

Bringing Research into the Classroom

Recomendaciones

Editorial:

European Schoolnet (EUN Partnership AIBSL), Rue de Trèves, 61, 1040 Brussels, Belgium

Cite esta publicación como:

BRITEC Bringing Research into the Classroom – Recomendaciones

Palabras clave:

Investigación, aula, escuelas, universidades, investigadores, institutos de investigación

Autores:

Evita Tasiopoulou, Noelle Billon, Martyna Bajorinaitė, Agueda Gras-Velazquez, Mattia Gentile, Anita Simac, Franca Sormani, Alexia Micallef Gatt, Agata Goździk, Mieke Sterken, María Rebeca Clemente-Gallardo, Jesús Clemente-Gallardo, Panagiotis Angelopoulos, Despina Mitropoulou

Diseño/DTP:

Mattia Gentile (European Schoolnet)

Picture credit:

Adobe Stock, [adam121](#)

Publicado en noviembre de 2021. Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no necesariamente las de EUN Partnership AISBL o la Comisión Europea.

El trabajo presentado en este documento está respaldado por el programa Erasmus + de la Comisión Europea - proyecto BRITEC, coordinado por el Instituto de Geofísica, PAS. El contenido del documento es responsabilidad exclusiva del organizador y no representa la opinión de la Comisión Europea (CE), y la CE no es responsable del uso que pueda hacerse de esta información.



Este informe se publica bajo los términos y condiciones de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Resumen ejecutivo

El propósito de estas recomendaciones de BRITEC es ofrecer a los profesores, escuelas, instituciones científicas y responsables políticos consejos sobre cómo llevar la investigación a las aulas y cómo garantizar una colaboración fructífera entre todas las partes involucradas. Además, la publicación proporciona una descripción general de las actividades piloto en las que se aplicó el enfoque de la Ciencia Ciudadana (CS) en diferentes escuelas de Bélgica, Grecia, Polonia y España en colaboración y bajo la tutoría de instituciones científicas locales. También se destacan las vías que permiten una adopción exitosa de la CS y los principales desafíos que surgieron.

La Ciencia Ciudadana ofrece una amplia gama de oportunidades para la innovación científica y social. La participación activa del público en la investigación científica, a menudo, no solo conduce a avances científicos como la producción de nuevas formas de conocimiento, la mejora de datos y metodologías científicas y el aumento de las capacidades científicas en las sociedades, sino también a resolución de problemas sociales urgentes y la mejora de la corresponsabilidad y la cooperación entre los diferentes miembros de la sociedad. Diversos proyectos de CS llevados a cabo en cooperación con investigadores y el público, recopilan una enorme cantidad de información y aportan valiosos hallazgos sobre cuestiones locales/nacionales de diversa índole. Estos hallazgos se vuelven enormemente beneficiosos para los responsables políticos que, de esta manera, pueden sacar conclusiones documentadas y basadas en datos, para anticipar un problema urgente tomando las medidas necesarias.

Además, las prácticas de Ciencia Ciudadana no solo cierran las brechas existentes entre los científicos y el público o ayudan a abordar los problemas sociales, sino que también sirven como una herramienta para fomentar las pedagogías de aprendizaje centradas en el estudiante, como la educación en ciencias basada en la indagación (ECBI), el aprendizaje basado en proyectos (ABP), la Práctica Educativa Basada en Evidencias (PBE) y el desarrollo de las habilidades del siglo XXI tales como la colaboración, la comunicación, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Si bien, los proyectos que requieren una

“participación mínima” pueden proporcionar un espacio limitado para fomentar la ECBI, el ABP y el PBE, mientras que los que se basan en un enfoque de igualdad o colaboración pueden beneficiarse enormemente del uso de las pedagogías mencionadas. El contacto directo con los científicos en las distintas etapas de los proyectos de CS brinda a los estudiantes la oportunidad de explorar activamente, experimentar, hacer preguntas, desarrollar su razonamiento y diversas respuestas basadas en los datos recopilados, así como considerar estudiar en el futuro una carrera relacionada con este ámbito. Al participar en proyectos de CS, los estudiantes se involucran en un proceso científico muy dinámico que estimula su curiosidad y les permite ver la ciencia como un producto “propio”. En consecuencia, los participantes de CS se convierten en aprendices que plantean preguntas reflexivas, dan sentido a la información recopilada y desarrollan nuevos pensamientos e ideas sobre un tema científico y el mundo que les rodea. A través de la indagación, los participantes de CS desarrollan las habilidades y actitudes necesarias para ser aprendices independientes y exitosos. Además, y especialmente al participar en proyectos de Ciencia Ciudadana que abordan problemas locales, los alumnos aprenden a involucrarse en la investigación, a considerar diferentes soluciones y presentar una propuesta que pueda ayudar a abordar el problema o desafío presentado. Finalmente, los proyectos de CS son perfectos para aplicar el ABP, ya que involucran a diferentes partes interesadas y, a menudo, más de una disciplina científica. De esta manera, los alumnos aprenden que los desafíos del mundo real rara vez se resuelven utilizando información o habilidades de una sola materia.



Contents

Acerca de BRITEC	5
Puntos del proyecto	6
Publicación BRITEC	6
Kit de herramientas de CS	6
Lesson plans (secuencias didácticas)	6
MOOC	8
Evaluación	10
Actividades piloto	10
MOOC	11
Recomendaciones	13
Para legisladores	13
Para Instituciones Científicas	16
Para los colegios	19
Avanzando.....	22

Acerca de BRITEC

La escasez de mano de obra calificada en STEM en Europa es una realidad, y se prevé que dicha escasez sea uno de los principales obstáculos para el crecimiento económico en los próximos años. Además, la mayoría de los países europeos se muestran rezagados en estudios educativos internacionales como PISA¹ y TIMMS², particularmente en áreas como ciencias, matemáticas y lectura.

En este sentido, existe una necesidad real de enfoques innovadores que aumenten la motivación de los alumnos hacia las materias STEM y de ofrecer formación a los profesores sobre nuevas formas de introducir la ciencia en el aula. Además, todavía queda mucho trabajo por hacer para mejorar la imagen de los científicos a nivel social. Las iniciativas que ayudan a desmitificar la ciencia y conectar a los alumnos con científicos reales, pueden crear un impacto positivo y duradero con respecto a la imagen de científicos inaccesibles que, a menudo, se ven trabajando únicamente en las 'torres de marfil' de la universidad u otras instituciones de investigación, sin contacto directo con el público.

Además, conectar a las escuelas con el mundo de la investigación es esencial para garantizar que este último se beneficie de los nuevos talentos que tanto se necesitan en sus diversos campos. De esta manera, tendrá un mayor impacto social y hará que los estudiantes piensen como científicos, sopesando la evidencia para sacar conclusiones, además de aprender a trabajar con afirmaciones y contrademandas que nos bombardean en nuestra vida diaria (una necesidad crucial identificada a través del informe PISA realizado por la OCDE en 2015). Se prevé un impacto adicional a nivel de universidades e instituciones de investigación, que tienen la oportunidad de presentarse como actores activos en las comunidades locales, apoyando a los jóvenes talentos, contribuyendo

a los avances científicos y sociales y teniendo un interés real en los temas locales. Finalmente, todo lo mencionado tendrá enormes beneficios a escala social.

En este contexto, y durante los últimos tres años (2018-2021), el proyecto Bringing Research into the Classroom (BRITEC) centró sus esfuerzos en introducir el enfoque de la Ciencia Ciudadana en las escuelas como una forma de involucrar a los alumnos en las prácticas de investigación. En este sentido, también brindó a los docentes las herramientas pedagógicas adecuadas para que puedan enseñar temas STEM de manera contextualizada, vinculando los procesos y resultados de la investigación con la práctica docente cotidiana.

La CS es una forma relativamente nueva de realizar investigación científica, al conseguir el apoyo de los ciudadanos en la recopilación y el análisis de datos, su interpretación y (en raras ocasiones) la presentación de datos. BRITEC ofreció a profesores e investigadores de toda Europa las herramientas y la formación necesaria para llevar la investigación a las aulas, promoviendo la participación de los alumnos en procesos de investigación científica (desde ayudar a formular preguntas de investigación hasta recopilar y analizar información, además de sacar las conclusiones pertinentes). La publicación actual presenta los resultados de estos esfuerzos, incluidas evaluaciones y recomendaciones para escuelas, instituciones científicas y legisladores interesados en involucrarse en CS. El consorcio BRITEC espera que la experiencia adquirida, los recursos producidos y la comunidad de escuelas, universidades e institutos de investigación que se formó, inspiren y motiven a más partes interesadas a involucrarse en las actividades de Ciencia Ciudadana, así como a enriquecer el trabajo y aumentar los esfuerzos realizados por la comunidad de CS.

1 PISA: Programme for International Student Assessment (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos)

2 TIMMS: Trends in International Mathematics and Science Study (Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias)



Puntos del proyecto

Durante el proyecto, diversas actividades se han llevado a cabo. Estas no solo han llevado a una serie de puntos o fases del proyecto, sino que han contribuido a avanzar en la discusión acerca del uso y el papel de la Ciencia Ciudadana en el aula, pero además han ofrecido diferentes herramientas y oportunidades de formación a educadores interesados en incluir la investigación en su enseñanza diaria.

