

# LA CIENCIA CIUDADANA COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN EDUCACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN COLOMBIA

## CITIZEN SCIENCE: A TOOL FOR SIGNIFICANT LEARNING OF BIODIVERSITY CONSERVATION PRACTICES IN COLOMBIA

Elizabeth Betancur<sup>1</sup>, Julio E. Cañón<sup>2</sup>

Recibido: 23 de febrero de 2015  
Aprobado: 21 de octubre de 2015  
Publicado: 20 de junio de 2016

<sup>1</sup>Comunicadora, especialista en Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia. Correo electrónico: elizapetirroja@gmail.com.

<sup>2</sup>Ingeniero civil, M. Sc., Ph. D. en Hidrología, Investigador del Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental (GAIA), profesor asociado, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: julio.canon@udea.edu.co. Tel.: (574) 2198580

### Artículo de revisión

**Keywords:** citizen science, environmental education, meaningful learning, biodiversity conservation, urban biodiversity.

**Palabras clave:** ciencia ciudadana, educación ambiental, aprendizaje significativo, conservación de la biodiversidad, biodiversidad urbana.

Betancur, E. y Cañón, J. E. La ciencia ciudadana como herramienta de aprendizaje significativo en educación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad (CAS)*. 3(2), 1-15. julio-diciembre 2016, <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/CAA>

**URL:** <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/CAA>

**Resumen:** La ciencia ciudadana es una poderosa forma de adquisición de datos e información, que se mantiene aún poco explorada en Colombia y que puede, además de brindar grandes aportes a la comunidad científica, ser utilizada en la educación ambiental para trabajar la conservación de la biodiversidad a través de la fotografía, las TIC, la inclusión de la biodiversidad urbana y el trabajo con el público adulto. Este artículo presenta una revisión del estado actual de la ciencia ciudadana y pretende persuadir a la comunidad académica e investigadora de sus bondades para comenzar a explorar esta herramienta, que puede tener un impacto transformador tanto en la ciencia ambiental como en la actitud de las comunidades hacia el ambiente.

**Abstract:** Citizen science is a powerful way to acquire data and information, that still remains relatively unexplored in Colombia. Besides its contributions with data and information to the scientific community, citizen science can be used on environmental education to promote biodiversity conservation through photography, ICT, inclusion of urban biodiversity and knowledge transfer to people of all ages. This article provides a review of the current status of citizen science, with the aim of promoting it among the academic and scientific community as a tool that can have a transformative impact not only in the country's environmental science but also in the attitude of communities towards the environment.

## 1. Introducción

La ciencia ciudadana, entendida como una construcción colectiva de investigadores y ciudadanos, es una herramienta que posee un gran potencial para ser usada en el ámbito educativo y para trabajar en la conservación de la biodiversidad. Colombia es un país megadiverso que alberga cerca del 10% de las especies conocidas actualmente en el planeta (MADS, 2014) y que afronta el problema de la pérdida de la biodiversidad, con tres especies endémicas de fauna extintas hasta el momento según se consigna en la Política Nacional

para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), cuyos planes de conservación se orientan principalmente al trabajo en proyectos de carácter científico con ecosistemas estratégicos en las áreas rurales y costeras (MADS, 2012). No obstante, a pesar de la urgencia y del potencial que representa para la conservación, el tema educativo no es un fuerte en la PNGIBSE, política que dirige el manejo de la biodiversidad en los próximos años. Esto se evidencia en su lectura al incluirse en el apartado sobre Instrumentos de Información como parte del SIAC (Sistema de Información Ambiental para Colombia), ya que no se hace una diferenciación clara

entre información y educación, ni se presentan las estrategias educativas a abordar, sino que simplemente se determina que la PNGIBSE será el modelo a seguir por los próximos programas educativos ambientales.

En este documento se presenta la ciencia ciudadana como una herramienta educativa que puede ser usada en el país para trabajar la conservación de la biodiversidad, pues además de ser de gran utilidad para la comunidad científica al permitirle recopilar grandes cantidades de información con ayuda de los ciudadanos, es a su vez un instrumento que hace posible trabajar problemas de conservación en contextos rurales y urbanos tanto con adultos como con niños, y al mismo tiempo permite que los participantes conozcan un tema específico a través de su propia experiencia, apoyándose en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), lo cual puede posibilitar un aprendizaje significativo que ayude a superar algunas de las dificultades que ha tenido la educación ambiental y que incluso conlleve un cambio de actitud hacia el ambiente.

Así pues, este escrito abordará primero las características generales y la evolución que ha tenido la ciencia ciudadana, hasta llegar a un tema más específico, como lo es la ciencia ciudadana para la conservación. Posteriormente se tratarán sus potencialidades para desarrollar proyectos de educación ambiental que puedan generar un aprendizaje significativo al permitir la inclusión de muchos tipos de públicos, formatos y medios más cercanos de comunicación y generación de experiencias estéticas. Finalmente, después de esta revisión se analizará la posibilidad de implementar un programa de ciencia ciudadana en Colombia con fines educativos.

## 2. Ciencia ciudadana: mucho más que datos

La ciencia ciudadana es una estrategia que permite que los ciudadanos que no son científicos profesionales se vinculen voluntariamente a proyectos científicos contribuyendo con la recolección y el análisis de datos, siguiendo orientaciones de los investigadores (PNUMA, 2014). De esta manera se puede obtener una mayor cantidad de información puesto que los voluntarios cubren áreas geográficas mucho más extensas que las que un grupo de investigación podría abarcar por sí solo, y el costo de la investigación es mucho más económico (PNUMA, 2014). Aunque estas experiencias pueden parecer novedosas, en el caso de la biodiversidad el monitoreo de ecosistemas por parte de voluntarios se viene haciendo desde hace muchos años. El reporte más antiguo que se tiene es el del *Christmas Bird Count*, que se realiza desde

1900 para monitorear las especies de pájaros que pueden verse en invierno, seguido por el *British Trust for Ornithology* (BTO), que ha monitoreado especies de aves desde hace cerca de 50 años (Conrad y Hilchey, 2011). Según datos de la página de la Audubon Society (<https://www.audubon.org>), entidad organizadora del *Christmas Bird Count*, que lleva un registro detallado de las observaciones, en Colombia se ha participado en esta iniciativa durante varios años en diferentes zonas del país. Las ciudades que muestran registros más antiguos son Bogotá (1989) y Santa Marta (1990); sin embargo, no se evidencia una continuidad en la participación en este evento.

En la actualidad, los proyectos de ciencia ciudadana incluyen, además de biodiversidad (figura 1), muchas disciplinas: desde la medicina con el proyecto *Cell Slider* (mediante el análisis de información sobre el cáncer), hasta la física teórica (PNUMA, 2014; Bonney et al., 2014). Así mismo, los proyectos se presentan de muchas maneras diferentes, como en el caso de *FoldIt*, que es una especie de juego-rompecabezas que intenta predecir la estructura de una proteína (Kelling et al, 2011), y pueden cautivar un gran número de seguidores, como en el caso de *Galaxy Zoo*, un proyecto astronómico que ha involucrado a más de doscientos mil participantes para clasificar más de cien millones de galaxias (Kelling et al, 2011). Todo esto ha sido realizado gracias a las posibilidades de procesamiento de datos, comunicación e interacción que ofrecen las TIC.

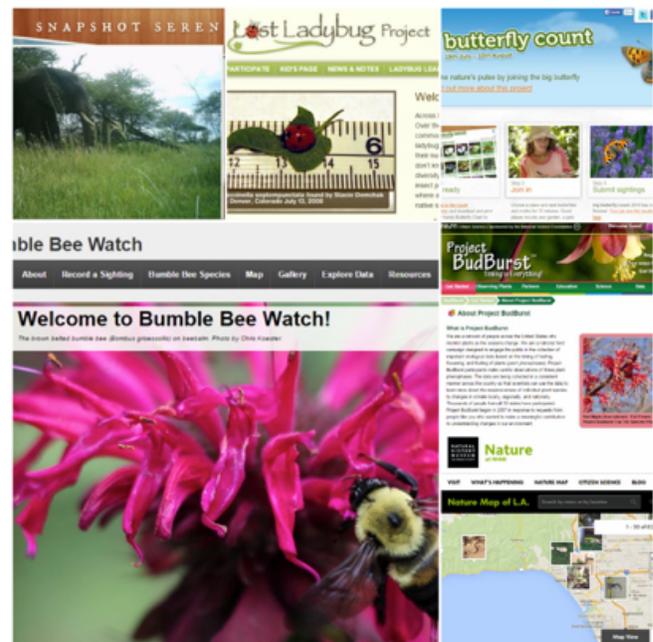


Figura 1. Capturas de pantalla de sitios web que albergan proyectos de ciencia ciudadana que trabajan con biodiversidad. Arriba, de izquierda a derecha: Snapshot Serengeti, Lost Ladybug Project y The Big Butterfly Count. Abajo, de izquierda a derecha: Bumblebee Watch, Project

BudBurst y Nature Map of L. A. (imágenes tomadas de los sitios web y agrupadas por los autores).

