

# ISSUES IN ECOLOGY

Publicado por La Sociedad Ecológica de América

## Invertir en Ciencia Ciudadana Puede Mejorar la Gestión de los Recursos Naturales y la Protección Ambiental

Duncan C. McKinley, Abraham J. Miller-Rushing, Heidi L. Ballard, Rick Bonney, Hutch Brown, Daniel M. Evans, Rebecca A. French, Julia K. Parrish, Tina B. Phillips, Sean F. Ryan, Lea A. Shanley, Jennifer L. Shirk, Kristine F. Stepenuck, Jake F. Weltzin, Andrea Wiggins, Owen D. Boyle, Russell D. Briggs, Stuart F. Chapin III, David A. Hewitt, Peter W. Preuss, and Michael A. Soukup



Otoño 2015

Informe número 19

esa

# Invertir en Ciencia Ciudadana Puede Mejorar la Gestión de los Recursos Naturales y la Protección Ambiental

Duncan C. McKinley, Abraham J. Miller-Rushing, Heidi L. Ballard, Rick Bonney, Hutch Brown, Daniel M. Evans, Rebecca A. French, Julia K. Parrish, Tina B. Phillips, Sean F. Ryan, Lea A. Shanley, Jennifer L. Shirk, Kristine F. Stepenuck, Jake F. Weltzin, Andrea Wiggins, Owen D. Boyle, Russell D. Briggs, Stuart F. Chapin III, David A. Hewitt, Peter W. Preuss, and Michael A. Soukup

## RESUMEN

La participación ciudadana en la forma de hacer ciencia ha realizado grandes contribuciones científicas durante cientos de años. Más recientemente, esta contribución ha sido notoria en varios artículos de revistas científicas revisadas por pares académicos y ha influido en la gestión de los recursos y en la política y toma de decisiones de protección ambiental en toda la nación. En los últimos 10 años, la ciencia ciudadana y la participación comunitaria en proyectos científicos ha experimentado un crecimiento explosivo en Estados Unidos y en muchos otros países, particularmente en ecología, ciencias ambientales y campos de investigación relacionados.

El objetivo de este informe es ayudar a las agencias gubernamentales y otras organizaciones involucradas en el manejo de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la formulación de políticas relacionadas con la toma informada y apropiada de decisiones sobre la inversión en ciencia ciudadana. En este informe, exploramos el uso actual de la ciencia ciudadana en los recursos naturales y las ciencias ambientales y la toma de decisiones en los Estados Unidos y se describe cómo las organizaciones financiadoras podrían beneficiarse de la ciencia ciudadana. Encontramos esto:

- Muchas personas están interesadas en participar en la ciencia ciudadana.
- La ciencia ciudadana ya contribuye a la creación de conocimiento relacionado con los recursos naturales y del medio ambiente, la ordenación de los recursos naturales, así como, la protección del medio ambiente y la formulación de políticas de conservación.
- La ciencia ciudadana es un proceso riguroso de descubrimiento científico, indistinguible de la ciencia convencional, separada de la participación de voluntarios, y por tanto debe ser tratada como tal, en su diseño, implementación y evaluación. Cuando se diseña y utiliza adecuadamente, la ciencia ciudadana puede ayudar a una organización a satisfacer sus necesidades científicas.
- La ciencia ciudadana puede contribuir al desarrollo de los objetivos de las organizaciones de recursos naturales y medioambientales, mediante la participación y apropiación comunitaria.
- Muchos tipos de proyectos pueden beneficiarse de la ciencia ciudadana. Cuando se planea utilizarla, las organizaciones deben adaptar sus necesidades y metas de acuerdo a la participación y aporte público, para lo cual es importante fomentar las formas en que la comunidad puede participar. Dependiendo de las necesidades y metas de la organización, la ciencia ciudadana puede generar datos de alta calidad de manera eficiente o ayudar a resolver problemas, al mismo tiempo que fomentar la contribución y participación comunitaria.
- El liderazgo organizacional es necesario para proporcionar expectativas realistas para la ciencia ciudadana, incluyendo sus limitaciones, así como sus beneficios. A veces, se requiere disminuir el liderazgo administrativo para crear un espacio donde se pueda aprender de las ineficacias y fracasos del proyecto.

La ciencia ciudadana requiere inversiones estratégicas. Más allá de las inversiones específicas de proyectos, las organizaciones deberían considerar el desarrollo o la modificación de políticas y tecnologías diseñadas para facilitar el campo de la ciencia ciudadana en su conjunto.

**Fotos de la Portada:** Empezando arriba, de izquierda a derecha: a) Voluntarios del programa COASST recopilan información sobre el cadáver de un ave marina b) El personal del Servicio de Parques Nacionales y voluntarios del programa, toman nota de la fenología de varias plantas y animales c) Los voluntarios clasifican e identifican especímenes para una encuesta sobre biodiversidad d) Programa de capacitación botánica a voluntarios por parte del Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin, sobre métodos para levantar información para el Programa de Monitoreo de Plantas Raras de Wisconsin.