Publicación BRITEC

En abril de 2019, el informe **'Bringing Research into the Classroom – The Citizen Science approach in schools'** se publicó como una revista del Observatorio Scientix producido por los proyectos Scientix (la Comunidad para la Educación Científica en Europa) y BRITEC (Bringing Research into the Classroom). El propósito de este informe fue proporcionar una base que permitiera establecer las condiciones clave para implementar con éxito las actividades de Ciencia Ciudadana en las escuelas. El informe destaca aspectos como los voluntarios que se involucran en proyectos de CS, cómo las escuelas y los investigadores colaboran en estos proyectos, y cuáles son los puntos de entrada del enfoque de la Ciencia Ciudadana en los planes de estudio educativos. El informe también incluye las conclusiones y principales recomendaciones para avanzar en la implementación de actividades de Ciencia Ciudadana en las escuelas.

 <https://britec.igf.edu.pl/wp-content/uploads/2019/10/Scientix-BRITEC-Citizen-Science-in-Schools-WEB-final-2.pdf>

Kit de herramientas de CS

El kit de herramientas de Ciencia Ciudadana BRITEC contiene ejemplos de varias herramientas TIC, que podrían utilizarse durante todo el proceso de creación e implementación de iniciativas de Ciencia Ciudadana. Además, tiene como objetivo proporcionar una reflexión más amplia sobre las posibles vías de participación de escuelas e investigadores en el diseño conjunto de proyectos de CS que satisfagan las necesidades de ambas partes y busca movilizar el apoyo de otras partes interesadas, también muy importantes. Además, las reflexiones sobre cómo abordar la ética de la investigación y cuáles son los roles y responsabilidades de los actores involucrados

en este tipo de proyectos, también se incluyen como parte del informe. Por último, el conjunto de herramientas también proporciona ejemplos relevantes de fuentes útiles y plataformas de redes de CS desarrolladas en varios proyectos de Horizonte 2020.

El kit de herramientas está disponible en inglés y en cuatro idiomas (francés, griego, polaco y español) en el sitio web del proyecto.

 https://britec.igf.edu.pl/?page_id=407

Lesson plans (secuencias didácticas)

Durante el Proyecto BRITEC, nueve secuencias didácticas se desarrollaron en las escuelas piloto de cuatro países europeos diferentes (tres se desarrollaron en Bélgica, dos en Grecia, dos en Polonia y dos en España) con la colaboración de instituciones científicas y/o investigadores.

Aquí nos centraremos en tres de esas secuencias didácticas, preparadas por profesores participantes en los proyectos piloto de BRITEC, las cuales pueden considerarse un buen ejemplo de cómo la colaboración entre escuelas (estudiantes) e investigadores enriquece tanto la investigación como el proceso de aprendizaje, a la vez que produce muy buenos resultados científicos y educativos. La primera muestra el potencial y los beneficios de las actividades de Ciencia Ciudadana para la formulación de políticas, mientras que la segunda aumenta la preocupación de los jóvenes acerca de los problemas en el control y provisión de agua al involucrarlos en actividades prácticas que incluyen excursiones de campo, la realización de medidas y el análisis de los datos recopilados. Finalmente, el tercer escenario de aprendizaje involucra la colaboración de los estudiantes con un investigador en el análisis de la contaminación acústica y resalta la importancia de la calidad de los datos, destacando el papel del profesor en el seguimiento de la recopilación de datos.

La secuencia didáctica "Análisis de los hábitos alimentarios de los estudiantes"³ creada en colaboración con investigadores de la Universidad Aristoteleion de Tesalónica y profesores de la escuela Ellinogermaniki Agogi en Grecia, tiene como objetivo abordar uno de los problemas

³ https://www.europeanschoolnetacademy.eu/assets/courseware/v1/28418c55eb6344393935d92fdf2374fe/asset-v1:BRITEC+CitizenScience+2021+type@asset+block/Dietary-habits_LS.docx

de salud pública predominantes: la obesidad infantil. Si bien las razones por las que algunos niños se vuelven obesos son complejas, su comportamiento, influenciado por muchos factores de su entorno (como las opciones de transporte, los anuncios de alimentos, la seguridad, los precios de los alimentos, etc.), se encuentra entre las razones más claras, según lo observado por profesionales de la salud. Por tanto, esta secuencia didáctica, dirigida a estudiantes de primaria (de 9 a 12 años), tiene como objetivo estudiar los comportamientos de los niños y las posibles correlaciones entre dichos comportamientos y unos parámetros ambientales determinados. Para hacerlo, se les pide a los niños que se conviertan en ciudadanos científicos durante cuatro semanas, recopilando datos sobre sus patrones de comportamiento y sobre el entorno local utilizando myBigOapp. Antes de comenzar con la recopilación de datos, los profesores de educación física de la escuela miden el peso y la altura de los estudiantes y se les pide que respondan a unas preguntas sobre sus hábitos alimenticios, su actividad física y sus hábitos de sueño más comunes. Después de instalar la aplicación, los niños comienzan a tomar fotografías de las comidas que consumen a diario y hacen un seguimiento de su estado de ánimo cada vez que cargan una imagen en la aplicación. Además, los estudiantes también deben tomar fotos de anuncios de comida en su entorno cotidiano (dentro o fuera de la escuela), independientemente del medio de publicidad (folleto, valla publicitaria, cartel en un autobús, digital, en internet o en la televisión). Finalmente, los niños usan relojes inteligentes para registrar datos GPS, y datos acerca de su actividad física y de sueño. En todas las etapas de la recopilación de datos, son instruidos por sus profesores y/o investigadores. Al final, todos estos datos recopilados se utilizan para crear modelos estadísticos complejos, y así analizar si el comportamiento y el medioambiente influyen en el predominio de la obesidad y de qué manera. La información recopilada puede ser extremadamente beneficiosa para los legisladores, permitiéndoles 1) predecir cómo los cambios de políticas podrían modificar las tasas de obesidad y comparar diferentes comunidades a nivel de grupo y 2) desarrollar y planificar programas y políticas efectivas para reducir la obesidad infantil.

La secuencia didáctica "La pequeña retención es un gran problema: plantas, almacenamiento de agua e inhibición de la sequía (actividades de campo junto al río)"⁴ se desarrolló en colaboración con investigadores del Instituto de Geofísica de la Academia de Ciencias de Polonia y el Complejo de Escuelas de Economía y Servicios denominado así por Frederic Chopin en Żychlin. La secuencia didáctica, diseñada para estudiantes de 15 a 20 años, tiene como objetivo sensibilizar a los jóvenes sobre temas relacionados con la gestión del agua y el impacto de los cambios estacionales en la vegetación ribereña y las condiciones microclimáticas en la retención de agua.

Durante las campañas de campo, los estudiantes trabajan en grupos, realizando tareas (cada grupo tiene tareas diferentes) enumeradas en hojas de trabajo. El profesor observa el flujo de trabajo y ayuda, si es necesario. Como parte de las actividades, cada grupo recibe un mapa topográfico de la zona y marca el lugar donde se tomarán las medidas, así como la dirección del caudal del río. Luego, cada grupo usa un GPS para determinar las coordenadas geográficas del lugar de medición. Basándose en el conocimiento que se tiene del río y su observación, los estudiantes registran información sobre diversos elementos del valle del río (lecho del río, valle del río, llanura aluvial) en fichas. Siguiendo las instrucciones pertinentes, también miden el tiempo que tarda el plástico liberado en un río en cubrir una parte específica del mismo. Repiten la medición cinco veces. Luego, los estudiantes calculan la media aritmética de los resultados obtenidos. Así es como miden la velocidad del río.

Otra tarea es realizar mediciones meteorológicas simples (temperatura del aire, presión atmosférica, nubosidad, dirección del viento) y comparar estos datos con los datos de la estación meteorológica más cercana. Al analizar los datos, los alumnos estudian el microclima del río. Usando su propio conocimiento y una leyenda para designar especies de plantas, los estudiantes escriben los nombres de las plantas que crecen en las riberas de los ríos. También realizan documentación fotográfica de plantas. En base a sus observaciones, describen el curso del río (velocidad del agua, material transportado, tamaño del cauce, pendiente) y su actividad morfológica. También informan

4 https://files.eun.org/SciEduDept/River-erosion-LS_MOOC.pdf

sobre las formas morfológicas creadas por la actividad destructiva o constructiva del río.

En el aula, durante una clase programada, los alumnos realizan un resumen de las actividades de campo. Luego, los grupos presentan su investigación. Esto último lo pueden hacer de diferentes formas: una descripción, una presentación, una película, un portfolio, etc. Cada alumno es evaluado. La nota final depende de la implicación de los alumnos en las campañas de campo, y de la calidad y presentación de los resultados del trabajo.

Además de estas actividades, también se les pide a los alumnos que supervisen los cambios estacionales de la vegetación ribereña tomando fotografías en una localización determinada y de manera regular. La frecuencia de observación dependerá de las condiciones hidrológicas del lugar específico de observación. Sin embargo, se establece una frecuencia mínima al mes y no debe ser menos de una vez por estación. El objetivo de esta iniciativa es conocer cómo las estaciones afectan a la vegetación del río y a las condiciones del microclima del río, así como controlar los cambios y proporcionar datos para futuros análisis científicos.