Hasta hace poco, la ciencia ciudadana consideraba a los ciudadanos involucrados simplemente como recolectores de datos (Toomey y Domroese, 2013); sin embargo, a medida que se incrementa el número de proyectos y estudios sobre los mismos, se ha podido observar que las personas que participan en procesos de ciencia ciudadana pueden tomar decisiones políticas más informadas, lo que les ha permitido tener voz en el manejo de sus recursos. Es el caso de una comunidad de pescadores en Finlandia, quienes, con la ayuda de la cooperativa Snowchange, han emprendido acciones para recuperar el estado del río Jukajoki y han adoptado medidas para la protección del agua. Asimismo, la comunidad pigmea Bayaka ha podido entrar en negociaciones con la industria maderera después de monitorear sus bosques y recolectar datos sobre las especies que allí habitan (UNEP, 2014). Se podría considerar entonces la ciencia ciudadana como una estrategia que, además de proporcionar datos y servir a la comunidad científica, permite integrar educación –en todos los niveles–, conservación urbana y rural, participación ciudadana, medios y arte. El ciudadano pasa de ser alguien que proporciona datos a ser un actor importante, que produce y a la vez consume contenido científico: un “prosumidor” (Olin-Scheller y Wikström, 2010) que participa en un intercambio de información, sin fines lucrativos.

La ciencia ciudadana también puede convertirse en una valiosa herramienta educativa mediante la cual se puede, según Evans (citado en Conrad y Hilchey, 2011), incrementar la alfabetización científica de los participantes, tanto en los conocimientos como en el papel que desempeñan en el ambiente local. Desde la celebración del Convenio para la Diversidad Biológica (CDB) en 1992, la pérdida de la biodiversidad es un problema global que ha estado presente recurrentemente en la agenda internacional. Esto se evidencia, por ejemplo, en las metas del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, en el que se propone promover acciones que fomenten la conservación de la diversidad biológica (ONU, 2010), educar a la sociedad para que comprenda el valor de la biodiversidad y promover el cambio a partir del desarrollo de programas educativos públicos y participativos (Jiménez *et al.*, 2014).

Revisando el panorama expuesto anteriormente, podría considerarse la pertinencia de implementar proyectos de ciencia ciudadana que permitan trabajar por la educación en la conservación de la diversidad biológica en Colombia, país megadiverso (MADS, 2014) que tiene una alta presencia de endemismo y posee dos de los más importantes nodos (*hotspots*) de la biodiversidad

en el mundo, ubicados en el Chocó biogeográfico y en los Andes, y en el que se encuentran más de 1117 especies amenazadas (MADS, 2012). Además de esto, se encuentra la dependencia que las comunidades y el sector económico tienen de la biodiversidad, que, de acuerdo con el Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica (MADS, 2014), incluye agricultura, ganadería, infraestructura, generación hidroeléctrica, turismo, pesquería y el sector forestal. Ante este panorama, es importante emprender estrategias rigurosas que lleven a una conservación integral de la biodiversidad y que incluyan tanto políticas como trabajo de la comunidad científica, educación y compromiso ciudadano. La ciencia ciudadana se revela como aliado clave para lograr estos objetivos.

### 3. Creciente boom de la ciencia ciudadana

Aunque los proyectos de ciencia ciudadana no son nuevos en el mundo, han tenido mucho apogeo en años recientes debido al auge del Internet y al acceso de información en tiempo real a través de dispositivos móviles como los celulares (Bonney *et al.*, 2014). Para comprobar la relevancia que ha cobrado este tema en la actualidad se hizo una búsqueda de textos académicos que trataran sobre el tema, utilizando el motor Google Scholar, especializado en este tipo de textos. Como palabras clave se tomaron *ciencia ciudadana*, *conservación* y *biodiversidad* (en inglés). Desde 1980 hasta el 2000 se registraron 86 resultados. En la década siguiente, del 2000 al 2010, se registraron 1170, y desde el 2010 hasta el 2015 hubo 11260 entradas de textos académicos que incluyen estos temas en su contenido.

Aunque no se encontraron investigaciones al respecto, se mencionarán aquí algunas de las razones por las que podría decirse que este crecimiento ha ocurrido tan exitosamente. La primera de ellas es el auge del Internet, los medios sociales y el gran número de tecnologías asequibles a la mayoría de las personas (PNUMA, 2014). Existe un metaportal, llamado Zooniverse (<https://www.zooniverse.org>), que se dedica a crear páginas especializadas para albergar proyectos de ciencia ciudadana, posibilidades que no existían hace 10 años. El desarrollo de estas tecnologías ha facilitado a la vez la oportunidad de consumir no solo datos e información, sino también producirlos, participar realmente en la investigación científica, ayudar a la comunidad en la misma medida en la que se aprende de ellos, generar espacios de discusión y debate, impactar el ambiente y tener una participación activa por medio de la pregunta, el análisis, la recolección y la

interpretación (Collins, 2014). Todo este conjunto puede considerarse como un elemento atractivo, pues acerca la ciencia al ciudadano, que generalmente se había presentado muy distante. Hay algunos programas que incluso han ayudado a que haya cambios en las políticas y en la toma de decisiones respecto a la conservación, el aire o los humedales (Conrad y Hilchey, 2011). Esto hace que trasciendan iniciativas que, aunque son importantes, duran poco tiempo (p. ej., la *Hora de la Tierra*), y que se logre involucrar a los ciudadanos de manera continua (Haugen, 2010), a la vez que ellos sienten que están haciendo algo productivo.

El carácter educativo que han ido adquiriendo los proyectos con el paso del tiempo constituiría otra razón de peso para explicar la gran acogida de la ciencia ciudadana. A medida que pasa el tiempo, la experiencia de proyectos anteriores ayuda a mejorar las nuevas propuestas, trascendiendo el esquema tradicional de recolección de datos. En el caso del Cornell Lab of Ornithology, su proyecto educativo *Bird Sleuth K-12* (<http://www.birdsleuth.org>) permite que los estudiantes en su trabajo con las aves observen, pregunten y hagan investigaciones que les ayuden a obtener respuestas.

Este programa se conecta con los proyectos de ciencia ciudadana de la misma institución, como *Nest Watch*, en el que los participantes deben observar nidos de aves, o *Celebrate Urban Birds*, que se basa en la observación de aves que habitan en la ciudad para determinar la importancia de los espacios verdes para estos organismos. En otros proyectos se desarrolla material educativo para brindar a los participantes información que les permita comprender no solo las teorías e ideas en las que se basa la investigación en la que están colaborando, sino también las preguntas y protocolos de investigación, además de las generalidades de las especies que se van a observar. Muchos de estos proyectos, que han conseguido demostrar su habilidad para conectar educación científica con investigación, han recibido apoyo económico, lo cual hace posible que se incremente el número de proyectos debido también al mejor financiamiento (Dickinson *et al.*, 2012).

Otra de las razones por las cuales podría considerarse que la ciencia ciudadana ha sido exitosa es la capacidad de inclusión que puede tener. En algunos proyectos se ha trabajado con pueblos indígenas en temas que les conciernen, dándoles una voz en el manejo de sus recursos (PNUMA, 2014). Es el caso de una investigación llevada a cabo en el Congo, en la cual tanto investigadores como artistas y expertos en TIC se unieron para permitir que la comunidad de pigmeos Bayaka pudieran monitorear sus bosques y sus árboles sagrados considerados valiosos para su cultura, y registrar talas (PNUMA, 2014).

Todo esto se ha hecho por medio de un *software* basado en íconos desarrollados especialmente para ellos, que les permite, mediante una pantalla táctil, hacer sus registros, por lo que no tienen que saber leer texto escrito para participar en el proyecto. Este mismo *software*, llamado *Cybertracker*, se usa a lo largo del mundo en alrededor de 700 proyectos en 75 países (PNUMA, 2014). Para proyectos futuros podría pensarse incluso en cómo integrar personas con discapacidades físicas pero que tienen habilidades excepcionales, como el hombre invidente que tiene oído absoluto y puede diferenciar las aves por su canto. De esta manera, mediante el intercambio de información entre la comunidad científica y la comunidad general, se va contribuyendo a una apropiación colectiva del ambiente, en la cual, según Carolan (citado por Conrad y Hilchey, 2011), las ciencias ambientales van siendo más asequibles al público, y los científicos descubren a su vez el valor de los conocimientos y experiencias tradicionales.

