

# La ciencia ciudadana como innovación en la enseñanza de las ciencias

---

*Antonio Torralba-Burrial*  
*Dpto. Ciencias de la Educación e INDUROT*  
*Universidad de Oviedo*

**Antonio Torralba** es Profesor Ayudante Doctor en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) del Departamento de Ciencias de la Educación. Coordinador del área de Comunicación y Educación Ambiental del Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (Indurot - Universidad de Oviedo).

Biólogo (licenciado 1999, doctor 2008) con trayectoria previa en temas ambientales y zoología, principalmente en ecología acuática. Desde 2015 docente en varias (8) asignaturas de Didáctica de las Ciencias Experimentales, en 2 Grados y 2 másteres oficiales en la Facultad de Formación del Profesora y Educación de la Universidad de Oviedo, habiendo trabajado anteriormente en la transmisión de información sobre biodiversidad desde colecciones de historia natural a la sociedad. Enlazado con un concepto de docencia más amplio que integra una mayor apertura de la Universidad hacia la sociedad, y también en otros niveles educativos (indispensable para formar educadores), se ha colaborado en diversas actividades de divulgación científica de la UCC+i: Semana de la Ciencia (para educación secundaria), Día de la Ciencia en mi colegio (secundaria y primaria), Noche de los Investigadores (mayoría público escolar), Aulas Hospitalarias, mupis científicos en la ciudad, o la generación, desde el Área de Comunicación y Educación Ambiental que coordino en el Indurot, de material docente y divulgativo.

Líneas de investigación actuales relacionadas con corredores fluviales (a través de proyectos europeos), riesgos naturales y ciencia ciudadana. En el curso 2019/20 proyecto FECYT de ciencia ciudadana con centros educativos de secundaria (Liquency 2).

## RESUMEN DEL TALLER

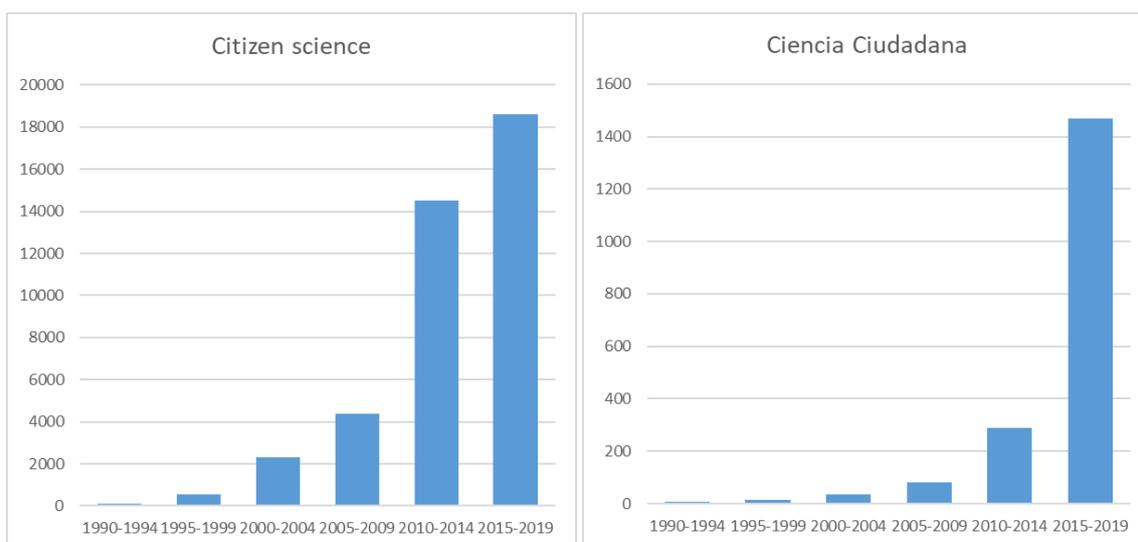
Mejorar la motivación del alumnado ante el aprendizaje de las ciencias, facilitar la comprensión de lo que representa la ciencia, sus metodologías y la cultura científica, así como contribuir a su formación como parte de una ciudadanía informada y consciente es objetivo del profesorado en ciencias. Un enfoque altamente motivador, que trasciende del aprendizaje formal, es el de la colaboración con científicos a través de proyectos de ciencia ciudadana. Por lo que respecta a los estudios sobre el medio natural, las ciencias ambientales o la biodiversidad, los proyectos de ciencia ciudadana están adquiriendo una gran importancia por su contribución científica, tanto desde la

perspectiva de la formación de las personas que participan en ellos (científicos ciudadanos) como desde la utilización de los datos científicos generados. En este sentido, el empleo de cámaras digitales (en móviles, tabletas o como cámaras digitales de coste limitado), ha facilitado el despegue de plataformas de ciencia ciudadana que actúan como comunidades de aprendizaje (*Biodiversidad Virtual, iNaturalist, Natusfera*) y sobre las que se sustentan proyectos tanto de ciencia ciudadana social como de ciencia ciudadana escolar en distintas etapas educativas (Educación Primaria, Educación Secundaria, Universidad). Además, el empleo de aplicaciones informáticas (app) para teléfonos y otros dispositivos móviles, facilita el aprendizaje móvil y ubicuo, permitiendo un acercamiento a la naturaleza y a la ciencia con nuevas tecnologías aplicadas al aprendizaje. Se ejemplifica la ciencia ciudadana escolar con el proyecto Liquencity-2, en el que se valora la calidad del aire empleando los líquenes urbanos como bioindicadores.

## MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO

### *Ciencia ciudadana: innovación emergente para aprendizaje de la ciencia*

La ciencia ciudadana está de moda. Un análisis somero de los trabajos científicos publicados desde 1990 que se trata de un campo de acción reciente y en auge, ya sea desde la perspectiva investigadora, o de la formación desde la educación informal o desde la educación formal. Así, al realizar una búsqueda por el término "citizen science" en el buscador especializado en publicaciones académicas *Google Scholar* (Fig. 1a), muestra su presencia casi testimonial en la primera mitad de los años 90 del pasado siglo, su tímido despertar al finalizar la década, su importante incremento con el comienzo de siglo (algo más de 2000 trabajos publicados en la primera mitad de la década inicial, que se doblaron en su segunda mitad) y un despegue realmente vertiginoso en esta última década (con más de 14000 trabajos recogidos en *Google Scholar* en su primera mitad y más de 18000 en la segunda). En el caso de los trabajos publicados en español, se observa un patrón similar, pero a mucha menor escala y algo retrasado: de ser casi testimonial hasta el 2004, el término "ciencia ciudadana" pasó a casi 300 trabajos publicados al principio de la década pasada y a casi 1500 en los últimos cinco años (Fig. 1b.). Análisis bibliográficos realizados con bases de datos que excluyen gran parte de la producción científica al considerar solo determinadas publicaciones indexadas (*Web of Science, Scopus*), muestran los mismos patrones generales, si bien con un número mejor de publicaciones (Follett & Strezov 2015; Kullenberg & Kasperowski 2016).



**Figura 1.** Número de trabajos científicos publicados en los últimos años sobre ciencia ciudadana, según búsqueda realizada (enero 2020) en el buscador académico especializado Google Scholar con las cadenas: a) “Citizen science”; b) “Ciencia Ciudadana”.

No obstante, a ese crecimiento del reconocimiento de la ciencia ciudadana en las publicaciones científicas, no está del todo clara la definición del propio término o, dicho con otras palabras, cuando se está realizando un proyecto de ciencia ciudadana, y cuando se está realizando otra cosa, aunque también esté implicada la colaboración ciudadana. El propio término puede resultar polisémico según quien lo emplee, y en ocasiones se le ve como una herramienta más en la investigación científica, como un movimiento social de apertura de la ciencia y el conocimiento desde y hasta la ciudadanía, o como una capacidad social para generar un conocimiento compartido (Eitzel et al., 2017). Eso lleva a plantearnos qué es y qué no es ciencia ciudadana, así como en qué medida podemos emplearla, y cómo, en la enseñanza de la ciencia.

La ciencia ciudadana puede definirse como la participación del público en general en actividades de investigación científica en las que los ciudadanos contribuyen activamente, ya sea con su esfuerzo intelectual o con el conocimiento de su entorno o aportando sus propias herramientas y recursos (Socientize Consortium 2013). Esta definición entronca con los planteamientos más clásicos de colaboración ciudadana voluntaria en la consecución de logros científicos, asumiendo generalmente la movilización de un gran número de personas, con profesiones no-científicas (o por lo menos no directamente relacionadas con la parte de la ciencia de la que trata el proyecto), cuyas contribuciones sumadas acaban generando bases de datos (resulta esperable que de gran volumen) que son analizadas posteriormente por científicos profesionales (Kullenberg & Kasperowski 2016). Los censos nacionales e internacionales de aves, y los más modernos de especies invasoras o emblemáticas suelen seguir este

sistema (para numerosos ejemplos de proyectos de este tipo ver Dickinson, Zuckerberg & Bonter, 2010).

Por otra parte, la ciencia ciudadana también puede representar la colaboración entre científicos y ciudadanos para que comunidades interesadas puedan conseguir sus propios datos científicos, generalmente con base medioambiental o relacionados con la salud, con los que poder tomar posición y promover procesos de decisión política al respecto (Kullenberg & Kasperowski 2016). No se trata en ningún modo de perspectivas contrarias, sino complementarias. De hecho, el *Libro Verde sobre la ciencia ciudadana en Europa*, ya llevaba por subtítulo "hacia una mejor sociedad de ciudadanos empoderados e investigación mejorada" (Socientize Consortium 2013).

