; (2) for students to gain an insight into the concept of biodiversity, based on the example of soil fauna; (3) for students to come to realize that the ecological knowledge of species and identification skills form the basis of successful nature, species, and biodiversity preservation; and (4) for students to develop an awareness of the negative impacts of human activity on biodiversity, based on the example of global climate change and the forest ecosystem”.
Contribución del alumnado a las ICCE	El alumnado contribuye a la recogida de datos, recogiendo muestras del suelo forestal. (Nivel 1)	“Within the FutureForest project, students contributed to a real research process by collecting forest soil samples to support the Barcoding Fauna Bavarica Project.”
Contribución de la ICCE al alumnado	El alumnado participa en numerosas actividades para reflexionar sobre ecosistemas, códigos de barras de la vida y su relevancia para la conservación de la naturaleza, el uso de claves dicotómicas para analizar las muestras de suelo forestal recogidas, así como un juego de rol para pensar en escenarios futuros y cambio climático. (Nivel 3)	“Students worked with an interactive website on ecosystem services provided by forests. The second learning station consisted of an interactive PowerPoint presentation about DNA-barcoding and its relevance for nature conservation. Here, students learned about the importance of species identification for biodiversity preservation and environmental monitoring. (...) Finally, students did a role-play on a future scenario about the conversion of a spruce monoculture, affected by climate change and bark beetle calamities, into a species-rich, mixed forest.”
Recursos relacionados con la misión científica	Se ofrecen al alumnado protocolos para recoger las muestras de suelo forestal. (Nivel 2)	“Students collected soil samples at forests in the vicinity of their homes. To secure correct sampling, students were trained by their teachers and were given a detailed protocol on how to take the soil sample.”
Recursos relacionados con la misión educativa	Se ofrece el material de aula (actividades, una web interactiva, etc.) para llevar a cabo el proyecto. (Nivel 2)	“We decided to integrate the citizen science activity into a biodiversity learning module that corresponds with the respective curriculum.”

Tabla 3. Descripción de las dimensiones de la iniciativa *Urban habitat for pollinators*.

<i>Urban habitat for pollinators</i> (Saunders et al., 2018)		
	Descripción de la dimensión	Cita del artículo
Objetivos relacionados con la misión científica	Los objetivos científicos pretendían construir un repositorio de datos, y en concreto, dar respuesta a dos preguntas de investigación. Para responder a estas preguntas la ciencia ciudadana no tiene por qué ser la opción más eficiente, puesto que también se podrían responder sin la colaboración ciudadana. (Nivel 2)	“The longer-term objectives of the programme are to strengthen partnerships between universities, OEH, and the public, and to build a repository of data available to these groups for educational and research purposes. We addressed two research questions: (i) In which habitats were most insects caught? (ii) In which trap colours were most insects caught?”
Objetivos relacionados con la misión educativa	El objetivo educativo es involucrar al alumnado en el problema del hábitat de los insectos polinizadores en ambientes urbanos. (Nivel 2)	“We employed standard methods across multiple schools to engage students with an important conservation problem: habitat for pollinator insects in urban environments.”
Contribución del alumnado a las ICCE	El alumnado contribuye a la recogida de datos, recogiendo insectos mediante métodos estandarizados usando las trampas de diferentes colores. (Nivel 1)	“Students were told they would be collecting insects around the school grounds using standardized methods involving placing coloured traps in four habitat types.”
Contribución de la ICCE al alumnado	No se especifican actividades educativas concretas a parte de la propia recogida de datos. (Nivel 1)	“To engage students with an important conservation problem: habitat for pollinator insects in urban environments.”
Recursos relacionados con la misión científica	El equipo científico visitó las escuelas para presentar la iniciativa y para asistir al alumnado en llevar a cabo los experimentos de manera que se pudieran replicar en otras escuelas. (Nivel 2)	“The collaborating scientist assisted the students to deploy the pan traps and ensure the study was replicated across schools accurately”
Recursos relacionados con la misión educativa	No se especifican recursos. (Nivel 0)	No hay ninguna referencia.