Finalmente, otra de las razones por las que la ciencia ciudadana ha venido siendo tan exitosa puede tener que ver con su carácter global, aunque se trate de observaciones e investigaciones llevadas a cabo en el contexto local. Es el caso de *eBird*, en el cual hay involucrada una red de voluntarios en todo el planeta, que registran sus observaciones de aves y ayudan de esta manera a estimar la distribución de especies (Kelling *et al.*, 2011), lo que puede contribuir no solo a investigaciones en la ciudad o en el país de origen del observador, sino a una gran investigación de carácter global.

## 4. Características de un proyecto de ciencia ciudadana

**Actores.** Los proyectos de ciencia ciudadana involucran varios tipos de actores: científicos, que están encargados de una investigación específica; ciudadanos del común, que se constituyen en participantes voluntarios de esa investigación; y un equipo detrás del proyecto, que incluye desarrolladores y diseñadores que crean plataformas donde los usuarios pueden almacenar datos amigables y agradables a la vista.

**Un tema.** Plantas, aves, un insecto o un individuo en específico, cualquier organismo puede ser objeto de estudio para un proyecto de ciencia ciudadana. Se han hecho estudios sobre girasoles, abejorros, coyotes, mariquitas, abejas, mariposas, aves migratorias. Las posibilidades en este sentido son muy amplias. Igualmente existen estudios relativos al cambio

climático, la calidad de las aguas y la polución en ciudades, entre muchos otros.

**Una plataforma.** Se requiere una plataforma especial que tenga un *software* para procesar grandes cantidades de datos y que permita que haya retroalimentación e interacción entre los participantes. Como esta opción es muy costosa, una solución es disponer de plataformas ya creadas (p. ej., *iNaturalist* o *Project Noah*) y comenzar proyectos propios.

**Tiempo.** No tienen un tiempo de realización determinado, y puede haber proyectos que se realizan en dos salidas de campo o en un mes; algunos aún no tienen fecha de clausura, como es el caso del proyecto global de observación de aves, *eBird*.

**Compromiso.** Los proyectos de ciencia ciudadana dependen del compromiso y la buena voluntad de sus participantes para aportar datos y ayudar al desarrollo de la investigación, y por esta razón se usan como complemento a investigaciones mayores, sin dejar la responsabilidad total a este componente. Cada proyecto tiene su ritmo y de esa manera controla sus resultados. En casos como el *Great Pollinator Project*, los investigadores publicitaron el proyecto en periódicos y estaciones de radio, y repartieron volantes. Los voluntarios asistieron a una reunión inicial en la cual se les dieron las indicaciones del proyecto y comenzaron las observaciones, que se hicieron por tres años; en ellas participaron 125 personas, con 22 voluntarios muy activos. En el caso de *Earthwatch Coyote*, la parte del proyecto que se realizaba con ciencia ciudadana era un complemento a una investigación, y se hizo a manera de expedición durante tres días en los cuales los voluntarios, que fueron previamente instruidos, debían llevar a cabo observaciones de diferentes características relacionadas con los coyotes en Nueva York (Toomey y Domroese, 2013).

## 5. Educación ambiental y ciencia ciudadana

En el caso de la educación ambiental (EA) ha ocurrido algo similar a la evolución de la ciencia ciudadana. Mientras esta ha dejado de considerar a los ciudadanos como simples recolectores de datos, aquella ha comenzado a ver la necesidad de que los estudiantes no sean receptores pasivos en los que se depositan nombres e información sin sentido alguno (Crisci et al., citado por Lindemann-Matthies, 2002). Este cambio se debe a la creciente necesidad de una educación pública que permita tener ciudadanos alfabetizados científicamente y que puedan implementar acciones individuales en la conservación de la biodiversidad (Cosquer, 2012). Con esto, además de incrementar el

conocimiento, se pretende mejorar las actitudes hacia el ambiente y potencialmente convertir esas actitudes en un cambio de comportamiento en el estudiante (Damerell et al., 2013; Arslan, 2012), de manera que se preocupe por el contexto de las comunidades en las que se desenvuelve y pueda incluir las ciudades dentro de los procesos ecológicos (Tidball y Krasny, 2010). Dirigir la EA por ese camino permitiría sincronizarse además con la meta de la “educación para el desarrollo sostenible”, en la cual se considera que ese cambio de comportamiento podría apuntar a un futuro más sostenible tanto ambiental como económicamente, y a una sociedad más justa para las generaciones presentes y futuras (Unesco, 2002). Es aquí donde se presenta la ciencia ciudadana como una alternativa eficaz para la EA, pues permite que los participantes adquieran nuevos conocimientos a partir de su propia experiencia, y este nuevo conocimiento puede servir para hacer que un cambio suceda (Haugen, 2010), además de que posibilita vivir un aprendizaje colaborativo en la comunidad de la que hacen parte, lo cual facilita obtener conocimiento a partir de las experiencias compartidas y la interacción con los demás miembros del grupo (Mitnik, citado por Lucu y Marín, 2014). De esta manera se puede comenzar a abordar los temas ambientales con una visión más holística (Blumstein y Saylan, citados por Jiménez et al. 2014), que permita tanto preparar a los ciudadanos para la conservación de la biodiversidad como propiciar en los mismos la capacidad de vincular el problema con la dimensión humana, el cambio climático o el consumismo (Jiménez et al., 2014).

La EA ha sido un tema que ha despertado interés en la comunidad internacional desde la década de los setenta. Para la Unesco (1987), la EA es un proceso que se lleva a cabo todo el tiempo, mediante el cual las personas, además de conocer su ambiente, adquieren comprensión, habilidades y experiencias que les permiten actuar para resolver problemas ambientales. Sin embargo, hasta el momento los procesos de aprendizaje que se llevan a cabo en la EA son, en muchos casos, más instrumentales que sociales: se basan más en dar conferencias que en brindar experiencias reales a los estudiantes que les ayuden, por ejemplo, a descubrir su capacidad de construir (Jiménez et al., 2014). Según un análisis de la EA en el departamento de Boyacá, se concluye que las acciones se enfocan sobre todo en siembra de árboles y “reciclaje” (que corresponde más a separación de residuos) y además se descarga la responsabilidad de estas estrategias en los docentes de ciencias naturales (Pachón, 2013). Lo mismo concluye un análisis del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) de un colegio del municipio de Cali: las acciones del mismo se orientan al manejo de residuos sólidos y al cuidado de zonas verdes (Álvarez y Rodríguez, 2013), lo que nos hace

suponer que esta puede ser la situación de un buen número de lugares del país.

Para comprender mejor cómo la ciencia ciudadana podría hacer un aporte importante a la EA, se presenta a continuación una revisión de los objetivos de las corrientes educativas que se consideran acordes a las metas de la misma.

La “enseñanza y el aprendizaje auténtico” busca que, a partir de actividades integradas en la vida real, los estudiantes puedan desarrollar ciertas habilidades, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la observación científica formal o los métodos de búsqueda (Lucu y Marín, 2014). Para conseguirlo se apoya, por ejemplo, en el trabajo en equipo para simular espacios de trabajo reales. Se busca entonces que el estudiante confíe en sus propias habilidades, comprenda la capacidad que tiene de afectar el mundo externo y las contribuciones que puede hacer (Lucu y Marín, 2014). Esto se conecta con el pensamiento crítico, el cual se considera que brinda a los aprendices la capacidad de hacer interpretaciones, decidir y enseñar lo aprendido (Arslan, 2012).

En el caso del “aprendizaje significativo” (AS), Gowin (citado por Guruceaga y González García, 2004) lo concibe como una integración efectiva de pensamiento (conocimiento), sentimientos (actitudes) y acción (conductas), mientras que para Novak (citado por Moreira, 1997) los eventos educativos son acciones para cambiar sentimientos y significados. A su vez, la teoría del AS considera que hay que relacionar los conocimientos previos del estudiante con los nuevos conocimientos para lograr que haya un vínculo y se dé un verdadero aprendizaje (Moreira, 1997), y que se diferencie del aprendizaje memorístico/mecánico (que sería el opuesto al AS); igualmente, en este tipo de aprendizaje se requiere emplear instrumentos que ayuden a evidenciarlo y facilitarlo (Guruceaga y González García, 2004).

Finalmente, la “educación experiencial” (*hands-on*), según Adkins & Rowland (citados por Rai Singh y Abdul Rahman, 2012), es un tipo de educación que genera mucha empatía con los aprendices ya que les permite reconocer y comprender mejor su entorno. De acuerdo con Cambers & Ghina (citados por Rai Singh y Abdul Rahman, 2012), el hecho de desarrollar habilidades para resolver problemas que acontecen en espacios en los que los estudiantes han estado y reconocido puede crear un impacto mayor y que permanezca por más tiempo en su memoria a largo plazo, lo que podría llevar a mejorar las actitudes que tienen hacia el ambiente (Rickinson et al., citados por Rai Singh y Abdul Rahman, 2012).