### *Ciencia ciudadana y aprendizaje de la ciencia*

Se ha mostrado que la ciencia ciudadana, más allá de la perspectiva de la recogida de datos para su análisis por científicos, permite el aprendizaje efectivo desde la perspectiva del ciudadano científico (Cohn 2008), incluyendo competencias de análisis complejos (Hand 2010), y funciona como herramienta educativa sobre ciencia, favoreciendo tanto el conocimiento y la cultura científica entre los científicos ciudadanos (Bonney et al. 2009) como la comprensión pública de la ciencia (Bonney, Phillips, Ballard & Enck 2016). De hecho, tras su participación en proyectos de ciencia ciudadana, los ciudadanos implicados van adquiriendo información, a través de esa educación informal y su experiencia, pudiendo llegar a ser expertos amateurs en la cuestión (Ceccaroni, Bowser & Brenton 2017). Así pues, la perspectiva de la educación ciudadana en ciencias, y su relación ha estado presente de forma predominante ya desde el inicio de la búsqueda del lugar que podía ocupar la ciencia ciudadana en Europa.

La cuestión es cómo diseñar un proyecto de ciencia ciudadana que consiga motivar a la ciudadanía (posiblemente) científica, y por tanto consiga que se familiarice y aprenda más de ciencia, ya sea alumnado de una etapa educativa formal o público en general. La Asociación Europea de Ciencia Ciudadana (ECSA por sus siglas en inglés) planteó en 2015 los diez principios de funcionamiento de los proyectos de ciencia ciudadana. En ellos se parte de la involucración activa de la ciudadanía en las tareas científicas, preferentemente en varias etapas del proyecto y recibiendo información del mismo, y reconocimiento, en todo momento. Quienes lideren un proyecto de este tipo deberían tenerlo en cuenta, así como las connotaciones legales y éticas que puedan representar esos datos, los posibles sesgos generados y como tratarlos. A la hora de evaluar los proyectos, se debería tener en cuenta, además de los resultados científicos, la calidad de los datos generados (que deberían ser públicos en la medida de lo posible), las experiencias adquiridas por los participantes y sus repercusiones sociales (ver Robinson et al 2018 para su explicación detallada).

Los tipos de participación de la ciudadanía científica son variados. De acuerdo con el *Libro Blanco de la ciencia ciudadana en Europa*, se podría participar en proyectos científicos mediante la agrupación de recursos, la recopilación de datos, la realización de tareas de análisis, la participación en juegos serios, experimentos participativos y actividades de base, o como parte de la inteligencia colectiva a la hora de abordar determinados problemas (Serrano Sanz, Holocher-Ertl, Kieslinger, Sanz García & Silva, 2014).

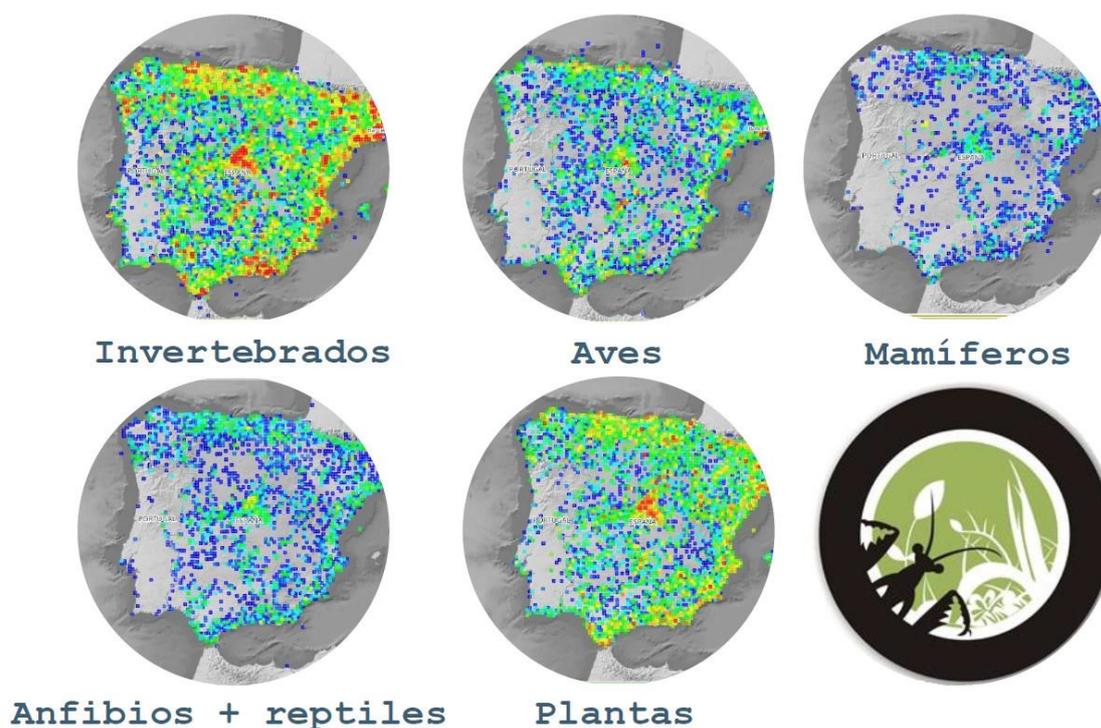
Al diseñar un proyecto de ciencia ciudadana deberíamos plantearnos qué es lo que busca la ciudadanía al incorporarse a este tipo de proyectos, atendiendo precisamente a ese principio de beneficio mutuo que comentábamos antes. Disfrutar de experiencias en la naturaleza, aprendiendo sobre el medio natural y la biodiversidad, socializar con otras personas de intereses similares y poder utilizar nuevas tecnologías y dispositivos tecnológicos (o los ya conocidos, pero de otras maneras) para ver de otra manera la naturaleza son algunas de las respuestas habituales (Schuttler, Sorensen, Jordan, Cooper & Shwartz 2018).