Con el fin de poder comparar ambas iniciativas se han representado los diferentes niveles de cada una de las dimensiones mediante un gráfico radial. Los niveles de menor calidad (N0) se encuentran en el interior del gráfico, mientras que los niveles de mayor calidad (N3) se encuentran en el exterior. En esta representación, de acuerdo con investigaciones previas (Solé et al., 2023), se ha desglosado la dimensión de la Contribución de la ICCE al alumnado según los diferentes aspectos que se trabajan (concienciación sobre una problemática, el contenido conceptual, prácticas de la ciencia, Naturaleza de la Ciencia (NdC) y el posicionamiento STEM), y también la Contribución del alumnado a la ICCE se ha desglosado mediante la fase de la investigación en la que el alumnado participa.

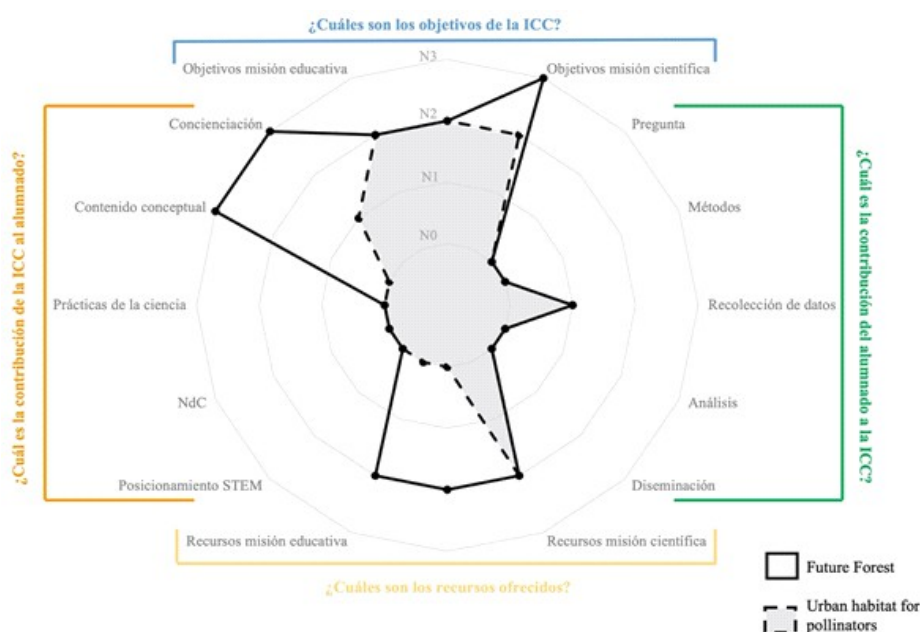


Figura 2. Representación de los niveles de la calidad para cada una de las dimensiones comparando la iniciativa *FutureForest*, en línea continua, y *Urban habitat for pollinators* en línea discontinua.

Por una lado, observamos que a pesar de que las dos iniciativas buscan desarrollar nuevo conocimiento científico, en el caso de *Urban habitat for pollinators*, la participación del alumnado se debe a un objetivo de divulgación de la ciencia, puesto que para dar respuesta a las preguntas de investigación propuestas no sería estrictamente necesaria su participación, ya que se podría llevar a cabo el mismo diseño experimental en un laboratorio científico profesional sin la contribución ciudadana (Nivel 2). En cambio, en *Future Forest* los autores declaran que “los investigadores se beneficiaron al recibir muestras de suelo de varias regiones bávaras proporcionadas por los estudiantes. De lo contrario, la recolección de las diversas muestras habría requerido una gran cantidad de tiempo, un gran esfuerzo y gastos” (Nivel 3). Así, este matiz entre el Nivel 2 y el Nivel 3, a nuestro entender, nos permite diferenciar aquellas iniciativas que genuinamente necesitan de la ciencia ciudadana, de aquellas iniciativas que podrían considerarse de divulgación de la ciencia.