La secuencia didáctica "Impacto del ruido del tráfico en las personas: construya su propia función de interrupción"⁵ creado por los profesores belgas Bartel Willems y Wim Van Buggenhout en colaboración con el investigador Dr. Luc Dekoninck, es un ejemplo de cómo los profesores pueden controlar la fiabilidad de los datos recopilados. Con esta secuencia didáctica, los estudiantes de educación secundaria ayudan al investigador a medir la contaminación acústica en lugares de Bélgica que aún no se han supervisado, principalmente las carreteras locales. Al inicio de la implementación, el investigador explica las condiciones exactas que los estudiantes deben tener en cuenta antes de realizar las mediciones, para que estas sean precisas y exitosas. Más concretamente, las medidas relacionadas con la exposición al ruido se realizan mediante un sensor de ruido colocado en tres áreas diferentes: en las casas de los estudiantes, en la zona industrial de Londerzeel (un municipio de

Bélgica) y en la escuela. En la zona industrial de Londerzeel, se colocan cuatro sensores de ruido a diferentes distancias (1 m, 100 m, 200 m, 300 m) de una carretera con mucho tráfico. Dado que esta actividad se lleva a cabo dentro del ámbito escolar, las mediciones de ruido deben realizarse por los estudiantes de acuerdo con las pautas dadas. Por tanto, la calidad de los datos está asegurada por el hecho de que las mediciones se realizan como parte de las clases STEM y bajo la supervisión del profesor.

MOOC

Un **Curso en línea Masivo y Abierto (MOOC: Massive Open Online Course) "Una hoja de ruta para la educación en Ciencia Ciudadana"** ("A Roadmap to Citizen Science Education") desarrollado por European Schoolnet con el apoyo de todos los socios, centrado en la integración de actividades científicas en la enseñanza STEM al proporcionar materiales y diferentes formas de implementación de proyectos innovadores de Educación en Ciencia Ciudadana. Se ofrece en inglés a los profesores que estén interesados en llevar la ciencia a su clase a través del diseño, desarrollo e implementación de proyectos de educación en Ciencia Ciudadana. El MOOC se desarrolló en la Academia EUN (EUN Academy⁶) - una plataforma online gratuita de desarrollo profesional para profesores y otros profesionales de la educación. El curso implicaba un proceso de colaboración entre docentes e investigadores, proporcionando distintas percepciones desde el punto de vista de los investigadores que han apoyado a los docentes en el desarrollo de escenarios de aprendizaje STEM, las cuales incluyen actividades científicas basadas en las necesidades de proyectos de investigación activos. El objetivo principal del MOOC fue brindar pautas de diseño instruccional y los recursos necesarios para que los docentes puedan desarrollar un escenario de aprendizaje propio.

El curso consta de cuatro módulos e incluye una actividad final de revisión por pares. Los objetivos de cada módulo se enumeran en la Tabla 1.

5 <https://www.europeanschoolnetacademy.eu/assets/courseware/v1/e9d84a44742dd855db40b0a881b6428d/asset-v1:BRITEC+CitizenScience+2021+type@asset+block/BRITEC-Case-Study-Noise-review-ms-V02.pdf>

6 <http://www.europeanschoolnetacademy.eu/>

Tabla 1. El MOOC "Una hoja de ruta hacia la Educación Ciudadana": módulos y objetivos de aprendizaje

Objetivos por módulo
<p><u>Módulo 1: Introducción a la Ciencia Ciudadana y a la investigación en la escuela</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Aprender a diferenciar la Ciencia Ciudadana como un proceso de voluntariado y la Ciencia Ciudadana como una actividad educativa dentro del contexto escolar; y definir los roles de las partes interesadas• Conocer las actividades de Ciencia Ciudadana en clase y ejemplos de proyectos de Ciencia Ciudadana• Analizar los términos principales que deben introducirse en clase al realizar actividades de Ciencia Ciudadana.
<p><u>Módulo 2: ¿Cómo llevar la Ciencia Ciudadana a tu clase?</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Utilizar ejemplos de actividades de Ciencia Ciudadana que se llevaron a cabo en el aula• Definir las oportunidades e implicaciones que puede tener la introducción del proceso científico en el aula sobre los resultados de aprendizaje• Comprender cómo adaptar las prácticas profesionales de los científicos para que las actividades educativas sobre Ciencia Ciudadana puedan llevarse a cabo sin comprometer los objetivos y procedimientos de enseñanza
<p><u>Módulo 3: Incorporar la innovación en clase</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Distinguir las principales etapas que son necesarias para organizar la colaboración científica de manera efectiva• Identificar herramientas que puedan utilizarse para incorporar la innovación en el aula y que sean útiles para proyectos de Ciencia Ciudadana.• Identificar y superar posibles problemas éticos vinculados a la implementación del proyecto de Ciencia Ciudadana en el aula.
<p><u>Módulo 4: Envía tu escenario de aprendizaje de Ciencia Ciudadana</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Obtener información sobre los diferentes tipos de evaluación• Finalizar y enviar un escenario de aprendizaje• Intercambiar ideas con compañeros y aprender de su experiencia dando y recibiendo comentarios sobre el trabajo realizado.

 <https://www.europeanschoolnetacademy.eu/courses/course-v1:BRITeC+CitizenScience+2021/about>

Actividades piloto

Profesores

Las actividades piloto de BRITEC se llevaron a cabo durante el año escolar 2019/2020 con el objetivo de involucrar a las escuelas piloto en una colaboración activa con los investigadores. Escuelas de Bélgica, Grecia, Polonia y España implementaron varias actividades relacionadas con la CS (la creación de una secuencia didáctica fue una de ellas) propuestas por científicos de instituciones científicas locales, quienes también tutorizaron dichas actividades y ayudaron activamente a las escuelas durante todo el proceso. Antes y después de estas actividades, docentes e investigadores participaron en entrevistas grupales, lo que permitió definir los conocimientos y actitudes hacia la Ciencia Ciudadana y su aplicación dentro y fuera de los contextos escolares, así como el impacto que en ellos genera la realización de las actividades piloto.

Una vez concluido el proyecto, las actividades piloto también proporcionaron información valiosa sobre las expectativas y experiencias de los participantes con el fin de crear una serie de directrices para profesores e investigadores acerca de cómo llevar a cabo una planificación eficaz, así como actividades similares en el futuro.

Un total de 89 profesores de España, Grecia, Polonia y Bélgica han proporcionado a BRITEC sus comentarios e ideas antes y después de la implementación de su secuencia didáctica de Ciencia Ciudadana en colaboración con una universidad o instituto de investigación local. De estos profesores, casi el 70% no había participado antes en un proyecto de Ciencia Ciudadana, pero estaban dispuestos a involucrar a uno o dos de sus grupos de alumnos en un piloto. Antes de la implementación del proyecto de CS, el 65% de estos profesores se sentían cómodos con la idea de utilizar proyectos de Ciencia Ciudadana en su clase, mientras que el 85% de ellos confiaba en poder coordinar un proyecto de CS con sus alumnos. En lo que respecta a sus expectativas, los profesores esperaban que su participación en un proyecto de CS aumentara la motivación de sus estudiantes, les ayudara a aprender más sobre la Ciencia Ciudadana y también les brindara la oportunidad de mejorar sus habilidades en

gestión y coordinación de proyectos (es decir, en su desarrollo profesional). No obstante, cuando se les pidió que consideraran cuáles podrían ser los principales obstáculos, la falta de tiempo y el tiempo requerido para la realización del proyecto, se presentaron como los principales problemas.

Los datos recabados tras la implementación mostraron que los profesores participantes habían involucrado a 1-2 de sus clases en el proyecto. Un 60% de estos profesores, algo menos del 65% perteneciente a los resultados previos a la implementación, se sintieron cómodos usando la Ciencia Ciudadana en sus clases. Un porcentaje similar, pero de nuevo inferior al 85% que se informó originalmente, fue capaz de coordinar un proyecto de Ciencia Ciudadana. En lo que respecta a los resultados obtenidos, el 70% estuvo de acuerdo en que la motivación de los alumnos se había incrementado y también habían aprendido mucho sobre prácticas científicas reales. En lo que respecta a los desafíos, se confirmó que la falta de tiempo era un problema importante. Asimismo, también se indicó que hubo serias dificultades en lo que se refiere a la comunicación con los investigadores.

Es importante tener en cuenta que los pilotos se implementaron en plena época COVID y los profesores se vieron obligados repentinamente a adaptarse a dar clases online. Esto ha provocado un aumento considerable de los niveles de estrés entre los profesores y también podría haber influido en los resultados de la evaluación.

Investigadores

Los comentarios recopilados de 20 investigadores que participaron en las actividades piloto de BRITEC, mostraron que el 45% tenía más de 15 años de experiencia en investigación y otro 43% tenía entre 5 y 15 años. Antes de comenzar a realizar las actividades de Ciencia Ciudadana con los colegios, el 65% de estos investigadores manifestaron sentirse cómodos con la idea de utilizar a los alumnos como "ciudadanos científicos" en proyectos de investigación y el 82% confiaba en que la participación de los alumnos en los proyectos de investigación permitiría alcanzar objetivos de investigación reales. En lo que respecta a los resultados, el 65% esperaba mejorar sus habilidades de comunicación y el 62%

esperaba tener la oportunidad de interactuar con personas fuera de su círculo profesional habitual.