### **Plataformas de ciencia ciudadana para incorporar datos de biodiversidad**

Una vez que se ha planteado un proyecto de ciencia ciudadana (dentro o fuera de la educación formal), surge la pregunta de cómo gestionar los datos, y donde se pueden colocar para cumplir con las características de ciencia abierta cuyos resultados reviertan en la sociedad que deben predominar en los proyectos de ciencia ciudadana. Existen diversas plataformas que gestionan datos de ciencia ciudadana sobre biodiversidad, y que, de hecho, se pueden llegar a considerar como verdaderas comunidades virtuales de aprendizaje (CVA). Así, [Biodiversidad Virtual](#), [eBird](#), [iNaturalist](#), [Natusfera](#), [Observado - Observation.org](#) u [Ornitho](#) son plataformas de datos de biodiversidad georreferenciados, obtenidos mediante ciencia ciudadana, y que permiten la interacción entre el ciudadano científico y el científico profesional, a veces de forma entremezclada. Estas plataformas tienen sus propias aplicaciones para dispositivos móviles (app) permitiendo subir los datos tanto desde la web como desde la app, y en las que puede ser más o menos sencillo introducir proyectos concretos de ciencia ciudadana. Elegir una u otra puede depender de distintos factores, el principal de cuales sean las características que buscamos.

Probablemente sea más sencillo realizar actividades con proyectos (sin requerir comunicación directa con los gestores de la plataforma) con Natusfera que con las versiones móviles de iNaturalist, pero la inteligencia artificial que ha incluido esta última facilita obtener una identificación en el momento (que luego deberá ser verificada pero relativamente fiable en determinados grupos). Biodiversidad virtual, por su parte, es la mayor plataforma de ciencia ciudadana de datos de biodiversidad en España, con algo más de dos millones de fotografías georreferenciadas, alrededor del 57% de los registros

pertenecientes a invertebrados (en enero de 2020: fig. 2). Mantiene una infraestructura organizada en la que las identificaciones son validadas por personas expertas en cada grupo (por lo menos, por las más expertas que trabajan con Biodiversidad Virtual, lo que no quiere decir que no existan identificaciones erróneas en las bases de datos), frente a opciones como iNaturalist o Natusfera en que la asignación de identificación se realiza por la suma de pareceres de la comunidad. Desde otra perspectiva, los datos son más abiertos a la sociedad en estas otras plataformas que en Biodiversidad Virtual.



**Figura 2.** Distribución de datos de biodiversidad en la península ibérica, de determinados grupos, en la plataforma de ciencia ciudadana Biodiversidad Virtual (fuente Biodiversidad Virtual, enero 2020).