**Créditos de las fotos:** a) Liz Mack, COASST b) Carolyn A. F. Enquist c) Zach Kobrinsky d) Corey Raimond.

# Invertir en Ciencia Ciudadana Puede Mejorar la Gestión de los Recursos Naturales y la Protección Ambiental

Duncan C. McKinley, Abraham J. Miller-Rushing, Heidi L. Ballard, Rick Bonney, Hutch Brown, Daniel M. Evans, Rebecca A. French, Julia K. Parrish, Tina B. Phillips, Sean F. Ryan, Lea A. Shanley, Jennifer L. Shirk, Kristine F. Stepenuck, Jake F. Weltzin, Andrea Wiggins, Owen D. Boyle, Russell D. Briggs, Stuart F. Chapin III, David A. Hewitt, Peter W. Preuss, and Michael A. Soukup

## Introducción

El carpintero de cresta roja, el manatí de Florida, el esturión del Golfo ... todos son nativos de Wolf Bay, Bahía del Lobo, un estuario en la costa del Golfo de Alabama, donde las corrientes de agua dulce se mezclan con el agua salada del océano para crear un hábitat con gran diversidad de peces nativos y vida silvestre. Los pantanos, bosques y cuerpos de aguas de la región también apoyan una industria turística próspera y una rica pesca comercial y recreativa.

El área alrededor de la Bahía del Lobo ha crecido enormemente. El condado de Baldwin, lugar dónde se encuentra la bahía, casi ha duplicado su población en las últimas dos décadas, lo cual supone un desarrollo urbano que ha invadido los ecosistemas frágiles. Los sistemas y hábitats locales dependen del suministro de agua potable de las corrientes costeras y este desarrollo ha puesto en peligro la calidad del agua local.

En 1996, el personal de la Universidad de

Auburn, trabajando con ciudadanos locales, lanzó Alabama Water Watch, un programa creado para involucrar a los ciudadanos en el monitoreo y calidad del agua local. A partir de esto, surgió una red de grupos locales de monitoreo del agua, incluyendo Wolf Bay Watershed Watch, una organización sin fines de lucro formada en 1998. Con el entrenamiento y dirección de Alabama Watershed Watch y Wolf Bay Watershed Watch se monitorean actualmente casi 60 arroyos, bahías, y áreas pantanosas, a la vez que se ha muestreado la calidad del agua más de 8.000 veces desde el inicio del proyecto.

En 2007, el Departamento de Gestión Ambiental de Alabama designó a Bahía del Lobo como área excepcional para la estabilidad hídrica de Alabama, proporcionando gran protección para la calidad del agua del área y el hábitat de la vida silvestre. Esta designación limita las descargas de contaminantes y requiere el manejo de niveles más altos de oxígeno disuelto y menores cantidades de bacterias en la bahía. Este resultado se debe en gran parte a los esfuerzos de la Guardia de la Cuenca Hidrográfica de Bahía del Lobo y a los voluntarios que solicitaron apoyo de funcionarios locales, quienes desarrollaron un plan de manejo para la cuenca hidrográfica de Bahía del Lobo y ayudaron a los residentes a conocer la importancia en la conservación de la bahía.

La historia de la Bahía del Lobo representa lo que generalmente se llama "ciencia ciudadana", caso donde involucrando a la comunidad se realizó un monitoreo de la calidad del agua a lo largo de toda la cuenca. La ciencia ciudadana desencadenó esfuerzos locales exitosos para ayudar al Departamento de Gestión Ambiental de Alabama a alcanzar sus metas de conservación. ¿Tiene la ciencia ciudadana una mayor aplicabilidad para la gestión de recursos naturales y para las organizaciones de protección ambiental en toda la nación en el cumplimiento de sus misiones?

**Foto 1.** Bahía del Lobo, un estuario de la costa del golfo en Alabama.

Crédito de la foto: Eric Reutebuch, Alabama Water Watch.



Al tomar sus decisiones, los administradores de recursos naturales y medioambientales y otros encargados de tomar decisiones, carecen a menudo tanto de la información científica completa como del pleno apoyo y participación comunitaria que necesitan. En este informe, abordamos las siguientes preguntas:

- ¿Puede la ciencia ciudadana ayudar?
- ¿Puede proporcionar más de la ciencia necesaria para la gestión sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente?
- ¿Puede fomentar una mayor participación de la comunidad la ordenación de los recursos naturales, la toma de decisiones y la protección del medio ambiente?
- Y si es así, ¿cómo pueden los administradores de recursos naturales y ambientales y los responsables de la toma de decisiones invertir mejor en la ciencia ciudadana para mejorar los resultados?

Nuestro objetivo en este informe es ayudar a

las agencias gubernamentales y otras organizaciones involucradas en el manejo de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la formulación de políticas, a que comprendan y respondan estas preguntas y que en el futuro puedan ojalá tomar decisiones basadas en la participación comunitaria.

Nuestro objetivo es proporcionar una evaluación equilibrada de sí, cuándo y cómo las organizaciones pueden emplear la ciencia ciudadana para ayudar a satisfacer las necesidades de información y participación comunitaria de los administradores de recursos naturales y ambientales y otros agentes tomadores de decisiones.