Si se revisa de nuevo, el objetivo de la EA podría alcanzarse con el apoyo de las tres corrientes educativas revisadas anteriormente. La ciencia ciudadana es una de las estrategias que posibilitaría que se diera esta integración, pues sus actividades se llevan a cabo al aire libre, en contacto directo con la naturaleza (“educación experiencial”), mediante la recolección y análisis de datos e información para que los participantes se hagan preguntas y obtengan respuestas a cuestiones, ya sea por sus propios medios o con ayuda de la comunidad (“aprendizaje auténtico”); además, usa instrumentos que facilitan el aprendizaje y a largo plazo puede generar una unificación entre lo que se aprendió, los sentimientos generados sobre lo que se aprendió y los comportamientos adoptados a partir de la experiencia (“aprendizaje significativo”).

Ejemplos de casos exitosos incluyen el del Grupo Tortuguero en México, creado con el apoyo de pescadores locales que fueron identificados como actores claves para la conservación de las tortugas marinas (Dickinson *et al.*, 2012). Asimismo, según Evans (citado por Toomey y Domroese, 2013), algunos participantes del Programa de Observación de Nidos en el Barrio manifestaron haber cambiado sus comportamientos para permitir que los pájaros se instalaran en sus jardines, ya que habían comprendido que estos lugares eran un hábitat para la fauna. Una experiencia similar tuvo lugar en Francia, en el proyecto *Garden Butterflies Watch*, en el que varios participantes expresaron que habían cambiado sus prácticas de jardinería para ser más amigables tanto con las mariposas como con otras especies. Para conseguirlo plantaron especies nativas que beneficiaban a estas especies, o permitieron que crecieran plantas que antes removían (Cosquer, 2012).

Sin embargo, aun cuando existen casos que presentan experiencias exitosas, hay que tener mucha precaución al afirmar que el solo hecho de implementar programas de EA y ciencia ciudadana llevaría a un cambio de comportamiento en los participantes, ya que los cambios actitudinales y de comportamiento requieren diversas estrategias para alcanzarse, y los proyectos que han demostrado este logro mediante investigaciones han sido pocos (Toomey y Domroese, 2013; Britton y Tippins, 2015). Por lo general son afirmaciones basadas en percepciones y opiniones, lo cual limita las conclusiones que se pueden establecer al respecto (Damerell *et al.*, 2013). De acuerdo con Monroe (citado por Toomey y Domroese, 2013), los comportamientos de conservación son actitudes que dan pie a construir una sociedad sostenible, y se puede demostrar, por ejemplo, mediante la toma de decisiones o en cambios en las elecciones del estilo de vida para conservar y proteger la biodiversidad

(Ramadoss y Poyya Moli, 2011). A esto se suma que el comportamiento de conservación posee también múltiples motivaciones que van desde lo cognitivo, lo afectivo y lo utilitario, hasta el vínculo con la historia personal (Cosquer, 2012).

En otras investigaciones efectuadas para medir los resultados de algunos proyectos se ha encontrado que, aun cuando los participantes no manifiestan un cambio en su comportamiento, sí reconocen que su forma de concebir y experimentar el ambiente natural cambia gracias a la participación en procesos de ciencia ciudadana (Crall et al., citado por Toomey y Domroese, 2013), y cambia también la interacción con la comunidad, el compromiso con las políticas locales, la toma de decisiones, el mejoramiento del hábitat o el compartir con los demás el nuevo conocimiento adquirido (Toomey y Domroese, 2013). Tal vez el error está en pensar que el cambio en el comportamiento será algo instantáneo. Lograr un cambio en lo que se ha venido siendo, que debe ocurrir en lo más profundo del ser humano, es algo que toma tiempo y que se puede conseguir a largo plazo, comenzando, por ejemplo, con la disponibilidad de los participantes en proyectos de ciencia ciudadana a aceptar políticas gubernamentales en pro del ambiente (Kollmuss y Agyeman, citados por Tidball y Krasny, 2010).

No obstante, aunque sea posible que estos cambios ocurran en el futuro cercano, hay que subrayar la importancia de hacer más investigaciones que incluyan este tema para conocer con certeza los alcances y vacíos de estos proyectos (Toomey y Domroese, 2013) no solo a partir de opiniones y percepciones. Del mismo modo, es preciso que se hagan estudios que aborden la evaluación de los programas de EA que se vienen implementando tanto de manera formal como informal, pues más que una preocupación por que el programa sea poco efectivo, se debe considerar que a partir de la evaluación se puede incrementar la efectividad de los proyectos mediante la modificación y el mejoramiento de los contenidos (Carleton-Hug y Hug, 2010).

## 6. Grandes retos de la educación ambiental

### A. Educación ambiental para todos

Tradicionalmente, las estrategias de la EA son implementadas con niños y jóvenes en las escuelas, limitando así el público al que se dirigen. Esto se hace a menudo por varias razones. La primera y más contraproducente de todas sería considerar que la EA es solo un tema más, que es obligatorio ver en el currículo escolar. Otra razón muy común considera que los niños

comienzan a desarrollar actitudes hacia el ambiente en una edad muy temprana y, una vez que sucede, es muy difícil que desaprendan comportamientos negativos (Bryant y Hungerford; Asunta, citados por Damerell et al., 2013). Adicionalmente se razona que los niños pueden ser agentes efectivos en la traducción de conocimiento a su familia inmediata (Damerell et al., 2013). Aunque no hay muchos estudios al respecto, en una investigación que se hizo con padres de niños que estaban trabajando en proyectos para conservar humedales se descubrió que los padres habían obtenido un conocimiento significativo sobre el tema, sin siquiera haberlo notado (Damerell et al., 2013).

Considerando que la EA no se hizo simplemente para trabajar en las escuelas (Rai Singh y Abdul Rahman, 2012), y sin dejar de reconocer la importancia de trabajar con población joven, es también necesario trabajar temas de EA para la conservación con población adulta –que a menudo se ha visto descuidada– ya que los problemas ambientales serios aumentan y se necesita implementar acciones rápidas, tomar decisiones y modificar comportamientos, cuestiones que solo los adultos podrían resolver (Damerell et al., 2013). Una EA para adultos es posible por medio de programas informales y dentro de las organizaciones que busquen una transformación cognitiva y emocional, que le permita a la persona ejecutar acciones (Haugen, 2010) y que además proporcione un aprendizaje divertido basado en la experiencia (Rai Singh y Abdul Rahman, 2012). Nuevamente, la ciencia ciudadana podría ocupar un lugar importante aquí, pues posibilita la participación de personas de todas las edades, a la par que aumenta el conocimiento y puede tornarse divertida.

### B. Biodiversidad urbana y el trabajo en las ciudades

Los trabajos de conservación se han enfocado tradicionalmente en la restauración de escenarios rurales y paisajes naturales (Burkman y Gardiner, 2014). No obstante, como es bien sabido, los grandes espacios verdes que ocupan las ciudades son un refugio importante para la fauna que habita en ellas (Strohbach et al., 2013). Se ha descubierto que los pequeños espacios verdes correctamente manejados, como los jardines de las casas, por ejemplo, desempeñan un papel significativo en la conservación de aves e insectos (Dickinson et al., 2012). Según las Naciones Unidas, para el 2050 la población que habita en áreas urbanas y suburbanas se incrementará aproximadamente en 80% (Lerman et al., 2012), lo que implicará la pérdida de hábitat silvestre y de biodiversidad de los ecosistemas naturales debido al crecimiento de las áreas urbanizadas (Lerman et al., 2012), poniendo en riesgo tanto la salud pública como la calidad de vida

de los mismos habitantes de las ciudades (Bekessy *et al.*, 2012). Por esta razón, los ecosistemas urbanos están recibiendo mayor atención en los estudios de preservación y promoción de la biodiversidad en las ciudades (Burkman y Gardiner, 2014).

Tomando en cuenta lo anterior, es evidente que cada vez se hace más necesario incrementar el trabajo urbano, no solo mediante reservas naturales, sino directamente en los entornos antropizados con los ciudadanos comunes, cuyas acciones, decisiones y comportamientos diarios tienen un gran impacto en el ambiente (Cosquer, 2012). Sin embargo, a pesar de este preámbulo, en la PNGIBSE no se ve una postura clara frente al trabajo con la biodiversidad urbana. Para comenzar, podría tomarse como ejemplo el caso de los programas National Wildlife Federation y Healthy Yards, en Estados Unidos, los cuales buscan sensibilizar a la comunidad para que comprendan que sus patios y jardines (que son espacios privados) son hábitats de fauna y flora salvaje, y por lo tanto requieren que las prácticas de jardinería sean amigables, usen especies nativas y eviten el uso de químicos con el fin de beneficiar la diversidad urbana nativa (Lerman *et al.*, 2012).