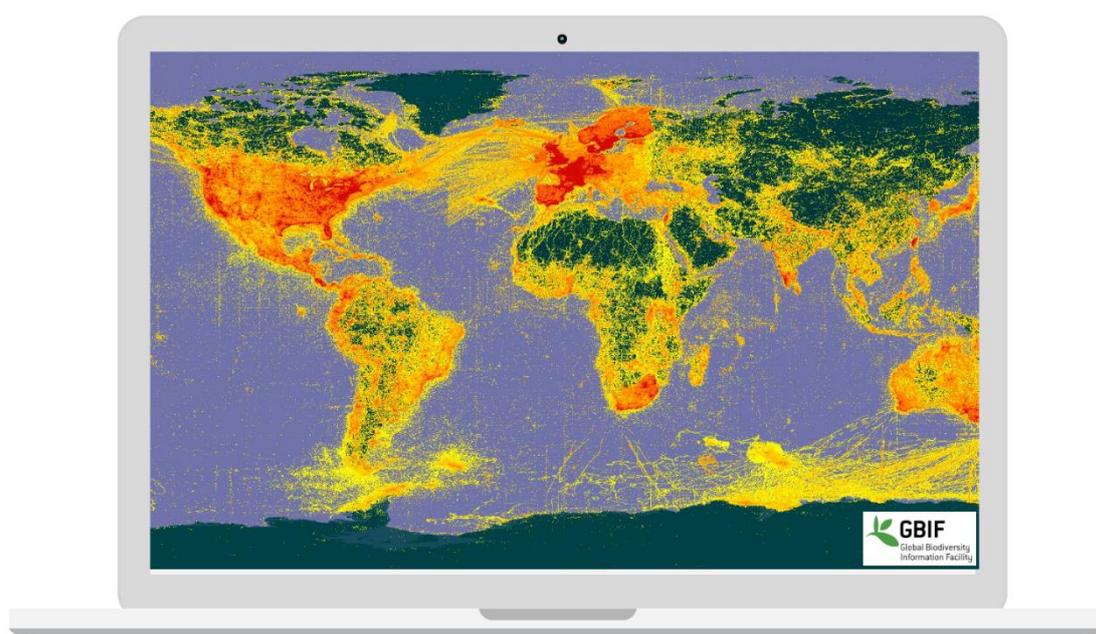
Al final, los datos de un proyecto de ciencia ciudadana, y, en buena medida, de proyectos de ciencia públicos, deberían acabar siendo públicos, y debería poderse acceder a ellos sin tener que ir buscando en distintos sitios. En este sentido, los datos deberían acabar en la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (*Global Biodiversity Information Facility*, [GBIF](#)), que dispone actualmente (febrero 2020) de 1388 millones de datos (registros) sobre biodiversidad de libre acceso de todo el mundo (Fig. 3).

### **Ciencia ciudadana escolar**

En el ámbito de la ciencia ciudadana escolar, las posibilidades abarcan todas las ciencias. Así, en química se pueden analizar parámetros simples en el agua de las ciudades (López Redondo et al. 2018), en Física analizar los cambios de temperatura

debidos a un eclipse en todo un estado (Portas, Barnard, Scott & Harrison 2016), o en Biología realizar el seguimiento en el campo de especies amenazadas de mariposas (Cohn 2008; Kountoupes & Oberhauser 2008) o especies invasoras (García-Soto et al. 2017).

Además de esas implicaciones en la ciencia como “ciudadanos sensores” (o que operan sensores), se han desarrollado también proyectos en los que escolares analizan grandes cantidades de datos buscando algunos resultados concretos (como analizar las fotografías de cámaras de fototrampeo para obtener datos sobre los mamíferos que aparecen en ellas: Schuttler et al 2019). Incluso se ha involucrado al alumnado en el diseño de proyectos científicos (Ruiz-Mallén et al. 2016).



**Figura 3.** Distribución de datos de biodiversidad de acceso abierto disponibles en la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (Fuente GBIF, enero 2020).

Todo ello al tiempo que el alumnado aprende y se emociona con los procesos de investigación científica, que pasa a ver como algo relevante en su vida (Jenkins, 2011). En efecto, la participación del alumnado en proyectos de ciencia ciudadana escolar ha conseguido un incremento del interés y motivación del alumnado por el aprendizaje de las ciencias (Vitone et al. 2016), un incremento de su confianza en el conocimiento adquirido e incluso cambios actitudinales positivos hacia la biodiversidad (Kelemen-Finan, Scheuch & Winter 2018).

## EL PROYECTO LIQUENCITY-2

El proyecto Liquencity-2 es un proyecto de ciencia ciudadana escolar en la que la comunidad educativa (especialmente Educación Secundaria, si bien también hay otras opciones de participación) emplea los líquenes urbanos como indicadores de la calidad

del aire de sus barrios y ciudades. Financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECTY), está dirigido por el Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC) y en el mismo están implicados el nodo español de GBIF, cuatro universidades (Barcelona, Navarra, Oviedo y Vigo), el Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC) y la asociación Terrabiota. Es continuación del proyecto de ciencia ciudadana [LiquenCity](#), que se llevó a cabo con excelentes resultados de participación de la comunidad educativa en Madrid y Barcelona durante el curso 2018/2019. En el caso de Liquency-2, se extiende su acción en el curso 2019/2020 a tres ciudades de mediano tamaño (Oviedo, Pamplona y Pontevedra), resaltando un mayor papel de los Centros de Profesorado y Recursos, así como del profesorado de los centros educativos, y abordando situaciones muy distintas en cuanto a población y contaminación de las ciudades de LiquenCity (fig. 4).



**Figura 4.** Localización en la España peninsular de las ciudades en las que se desarrolló el proyecto *LiquenCity* en el curso 2018/2019 (provincias en verde) y en las que se está desarrollando *Liquency-2* en el curso 2019/2020 (provincias en morado).

Este proyecto de ciencia ciudadana se basa en la sensibilidad diferencial de distintas especies de líquenes urbanos ante la contaminación, y la posibilidad de identificación fotográfica de las mismas.