### Qué es Ciencia Ciudadana?

La ciencia ciudadana significa cosas diferentes para diversas personas, causando confusión sobre su naturaleza y utilidad. Aplicamos el término para referirnos a la práctica de involucrar a la comunidad en un proyecto que puede

#### Box 1. Definiciones

**Gestión adaptativa:** – es un enfoque sistemático que busca mejorar el manejo de los recursos, aprendiendo de los resultados de su gestión. La gestión adaptativa se centra en el aprendizaje y la adaptación a través de reiterados procesos de planificación, estrategias puestas en marcha, monitoreos de gestión, convenios, y mediante alianzas entre gerentes, científicos y diferentes actores que trabajan, aprenden y se colaboran mutuamente.

**Ciencia ciudadana:** – participación de la comunidad en proyectos científicos. Los proyectos pueden implicar la participación de la comunidad en cualquiera o todas las etapas del proceso científico. Los proyectos pueden involucrar a científicos profesionales, o pueden ser completamente diseñados e implementados por voluntarios. Sin embargo, la ciencia ciudadana es considerada ciencia y debe ser tratada como tal en su diseño, implementación y evaluación.

**Ciencia convencional:** – un enfoque profesional de la ciencia conducido por científicos contratados por organizaciones académicas, gubernamentales o por ONG comerciales o sin fines de lucro. Generalmente son procesos llevados a cabo por alianzas de científicos profesionales y técnicos pagados o estudiantes. Aquí utilizamos el término de "ciencia convencional" para diferenciar el enfoque que necesariamente está basado en la participación de profesionales. Sin embargo, ambos enfoques se han entrelazado y no necesitan ser separados en la práctica.

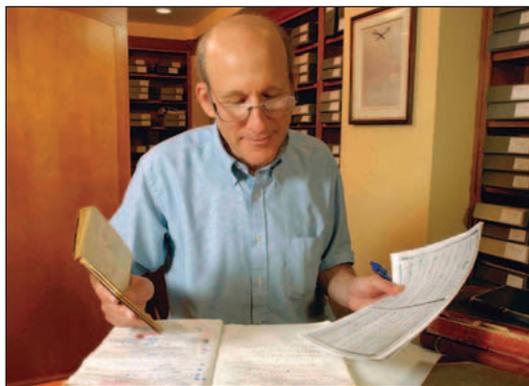
**Actores responsables de la toma de decisiones:** – individuos o grupos de personas del sector público o privado, quienes son los encargados de elegir entre diferentes alternativas que normalmente están delimitadas por políticas, leyes o reglamentos internos. En el sector público, los actores responsables de las decisiones incluyen personas que toman decisiones habituales relacionadas con la implementación de políticas públicas, así como personas que proyectan y otorgan contenido a una política pública, promulgando leyes, dictando órdenes ejecutivas, promoviendo reglas administrativas o interpretando judicialmente las leyes. Como se utiliza en este documento, a veces el término puede incluir a encargados de formular políticas públicas.

**Encargados de la formulación de políticas:** – individuos o grupos de personas, que típicamente hacen parte de la legislatura, el poder judicial o agencias administrativas, y quienes formulan políticas públicas a través de una serie de mecanismos y procesos. Los legisladores pueden decidir si adoptan o no una ley en particular, o crear una determinada regla que luego puede ser aplicada como ley o como regla.

**Compromiso público:** – funcionarios, especialistas y otros empleados de organizaciones que trabajan en el campo de los recursos naturales y el medio ambiente, quienes interactúan con la comunidad para intercambiar ideas sobre diversos problemas, soluciones planteadas u otras acciones u objetivos de gestión. Esto se hace a menudo a través de programas de extensión, educación, divulgación pública y reuniones oficiales.

**Aportes de la comunidad:** – comentarios por parte de la comunidad generados en espacios ofrecidos por parte de organizaciones gubernamentales o privadas. Ejemplos de ello son los períodos otorgados para la retroalimentación por parte de la comunidad, de manera posterior a la publicación de declaraciones de impacto ambiental y las reuniones de los comités consultores.

**Foto 2.** Un investigador compara observaciones recientes de plantas con flores con los registros y especímenes colectados por Henry David Thoreau en el 1850s. Foto cortesía de Richard Primack.



ser científicos o no, y que produce datos e información confiables para fines científicos, o simplemente para actores tomadores de decisiones o la misma comunidad. La calidad puede estar sujeta a la revisión de pares académicos y cumple con los requerimientos científicos convencionales. El término ciencia ciudadana se utiliza de muchas formas, por ejemplo, a veces se emplea para describir sólo proyectos en los que los voluntarios recopilan datos, otras veces, sólo para los proyectos que involucran a científicos profesionales o la participación de no científicos en las discusiones políticas. Sin embargo, el significado que nosotros usamos a través de este artículo está ganando aceptación general. La ciencia ciudadana, como la definimos, es indistinguible de la ciencia convencional, aparte de la participación de voluntarios, ambos pueden usar una variedad de métodos y pueden alcanzar una variedad de metas, incluyendo investigación básica, administración y educación. La ciencia ciudadana es ciencia (con la adición de voluntarios) y debe ser tratada como tal en su diseño, implementación y evaluación.