Al término de las actividades de Ciencia Ciudadana, el 83% de los investigadores afirmaron sentirse cómodos con la idea de utilizar a los alumnos como "ciudadanos científicos" en proyectos de investigación y el 85% confiaba en el valor de la participación de los alumnos en proyectos de investigación. El 85% mejoró sus habilidades comunicativas y el 92% mejoró sus habilidades organizativas. Sus expectativas, en lo que respecta a la mejora de sus habilidades, se han cumplido para el 82% de los investigadores, mientras que muchos de ellos afirmaron que disfrutaron de la colaboración con profesores y alumnos y de la experiencia de convertir contenido científico en contenido educativo. Para el 68% de los investigadores, mantener la motivación de los alumnos y la organización con los profesores ha sido un desafío. Aunque muchos investigadores dijeron que los alumnos estaban interesados y que participaron activamente en las actividades piloto, otros mencionaron que las restricciones impuestas por la pandemia hicieron que la colaboración con los profesores fuese mucho más compleja y esto pudo afectar a la dedicación de los alumnos en el proyecto.

MOOC

272 profesores procedentes de más de 30 países diferentes completaron el MOOC "Hoja de ruta hacia la educación Científica Ciudadana" ("A Roadmap to Citizen Science Education"), que se llevó a cabo entre el 22 de marzo de 2021 y el 28 de abril de 2021. A los participantes del curso online (de los cuales la mayoría eran mujeres, de 36 años o más, enseñaban en colegios e institutos de Europa y más allá), se les proporcionó el conocimiento, las ideas y las herramientas necesarias para implementar la Ciencia Ciudadana en clases de diversas disciplinas STEM. Además, el curso que consta de 4 módulos, ofreció una introducción a una variedad de posibilidades y beneficios relacionados con la contextualización del conocimiento científico en las aulas, gracias al apoyo de los científicos en las prácticas de CS. Finalmente, se animó a profesores y educadores a implementar la Ciencia Ciudadana en las aulas, desarrollando su propio escenario de aprendizaje.

Método de evaluación

Los resultados de la evaluación que se presentan a continuación se basan en los datos de registro y participación (iniciada/finalizada) del curso, y en los datos recopilados a través de dos encuestas completadas voluntariamente antes ($n = 155$) y después ($n = 145$) del curso, que proporcionan información sobre: perfil de los participantes; impresiones sobre el curso y la autoevaluación del conocimiento adquirido por los participantes acerca de los temas del curso. Este método nos permitió medir el impacto del MOOC en el conocimiento de los docentes sobre esta práctica científica y el afán de implementar un enfoque de Ciencia Ciudadana en su enseñanza.

Es importante mencionar que, 1054 profesores de 46 países se inscribieron para participar en el MOOC, 502 participantes comenzaron a seguir al menos un módulo del curso y 272 participantes completaron el MOOC. Para contabilizar a los participantes que acabaron el MOOC, se tuvo en cuenta que cada uno de ellos accediera a todas las secciones del MOOC y realizara todas las actividades.

Resultados de la evaluación

Impresiones positivas del curso que conducen a una mayor aceptación e implementación de un enfoque de Ciencia Ciudadana en las clases STEM

En lo que respecta a las impresiones del curso, el 93% de los participantes indicaron que el contenido del curso les era particularmente útil, calificando el valor general del curso como "Bueno" o "Muy bueno". Además, el 85% de los profesores que participaron en el MOOC dijeron que 1) recomendarían este curso a un compañero (indicando que están "de acuerdo" o "totalmente de acuerdo" con la afirmación) y 2) utilizarán las ideas y ejemplos presentados en el curso en su trabajo diario ("de acuerdo" o "totalmente de acuerdo"). Finalmente, el 92% de los participantes indicaron que el curso hizo que se sintieran más seguros y capaces de implementar la Ciencia Ciudadana en sus aulas ("de acuerdo" o "totalmente de acuerdo").



Como se puede observar en las respuestas de los participantes, los profesores y educadores se familiarizaron con la práctica de la Ciencia Ciudadana, no solo como una experiencia valiosa que les permite explorar un enfoque pedagógico menos conocido, sino que también les permitió adquirir conocimientos básicos y la confianza necesaria para comenzar o continuar implementando la Ciencia Ciudadana en sus prácticas de enseñanza cotidianas.

Cambio positivo en las competencias de los educadores relacionadas con diversos temas de Ciencia Ciudadana

Según los resultados de las encuestas, el número de participantes que tienen un “buen conocimiento sobre el tema y que se sienten preparados para implementarlo en la práctica” aumentó en un 17% después de la finalización del curso. Además, solo el 3% de los participantes indicó antes de realizar el curso que tenía un “buen conocimiento y experiencia práctica en el tema y se sentía capaz de asesorar/orientar a otros”, mientras que un 23% dijo esto mismo después de completar el MOOC. Parece que la participación en el MOOC “Una hoja de ruta para la educación en Ciencia Ciudadana” ha contribuido en gran medida al desarrollo del conocimiento y las competencias de los profesores en relación con diversos aspectos de la implementación de la Ciencia Ciudadana. Además, en muchos casos, la experiencia acumulada durante el curso fue suficiente para que los profesores se sintiesen cómodos compartiendo con sus compañeros sus conocimientos sobre la adopción de la Ciencia Ciudadana en diversas disciplinas STEM.



Para legisladores

Establecer políticas gubernamentales para apoyar la Ciencia Ciudadana (CS)

Actualmente, el apoyo gubernamental a la CS se proporciona de forma esporádica y no estructurada, incluida la gestión de proyectos de investigación o el establecimiento de programas de formación para científicos y educadores. Para aprovechar al máximo los beneficios de las actividades relacionadas con la Ciencia Ciudadana, esta última debe estar basada en políticas de innovación educativa y científica. Las políticas juegan un papel crucial en la habilitación de la innovación científica, ya que facilitan y establecen objetivos en cuanto a las prácticas científicas y educativas, al tiempo que legitiman las relacionadas con estos objetivos. Además, las políticas definen estrategias sobre cómo lograr los objetivos formulados. Estas estrategias se presentan en forma de planes y programas, que dan como resultado acciones reales: proyectos, iniciativas, campañas, etc. Todas estas acciones concretas solo pueden realizarse cuando se otorgan fondos específicos. Por tanto, es vital que la Ciencia Ciudadana esté anclada a las políticas educativas y de innovación científica para ser considerada legítima, reconocida como una práctica científica valiosa y que se le otorguen los medios para materializarse. Al mismo tiempo, es importante controlar y orientar la CS. Aunque la Ciencia Ciudadana aporta varios beneficios, tanto para los científicos como para los ciudadanos, estos beneficios solo son verdaderos si los métodos utilizados durante las actividades de CS son de buena calidad científica.

Legitimación: reconocer el valor y la contribución de la CS

Las políticas de educación e innovación científica deben considerar la Ciencia Ciudadana como una forma legítima de práctica científica. De esta forma, se subrayará la contribución de la CS a la innovación científica y social y se asociará al derecho humano a la ciencia. El derecho a la ciencia se estableció en el marco de los derechos

humanos, como el “derecho a participar en el avance científico y sus beneficios” (Art. 27 en ONU 1948)⁷. Hasta hace poco, este derecho se entendía principalmente como el derecho a acceder a la información y adquirir conocimientos, así como el derecho a beneficiarse de diferentes logros científicos. Últimamente, este entendimiento ha evolucionado “desde el derecho a acceder a la información y el conocimiento al derecho a participar” (De Marchi et al. 2001)⁸. En consecuencia, las políticas de educación e innovación científica deben reevaluar la propia definición de práctica científica a la luz de los derechos humanos, destacando aquellos que otorgan este derecho a los ciudadanos.

Además, las políticas de educación e innovación científica deben reflejar las principales oportunidades y los diversos beneficios para la ciencia *per se* que surgen de la participación de los ciudadanos en las actividades científicas. Estos incluyen las nuevas formas de conocimiento⁹ generadas a través del intercambio de conocimientos entre ciudadanos y científicos; mejora de datos y metodologías científicas (que van más allá de las prácticas científicas tradicionales); aumento de las capacidades científicas en la sociedad; el fortalecimiento de la corresponsabilidad y la confianza entre todas las partes involucradas; la comprensión de la cooperación para encontrar soluciones a determinados problemas. En resumen, el reconocimiento de los diversos beneficios aportados por la práctica de la Ciencia Ciudadana beneficiaría tanto a la comunidad científica como a la sociedad en general.

Reconocimiento: Señalar y mostrar buenos ejemplos de CS y su impacto en la sociedad

Con respecto a la resolución de problemas que tengan lugar en contextos sociales a nivel local o más amplio, también sugerimos que las políticas de educación e innovación científica enfatizen el papel de la ciencia y la educación para abordar desafíos sociales urgentes y resalten las buenas prácticas de la Ciencia Ciudadana, así como su impacto positivo en la sociedad o, en otras

7 UN (Naciones Unidas). (1948). Declaración universal de los derechos humanos. Recuperado de: <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>

8 De Marchi, B., Funtowicz, S., & Guimarões-Pereira, A. (2001). From the right to be informed to the right to participate: Responding to the evolution of European legislation with ICT. *International Journal of Environment and Pollution*, 15(1), 1–21.