Para lograr esa aproximación, se debe pensar la EA de una forma diferente, dejando a un lado el enfoque que considera que los humanos solo actúan para degradar los ecosistemas y comenzando a comprender que, por el contrario, son aptos para tomar decisiones que ayuden a mejorar las comunidades y los ecosistemas (Tidball y Krasny, 2010). Además, se debe hacer el trabajo de la EA dentro de las mismas ciudades, no sacando a los estudiantes hacia entornos más “naturales”, pues esto da la idea de que las ciudades están separadas de los demás ecosistemas (Tidball y Krasny, 2010), como si no hicieran parte de un todo funcional (en este sentido, la EA puede contribuir a consolidar políticas de participación social en la conservación ambiental). Se habla entonces de una “educación ambiental urbana cívica y contextualizada” que incluya, por ejemplo, estudios del ambiente natural por medio de inventarios de aves y plantas, estudios del ambiente construido que les permita comprender la dinámica de los desperdicios y el tratamiento del agua en las ciudades, y en la que reconozcan la importancia de los proyectos que se realizan en grupo, como los jardines comunitarios (Tidball y Krasny, 2010). También se pueden implementar programas educativos en los que se explique cuál es la gestión correcta de la biodiversidad en cada barrio en particular (Hostetler *et al.*, 2011), con lo cual se garantizaría la supervivencia y conservación de las especies nativas urbanas.

Aquí, nuevamente, se consideran los proyectos de ciencia ciudadana como una de las alternativas más

idóneas para la EA, ya que mediante estos proyectos se puede aprovechar que los hábitats urbanos son accesibles para un gran número de personas, y hacer entonces un trabajo en contexto, por ejemplo con las especies de plantas y animales que hacen parte de la ciudad y que son más familiares para sus habitantes que las que regularmente ven en libros o fotografías (Collins, 2014). De esta manera se puede lograr una mejor comprensión del entorno, lo cual ayudará a los ciudadanos a entender de qué manera se conectan esas situaciones locales con los problemas ambientales globales (Haugen, 2010), relación que se les hace difícil a muchas personas.

## 7. Otras posibilidades que ofrece la ciencia ciudadana

Para lograr incrementar el número de personas interesadas en la conservación de la biodiversidad es necesario investigar qué es lo que hace que la gente sea consciente de la naturaleza en su vida cotidiana y potenciarlo (Cosquer, 2012). Para conseguirlo, tal vez se necesiten acercamientos más interactivos (Jiménez *et al.*, 2014), aprovechando que las tecnologías de la información y la comunicación hacen posible que los estudiantes accedan a herramientas que generalmente no tienen en las escuelas (Lucu y Marín, 2014) y que son comprensibles para todo el público que desee usarlas, además de favorecer diferentes tipos de aprendizaje –visual, auditivo, corporal– (Lucu y Marín, 2014). No obstante, la tecnología y los mensajes mediáticos por sí mismos no generarán un cambio en las actitudes (Jiménez *et al.*, 2014). Por ello, la ciencia ciudadana entra como un mediador entre la tecnología y el aprendizaje.

Es indudable que la ciencia ciudadana ha podido desarrollarse más rápido gracias a los avances tecnológicos: la disponibilidad de productos satelitales, los GPS (UNEP, 2014), la ubicuidad de los teléfonos inteligentes y la capacidad de ingresar, validar y analizar grandes cantidades de datos (Dickinson *et al.*, 2012). Este mejoramiento de la infraestructura ha incrementado el interés de los participantes; gracias a Internet se pueden hacer concursos y juegos, otorgar certificados de reconocimiento especial (figura 2) y lograr que se integren al proceso de aprendizaje (Dickinson *et al.*, 2012). A eso se suma el carácter social que pueden adquirir los proyectos al integrarse con plataformas como Facebook, las cuales hacen posible que los participantes suban sus propias fotografías y que los demás las validen, e incluso los mismos proyectos han hecho desarrollos avanzados que permiten gran interactividad. Se puede, por ejemplo, comentar las fotografías tomadas por los demás, participar en

proyectos existentes que apuntan a los intereses de los voluntarios y crear proyectos nuevos con miembros que tengan intereses similares.



Figura 2. Capturas de pantalla de algunas insignias de reconocimiento otorgadas por el sitio Project Noah a sus participantes (imágenes agrupadas por los autores).

Asimismo, el uso de aplicaciones para dispositivos móviles, que son fáciles de manipular por todos los públicos (tabla 1), han hecho que los participantes voluntarios en proyectos de ciencia ciudadana puedan

recolectar datos aun encontrándose en sitios remotos (UNEP, 2014). Esta distancia, más que una dificultad, se convierte en una oportunidad, pues propicia la creación de comunidades alrededor de proyectos que apunten a intereses colectivos como en los sitios de *iNaturalist*, *EOL* (Encyclopedia of Life) o *Project Noah*, lo cual hace que los participantes se empoderen de los temas –que son un gusto en común–, y puede dar como resultado una experiencia significativa que ayude a alcanzar un aprendizaje real, pues algunos casos han demostrado que cuando los participantes se comprometen con sus propias ideas y ellos mismos se encargan de promoverlas, los resultados tienden a ser exitosos (Rai Singh y Abdul Rahman, 2012). Un ejemplo de esto es el proyecto de ciencia ciudadana *eBird*, que involucra una red mundial de observadores de aves que han registrado más de 75 millones de observaciones, siendo probablemente el proyecto más grande del mundo gracias a la tecnología y al compromiso de los participantes, que logran identificar las diferentes especies por su color, forma o comportamiento, tareas que los computadores no pueden hacer (Kelling *et al.*, 2011).

<p><b>iNaturalist</b> (Android, iOS)</p>	<p><b>Lost Ladybug</b> (Android, iOS)</p>	<p><b>Merlin Bird ID</b> (Android, iOS)</p>	<p><b>Project Noah</b> (Android, iOS)</p>	<p><b>Bee friend your garden</b> (Android, iOS)</p>
<p>Permite registrar observaciones de fauna o flora, comenzar proyectos propios, participar en los que ya existen y subir inmediatamente las fotografías a la plataforma desde el teléfono o la tableta.</p>	<p>Permite registrar mariquitas: se toma una fotografía y se indica la ubicación en la que fue vista.</p>	<p>Contiene un completo catálogo de aves para su identificación a la hora de participar en proyectos de ciencia ciudadana.</p>	<p>Hace posible documentar fauna y flora desde el dispositivo móvil.</p>	<p>Hace posible hacer un seguimiento a las abejas por medio de fotografías, indicando el lugar en el que fueron tomadas.</p>

Tabla 1. Selección de aplicaciones para trabajar proyectos de ciencia ciudadana enfocados en biodiversidad.

Otra de las ventajas que la tecnología le ha permitido a la ciencia ciudadana es la de mejorar los procesos de comunicación. En EA, la comunicación se reduce generalmente a transmitir información en una vía (maestro-aprendiz), lo cual no es suficiente para alcanzar un cambio en el comportamiento de las personas (Jiménez *et al.*, 2014). Buscando generar reacciones diferentes, algunos proyectos de ciencia ciudadana comenzaron a contactarse con los participantes por medio de correo electrónico y certificado, por vía telefónica y a través de los contenidos dispuestos en los sitios web (Dickinson *et al.*, 2012). Los avances tecnológicos han permitido que estos sitios sean cada vez más interactivos y accesibles, con una interfaz más amigable, lo cual ha hecho posible tener una mejor comunicación en doble vía entre los participantes y los científicos que pertenecen al proyecto para validar datos, responder inquietudes de los voluntarios sobre el uso que se hace de la información que ellos proporcionan y publicar noticias sobre el proyecto o el material educativo que se puede descargar y que será útil durante el proceso (Havens *et al.*, 2012). De esta manera se supera el mero acto de informar y se logra una verdadera comunicación con posibilidad de participación y retroalimentación, elementos esenciales en un proceso educativo.

Por otra parte, la ciencia ciudadana, tal vez sin proponérselo, logra acercarse al conocimiento a través de la estética desde dos espacios diferentes. En primera instancia, por medio de las fotografías tomadas por los mismos participantes (figura 3). Aunque no ha sido estudiado, al observar las fotografías de los proyectos podemos suponer que esta relación con la fotografía comienza a despertar en ellos lo que podemos llamar sensibilidad visual, que hace que se conmuevan ante características como belleza, imponencia o fragilidad de la fauna y la flora, y que comiencen a tener consciencia de la calidad de las fotografías que toman puesto que van a ser publicadas y vistas por muchos más participantes.