Proyectos de ciencia ciudadana con líquenes han sido implementados con éxito también en otros países, como el desarrollado por los Open Air Laboratories en el Reino Unido (Welden, Wolseley & Ashmore 2018). Los episodios de contaminación atmosférica recurrentes en nuestras ciudades han generado un sentimiento de preocupación social por el tema, y poder contribuir a su estudio (y conocer los datos) pueden representar factores que impliquen al alumnado, la comunidad educativa y diversos sectores generales de la población en esta aventura de ciencia ciudadana.

El alumnado, dirigido por docentes del centro, debe tomar fotografías con un dispositivo móvil (*smartphone, tablet*) de las especies de líquenes indicadoras presentes en los árboles de la calle a valorar y enviarlas, junto a los datos del árbol y la cobertura que presentaban, mediante una app (en LiquenCity fue Natusfera), para ser comprobadas las identificaciones (o realizadas) por especialistas en líquenes. Dichos datos acaban posteriormente pudiendo ser libremente consultados en GBIF, incorporándose así al conjunto de datos sobre biodiversidad disponibles.

Aprender a identificar los árboles, cuáles deben ser descartados (por ser demasiado pequeños, o tener cortezas demasiado ácidas de forma natural o que se descortecen con facilidad, por ejemplo), y aprender a identificar los líquenes urbanos que viven sobre ellos son habilidades el alumnado va desarrollando con el proyecto. Además, el alumnado, y el resto de científicos ciudadanos que se implican en el proyecto, se empoderan al conocer de primera mano los niveles de contaminación de fondo de sus calles, barrios y ciudades, al tiempo que comprenden y aprenden metodologías propias del proceso científico de descubrimiento.

## EXPERIENCIA PRÁCTICA EN EL TALLER

En el marco de las Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Oviedo 2019, se ejemplificó el 15/01/2020 la utilización de la ciencia ciudadana escolar mediante el desarrollo adaptado de muestreos del proyecto Liquency2.

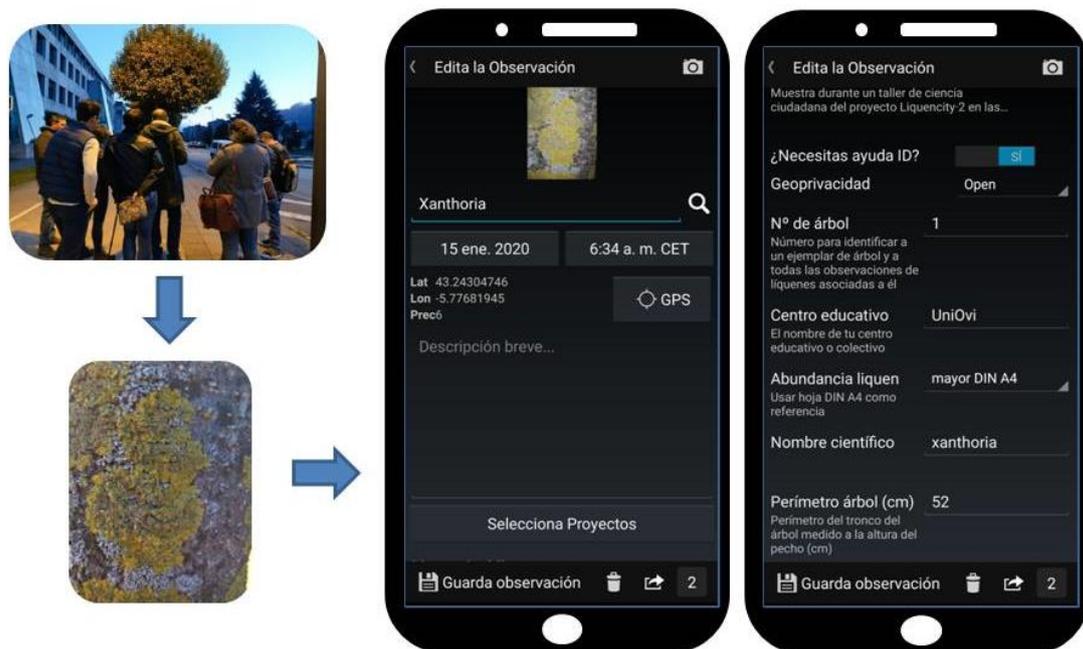
Previamente al inicio de la sesión práctica, se creó un proyecto en la plataforma Natusfera denominado *LiquenCity Mieres*, que recogería las observaciones realizadas durante el taller. Se configuró el proyecto de muestra siguiendo las especificaciones básicas generales del proyecto LiquenCity, adaptadas a la situación según la Tabla 1.

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Título de proyecto	LiquenCity Mieres
Tipo de proyecto	Normal
Membresía	Pública
Descripción	Muestra durante un taller de ciencia ciudadana del proyecto Liquency2 en las JID2109 de la Universidad de Oviedo
Centro educativo	El nombre de tu centro educativo o colectivo
Nombre científico	Nombre del árbol o del líquen fotografiado
Nº de árbol	Número para identificar a un ejemplar de árbol y todas las observaciones de líquenes asociadas a él
Perímetro árbol (cm)	Perímetro del tronco del árbol medido a la altura del pecho (cm)
Abundancia líquen	Referenciado a hoja DINA4

**Tabla 1.** Parámetros de configuración del proyecto de muestra en Natusfera. Los campos de localización son rellenados automáticamente por la app.