9 Violet Soen & Tine Huyse (eds.) (2016). Citizen science in Flanders: Can We Count on You? [Young Academy position papers – nr. 2]. Recuperado de <http://jongeacademie.be/standpunt-citizen-science/>

palabras, su contribución a la innovación social en un contexto social más amplio que los beneficios científicos y educativos. Varios proyectos de CS llevados a cabo en cooperación con investigadores y el público en general, recopilan enormes cantidades de información y aportan valiosos hallazgos sobre cuestiones locales/nacionales. Un ejemplo podría ser el estudio piloto belga llevado a cabo dentro de BRITTEC, en el que los ciudadanos científicos estudian la contaminación acústica (que puede causar un aumento del estrés, deterioro cognitivo y enfermedades en los seres humanos, disminución del estado físico y alteración del comportamiento en la naturaleza) en áreas urbanas o protegidas utilizando sus teléfonos inteligentes. Este proyecto se puede utilizar como un caso ilustrativo de cómo, al colaborar con los ciudadanos utilizando aplicaciones de bajo coste para medir el sonido, los científicos pueden recopilar grandes cantidades de datos y obtener resultados relacionados con un tema de interés público que, en consecuencia, pueden ser abordados por los responsables políticos.

Financiación

Además de legitimar la Ciencia Ciudadana como práctica científica y reconocer su valor científico y social, se necesitan estructuras de financiación estables para llevar la CS a su máximo potencial. Por esta razón, es fundamental asignar presupuesto a la CS, pero también reevaluar los presupuestos actuales asignados a la educación, la investigación y la innovación teniendo en cuenta las posibles sinergias con la CS que puedan surgir. Esto es especialmente importante considerando las particularidades de los proyectos de Ciencia Ciudadana que incluyen más esfuerzos en la gestión y comunicación, y plazos flexibles. Los cronogramas de los proyectos de CS son particularmente frágiles, ya que se necesita tiempo para gestionar, instruir y mantener la comunicación con los estudiantes o ciudadanos que, por lo general, deben construir su experiencia en términos de investigación científica. Además, en los proyectos de Ciencia Ciudadana, los participantes tienden a recopilar grandes cantidades de datos que pueden conducir a largos procesos de síntesis, análisis y extracción de conclusiones a partir de ellos. Además, las políticas de innovación en educación y ciencia deberían identificar los recursos necesarios

en los que hay que invertir para proporcionar pedagogías y formación innovadoras. Los científicos y educadores dudan en participar en actividades de CS, no solo porque requiere mayores esfuerzos y recursos, sino también porque hay una falta de conocimientos y programas de formación que promuevan tales actividades. Por último, se necesitan estructuras de financiación específicas para superar los sesgos y prejuicios de la ciudadanía en cuanto a que la Ciencia Ciudadana es una práctica utilizada para reducir los costes de investigación (ya que habitualmente los ciudadanos o estudiantes participan de forma voluntaria). En muchos casos, los proyectos de CS requieren aún más recursos, experiencia y tiempo que los proyectos científicos tradicionales, sin embargo, resultan, generalmente, en situaciones en las que todos ganan, con beneficios para todas las partes involucradas.

Establecer mecanismos de seguimiento y orientación de la CS

Mientras que, en nuestra opinión, es vital que la Ciencia Ciudadana sea reconocida como una práctica científica que aporta diversos beneficios, también es importante tener en cuenta que estos beneficios solo son verdaderos si los métodos utilizados durante las actividades de CS son de buena calidad científica. De lo contrario, existe el riesgo de devaluación del valor científico y educativo de las actividades de CS. Los responsables de la toma de decisiones deben ser profundamente conscientes de esto y establecer mecanismos de seguimiento y orientación adecuados para garantizar los indicadores de calidad de los proyectos/actividades de la CS según los cuales serían controlados. Estas herramientas de seguimiento y orientación deben incluir, pero no limitarse a, la calidad de los datos recopilados, la competencia de los investigadores que dirigen el proyecto, la estructura y el plan de implementación general del proyecto, el estado actual del problema/tema investigado y su contribución a la investigación científica. Por último, también se debe tener en cuenta el potencial de un proyecto/actividad para ser replicado o mejorado, y así asegurar la continuidad de las actividades en una etapa futura de los proyectos. También podría considerarse la posibilidad de crear un observatorio a nivel de la UE a largo plazo.

Incluir la CS en el ciclo de formulación de políticas

Los formuladores de políticas pueden utilizar proyectos de CS en diferentes etapas del ciclo de formulación de políticas para obtener datos específicos que puedan ayudarlos a tomar decisiones informadas y basadas en datos. La CS puede proporcionar contribuciones valiosas a la anticipación de políticas (establecimiento de la agenda) o utilizarse como fuente de recopilación de información. Un ejemplo¹⁰ de una colaboración tan estrecha se puede ver dentro de un municipio que quiere abordar el problema de la basura. Un proyecto de CS puede ayudar al municipio a recopilar información sobre las áreas que sufren particularmente este problema y proporcionar información sobre el tipo de basura que se está acumulando, es decir, botellas de plástico, desechos de tabaco, envoltorios de alimentos, bolsas de comestibles, etc. En base a esta información, el municipio puede emprender acciones específicas, por ejemplo, campañas de concienciación dirigidas a todo el público y grupos de edad específicos, colocar más contenedores (de un cierto tipo) en áreas específicas, colocar contenedores más grandes y contenedores de reciclaje en otras áreas, etc. Además, la CS también puede ser reconocida como una herramienta importante para respaldar el ciclo de políticas. Como ejemplo, podemos considerar los proyectos de CS IAS (Especies Exóticas Invasoras: *Invasive Alien Species*). Las especies exóticas invasoras son una amenaza creciente para la biodiversidad de Europa. Los participantes de diferentes proyectos de CS aportan información útil a la consideración de especies para su inclusión en la lista de especies exóticas invasoras de interés del Reglamento de especies exóticas invasoras¹¹. Cuando se trata de la implementación de políticas, los proyectos

de CS pueden expandir significativamente la escala espacial y temporal de los datos producidos, lo que en las prácticas científicas convencionales no sería posible. Las nuevas apariciones de IAS georreferenciadas pueden enviarse rápida y directamente desde el campo, lo que es muy adecuado para los mecanismos de alerta temprana. Por tanto, CS proporciona datos que complementan la vigilancia oficial del Estado miembro (MS: *Member State*) para detectar la aparición de una nueva IAS. Al mismo tiempo, la CS reduce la carga administrativa, la gestión y los esfuerzos de comunicación de las autoridades nacionales. Algunos proyectos de CS permiten a los usuarios implementar herramientas específicas para administrar IAS (por ejemplo, EEIKO¹²). De esta manera, los participantes en proyectos de Ciencia Ciudadana también contribuyen a la evaluación de políticas.

Fomentar la creación de una comunidad en línea para profesores, investigadores, responsables políticos y representantes de empresas.

La investigación documental indica claramente que, muchos proyectos de Ciencia Ciudadana de diversos temas y niveles de complejidad se han llevado a cabo o aún están en curso a nivel europeo y nacional. Pero, ¿qué pasa al final de estos proyectos? ¿Es posible acceder a sus resultados? ¿Cómo puede alguien ponerse en contacto con sus creadores y aprender de su experiencia? Proyectos europeos¹³, universidades¹⁴ y otras organizaciones¹⁵ han realizado esfuerzos para crear repositorios y comunidades de participantes de Ciencia Ciudadana, aunque de alguna manera fragmentados. Para apoyar, complementar y consolidar sus esfuerzos, se sugiere la creación de una plataforma dedicada a agregar los diversos repositorios disponibles y

10 Idea de los autores, inspirada en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-74768-5>

11 Las especies exóticas invasoras (IAS: Invasive Alien Species) son animales y plantas que se introducen accidental o deliberadamente en un entorno natural donde normalmente no se encuentran, con graves consecuencias para su nuevo entorno. Representan una gran amenaza para las plantas y animales autóctonos en Europa, causando daños por valor de miles de millones de euros a la economía europea cada año. Dado que las especies exóticas invasoras no respetan fronteras, la acción coordinada a nivel europeo será más eficaz que las acciones individuales a nivel de los Estados miembros. Más información: https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm

12 EEIKO invasoras es una aplicación multiplataforma que permite una visión global de la distribución espacial de las especies de flora exótica invasora. Los registros de EEIKO se basan en la participación de los ciudadanos. La aplicación también proporciona herramientas de gestión a los administradores de especies exóticas invasoras de las autoridades ambientales, para hacer frente a dichas especies. Más información: <https://alien.jrc.ec.europa.eu/easin/News/DetailNews/49b9ce15-9d39-4242-b053-6642e7494f9a>

13 <https://eu-citizen.science>

14 <https://www.zooniverse.org/>

15 <https://scistarter.org/>

que proporcione metadatos y funcionalidades de búsqueda. Además, la creación y animación de comunidades en línea por tema, idioma o país/área también contribuiría a la difusión de buenas prácticas y al inicio de nuevas asociaciones tanto a nivel nacional como europeo. Las universidades e institutos de investigación, las empresas y las autoridades locales también tienen un papel que desempeñar en la plataforma, ya que pueden compartir ideas sobre posibles proyectos de CS que se relacionen con problemas y necesidades locales. A través de dicha plataforma, los profesores y los colegios tendrían la oportunidad de aprender de otros colegios con experiencia, comunicarse con otras personas interesadas y buscar ideas para proyectos dentro de sus áreas. Además, se debe alentar a todos los proyectos a que proporcionen sus resultados como Recursos Educativos Abiertos con licencias abiertas y acceso abierto, ya que esto también apoyará la sostenibilidad de los proyectos de CS.