Entrando en profundidad en la contribución de las ICCE al alumnado, encontramos que *Future Forest* ofrece al alumnado, además de la actividad de recolección de datos, una secuencia de actividades que tiene por objetivo no solo involucrarse en una investigación, sino también aprender sobre ciencias y reflexionar sobre la relación entre ciencia y sociedad (Nivel 3). En cambio, *Urban habitat for pollinators* no propone ninguna secuencia que acompañe a la propia actividad de recolección de datos y solo busca concienciar (Nivel 1). Bajo nuestro punto de vista, que el alumnado tan solo se involucre en la recogida de datos, sin participar en más actividades escolares, tiene el riesgo de contribuir a una visión de la ciencia como una actividad solo empírica orientada a hacer descubrimientos (Couso, 2017). Además, aunque los datos son necesarios para el hacer de la ciencia, ellos *per se* no son suficientes para llegar a ninguna comprobación y conclusión (Jiménez-Aleixandre, 2010). A pesar de que el alumnado tan solo contribuya a la ciencia real recogiendo datos, desde la dimensión educativa se deben ofrecer actividades que promuevan prácticas conectadas a la construcción del conocimiento y que huyan de la visión de la ciencia como un proceso lineal.

Finalmente, en lo relativo a los recursos ofrecidos, vemos que de forma concordante con los objetivos y actividades propuestas, en el caso de la iniciativa *Urban habitat for pollinators* no se ofrece ningún recurso con el fin de promover el aprendizaje de la ciencia (Nivel 0), mientras que Future Forest ofrece actividades de aula (Nivel 2). Sin embargo, ambas ofrecen recursos para que la recogida de datos sea de calidad (Nivel 2 de los Recursos relacionados con la misión científica). A pesar de que la visita y guía del equipo científico para recoger los datos pueda favorecer una visión menos estereotipada de las personas que se dedican a la ciencia, en el caso de *Urban habitat for pollinators* tanto la presentación de la ICCE como su desarrollo es llevada al aula por su parte. Bajo este enfoque parece subyacer la idea de que para hacer buena ciencia esta debe ser conducida en el aula por equipos científicos. Esto puede llevar a relegar el papel del docente en un segundo plano, y en consecuencia, se ignora la voluntad didáctica de problematizar el qué, cómo y para qué enseñar (Couso, 2017). Además, para que las actividades tengan continuidad escolar más allá de una iniciativa concreta, se debe formar y empoderar al profesorado en llevar a cabo investigaciones en el aula.

Así, el estudio de las diferentes dimensiones propuestas en la herramienta ha permitido discernir entre dos iniciativas en la que el alumnado contribuía a la ciencia de forma similar, pero que, sin embargo, no estaban desarrolladas del mismo modo en cuanto a las dimensiones educativas. En contexto escolar, no se debe tener solo en cuenta cómo participa el alumnado, sino también cuál es el aprendizaje propuesto y cuáles son los recursos para conseguirlo.

A modo de conclusión

Desde el punto de vista educativo, la herramienta diseñada para la evaluación del análisis de la calidad de las ICCE muestra que no todas las iniciativas disponen del mismo potencial, ya sea por los propios objetivos educativos que se proponen, por cómo se pretenden alcanzar dichos objetivos o cuáles son los recursos que se ofrece para ello. A modo de resumen, aquellas ICCE que sean de calidad deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Los objetivos relacionados con la misión científica y la misión educativa se deben promover de forma equilibrada y fundamentada en los conocimientos profesionales, tanto del ámbito científico como del ámbito educativo, por parte del equipo investigador y diseñador de la iniciativa.
- 2) El alumnado puede contribuir en diferentes fases de la investigación. Sin embargo, si este no participa del proceso de investigación completo, será necesario involucrarlo en actividades escolares análogas a las de la ciencia con el fin de promover visiones realistas, equitativas y justas.
- 3) Las actividades educativas deben promover algún aspecto del desarrollo de la competencia científica del alumnado y promover un posicionamiento positivo hacia las ciencias.
- 4) Docentes y alumnado deben disponer de recursos y soportes para conseguir los objetivos científicos y educativos: formación y acompañamiento para los docentes, recursos materiales para hacer y para aprender ciencia, así como conexión entre el equipo científico y el alumnado.