La ciencia ciudadana no es nueva. Antes de

que la ciencia surgiera como profesión, la mayoría de las investigaciones científicas fueron conducidas por "científicos ciudadanos" aficionados que realizaban o llevaban a cabo investigaciones científicas. A través de los siglos, científicos y voluntarios aficionados hicieron contribuciones claves al conocimiento del clima, la evolución, los procesos geológicos, la electricidad, la astronomía y otros fenómenos. En los Estados Unidos, por ejemplo, los agricultores, los meteorólogos y los naturalistas documentaron diariamente el clima, el momento de las cosechas, la abundancia y los brotes de plagas y el comportamiento de la vida silvestre. Los primeros ciudadanos científicos en América del Norte incluyen a los famosos Benjamin Franklin y Thomas Jefferson. Menos conocidos son los datos recogidos por naturalistas, como Henry David Thoreau. Los científicos han identificado los impactos del cambio climático en Concord y en Walden Pond en Massachusetts, donde los registros minuciosos de Thoreau a partir de la década de 1850, se hicieron con la llegada de las primeras flores, hojas y aves en cada primavera. En las décadas de 1930 y 1940, Aldo Leopold aprendió por su propia cuenta a realizar ciencia ciudadana, anillando aves y registrando su comportamiento durante los diferentes eventos de la primavera. Tomando nota de una serie de descubrimientos hechos por científicos voluntarios contemporáneos, Leopold llegó a la conclusión de que "el valor adicional de la investigación amateur está apenas comenzando a realizarse". De hecho, muchos de los proyectos de investigación de Leopold continúan hoy en día por voluntarios científicos.

Más recientemente, los investigadores se han beneficiado de la revolución de las tecnologías de la información y de la llegada de Internet y de las tecnologías móviles de detección y localización, equipadas con cámaras y otros sensores. Estas tecnologías han facilitado a los profesionales y no profesionales el acceso, almacenamiento, gestión, análisis y compartición de grandes cantidades de datos y la comunicación de información de forma rápida y sencilla. De forma paralela a la rápida evolución de la ciencia ciudadana, los avances tecnológicos han impulsado su crecimiento. Ahora, por ejemplo, los proyectos científicos ciudadanos pueden desplegar un gran número de voluntarios y registrar grandes volúmenes de observaciones en bases de datos centralizadas que pueden ser analizadas en tiempo casi real. Esta dinámica ha impulsado el crec-

**Foto 3.** Un participante en iNaturalist (un programa de ciencia ciudadana) utiliza un smartphone con adaptación de un lente macro para fotografiar un espécimen. Crédito de la foto: Yurong He.

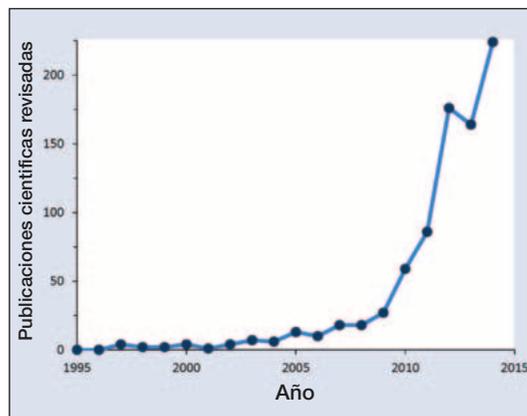


imiento de la ciencia ciudadana, que se ve reflejado en un incremento de los datos científicos provenientes de la comunidad en publicaciones de revistas indexadas (Figura 1). Impulsado por el interés público, la ciencia ciudadana actual puede ayudar a responder preguntas ecológicas y ambientales más complejas, abordando aspectos que afectan la vida cotidiana.

Los proyectos de ciencia ciudadana pueden proseguir la ciencia básica o aplicada, con propósitos que incluyen el monitoreo ambiental o ambiental de referencia, así como la respuesta a las crisis y la adopción de medidas de manejo, como la restauración del hábitat. La ciencia ciudadana puede abordar aspectos locales, como la identificación de la fuente de contaminación en un solo arroyo; también puede proporcionar información sobre procesos continentales o globales, como el cambio climático o las grandes migraciones de animales del mundo. Los voluntarios pueden participar en una escala pequeña o en gran parte del proceso científico. Por ejemplo, podrían formular una pregunta científica y luego contratar con científicos profesionales para llevar a cabo la investigación; O pueden simplemente colaborar estrechamente con científicos profesionales para desarrollar conjuntamente un proyecto, recolectar y analizar datos al igual que compartir los resultados. La comunidad de forma independiente o en grupo, puede incluso realizar investigaciones científicas totalmente independientes del círculo científico y de científicos profesionales. Sin embargo, los voluntarios generalmente contribuyen recopilando información en proyectos diseñados por científicos profesionales.