Los participantes en el taller era principalmente profesorado universitario o de Educación Secundaria de ciencias (Biología, Geología), en menor medida docentes de Educación Primaria.

Siete participantes se enrolaron en el proyecto a través de la app de Natusfera, para subir las fotografías de las observaciones de los líquenes presentes sobre la hilera de aligustres japoneses (*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton) situada en la acera del campus universitario de Mieres (fig. 5). Las fotografías subidas eran identificadas por miembros del proyecto Liguency-2 desde Madrid en tiempo real, mostrando las capacidades de interrelación en la comunidad de ciencia ciudadana a través de la app. Una observación detallada de la zona permitió localizar nuevas especies de líquenes (*Candelariella* sp, *Flavoparmelia caperata*, *Lepra albescens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Phycitis argena*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella*, *Punctelia subrudecta*, *Xanthoria parietina*), pero durante la observación autónoma por los participantes en el taller solo las especies más frecuentes, y que más cobertura tenían (*Xanthoria parietina*, *Phaeophyscia orbicularis* y *Physcia* spp.) fueron fotografiadas. Las especies más frecuentemente detectadas y con talos de mayor tamaño fueron aquellas que son conocidas por su mayor tolerancia a la contaminación, mientras que las que eran algo más sensibles presentaban talos de pequeño tamaño, con escasa cobertura en los árboles.



**Figura 5.** Proceso de muestreo que abarca desde el grupo de ciudadanos científicos frente al árbol, a la fotografía del líquen y muestra de las capturas de pantalla de los datos rellenos que enviaría el participante.

La actividad demostrativa de Liguency-2, más que analizar la calidad del aire en el campus de Mieres, ha permitido sobre todo reflexionar sobre la ciencia ciudadana, sobre el empleo de ciudadanos científicos como ciudadanos censores, la aplicación de

las nuevas tecnologías en el aprendizaje de la ciencia o las posibles aplicaciones en otros contextos.

Entre las cuestiones planteadas por las personas participantes en el taller a la hora de comprobar la aplicación práctica, estaba el problema de la conexión a Internet durante el muestreo, que podía no estar disponible. Por ello resulta importante que la app con la que se trabaje permita la recogida de las fotografías y datos sin conexión, en el caso de ser necesario, y su conexión posterior en el centro educativo, para subir la información al servidor a través de la conexión wifi del centro. En este caso, Natusfera (y el resto de plataformas comentadas), sí que permiten trabajar de este modo, facilitando la participación desde los centros escolares (si bien resulta necesario el recordatorio de envío de los registros después de la actividad).

## CONCLUSIONES DEL TALLER

1/ Desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, y en especial desde la del Medio Natural y la Educación Ambiental, la ciencia ciudadana representa una herramienta innovadora y potencialmente muy útil para facilitar la motivación y el aprendizaje de la ciencia. Y esto, tanto en el marco de la educación formal, involucrando al alumnado en el proceso científico, como en el de la no formal e informal con el ciudadano científico.

2/ Los proyectos de ciencia ciudadana pueden empoderar a la comunidad educativa en particular, y a la comunidad de ciudadanos científicos en general, al hacerles partícipes de proyectos en los que producen, obtienen y comparan de primera mano datos sobre cuestiones con relevancia social y medioambiental.

3/ El proyecto de ciencia ciudadana escolar Liguency-2 aspira a facilitar que el alumnado y la sociedad alcancen una mejor comprensión de los niveles de fondo de la contaminación urbana y de los procesos que se siguen en ciencia, así un mayor conocimiento de la biodiversidad urbana.