Durante la entrevista grupal (*FGI: Focus Group Interview*) para profesores organizada en Polonia, los participantes también expresaron un gran interés en acceder a una plataforma a nivel nacional, donde pudieran encontrar oportunidades para colaborar con investigadores e instituciones científicas. Dicha plataforma podría ofrecer a los investigadores un espacio virtual, donde se podrían anunciar nuevas solicitudes de colaboración con escuelas y/o comunidades locales, ofrecer formación y apoyo. Daría visibilidad a iniciativas de CS relativamente pequeñas, facilitaría la coordinación de las acciones de CS y fomentaría la identificación de participantes potenciales. Aunque tales iniciativas existen a nivel europeo, la colaboración nacional sería muy apreciada por las razones mencionadas. Un buen ejemplo de esta plataforma es el Observatorio de la Ciencia Ciudadana en España y el portal web ciencia-ciudadana.es, que son el resultado de un proyecto desarrollado por la Fundación Ibercivis en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) -Ministerio de Ciencia e Innovación.

Fomentar la colaboración con el sector privado y las empresas

La colaboración con la industria y el sector privado puede enriquecer e impulsar la organización de

proyectos y actividades de Ciencia Ciudadana. Dichos proyectos ofrecen oportunidades de colaboración más profundas con diferentes actores, conexión con problemas de la vida real y sus posibles soluciones, al tiempo que brindan a los alumnos información sobre posibles carreras STEM. Los proyectos de este tipo pueden promover la reutilización, la innovación y la explotación de datos de investigación más accesibles para una variedad de propósitos, incluido su uso comercial de forma ética. Por ejemplo, Safecast¹⁶ se fundó después del desastre de Fukushima en Japón en 2013, donde los ciudadanos, preocupados, recopilaban datos sobre la propagación de radiación dañina en la región. Desde entonces, trabajando en colaboración con el sector privado¹⁷, Safecast se ha convertido en una red mundial de Ciencia Ciudadana en 100 países que recopila más de 60.000 mediciones diarias de datos ambientales (no solo radiación) y, más recientemente, datos relacionados con el Covid-19. Además de los datos, Safecast también ejemplifica las iniciativas ciudadanas para diseñar y fabricar hardware científico y lanzarlo como hardware de código abierto.

Para Instituciones Científicas

La mayor parte de la comunicación científica iniciada por las universidades es unidireccional y se centra en informar al público sobre los hallazgos y logros científicos actuales. Las instituciones científicas deben realizar una transición gradual hacia actividades de comunicación bidireccional, que impliquen intercambios directos con los estudiantes y el público, incluidos debates abiertos o conferencias organizadas por instituciones científicas y que involucren a los estudiantes y al público en diversas etapas de la investigación, aprovechando las ventajas de los proyectos de CS. Estas acciones pueden trascender las actividades habituales de comunicación científica y transformarlas en herramientas de investigación.

Apoyar proyectos de CS que van más allá de la recopilación de datos

Para cerrar la brecha entre los científicos y el público y abrir la puerta a la práctica científica y académica bidireccional, que involucre no solo a científicos sino también a estudiantes y ciudadanos, las universidades y los institutos

¹⁶ <https://safecast.org/> una organización internacional voluntaria

¹⁷ <https://bit.ly/3lvHcZq>

de investigación deben apoyar el desarrollo de proyectos de CS en varios niveles de participación, y optar por proyectos de CS que vayan más allá de la simple recopilación de datos e involucren a sus participantes en una colaboración más compleja, como procesar los datos y compartir los resultados de la investigación o incluso influir en la elección del método de investigación y participar en el establecimiento de la agenda de investigación.

Según la clasificación piramidal, propuesta por Bonney et al. (2009)¹⁸, hay cuatro tipos principales (niveles) de participación ciudadana en las prácticas de la CS (proyectos de CS). La parte más baja de la pirámide se refiere a la "participación mínima" o proyectos en los que solo se espera una aportación mínima de los participantes en términos de práctica científica y académica. Por lo general, en estos proyectos se espera que los participantes simplemente recopilen los datos (a menudo utilizando sus teléfonos móviles u otras herramientas) y se los transmitan a los científicos. El segundo nivel se refiere al enfoque "contributivo", en el que tanto los científicos como el público contribuyen y aprenden del proceso de investigación. Un ejemplo aquí podría ser un proyecto en el que se les pida a los participantes que graben las voces de diferentes aves en su jardín y luego las clasifiquen en una tipología determinada. De esta manera, los participantes no solo recopilan datos científicos que luego se entregarán a los científicos para que los analicen, sino que también aprenden a clasificar ciertos tipos de aves. Otro ejemplo de este tipo podría ser el proyecto "SPIN-CITY"¹⁹ de la Universidad de Gante, que pidió a los ciudadanos que tomaran fotos de arañas y las subieran a un portal, proporcionando detalles adicionales. Esto fue parte de un proyecto de investigación acerca del impacto del estrés provocado por el calor en la población animal de la ciudad. Al tomar parte en la investigación, los participantes no solo recopilaron datos, sino que también aprendieron a diferenciar las arañas macho y hembra. El tercer nivel de clasificación piramidal, propuesto por Bonney et al. (2009), se refiere al "colaborativo",

donde el público participa en varias etapas de la investigación. Por ejemplo, los ciudadanos pueden generar e incluso presentar los resultados de la investigación. Los proyectos de CS de historia que involucran a los participantes en la transcripción de documentos históricos y la presentación de sus hallazgos, se incluyen en esta categoría. Como ejemplo, podemos considerar la plataforma "Velehanden.nl"²⁰, que contiene varios proyectos de Ciencia Ciudadana relacionados con el patrimonio cultural, con 20.000 voluntarios suscritos a la plataforma. Uno de estos proyectos es el 'S.O.S. Antwerpen'²¹, un proyecto de la Universidad Belga de Amberes, en el que voluntarios transcriben información sobre las causas de muerte de civiles de Amberes entre 1820 y 1946. En la parte superior de la clasificación piramidal se encuentran los proyectos de "cocreación" que aplican la igualdad o, en otras palabras, estos son los proyectos en los que los científicos y los participantes trabajan juntos como socios iguales. Los ciudadanos/estudiantes junto con los científicos pueden definir la agenda de investigación, los métodos, elegir los instrumentos de investigación, realizar el análisis, presentar los resultados, etc. El proyecto "Gentenair"²² puede considerarse aquí como un ejemplo ilustrativo. Una iniciativa de CS ascendente realizada por ciudadanos locales interesados y activistas ambientales (en colaboración con científicos), brindó información sobre cómo construir (o elegir) su propio sensor para medir material particulado, además de referirse a otras iniciativas de bricolaje que muestran cómo medir otros aspectos de la calidad del aire. En referencia a la clasificación piramidal antes mencionada, se alienta a las instituciones científicas a que tomen una decisión deliberada al considerar qué nivel de participación adoptar en un proyecto de CS, ya que todos ellos pueden servir para diferentes partes del proyecto de CS (algunos proyectos tienen un enfoque más amplio en los beneficios científicos, otros proyectos tienen puntos de enfoque más amplios en los beneficios educativos o sociales). Sin embargo, es importante resaltar que cuando se trata de beneficios educativos, los proyectos de CS que

18 <https://academic.oup.com/bioscience/article/59/11/977/251421>

19 SPIN CITY es un Proyecto de Ciencia Ciudadana llevado a cabo por la Universidad de Gante. Más información: <https://www.spiderspotter.com/en/info/spin-city>

20 <https://velehanden.nl>

21 <https://sosantwerpen.be/project/>

22 <https://gentenair.be/>

van más allá de la recopilación de datos, los cuales se conectan con un tema local y ofrecen oportunidades reales de investigación, es decir, analizar datos, hacer y probar una hipótesis, etc., son más atractivos para los colegios y los estudiantes. Estos proyectos permiten establecer una colaboración a largo plazo y modificar las percepciones de los estudiantes sobre la ciencia, así como su papel en la sociedad. Dado que los proyectos de CS que aplican un enfoque colaborativo o en pie de igualdad son menos comunes que los que requieren una "participación mínima", se recomienda que las instituciones científicas tengan en cuenta la formación en diversos aspectos de la CS, especialmente para estudiantes de doctorado o investigadores en su etapa inicial que podrían estar más ansiosos por experimentar con diferentes métodos y explorar diversas prácticas científicas y académicas.