## Vías para fomentar la Ciencia Ciudadana

Las organizaciones encargadas de la gestión de recursos y del medio ambiente generalmente invierten en ciencia ciudadana por dos razones: (1) Crear ciencia que de otra manera no sería factible debido a la escala o por distintas razones prácticas, y (2) generar una mayor pertenencia por parte de la comunidad en la toma de decisiones a través de la generación de nuevos conocimientos científicos y mediante el aprendizaje adquirido durante la participación en los procesos científicos. Estas metas reflejan las dos maneras principales en que la ciencia ciudadana puede informar y asistir a los líderes y otros actores tomadores de decisiones (Figura 2). Las distintas vías fomen-



**Figura 1.** Crecimiento en el número de publicaciones científicas que han utilizado o estudiado la ciencia ciudadana desde 1995. Los datos se basan en una exploración en buscadores académicos para la palabra clave "ciencia ciudadana". Los resultados probablemente representan una fracción de todas las publicaciones científicas que utilizan o estudian ciencia ciudadana porque en muchas publicaciones no se reconoce cuándo se incluyen contribuciones de la ciencia ciudadana.

tan e incentivan la ciencia ciudadana, y ambas pueden converger eventualmente a la vez que pueden reforzarse mutuamente; un proyecto científico dirigido por la comunidad puede guiar o conducir a los voluntarios por ambos caminos a la vez, generando sinergias entre la ciencia y lo público al igual que pertenencia y compromiso. Aquí separamos ambos caminos sólo para describirlos.

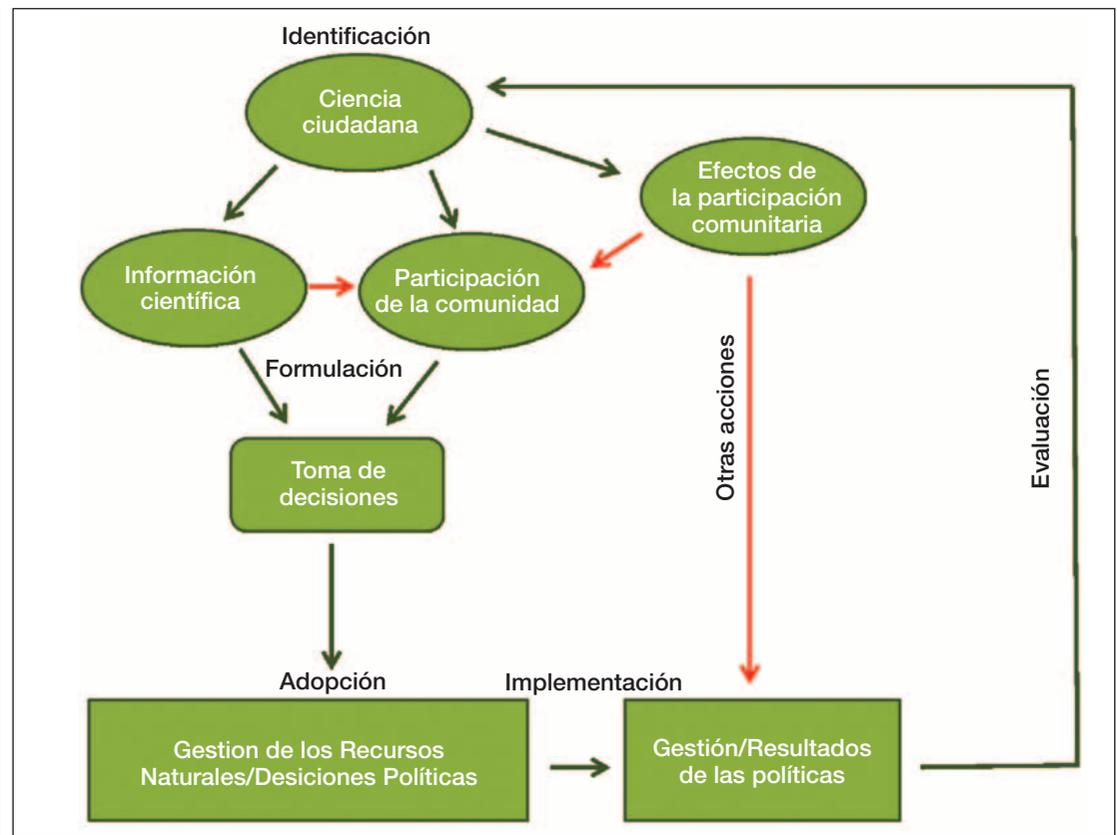
El primer camino es el mismo que ha seguido la investigación científica convencional. Los voluntarios solo ayudan a generar información científica para que gestores de recursos naturales y del medio ambiente a la vez que otros actores encargados de la toma de decisiones, usen la información generada para tomar las decisiones más convenientes.

La otra vía involucra a la comunidad en la investigación científica de forma más activa. Estimula su participación y contribución en la gestión de los recursos naturales, el medio ambiente y la creación de políticas ambientales. Los voluntarios pueden aportar información de forma directa, como por ejemplo la retroalimentación de sus procesos de aprendizaje en proyectos científicos con apoyo gubernamental. Sus aportes y participación también pueden ser indirectos; pueden compartir información al interior de sus comunidades, buscando la motivación y participación de otras personas a involucrarse en la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente y en las discusiones y decisiones políticas.

Aunque la mayoría de los proyectos de ciencia ciudadana involucran ambas vías (usualmente al mismo tiempo), el diseño de los proyectos puede variar influyendo en el tipo de información científica que se proporciona y en la calidad y el método de participación comunitaria que se obtiene.