La fotografía es un medio de aproximación al arte, y el arte es una herramienta importante en la educación, que permite persuadir, crear duda y conciencia, y proponer nuevas perspectivas (Tereso, 2012) apelando a la sensibilidad particular de los participantes. Un estudio interesante sería analizar cómo esta aproximación estética afecta la participación de los voluntarios en los proyectos de ciencia ciudadana. Hasta el momento, el medio más común usado en estos proyectos para registrar especies es la fotografía. Sin embargo, proyectos como *Plants of Concern* han comenzado a dar un espacio a artistas que quieran compartir sus ilustraciones botánicas. Podría considerarse también, aprovechando el uso de los dispositivos tecnológicos, incluir registros de especies en audio y video, lo cual ayuda reconocer una especie no solo por su morfología o color, sino también por sus sonidos y comportamientos.



Figura 3. Capturas de pantalla. Arriba: ilustraciones botánicas que hacen parte de participantes del proyecto *Plants of Concern*. Abajo: fotografías tomadas por los participantes de *Project Noah*.

En segundo lugar, la aproximación estética que logran los proyectos de ciencia ciudadana se da a través de las plataformas que usan para recolectar los datos y brindar información de ayuda a los voluntarios para que puedan clasificar las especies. Algunos estudios han reportado que la estética de los sitios influye en la aceptación que tienen por parte de los usuarios (Koutsabasis y Istikopoulou, 2013), y otros han sugerido que la estética visual de los sitios tiene beneficios en ambientes educativos, ya que hace que el aprendizaje sea más fácil y efectivo, y mejora la transmisión de información a la vez que incrementa la motivación de quien visita el sitio (Moshagen y Thielsch, 2010). Un buen ejemplo de este caso son los sitios de los proyectos de ciencia ciudadana dedicados a la biodiversidad (tabla 2).

Cada una de las interfaces de estos proyectos ha sido cuidadosamente diseñada para cautivar la atención de los usuarios mediante el uso de diversas herramientas multimediales, hermosas fotografías, buena diagramación y una excelente *usabilidad*, lo que también es fundamental a la hora de realizar este tipo de proyectos (figura 4).

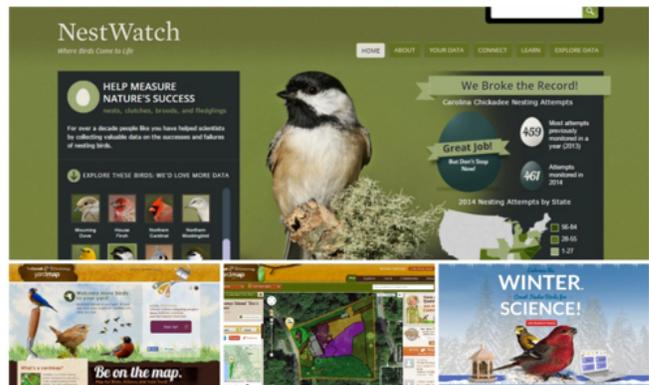


Figura 4. Capturas de pantalla de las interfaces de los proyectos del Cornell Lab of Ornithology. Arriba: *NestWatch*. Abajo, de izquierda a derecha: 1 y 2: *Yard your map*, 3: *Project Feedwatcher*.

La *usabilidad* en este caso hace referencia a la facilidad que tienen los usuarios para llevar a cabo de manera efectiva y eficiente las actividades que requieren en los sitios web, lo cual genera en ellos satisfacción (Koutsabasis y Istikopoulou, 2013). Por el contrario, si una interfaz es muy complicada para manejar, el usuario se sentirá frustrado y no querrá volver a entrar en la

página. Aunque hace falta hacer más estudios sobre el tema, algunas investigaciones han mostrado que la estética visual de un sitio puede influir en la manera en que el usuario percibe la usabilidad del mismo (Tuch *et al.*, 2012), además de afectar la credibilidad del sitio y la confianza que se puede tener en él (Moshagen y Thielsch, 2010).

Proyecto	Institución	Descripción
<i>Celebrate Urban Birds</i>	Cornell Lab of Ornithology (EE. UU.)	Busca crear conciencia sobre las aves y las prácticas de jardinería. Se hacen observaciones durante 10 minutos, acompañadas de actividades artísticas.
<i>Project Feederwatch</i>	Cornell Lab of Ornithology (EE.UU.)	Mediante este proyecto se puede ayudar a los científicos a monitorear las aves durante el invierno.
<i>YardMap</i>	Cornell Lab of Ornithology (EE. UU.)	Este proyecto le permite a cualquier persona hacer el mapa de su jardín o patio, especificando las especies de plantas que posee y la fauna que visita el lugar.
<i>eBird</i>	Cornell Lab of Ornithology (EE. UU.)	Permite registrar todas las observaciones de aves que se hagan durante el año para compartirlas con científicos y otros miembros de la comunidad.
<i>Great BackyardBirdCount</i>	Cornell Lab of Ornithology (EE. UU.)	Este evento se realiza anualmente durante cuatro días; en él, personas de todo el mundo cuentan aves silvestres para estimar su número y diversidad.
<i>BirdsCams</i>	Cornell Lab of Ornithology (EE. UU.)	Monitorea tanto nidos como alimentadores y hábitats de aves a través de cámaras que transmiten en tiempo real.
<i>Audubon</i>	National Audubon Society (EE. UU.)	En este sitio se incluyen varios proyectos de ciencia ciudadana, entre ellos la <i>Cuenta de Pájaros Navideña</i> , en la que se hace un conteo de aves el día de Navidad.
<i>School of Ants</i>	Universidades de Florida y North Carolina (EE. UU.)	Busca estudiar los tipos de hormigas que habitan en áreas urbanas, especialmente en casas y escuelas.
<i>SnapshotSerengeti</i>	University of Minnesota (EE. UU.)	Clasifica animales que aparecen en fotografías tomadas por cámaras trampa ubicadas en el Parque Nacional Serengeti en Tanzania.
<i>Bat Detective</i>	Varias instituciones (UK/NZ)	En este proyecto los participantes deben separar los sonidos de murciélagos de los que no pertenecen a este animal.
<i>The Big Butterfly Count</i>	Varias asociaciones (UK)	El objetivo de este proyecto es observar mariposas durante 15 minutos, con la ayuda de un cuadro de identificación.
<i>MammalMAP</i>	Universidades de Cape Town y Pretoria (Sudáfrica)	Busca recoger todas las especies de mamíferos que habitan en el continente africano.
<i>Migratory Dragonfly Partnership</i>	Varias instituciones (EE. UU./Canadá)	Pretende monitorear la migración de las libélulas.
<i>Atlas of Living Australia</i>	Gobierno (Australia)	Busca documentar toda la flora y fauna de Australia.
<i>BeeSpotter</i>	University of Illinois (EE. UU.)	Hace seguimiento y concientiza acerca de la importancia de las abejas con fotografías enviadas por los ciudadanos.
<i>The Great Sunflower Project</i>	Independiente (EE. UU.)	Usa la ayuda de los ciudadanos para contar especies de polinizadores que visitan los girasoles de los jardines.
<i>Bumble bee watch</i>	Varias instituciones (Canadá/EE. UU./UK)	Busca llevar un registro de abejorros para contribuir a su conservación, a través de fotografías y clasificación de datos.
<i>Nature map of LA</i> <a href="http://www.nhm.org/nature/map/">http://www.nhm.org/nature/map/</a>	Natural History Museum LA County (EE. UU.)	Lleva un registro de las plantas y animales que hay en la ciudad de Los Angeles, con ayuda de fotografías enviadas por los ciudadanos.
<i>BiodiversiTREE</i>	Smithsonian (EE. UU.)	Pretende responder si un bosque diverso es más apto para sobrevivir.
<i>Project BudBurst</i>	Varias instituciones (EE. UU.)	Red de ciudadanos que monitorean las plantas durante el cambio de estaciones.
<i>iNaturalist</i>	California Academy of Sciences (EE. UU.)	En esta página se pueden registrar observaciones de animales, plantas y hongos. Está hecha para amantes de la naturaleza.
<i>SciStarter</i>	Independiente (EE. UU.)	Página para los que quieren comenzar sus propios proyectos de ciencia ciudadana. Alberga un gran número de experiencias.
<i>Zooniverse</i>	Citizen Science Alliance (EE. UU., UK)	Un gran portal, donde se encuentra un gran número de proyectos de ciencia ciudadana de toda clase.
<i>Wildbook for Whale Sharks</i>	Independiente (EE. UU./Mozambique)	Pretende monitorear diferentes individuos de tiburón ballena, así como recolectar fotos que puedan proporcionar los usuarios.