## Agradecimientos

El proyecto de ciencia ciudadana Liguency-2 está financiado por FECYT. Sergio Pérez-Ortega y Alejandro Berlinches de Gea, del Real Jardín Botánico – CSIC y miembros del equipo de Liguency-2, orientaron la aplicación práctica del taller e identificaron los líquenes de este trabajo a distancia. Mónica García Castañón, del Centro de Innovación Docente de la Universidad de Oviedo, proporcionó el apoyo técnico durante su realización, así como la fotografía de participantes de la figura 5.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, *59*(11), 977-984.
- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, *25*(1), 2-16.
- Ceccaroni, L., Bowser, A., & Brenton, P. (2017). Civic Education and Citizen Science: Definitions, Categories, Knowledge Representation. In L. Ceccaroni, & J. Piera (Eds.), *Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research* (pp. 1-23). Hershey, PA: IGI Global.
- Cohn, J. P. (2008). Citizen science: Can volunteers do real research? *BioScience*, *58*(3), 192-197.
- Dickinson, J.L., Zuckerberg, B. & Bonter, D.N. (2010) Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *41*, 149-172.
- Eitzel, M., Cappadonna, J., Santos-Lang, C., Duerr, R., West, S. E., Virapongse, A., ... & Metcalfe, A. (2017). Citizen science terminology matters: exploring key terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, *2*(1), 1-20.
- Follett, R. & Strezov, V. (2015). An analysis of citizen science based research: usage and publication patterns. *PLoS ONE* *10*(11), e0143687.
- Garcia-Soto, C., van der Meeren, G. I., Busch, J. A., Delany, J., Domegan, C., Dubsky, K., Fauville, G., Gorsky, G., von Juterzenka, K., Malfatti, F., Mannaerts, G., McHugh, P., Monestiez, P., Seys, J., Węstawski, J.M. & Zielinski, O. (2017) *Advancing Citizen Science for Coastal and Ocean Research*. French, V., Kellett, P., Delany, J., McDonough, N. [Eds.] Position Paper 23 of the European Marine Board, Ostend, Belgium. 112pp.
- Hand, E. (2010). People power: networks of human minds are taking citizen science to a new level. *Nature*, *466*(7307), 685-688.
- Jenkins, L. L. (2011). Using citizen science beyond teaching science content: A strategy for making science relevant to students' lives. *Cultural Studies of Science Education*, *6*(2), 501-508.
- Kelemen-Finan, J., Scheuch, M., & 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.

- Kountoupes, D.L. & Oberhauser, K. (2008) Citizen Science and Youth Audiences: Educational Outcomes of the Monarch Larva Monitoring Project. *Journal of Community Engagement and Scholarship*, 1(1), 10-20.
- Kullenberg, C. & Kasperowski, D. (2016). What is citizen science? – a scientometric meta-analysis. *PLoS ONE* 11(1), e0147152.
- López Redondo, M., Queiruga Dios, M.A., Sáiz Manzanares, M.C. & Juez Navarro, S. (2018). Citizen Science in School. In *Hands-on science: advancing science, improving education* (pp. 194-198). Associação Hands-on Science Network.
- Portas, A. M., Barnard, L., Scott, C., & Harrison, R. G. (2016). The National Eclipse Weather Experiment: use and evaluation of a citizen science tool for schools outreach. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2077), 20150223.
- Robinson, L.D., Cawthray, J.L., West, S.E., Bonn, A. & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science (pp. 27-40). In: Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., Vogel, J. & Bonn, A. (eds). *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy*. UCL Press, London.
- Ruiz-Mallén, I., Riboli-Sasco, L., Ribault, C., Heras, M., Laguna, D., & Perié, L. (2016). Citizen science: toward transformative learning. *Science Communication*, 38(4), 523-534.
- Serrano Sanz, F., Holocher-Ertl, T., Kieslinger, B., Sanz García, F., & Silva, C. G. (2014). *White paper on citizen science for Europe*. Bruselas, European Commission, 35 pp.
- Socientize Consortium. (2013). *Green paper on citizen science. Citizen Science for Europe. Towards a better society of empowered citizens and enhanced research*. Bruselas: Socientize Consortium, European Commission, 54 pp.
- Schuttler, S. G., Sorensen, A. E., Jordan, R. C., Cooper, C., & Shwartz, A. (2018). Bridging the nature gap: can citizen science reverse the extinction of experience? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(7), 405-411.
- Schuttler, S. G., Sears, R. S., Orendain, I., Khot, R., Rubenstein, D., Rubenstein, N., ... & Kays, R. (2019). Citizen science in schools: students collect valuable mammal data for science, conservation, and community engagement. *Bioscience*, 69(1), 69-79.
- Vitone, T., Stofer, K., Steininger, M. S., Hulcr, J., Dunn, R., & Lucky, A. (2016). School of ants goes to college: integrating citizen science into the general education classroom increases engagement with science. *Journal of Science Communication*, 15(1), A03.
- Welden, N. A., Wolseley, P. A., & Ashmore, M. R. (2018). Citizen science identifies the effects of nitrogen deposition, climate and tree species on epiphytic lichens across the UK. *Environmental Pollution*, 232, 80-89.



Universidad de Oviedo  
Universidá d'Uviéu  
University of Oviedo

JID  
2019 Jornadas de  
Innovación Docente

# XII Jornadas de Innovación Docente

Digital Teachers & Digital Learners.  
Innovar la docencia incorporando  
las Competencias Digitales



**XII JORNADAS DE INNOVACIÓN DOCENTE 2019 – Libro de Actas**

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

FECHAS: 17 de diciembre 2019 a 20 de enero 2020 (Fase virtual + Jornada Presencial)

Edición: M<sup>a</sup> Aquilina Fueyo Gutiérrez

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Vicerrectorado de Recursos Materiales y Tecnológicos

Centro de Innovación Docente

Recurso en línea: PDF (pp.465)

DL AS 798-2021

ISBN: 978-84-18482-17-5