Cabe tener en cuenta que la herramienta diseñada asume la existencia de otras estrategias para evaluar la calidad de las iniciativas de ciencia ciudadana, como podrían ser los 10

principios de la ciencia ciudadana de la ECSA (ECSA, 2015) y, en consecuencia, esta solo se centra en aspectos relacionados con el punto de vista educativo y su relación con los objetivos científicos. Así, otros aspectos, por ejemplo, el interés por el número de participantes o el rol de los agentes involucrados en el diseño podrían ser de interés, pero no se han incorporado en esta investigación.

Finalmente, en esta investigación se ha analizado el diseño de las ICCE en base a cuáles son los objetivos y actividades propuestas, con el fin de reflexionar sobre qué se está haciendo cuándo se dice que se hace ciencia ciudadana en contexto escolar, pero no se ha analizado si estas propuestas miden el impacto ni cuál es ese impacto. Así, creemos que en los próximos años debemos seguir investigando sobre el impacto real de estas iniciativas en el alumnado.

Agradecimientos

Trabajo realizado dentro del programa de Doctorado en Educación de la Universitat Autònoma de Barcelona, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con los proyectos PGC2018-096581-B-C21 y PID2022-138166NB-C22b y el contrato predoctoral PRE2019-087419 en el grupo SGR ACELEC (2021 SGR 00647).

Referencias

- Acevedo Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 1(1), 3–16. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.01
- Araújo, J. L., Morais, C., y Paiva, J. C. (2022). Student participation in a coastal water quality citizen science project and its contribution to the conceptual and procedural learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 100–112. <https://doi.org/10.1039/d1rp00190f>
- Boaventura, D., Neves, A. T., Santos, J., Pereira, P. C., Luís, C., Monteiro, A., Cartaxana, A., Hawkins, S. J., Caldeira, M. F., y Ponces de Carvalho, A. (2021). Promoting Ocean Literacy in Elementary School Students Through Investigation Activities and Citizen Science. *Frontiers in Marine Science*, 8(September), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.675278>
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J. L., y Wilderman, C. C. (2009). *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report* (Issue July). Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE).
- Booth, J. N., Chesham, R. A., Brooks, N. E., Gorely, T., y Moran, C. N. (2020). A citizen science study of short physical activity breaks at school: Improvements in cognition and wellbeing with self-paced activity. *BMC Medicine*, 18(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01539-4>
- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: Revista Del Professorat de Ciències de Primària i Secundària*, 34(34), 22. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.403>
- Couso, D., Grimalt-Álvaro, C., & Simarro, C. (2022). Problematizing STEM Integration from an Epistemological and Identity Perspective. In D. Ortega-Sánchez (Ed.), *Controversial Issues and Social Problems for an Integrated Disciplinary Teaching. Integrated Science*, vol 8. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08697-7_13