Proyecto	Institución	Descripción
<i>aVer Aves</i>	Varias instituciones (EE. UU./México)	Pretende conformar una base de datos de las aves mexicanas a partir de las observaciones hechas por los ciudadanos.
<i>Plants of Concern</i>	Chicago Botanic Garden (EE. UU.)	Monitorea las plantas que se encuentran en las áreas rurales de Chicago.

Tabla 2. Algunos sitios web de proyectos de ciencia ciudadana que trabajan en biodiversidad.

En la figura 5 se muestra un diagrama de redes creado mediante la herramienta Fusion Tables, de Google. En él aparecen en azul los países que tienen proyectos de ciencia ciudadana en conjunto con otros, y en amarillo los que tienen proyectos que operan solo en su territorio. Se observa que es Estados Unidos quien tiene un mayor número de proyectos, tanto independientes como con otros países. Los datos para elaborar esta tabla fueron obtenidos en la investigación de documentos para la producción de este escrito.

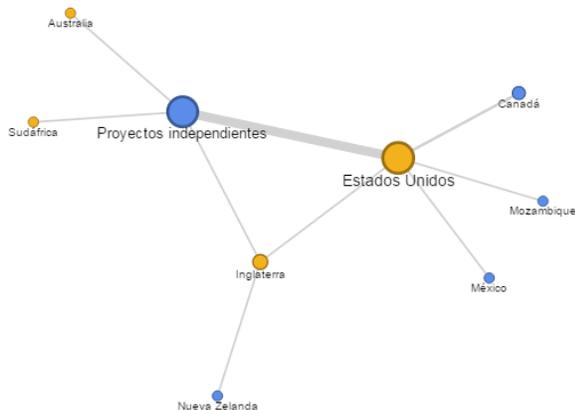


Figura 5. Diagrama de redes que muestra los países involucrados en proyectos de ciencia ciudadana y su conexión con otros (elaboración propia).

## 8. Experiencias y oportunidades en Colombia

En nuestro país, la ciencia ciudadana es un tema poco explorado. Iniciativas como las del colectivo independiente *Aburrá Natural* en Antioquia propenden a la conservación de especies nativas en el área metropolitana, principalmente de fauna, para lo cual se utilizan cámaras trampa que permiten hacer seguimiento de especies tan diversas como olinguitos, pumas, chuchas, tigrillos o aves (<http://www.aburranatural.org/>). El potencial de esta iniciativa podría incrementarse notoriamente si comenzara a buscar la ayuda activa de ciudadanos para consolidar un proyecto de ciencia ciudadana que además estuviera respaldado por algunas universidades. En la revisión de casos internacionales hecha para el presente artículo, se encontró que la mayor parte de proyectos de ciencia ciudadana están relacionados con las universidades, ya que estas pueden compartir su experiencia, brindar

acceso a laboratorios y espacios y contribuir con recursos (Conrad y Hilchey, 2011), además de contribuir ampliamente a la calidad y veracidad de la información que está difundiendo el proyecto en una época en la que abundan la sobreinformación y la desinformación en Internet, radio, televisión y prensa (Carleton-Hug y Hug, 2010).

Por su parte, el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt anunció su deseo de comenzar a trabajar en proyectos de ciencia ciudadana. En 2012, su directora, Brigitte Baptiste, manifestó en una entrevista que su objetivo era involucrar a los ciudadanos para que enviaran información sobre la fauna y la flora con la que convivían, a través de sus computadores y celulares (Vélez, 2012); sin embargo, hasta 2013 solo se había realizado un proyecto piloto en los humedales Córdoba y el Burro en la ciudad de Bogotá (OpEPA, 2013), y ninguna propuesta concreta y abierta había sido expuesta aún. La ciencia ciudadana tiene entonces un largo camino por recorrer en el país, en comparación con otros que llevan muchos años de experiencia en el campo (Bonney *et al.*, 2014).

Cabe anotar que en Colombia existen iniciativas gubernamentales dentro de la Política Nacional de Educación Ambiental, como los Comités Interinstitucionales de Educación Ambiental (CIDEA), que orientan la aplicación de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAES), y los Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental (PROCEDAS) en las distintas regiones del país, en los que el trabajo de ciencia ciudadana puede brindar un aporte significativo a la experiencia de aprendizaje a la vez que fomenta la preservación del medio ambiente.

## 9. Conclusiones

Después de haber analizado las posibilidades que brinda la ciencia ciudadana se puede concluir que esta es una herramienta que tiene un gran potencial educativo, que se hace aún mayor y obtiene realmente un carácter científico si se lleva a cabo con la orientación de la academia, de investigadores o de institutos científicos, lo que le permitiría tener un mayor respaldo, continuidad, credibilidad e incluso recursos económicos, y garantizar así que los proyectos se llevarán a cabo exitosamente. No obstante, no se debe limitar la participación académica exclusivamente

a las personas vinculadas económicamente con el proyecto. Se debe tener en cuenta que hay personas que habitan en las zonas rurales y son expertos en ciertos temas, y científicos que han consagrado su vida a la investigación en campo. También se deben tener en cuenta los conocimientos tradicionales de los habitantes, que pueden significar aportes de gran importancia para el desarrollo de los proyectos en la parte científica, e incluso pueden representar un cambio de percepción benéfico para los científicos en su interés por transmitir efectivamente a la gente los resultados de sus investigaciones (Shirk, 2015).

Por esto, aunque en el presente escrito se hizo un gran énfasis en el trabajo urbano, haciendo alusión a las grandes ciudades, no se debe olvidar que esta herramienta sirve también para trabajar en el campo y en los cascos urbanos de los municipios, donde también urge trabajar el tema de conservación, más aún en un país como Colombia, que está fuertemente afectado por el problema de la pérdida de la biodiversidad. Sería de gran utilidad comenzar a implementar proyectos educativos dirigidos a conservar la diversidad de la fauna y la flora y que propicien un aprendizaje significativo. Para conseguirlo se pueden usar todas las oportunidades que ofrece la ciencia ciudadana:

- La inclusión de diversos actores: niños, jóvenes y adultos.
- El trabajo en áreas urbanas con la diversidad propia del lugar.
- La integración con las TIC que, usadas adecuadamente, pueden dar grandes resultados, además de que este recurso es llamativo y económico.
- La posibilidad no solo de recibir información sino de construir el propio conocimiento a partir de la experiencia.
- La aproximación estética a la naturaleza, lo que permite a la vez descubrir las cualidades artísticas propias (por ejemplo, por medio de la fotografía).

Aun con todos estos beneficios, hay que tener siempre precaución con ciertos asuntos, como la validez y objetividad de los datos recolectados por los voluntarios o la complejidad de algunos temas que no permiten ser desarrollados en conjunto con personas que no tengan conocimientos científicos ni cercanía con la investigación, pues se podría tornar muy difícil y pesado para ellos (Thelen y Thiet, 2014; Bonney *et al.*, 2014). No obstante, estos proyectos, además de traer ventajas para la educación, también son de gran utilidad para la comunidad científica ya que mediante la recolección masiva de datos se puede determinar, por ejemplo, la salud de un ecosistema debido a que estos proyectos en su mayoría hacen seguimiento a

insectos polinizadores, aves y plantas, indicadores de la calidad de los ecosistemas, lo que sería muy costoso si se trabajara solo con un equipo de investigación en el que se tienen que capacitar personas para recolectar datos que algunas veces resultan insuficientes.

Respecto a la aceptación de los resultados de la ciencia ciudadana, Bonney *et al.* (2014) mencionan la importancia de la creación de redes y centros como el de la International Citizen Science Association (CSA), cuyo objetivo es promover y apoyar las buenas prácticas de la ciencia ciudadana en temas como el manejo de datos, el rigor científico (objetividad y veracidad de las observaciones), la ética y la evaluación de los proyectos.

En este sentido, los centros permitirían coordinar estratégicamente los proyectos (que normalmente trabajan en forma independiente), y analizar y sintetizar sus diversas bases de datos, al tiempo que harían posible acceder a la información significativa y relevante para los científicos y los tomadores de decisiones.

Con el apoyo de estas redes de centros internacionales, la ciencia ciudadana sería una estrategia relativamente económica y confiable para adquirir información geográficamente distribuida en tiempo real, que podría implementarse fácilmente en el país con el apoyo financiero del Estado y el soporte académico de universidades e institutos de investigación, y cuyos resultados revertirían en un mejor conocimiento ambiental por parte de jóvenes y adultos mediante visitas de sensibilización a colegios y comunidades para trabajar en temas como el de la pérdida de la biodiversidad, los efectos del cambio climático, la calidad de las aguas y el estado de los recursos naturales en nuestro país.

## 10. Agradecimientos

Los autores agradecen a la especialización en Gestión Ambiental de la Universidad de Antioquia, en el marco de la cual se desarrolló el presente artículo.