Las organizaciones que usan la ciencia ciudadana, seleccionan de forma rigurosa el dis-

**Figura 2.** Caminos que la ciencia ciudadana puede tomar para influir en la gestión de los recursos naturales y la protección del medio ambiente por medio de: 1) la generación de información científica; y 2) facilitando intervenciones directas (flechas verdes) e indirectas (flechas rojas) de participación de la comunidad. El aporte público directo incluye, por ejemplo, comentarios sobre acciones gubernamentales propuestas; la participación indirecta incluyen la comunicación con los compañeros que podrían estimular la participación de la comunidad en la gestión de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y las decisiones políticas. El texto en negro se refiere al ciclo de políticas: los problemas o asuntos identificado que requieren atención; formulación de opciones que abordan el tema; la adopción de políticas dirigidas a resolver el problema; la implementación de políticas que implica la adopción de tales medidas; y la evaluación de resultados dónde se evalúa la eficacia de la política, iniciando el siguiente ciclo de políticas.



ño de sus proyectos para que se ajuste a sus necesidades y objetivos. Como alternativa, los miembros de la comunidad u otros interesados pueden iniciar, diseñar o implementar proyectos por su misma cuenta, llenando los espacios donde las agencias u otras organizaciones no están actuando.

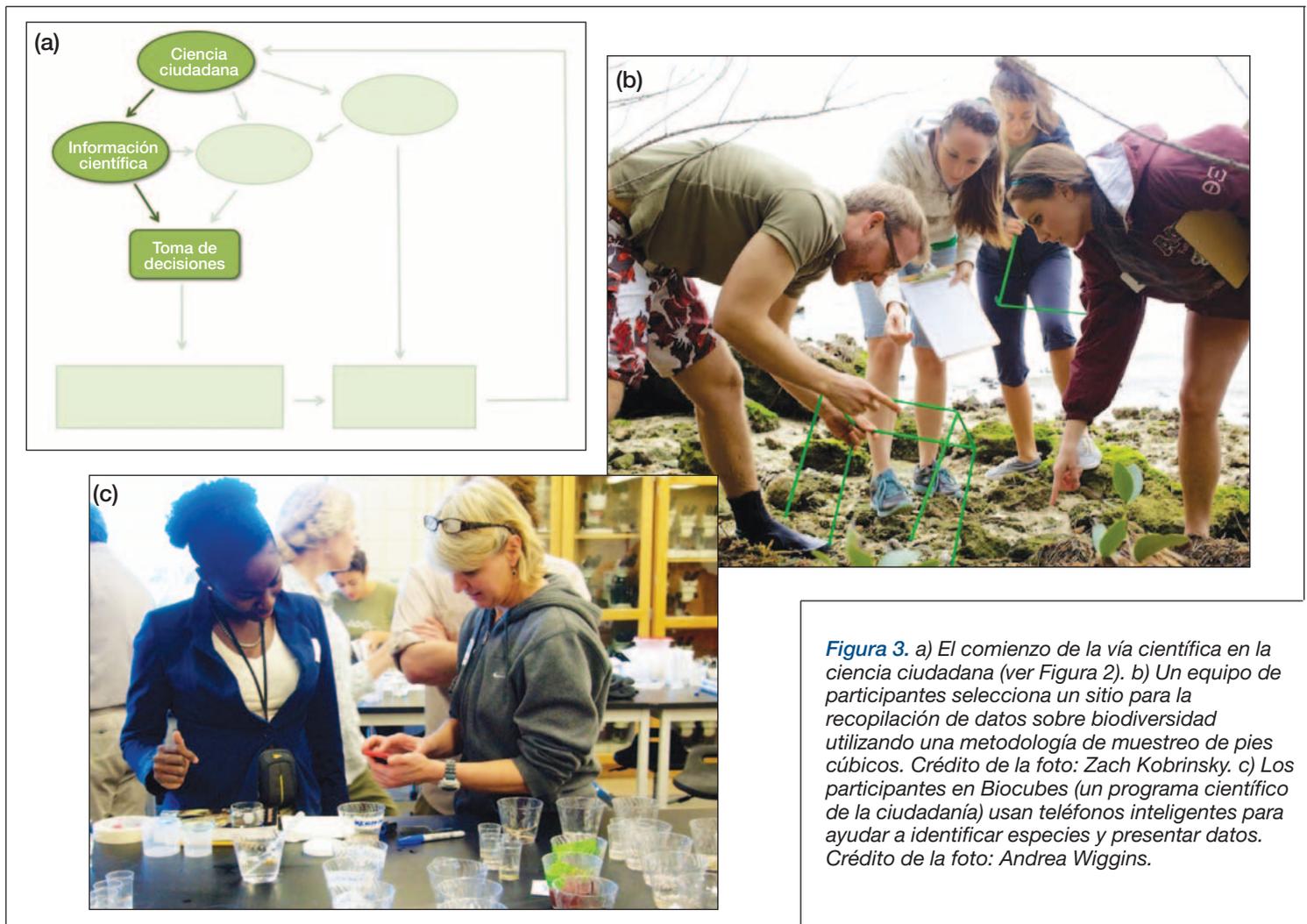
Juntas, las dos vías pueden ayudar a las organizaciones a alcanzar sus metas contribuyendo en varios factores en un típico ciclo de elaboración de políticas ambientales (Figura 2). La ciencia ciudadana puede hacer valiosas observaciones sistemáticas e identificar problemas o puntos controversiales. Es de gran ayuda en la formulación de políticas públicas, junto con contribuciones a la industria, grupos ambientales y otras partes interesadas. Fortalece el aporte de la comunidad en la formulación de políticas públicas por parte de legisladores y otros agentes tomadores de decisiones. Contribuye con las agencias gubernamentales y otras organizaciones a implementar las políticas correspondientes. Ayuda a evaluar el impacto de una política pública o decisión y también ayuda en la aplicación de leyes y reglamentos relacionados con los recursos naturales y el medio ambiente.