- D'Agostino, D., Law-Green, D., Watson, M., Novara, G., Tiengo, A., Sandrelli, S., Belfiore, A., Salvaterra, R., & De Luca, A. (2020). A citizen science exploration of the X-ray transient sky using the EXTraS science gateway. *Future Generation Computer Systems*, 111, 806–818. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.10.030>
- Domènech-Casal, J. (2018). Comprender, Decidir y Actuar: Una Propuesta-marco de Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka*, 15(1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105
- ECSA. (2015). Diez principios de ciencia ciudadana. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>
- Fagan-Jeffries, E. P., y Austin, A. D. (2021). Four new species of parasitoid wasp (Hymenoptera: Braconidae) described through a citizen science partnership with schools in regional South Australia. *Zootaxa*, 4949(1), 79–101. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4949.1.4>
- Freiwald, J., Meyer, R., Caselle, J. E., Blanchette, C. A., Hovel, K., Neilson, D., Dugan, J., Altstatt, J., Nielsen, K., y Bursek, J. (2018). Citizen science monitoring of marine protected areas: Case studies and recommendations for integration into monitoring programs. *Marine Ecology*, 39, 1–11. <https://doi.org/10.1111/maec.12470>
- Gal, A., y Yosef, R. (2018). The contribution of citizen science to the conservation of the Lesser Kestrel (*Falco Naumanni*) in Israel. *Journal of Raptor Research*, 52(4), 511–515.
- Grimalt-Álvaro, C., Couso, D., Boixadera-Planas, E., & Godec, S. (2022). “I see myself as a STEM person”: Exploring high school students’ self-identification with STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(5), 720–745. <https://doi.org/10.1002/tea.21742>
- Grossberndt, S., Passani, A., Di Lisio, G., Janssen, A., y Castell, N. (2021). Transformative potential and learning outcomes of air quality citizen science projects in high schools using low-cost sensors. *Atmosphere*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/atmos12060736>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Hadjichambis, A. C., & Reis, P. (2020). Introduction to the Conceptualisation of Environmental Citizenship for Twenty- First- Century Education. In A. C. Hadjichambis, P. Reis, D. Paraskeva-Hadjichambi, J. Cincera, J. Boeve-de Pauw, N. Gericke, & M.-C. Knipples (Eds.), *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1>
- Harlin, J., Kloetzer, L., Patton, D., y Leonhard, C. (2018). Turning students into scientists. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, y A. Bonn (Eds.), *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (pp. 410–428). UCL Press. <https://doi.org/10.1021/cen-v033n048.p5162>
- Hidalgo-Ruz, V., y Thiel, M. (2013). Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. *Marine Environmental Research*, 87–88, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>
- Kelemen-Finan, J., Scheuch, M., y Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: an examination of a biodiversity citizen science project with

- schools in Central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078–2098. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1520405>
- Kermish-Allen, R., Peterman, K., y Bevc, C. (2019). The utility of citizen science projects in K-5 schools: measures of community engagement and student impacts. *Cultural Studies of Science Education*, 14(3), 627–641. <https://doi.org/10.1007/s11422-017-9830-4>
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M., y Seyranian, V. (2018). Developing a STEM Identity Among Young Women: A Social Identity Perspective. *Review of Educational Research*, 88(4), 589–625. <https://doi.org/10.3102/0034654318779957>
- Kloetzer, L., Lorke, J., Roche, J., Golumbic, Y., Winter, S., y Jõgeva, A. (2021). Learning in Citizen Science. In K. Vohland, A. Land-Zandsra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, y K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 283–308). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_15
- Kocman, D., Števanec, T., Novak, R., & Kranjec, N. (2020). Citizen science as part of the primary school curriculum: A case study of a technical day on the topic of noise and health. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su122310213>
- Marcos-Merino, J. M., Gallego, R. E., y De Alda, J. A. G. O. (2022). The interplay of prior knowledge, emotions and learning in a science experiment activity. *Enseñanza de Las Ciencias*, 40(1), 107–124. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3361>
- Nistor, A. (2019). Bringing Research Into The Classroom - The Citizen Science approach in schools. Scientix Observatory report.
- OCDE. (2006). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el desarrollo: Lectura, Matemáticas y Ciencias*. 97
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Phillips, T. B., Ballard, H. L., Lewenstein, B. V., y Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. *Science Education*, 103(3), 665–690. <https://doi.org/10.1002/sce.21501>
- Prendergast, K., Vanderstock, A., Neilly, H., Ross, C., Pirotta, V., y Tegart, P. (2021). Potential and pitfalls of citizen science with children: Reflections on Pollinators in the Playground project. *Austral Ecology*, 1–7. <https://doi.org/10.1111/aec.13031>
- Queiruga-Dios, M. Á., López-Iñesta, E., Díez-Ojeda, M., Sáiz-Manzanares, M. C., & Dorrió, J. B. V. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. *Sustainability*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/su12104283>