Conectar proyectos de CS con la comunidad local

Los proyectos de Ciencia Ciudadana que se centran en resolver problemas sociales o ambientales locales a menudo tienen un impacto mayor en la sociedad que otros proyectos. Responden a un problema urgente e involucran a una variedad de partes interesadas y, por lo tanto, tienen el potencial de obtener una base de apoyo social más amplia. Alentamos a las instituciones científicas a explorar y apoyar proyectos que se centren en resolver problemas locales reales y, por lo tanto, fortalezcan su relación con la comunidad local. El proyecto de CS mencionado anteriormente que involucra la recopilación de información sobre los diferentes tipos de fuentes de basura y los lugares donde principalmente se observa el problema, dará como resultado acciones y soluciones tangibles por parte del municipio. Dicho proyecto de CS contribuirá a la innovación social al involucrar a diferentes partes que trabajan juntas hacia un objetivo común y fortalecen el sentido de corresponsabilidad entre ciudadanos, estudiantes y órganos de formulación de políticas. Además, las partes interesadas estarán más deseosas de participar y brindar resultados precisos, ya que los resultados del proyecto de CS están directamente relacionados con su entorno y calidad de vida, dado que

cuentan con protocolos fiables para ejecutar la investigación (de lo contrario, existe el riesgo de que sabiendo que los resultados del proyecto influirán en su vida diaria, los participantes pueden intentar influir negativamente en sus observaciones y análisis). Otro ejemplo ilustrativo es CrowdWater²³, un proyecto de CS dirigido por el Departamento de Geografía, Unidad de Hidrología y Clima de la Universidad de Zúrich. CrowdWater invita al público a utilizar la aplicación CrowdWater para recopilar datos hidrológicos. El objetivo a largo plazo del proyecto es recopilar muchas observaciones y así mejorar la predicción de eventos hidrológicos como sequías o inundaciones. Además, el proyecto investiga cómo el público puede participar en la recopilación de datos hidrológicos, así como qué valor pueden tener los datos recopilados para los pronósticos hidrológicos.

Incluye proyectos de CS originales y auténticos

La mayoría de los proyectos de Ciencia Ciudadana de todo el mundo investigan principalmente temas de ciencias naturales (en su mayoría incluyen ciencias ambientales, astronomía, biología marina, biología, etc.) y un número significativamente menor de proyectos de CS exploran temas de humanidades o ciencias sociales. Por lo tanto, se invita a las instituciones científicas a promover el enfoque de la CS en sus departamentos de humanidades y salud, y explorar sus posibles beneficios para los temas de investigación que aún no han involucrado a la CS. Un ejemplo de un proyecto de CS bastante original es el Proyecto Happiness²⁴ dirigido por Robb Rutledge (entre otros), neurocientífico del University College de Londres. Se solicita a los participantes que descarguen una aplicación móvil, jueguen diferentes juegos online y rellenen encuestas para descubrir las causas de la felicidad. Con cada juego, los participantes generan datos que se utilizarán en investigaciones científicas con el objetivo de construir un modelo matemático que explique cómo las personas toman decisiones, describa los factores que determinan la felicidad y descifre la relación entre la felicidad y las decisiones que tomamos. En última instancia, esto ayudará a los investigadores a comprender mejor

23 CrowdWater es un proyecto que investiga cómo el público puede estar involucrado en la recopilación de datos hidrológicos, así como cuál es el valor que los datos recopilados pueden tener para las predicciones hidrológicas. Más información: <https://crowdwater.ch/en/>

24 El proyecto Happiness es un proyecto de Ciencia Ciudadana dirigido por el neurocientífico Robb Rutledge. Más información: <https://rutledgelab.org/>

los procesos relacionados con los problemas de salud mental, como la ansiedad y la depresión, para posibilitar nuevos tratamientos.

Para los colegios

Con la escasez de mano de obra calificada STEM en Europa, existe una necesidad real de enfoques innovadores para desmitificar la ciencia y aumentar la motivación de los alumnos hacia las materias STEM. Al introducir el enfoque de la Ciencia Ciudadana en las aulas de disciplinas científicas, los profesores y educadores no solo involucrarán a los alumnos en la práctica de la investigación, sino que también aumentarán su motivación para seguir carreras científicas. Por lo tanto, se alienta a las administraciones escolares a apoyar la participación de los profesores y los estudiantes en los proyectos de CS. Un paso inicial puede ser la introducción de la CS a los profesores de disciplinas STEM mostrando las mejores intervenciones de colegios en proyectos de CS y poniéndoles en contacto con profesores o grupos de profesores que ya han implementado actividades de Ciencia Ciudadana.

Además, se debe considerar el papel del profesor como agente de cambio. Los profesores destacan por llevar la innovación a las escuelas. Su competencia para crear un entorno de aprendizaje positivo y enriquecedor se correlaciona positivamente con los logros de aprendizaje de los estudiantes y con su compromiso con la materia. Por lo tanto, recomendamos a las escuelas que ofrezcan formación a profesores STEM con respecto a la implementación de proyectos de CS. Esta formación también puede organizarse en colaboración con instituciones científicas que hayan ejecutado proyectos de CS u otras escuelas que ya hayan participado en una práctica de Ciencia Ciudadana. Los proyectos de CS también pueden verse como una forma de presentar y acercar a los estudiantes a las carreras STEM. Teniendo en cuenta todos estos parámetros, es fundamental que los docentes tengan la oportunidad de familiarizarse con pedagogías y enfoques innovadores (incluida la CS), comprender sus beneficios, reconocer su valor e implementarlos en su aula.

Reconocimiento y apoyo de la CS por parte de los responsables de los centros escolares

En nuestra opinión, es vital que las actividades de CS sean reconocidas y apoyadas por los directores y la administración escolar. Para los profesores, es complicado ser las fuerzas impulsoras o quienes toman la iniciativa para construir o participar en un proyecto de CS sin el apoyo adecuado de sus centros. Sería de gran ayuda que recibieran el apoyo del director del centro, ya sea práctico, financiero o moral. En algunos casos, los profesores tienen que hacer bastantestrámitesadministrativosynegociaciones si quieren participar en una actividad, que podría costar incluso una pequeña cantidad de dinero, o cuando quieren unirse a un proyecto que no está dirigido por el propio centro. El apoyo de los líderes escolares facilitaría la participación de los profesores en la Ciencia Ciudadana y, en muchos casos, reduciría la carga administrativa y el tiempo dedicado a negociar por qué la participación en determinados proyectos de CS vale la pena, tanto para el profesor como para sus alumnos. Además, al reconocer la CS como una práctica valiosa e innovadora que se puede combinar, en gran medida, con las pedagogías innovadoras, los directores estarían más ansiosos por brindar formación relacionada con la CS para que toda la escuela esté familiarizada con este enfoque y no solo los más entusiastas.

Importancia de una buena y estrecha colaboración con los socios de CS

Como se mencionó anteriormente, es importante que los centros establezcan conexiones con las instituciones científicas y los investigadores, y participen activamente en discusiones, lo que resulta en el desarrollo de prácticas de CS que son ventajosas, tanto para los científicos como para los educadores. Por lo tanto, recomendamos a las escuelas ser activas en la búsqueda de conexiones con instituciones científicas e incluso iniciar la idea del proyecto de CS, pidiendo la colaboración de universidades o centros de investigación. Además, es importante que las escuelas sigan activamente las actividades de investigación de sus universidades asociadas. De esta manera, las escuelas estarán al tanto de lo que está sucediendo en investigación y podrán detectar las diferentes posibilidades de colaboración en la investigación de un tema concreto, aplicando la CS. Además, las escuelas deben reflexionar sobre cualquier otro socio que pueda o esté interesado en colaborar. Esto podría

afectar igualmente a las empresas privadas que producen algunas herramientas que pueden ser parte de un kit de prueba en un proyecto de CS, dado que el proyecto adopta protocolos claros para evitar conflictos de intereses.

Busca una situación en la que todos ganen

Los proyectos de Ciencia Ciudadana deben crear situaciones en las que todos salgan ganando. Por lo tanto, las escuelas deben reflexionar sobre lo que desean obtener de la colaboración con los científicos. ¿Aprenderán sus alumnos nuevas habilidades sobre cómo aplicar nuevos métodos de investigación? ¿Mejorarán su conocimiento con respecto a ciertos problemas sociales/problemas del mundo real y las formas de resolverlos? ¿Se les presentará a los estudiantes carreras STEM interesantes? ¿Quizás al participar en un proyecto de CS, los estudiantes desarrollarán su interés hacia un tema de investigación en particular? ¿Desarrollarán sus habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración, la comunicación, la información y la alfabetización en datos?

Al mismo tiempo, las instituciones científicas deben tener la oportunidad de expresar y discutir abiertamente con el centro escolar lo que esperan lograr a través de esta colaboración. ¿Quieren recopilar grandes cantidades de datos? ¿Desean desarrollar las habilidades de comunicación y presentación de sus científicos? ¿Quieren presentar públicamente su trabajo? ¿Quizás deseen atraer a los jóvenes a su departamento y línea de investigación?

Expresar y discutir abiertamente las aspiraciones de ambas partes con mucha antelación contribuye a una comprensión más profunda de las necesidades de todas las partes interesadas, crea un entorno de colaboración y respeto y sienta las bases para colaboraciones a largo plazo.

¡Empieza abajo, apunta alto!

Para los recién llegados a la Ciencia Ciudadana, la elección de su primer proyecto puede ser una experiencia angustiosa. Las escuelas y los

docentes que han pasado por este proceso coinciden en la importancia de comenzar con algo simple y pequeño para fomentar la confianza, las competencias y la comprensión de los docentes y estudiantes sobre la variedad de proyectos y actividades de CS. Los proyectos como "Globe at Night"²⁵ que crean conciencia sobre la contaminación lumínica y su impacto, pueden ser un buen punto de partida. Los estudiantes pueden registrar e informar diariamente del brillo que observan cada noche en el cielo. Todo lo que necesitan es un ordenador o un teléfono. Esta actividad puede ser una gran experiencia complementaria de aprendizaje para un proyecto de Ciencia Ciudadana más amplio sobre la contaminación lumínica o utilizarse como una actividad introductoria independiente.