A continuación se analizan las sinergias de las dos vías que refuerzan la capacidad de descubrimiento científico y la capacidad de uti-

lizar eficientemente la ciencia en la ordenación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Por último, evaluamos las ventajas generadas por la implementación de la ciencia ciudadana para la gestión de los recursos naturales y la consecución de metas de protección ambiental y desafíos relacionados.

### Generando Ciencia

Para la toma de decisiones, las organizaciones dependen de información científica que debe ser relevante, creíble y precisa (Figura 3), en otras palabras la "mejor ciencia disponible". La mejor ciencia no proviene necesariamente de las mejores publicaciones científicas revisadas por pares académicos, que cuenta con diseños más robustos y otros criterios científicos. Por el contrario, esta es la mejor información científica disponible para responder a una pregunta específica. Las organizaciones pueden adquirir esta información a través de una variedad de medios, incluyendo informes o publicaciones de revistas indexadas, resúmenes o memorandos, testimonios de expertos o reuniones informativas y conversaciones con expertos. Algunas organizaciones realizan investigaciones internas o solicitan investigaciones detalladas, y a veces la investigación es con-



**Figura 3.** a) El comienzo de la vía científica en la ciencia ciudadana (ver Figura 2). b) Un equipo de participantes selecciona un sitio para la recopilación de datos sobre biodiversidad utilizando una metodología de muestreo de pies cúbicos. Crédito de la foto: Zach Kobrinsky. c) Los participantes en Biocubes (un programa científico de la ciudadanía) usan teléfonos inteligentes para ayudar a identificar especies y presentar datos. Crédito de la foto: Andrea Wiggins.

ducida independientemente por otras organizaciones o por científicos individuales. De dónde provenga la ciencia, su importancia, credibilidad y exactitud son un punto crucial.

### **Es suficiente la Ciencia Ciudadana para cumplir con la Información Requerida?**

Los administradores o gestores de los recursos naturales y las organizaciones de protección del medio ambiente, necesitan información científica para cumplir con una amplia variedad de objetivos. Al igual que la ciencia convencional, la ciencia ciudadana es flexible y puede adoptar una gama amplia de enfoques. La ciencia ciudadana puede usarse de varias maneras, incluyendo:

- Estudios de monitoreo que evalúan patrones, en el espacio y/o el tiempo, de uno o más componentes del ecosistema (por ejemplo, ¿Está esta especie aquí ahora? ¿Cuántos individuos de esta especie están aquí ahora?), o

de alguna de sus funciones (i.e., ¿está ocurriendo éste proceso ahora?. La recopilación de datos está estandarizada (la misma para cada ejercicio de muestreo) y controlada por el esfuerzo (los datos se registran incluso si no se encuentra ninguno, es decir, cero).

- Estudios de procesos que evalúan los impactos de elementos contaminantes (i.e., tratamientos de reducción de combustibles peligrosos o contaminación) en procesos o funciones del ecosistema (i.e., ciclo de nutrientes y agua). Los investigadores controlan el nivel y la duración de la exposición, y aparte existe un control que podría ser el statu quo.
- Observaciones y estudios realizados en el momento indicado, sin necesidad de cumplir con un diseño experimental estricto, pueden considerarse aproximaciones apropiadas a un tema. Estos estudios pueden llegar a ser útiles debido a la escala de la recopilación de datos, la rareza de los fenómenos observados (i.e., una especie rara o un evento meteo-



**Foto 4.** Voluntarios preparando especímenes de mariposas para iDigBio.

Foto: cortesía del Museo de Historia Natural de la Florida.

rológico poco frecuente), o la puntualidad de las observaciones (i.e., terremotos o derrames de petróleo).

Proyectos de ciencia ciudadana ya son considerados como una estrategia importante para afrontar los desafíos de la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente, al igual que el manejo de especies, la gestión de servicios ecosistémicos, la adaptación al cambio climático, el control de especies invasoras y la detección y regulación de agentes contaminantes (Tabla 1).