## 11. Referencias

1. Álvarez Álvarez, D. P. y Rodríguez Rodríguez, D. L. (2013). Propuesta para la contextualización de la estrategia PRAE para el mejoramiento de la inclusión de la dimensión ambiental en el currículo del Colegio Mayor de San Francisco de Asís (tesis de grado). Instituto de Educación y Pedagogía, Universidad del Valle, 137 p. <http://hdl.handle.net/10893/4566>
2. Arslan, S. (2012). The influence of environment

- education on critical thinking and environmental attitude. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 902-909.
3. Bekessy, S. A., White, M., Gordon, A., Moilanen, A., McCarthy, M. A. & Wintle, B. A. (2012). Transparent planning for biodiversity and development in the urban fringe. *Landscape and Urban Planning*, 108, 140-149.
  4. Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J. y Parrish, J. K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436-1437.
  5. Britton, S. A. y Tippins, D. J. (2015). Teaching with citizen science: it's more than just putting out fires!. In *Ecojustice, citizen science and youth activism* (pp. 207-222). Springer International Publishing.
  6. Burkman, C. E. y Gardiner, M. M. (2014). Urban greenspace composition and landscape context influence natural enemy community composition and function. *Biological Control*, 75, 58-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.02.015>
  7. Carleton-Hug, A. y Hug, J. W. (2010). Challenges and opportunities for evaluating environmental education programs. *Evaluation and Program Planning*, 33, 159-164. Doi: 10.1016/j.evalprogplan.2009.07.005
  8. Collins, A. (2014). Citizen science in the classroom: assessing the impact of an urban field ecology program on learning gains and attitudes toward science (tesis de maestría). Columbia University in the City of New York, Estados Unidos, 34 p.
  9. Conrad, C. C. y Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176, 273-291. Doi: 10.1007/s10661-010-1582-5
  10. Cosquer, A., Raymond, R. y Prevot-Julliard, A. C. (2012). Observations of everyday biodiversity: a new perspective for conservation? *Ecology and Society*, 17, 16 p. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04955-170402>
  11. Damerell, P., Howe, C. y Milner-Gulland, E. J. (2013). Child-orientated environmental education influences adult knowledge and household behavior. *Environmental Research Letters*, 8, 1-7. Doi: 10.1088/1748-9326/8/1/015016
  12. Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R. B., Crain, R. L., Martin, J., Phillips, T. y Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 291-297.
  13. Guruceaga, A. y González García, F. (2004). Aprendizaje significativo y educación ambiental: análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 115-136.
  14. Haugen, C. S. (2010). Adult learners and the environment in the last century: an historical analysis of environmental adult education literature. *Electronic Green Journal*, 1(29), 1-14.
  15. Havens, K., Vitt, P. y Masi S. (2012). Citizen science on a local scale: the plants of Concern program. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 321-323, Doi: 10.1890/110258
  16. Hostetler, M., Allen, W. y Meurk, C. (2011). Conserving urban biodiversity? Creating green infrastructure is only the first step. *Landscape and Urban Planning*, 100, 369-371. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.01.011
  17. Iucu, R. B. y Marín, E. (2014). Authentic learning in adult education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 142, 410-415. Doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.702
  18. Jiménez, A., Díaz, M. J., Monroe, M. C. y Benayas, J. (2014). Analysis of the variety of education and outreach interventions in biodiversity conservation projects in Spain. *Journal for Nature Conservation*, 12 p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2014.07.002>
  19. Kelling, S., Gerbracht, J., Fink, D., Lagoze, C., Wong, W-K., Yu, J., Damoulas, T. y Gomes, C. (2011). eBird: A human/computer learning network for biodiversity conservation and research. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence (www.aaai.org)*. 8 p.
  20. Koutsabasis, P. y Istikopoulou, T. G. (2013). Perceived web site aesthetics by users and designers: implications for evaluation practice". *Journal International Journal of Technology and Human Interaction Archive*, 9, 39-52.
  21. Lerman, S. B., Turner, V. K. y Bang, C. (2012). Homeowner associations as a vehicle for promoting native urban biodiversity. *Ecology and Society*, 17(4), 14 p. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05175-170445>
  22. Lindemann-Matthies, P. (2002). The influence of an educational program on children's perception of biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 33(2), 22-31.
  23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), 134 p. Recuperado de: [https://www.siac.gov.co/documentos/DOC\\_Portal/DOC\\_Biodiversidad/010812\\_PNGIBSE\\_2012.pdf](https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Biodiversidad/010812_PNGIBSE_2012.pdf)
  25. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014). Quinto informe nacional de biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica. Bogotá (Colombia). 101 p.
  26. Moreira, M. (1997). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos, España. 19-44. Traducción de M.<sup>a</sup> Luz

- Rodríguez Palmero.
27. Moshagen, M. y Thielsch, M. T. (2010). Facets of visual aesthetics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68, 689-709. Doi: 10.1016/j.ijhcs.2010.05.006
  28. Olin-Scheller, C. y Wikström, P. (2010). Literary prosumers: young people's reading and writing in a new media landscape. *Education Inquiry*, 1 (1), 41-56.
  29. ONU (2010). Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las metas de Aichi 'Viviendo en armonía con la naturaleza, 2 p.
  30. Organización para la Educación y Protección Ambiental (OpEPA) (2013). Ciencia ciudadana: ciencia en los humedales. Bogotá (Colombia). Recuperado de:
  31. [http://www.opepa.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=814&Itemid=29](http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=814&Itemid=29)
  32. Pachón Barbosa, N. A. (2013). Educación ambiental (EA) en el departamento de Boyacá (Colombia): diagnóstico preliminar. *Memorias del Congreso de Investigación y Pedagogía*. Tunja, número 02, octubre, 12 p.
  33. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (1992). 1992 Rio Declaration on Environment and Development". Recuperado de:
  34. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163&l=en>
  35. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2014). Realizing the potential of citizen science. *UNEP Year Book 2014*. Capítulo 6, 36-41.
  36. Rai Singh, H. y Abdul Rahman, S. (2012). An approach for environmental education by non-governmental organizations (NGOs) in biodiversity conservation". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 42, 144-152 Doi: 10.1016/j.sbspro.2012.04.175.
  37. Ramadoss, A. y Poyya Moli, G. (2011). Biodiversity conservation through environmental education for sustainable development. A case study from Puducherry, India. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 1, 97-111.
  38. Shirk, J. (2015, february). I try to work with these people. Scientists, citizen science, and public engagement. In *2015 AAAS Annual Meeting* (12-16 february 2015).
  39. Strohbach, M. W., Lerman, S. B. y Warren, P. S. (2013). "Are small greening areas enhancing bird diversity? Insights from community-driven greening projects in Boston". *Landscape and Urban Planning*, 114, 69-79.
  40. Tereso, S. (2012). Environmental education through art. *International Journal of Education through Art*, 8, 23-47. Doi: 10.1386/eta. 8.1.23\_1
  41. Thelen, B. A. y Thiet, R. K. (2014). Cultivating connection: incorporating meaningful citizen science into Cape Cod National Seashore's estuarine research and monitoring programs. Recuperado de:
  42. <http://www.nature.nps.gov/ParkScience/index.cfm?ArticleID=236&Page=1>
  43. Tidball, K. G. y Krasny, M. E. (2010). "Urban environmental education from a social-ecological perspective: conceptual framework for civic ecology education. *Cities and the Environment*, 3(1), 1-20.
  44. Toomey, A. H. Domroese, M. C. (2013). Can citizen science lead to positive conservation attitudes and behaviors? *Human Ecology Review*, 20(1), 50-62.
  45. Tuch, A. N., Roth, S. P., Hornbæk, K., Opwis, K. y Bargas-Ávila, J. A. (2012). Is beautiful really usable? Toward understanding the relation between usability, aesthetics, and affect in HCI. *Computers in Human Behavior*, 28, 1596-1607. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2012.03.024>
  46. United Nations Environment Programme (UNEP) (2014). Chapter 6. Realizing the potential of citizen science. *UNEP Year Book 2014*. 36-41.
  47. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco) (1987). International strategy for action in the field of environmental education and training for the 1990s, 24 p.
  48. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco) (2002). Education for sustainability from Rio to Johannesburg: lessons learnt from a decade of commitment, 46 p.
  49. Vélez de Restrepo, L. (2012, octubre 5). En Medellín se cuidará la biodiversidad. *El Colombiano*. Recuperado de:
  50. [http://www.elcolombiano.com/historico/colombianos\\_almaverde\\_en\\_medellin\\_se\\_cuidara\\_la\\_diversidad-PGEC\\_210258](http://www.elcolombiano.com/historico/colombianos_almaverde_en_medellin_se_cuidara_la_diversidad-PGEC_210258)