Utiliza la CS como una forma de mejorar ciertas pedagogías

Al proporcionar ejemplos de problemas del mundo real y plantear ciertas preguntas a los estudiantes, combinado todo con ello con enfoques pedagógicos innovadores como la educación científica basada en la investigación (ECBI), el aprendizaje basado en proyectos (ABP) o la práctica educativa basada en evidencias (PBE), se activa su creatividad y su curiosidad en relación con la investigación científica. Si bien, los proyectos que requieren una "participación mínima" de los participantes, como lo describen Bonnie et al. (2009), pueden proporcionar solo un espacio limitado para fomentar la ECBI, el ABP o el PBE, los que se basan en la igualdad o el enfoque de "cocreación" pueden beneficiarse significativamente cuando se combinan con las pedagogías mencionadas.

Ciencia Ciudadana y educación científica basada en la indagación (IBSE: Inquiry-Based Science Education)

Los proyectos de Ciencia Ciudadana ofrecen oportunidades para aplicar la educación científica basada en la indagación²⁶, especialmente aquellos que involucran a los ciudadanos (estudiantes) como colaboradores. Estos son los proyectos donde los estudiantes no solo están recopilando datos (que

25 <https://www.globeatnight.org/>

26 La *educación científica basada en la indagación* (IBSE: Inquiry-Based Science Education) se puede expresar para los estudiantes en términos del proceso y los resultados del aprendizaje sobre el mundo que les rodea. Es un proceso de desarrollo de la comprensión que tiene en cuenta la forma en que los estudiantes aprenden mejor, esto es, a través de su propia actividad física y mental. Se basa en el reconocimiento de que las ideas solo se entienden, en lugar de conocerse superficialmente, si las construyen los estudiantes a través de su propio pensamiento sobre sus experiencias. Más información: <https://www.interacademies.org/education/ibse>

ya es una práctica científica valiosa en sí misma) sino que también están involucrados activamente en establecer la agenda de investigación, diseñar la metodología de investigación e incluso analizar los resultados. El contacto directo con los científicos en las distintas etapas de dichos proyectos brinda a los estudiantes la oportunidad de explorar activamente, experimentar, hacer preguntas directamente y desarrollar respuestas basadas en los datos recopilados y la lógica. Al participar en proyectos de CS (especialmente aquellos que requieren una participación colaborativa), los estudiantes se involucran en un proceso científico muy dinámico y en constante cambio que estimula su curiosidad. Además, al participar en las distintas etapas de los proyectos de CS, los estudiantes obtienen una imagen más amplia del enfoque científico con respecto al objeto de la investigación. En consecuencia, los participantes en los proyectos de Ciencia Ciudadana se convierten en aprendices que plantean preguntas reflexivas, dan sentido a la información recopilada y desarrollan nuevos pensamientos e ideas sobre un tema científico y el mundo que les rodea. Finalmente, a través del aprendizaje mediante la indagación, los participantes en CS desarrollan las habilidades y actitudes necesarias para ser ciudadanos y estudiantes exitosos e independientes.

Ciencia Ciudadana y Aprendizaje Basado en Proyectos

Dado que los proyectos de CS se centran en asuntos de la vida real y los investigan durante un periodo de tiempo prolongado, también abren oportunidades para mejorar el aprendizaje basado en proyectos. De manera similar, para la ECBI, esta pedagogía puede mejorar los proyectos de CS aplicando un enfoque colaborativo o participativo, lo que permite a los estudiantes participar activamente en las diferentes etapas de la investigación. Además, los proyectos de CS son perfectos para aplicar el ABP, ya que involucran a diferentes partes interesadas y, a menudo, a más de una disciplina científica. De esta manera, los alumnos aprenden que la investigación del mundo real rara vez se basa en información o habilidades de un área temática única y que los diferentes interesados tienen un papel diferente que desempeñar a lo largo del proyecto. Además, y especialmente al participar en proyectos de CS que abordan problemas locales, los alumnos

aprenden a involucrarse en la investigación, considerar diferentes soluciones y presentar una propuesta que ayudará a abordar el problema o desafío presentado. Por último, la pedagogía PBL implica fomentar las habilidades del siglo XXI, incluida la colaboración, el pensamiento crítico y las habilidades de presentación, que los estudiantes necesitan para tener éxito en el mundo actual.

Ciencia Ciudadana y la Práctica educativa Basada en Evidencias

Dado que los proyectos de Ciencia Ciudadana a menudo se implementan en zonas próximas a las escuelas u hogares, estos son buenos ejemplos de implementación de la práctica educativa basada en evidencias (PBE). La PBE se centra en el patrimonio, las culturas, los paisajes, las oportunidades y las experiencias locales. Asimismo, enfatiza el aprendizaje a través de la participación en proyectos de servicio para la escuela y/o comunidad local. En PBE, el aprendizaje se lleva a cabo in situ en el patio de la escuela y/o en el entorno local, se centra en temas, sistemas y contenidos locales y debe ser relevante para el alumno. En muchos pilotos de Ciencia Ciudadana implementados dentro del proyecto BRIITEC, se cumplieron todos los supuestos antes mencionados. El PBE también sirve como base para comprender y participar en problemas regionales y globales, comenzando con el ámbito local y luego extendiéndolo más.

Involucra a los estudiantes en el diseño y elección del proyecto de CS

Cuando se trata de escuelas que eligen participar en un proyecto de Ciencia Ciudadana, la participación de los estudiantes en el proceso les ayudará a desarrollar sus habilidades de razonamiento y presentación, pero también aumentará su responsabilidad y participación en los próximos proyectos de CS. Los profesores y educadores pueden presentar a los estudiantes una lista de proyectos de CS elaborada por la escuela y los socios que colaborarán en el proyecto, y debatir con ellos cuál será el proyecto elegido. De esta forma, la identificación de los proyectos de CS más relevantes en los que participar se convierte en un proceso creativo, participativo y democrático.



Como ya se dijo en secciones anteriores de esta publicación, la Ciencia Ciudadana ofrece una variedad de oportunidades, no solo para los avances científicos, sino también para los sociales. Por ello, es necesario aprovechar plenamente el potencial de esta práctica científica y crear condiciones favorables para que se desarrolle y contribuya al papel de las STEM para dar soluciones y diferentes formas de avanzar en lo que respecta a los problemas/desafíos de la vida real, en primer lugar, el reconocimiento en lo que a lo político se refiere es necesario. Como se mencionó al inicio de esta publicación, además del reconocimiento de su valor y beneficios, tanto para la ciencia como para la sociedad, es importante que la Ciencia Ciudadana esté anclada a políticas educativas y científicas, y como tal obtenga los medios para su concretización. Además, al observar algunos ejemplos exitosos, es evidente que la CS puede contribuir, en gran medida y directamente, en cualquier paso del proceso/ciclo de formulación de políticas y, por lo tanto, no puede ignorarse, y debe explorarse y nutrirse más a fondo como una herramienta potencial magnífica para mejorar la formulación de políticas basadas en datos.

Además, es importante que, tanto el público como el ámbito académico, sean plenamente conscientes de los beneficios que las iniciativas de Ciencia Ciudadana brindan a la sociedad, así como de la importancia de la participación activa de los ciudadanos en la investigación científica. Por tanto, las instituciones científicas deberían cambiar urgentemente de la comunicación unidireccional a la bidireccional, centrándose en los intercambios directos con los estudiantes y el público e involucrándolos en las distintas etapas de la investigación. El enfoque de participación ascendente, que permite a los ciudadanos participantes no solo recopilar datos, sino también contribuir en las diferentes/posteriores etapas de la investigación, como la interpretación, el análisis y la presentación de datos, también debe considerarse como la dirección a seguir para lograr la mayoría de los beneficios educativos. Además de las diversas iniciativas de CS, los proyectos de CS que se conectan directamente con un problema local/nacional/global de la vida real deben recibir apoyo para contribuir plenamente a la innovación social y tener un impacto positivo en las percepciones de los ciudadanos sobre las ciencias y su papel en la sociedad.

Además, para lograr los resultados educativos, las escuelas deben optar por introducir la Ciencia Ciudadana en las aulas de las disciplinas científicas y muchas más. De esta manera, los profesores y educadores no solo involucrarán a los alumnos en la práctica de la investigación, sino que también aumentarán su motivación para seguir carreras científicas. También se debe reconocer que las actividades de CS no solo despiertan y cultivan la curiosidad científica, sino que también contribuyen en gran medida a fomentar pedagogías innovadoras como la educación científica basada en la investigación (ECBI), el aprendizaje basado en proyectos (ABP), la práctica educativa basada en evidencias (PBE) y las habilidades del siglo XXI necesarias para el aprendizaje permanente. Por último, es importante reconocer a los profesores como creadores de cambios y, por tanto, proporcionarles un apoyo práctico continuo, así como formación sobre la introducción y las formas de llevar la CS a las aulas de diversas materias. Esta formación puede organizarse en colaboración con universidades e institutos de investigación (locales), lo que da como resultado relaciones duraderas y productivas entre los dos.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

El trabajo presentado en este documento está respaldado por el programa Erasmus + de la Comisión Europea - proyecto BRITEC, coordinado por el Instituto de Geofísica, PAS. El contenido del documento es responsabilidad exclusiva del organizador y no representa la opinión de la Comisión Europea (CE), y la CE no es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida.