- Roche, J., Bell, L., Galvão, C., Golumbic, Y. N., Kloetzer, L., Knoben, N., Laakso, M., Lorke, J., Mannion, G., Massetti, L., Mauchline, A., Pata, K., Ruck, A., Taraba, P., y Winter, S. (2020). Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities. *Frontiers in Sociology*, 5(December), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
- Sanmartí, N., y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos : del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 3–16.
- Saunders, M. E., Roger, E., Geary, W. L., Meredith, F., Welbourne, D. J., Bako, A., Canavan, E., Herro, F., Herron, C., Hung, O., Kunstler, M., Lin, J., Ludlow, N., Paton, M., Salt, S., Simpson, T., Wang, A., Zimmerman, N., Drews, K. B., ... Moles, A. T. (2018). Citizen science in schools: Engaging students in research on urban habitat for pollinators. *Austral Ecology*, 43(6), 635–642. <https://doi.org/10.1111/aec.12608>
- Schneiderhan-Opel, J., y Bogner, F. X. (2020). FutureForest: Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom. *American Biology Teacher*, 82(4), 234–240. <https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.4.234>
- Schuttler, S. G., Sears, R. S., Orendain, I., Khot, R., Rubenstein, D., Rubenstein, N., Dunn, R. R., Baird, E., Kandros, K., O'Brien, T., y Kays, R. (2019). Citizen Science in Schools: Students Collect Valuable Mammal Data for Science, Conservation, and Community Engagement. *BioScience*, 69(1), 69–79. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy141>
- Soanes, K., Cranney, K., Dade, M. C., Edwards, A. M., Palavalli-Nettimi, R., y Doherty, T. S. (2020). How to work with children and animals: A guide for school-based citizen science in wildlife research. *Austral Ecology*, 45(1), 3–14. <https://doi.org/10.1111/aec.12836>
- Socientize Consortium. (2013). Green paper on Citizen Science. Citizen Science for Europe: Towards a society of empowered citizens and enhanced research. In *Socientize*.
- Solé, C., Couso, D., & Hernández, M. I. (2023). Citizen science in schools: a systematic literature review. *International Journal of Science Education, Part B*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2280009>
- Solé, C., Couso, D., & Hernández, M. I. (2022). Selection process of articles for a systematic literature review on citizen science initiatives in school contexts (First version) [Data set]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8094037>
- Syberg, K., Palmqvist, A., Khan, F. R., Strand, J., Vollertsen, J., Clausen, L. P. W., Feld, L., Hartmann, N. B., Oturai, N., Møller, S., Nielsen, T. G., Shashoua, Y., y Hansen, S. F. (2020). A nationwide assessment of plastic pollution in the Danish realm using citizen science. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74768-5>
- Tarter, K. D., Levy, C. E., Yaglom, H. D., Adams, L. E., Plante, L., Casal, M. G., Gouge, D. H., Rathman, R., Stokka, D., Weiss, J., Venkat, H., y Walker, K. R. (2019). Using citizen science to enhance surveillance of *Aedes aegypti* in Arizona, 2015-17. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 35(1), 11–18. <https://doi.org/10.2987/18-6789.1>
- Thornton, T., y Leahy, J. (2012). Trust in Citizen Science Research: A Case Study of the Groundwater Education Through Water Evaluation y Testing Program. *Journal of the*

- American Water Resources Association*, 48(5), 1032–1040.
<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2012.00670.x>
- van der Velde, T., Milton, D. A., Lawson, T. J., Wilcox, C., Lansdell, M., Davis, G., Perkins, G., y Hardesty, B. D. (2017). Comparison of marine debris data collected by researchers and citizen scientists: Is citizen science data worth the effort? *Biological Conservation*, 208, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.025>
- Vohland, K., Land-Zandsra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., y Wagenknecht, K. (Eds.). (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4>
- Weigelhofer, G., Pölz, E. M., y Hein, T. (2019). Citizen science: How high school students can provide scientifically sound data in biogeochemical experiments. *Freshwater Science*, 38(2), 236–243. <https://doi.org/10.1086/698765>
- Williams, K. A., Hall, T. E., y O’Connell, K. (2021). Classroom-based citizen science: impacts on students’ science identity, nature connectedness, and curricular knowledge. *Environmental Education Research*, 27(7), 1037–1053. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1927990>
- Zoellick, B., Nelson, S. J., y Schauffler, M. (2012). Participatory science and education: Bringing both views into focus. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 310–313. <https://doi.org/10.1890/110277>