### ¿Qué valor científico aporta la ciencia ciudadana?

Comprender las fortalezas de la ciencia ciudadana puede ayudar a determinar cuándo puede proporcionar ventajas sobre la ciencia convencional:

- **La ciencia ciudadana puede llegar a trabajar mayores escalas geográficas y períodos de tiempo más largos que la ciencia convencional, y ocasionalmente suele hacerlo con un mayor nivel de detalle.** El trabajo de los voluntarios es usualmente rentable en materia de recolección de cierto tipo de datos. Por ejemplo la observación reproductiva de aves mantenida en el tiempo, o de manera más compleja, el monitoreo de fenómenos físicos y biológicos que de acuerdo a las características de la investigación

requieren abordar extensos periodos de tiempo o áreas demasiado grandes, para otorgar una mayor confiabilidad al resultado científico. Un caso concreto, es la Encuesta de Reproducción en Aves de Norte América (The North American Breeding Bird Survey), proyecto que se ha basado en voluntarios para rastrear la abundancia de poblaciones de aves en todo el continente (Estudio de Caso 1). Otros proyectos, como el Cuaderno de la Naturaleza (Nature's Notebook), incitan a voluntarios y científicos profesionales a reportar regularmente observaciones de la ocurrencia de plantas y animales, comportamientos, y eventos estacionales tales como la floración de árboles y etapas reproductivas de animales. En algunos casos, los proyectos se han beneficiado enormemente de la participación de voluntarios quienes recolectan los datos cuando los científicos no están físicamente presentes, como suele suceder durante el otoño e invierno del Ártico. Las organizaciones utilizan aplicaciones en línea como *IveGot1* y *Bugwood* para rastrear la presencia o ausencia de especies invasoras y otros agentes externos, para comprender mejor cómo se propagan las especies invasoras y para recopilar todo tipo de información que puede ser vital para explicar estos fenómenos. Adicionalmente, cientos de programas para el monitoreo de la calidad del aire y del agua en todo el país dependen en gran medida de la participación de voluntarios científicos para la recolección de datos y muestras (Estudio de Caso 2). El resultado de las observaciones es utilizado por científicos profesionales, agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y otros agentes responsables de la toma de decisiones.

- **La ciencia ciudadana puede acelerar y mejorar el trabajo en campo.** Tener más ojos durante la recolección de la información puede ayudar a detectar fácilmente cambios ambientales (i. e., detectar cambios en la aparición de la primavera a través de la fenología de las plantas), identificar fenómenos que requieren acciones de manejo (i. e., reducción del tamaño poblacional por incidencia de contaminación e introducción de especies invasoras), o la vigilancia y monitoreo de la eficacia de las prácticas de gestión. Los voluntarios han llenado vacíos de información y han detectado incidentes inusuales que pudieron haber eludido la ciencia convencional y el monitoreo científico. Por

ejemplo, el programa FeederWatch del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell fue capaz de rastrear rápidamente la propagación de la enfermedad en los pinzones domésticos y otras aves silvestres a través de 33 estados, gracias a la información que los voluntarios recolectaron observando alimentadores de aves. Los datos de ciencia ciudadana combinados con estudios de laboratorio nos han dado nuevas e importantes ideas sobre cómo retrasar o prevenir futuras epidemias entre la vida silvestre y los seres humanos.

- **La ciencia ciudadana puede mejorar el análisis de datos e imágenes.** Las personas son capaces de reconocer patrones e interpretar un mayor volumen de datos, así como distinguir sutiles diferencias entre diferentes grupos analizados. Voluntarios sin formación especializada (como los estudiantes de secundaria) se han desempeñado tan bien o mejor que los científicos altamente capacitados, o que el mismo uso de algoritmos analíticos de última generación, por ejemplo en la detección del "plegamiento de proteínas" para ayudar a los científicos a compren-

der mejor las proteínas (a través del juego de computador Foldit). Los voluntarios también pueden extraer información a partir de datos primarios recopilados digitalmente (imágenes o audio) mediante la identificación y registro de información secundaria (i. e., la identificación de la especie, la presencia o ausencia de una especie o la abundancia, comportamiento y frecuencia o duración de diversos fenómenos), tarea que por la subjetividad es a menudo difícil de realizar con las computadoras. Por otro lado, los voluntarios altamente capacitados, como los profesionales retirados, pueden contribuir al análisis de datos a un nivel superior. Por último, los voluntarios pueden utilizar el conocimiento local o tradicional, para ayudar a científicos profesionales a interpretar los resultados, especialmente la explicación de datos inusuales y en proyectos de investigación que exploran la interacción de la comunidad con los procesos ecológicos.

- **La ciencia ciudadana puede ayudar a clarificar las preguntas de investigación.** Los participantes en la ciencia ciudadana se ven

**Tabla 1. Ejemplos de proyectos o programas científicos participativos son utilizados por varias organizaciones que trabajan el tema de recursos naturales y medio ambiente, para cumplir con los objetivos y retos científicos al igual que fortalecer la apropiación y participación de la comunidad.**

Objetivo de Manejo	Aportes Científicos	Resultados esperados con la participación de la comunidad	Ejemplo de proyectos <sup>a</sup>
Manejo de especies	Proveer información de la abundancia, distribución, fenología y comportamiento de las especies	Soporte y participación de la comunidad en las decisiones de manejo	North American Breeding Bird Survey; <sup>a</sup> Monarch Watch; eBird; <sup>a</sup> Grunion Greeters
Gestión de Servicios Ecosistémicos	Obtención de recursos para su valoración; generación de mapas de servicios ecosistémicos	Concientización de la comunidad de los servicios ecosistémicos	USGS's Social Values for Ecosystem Services (SoLVES)
Evaluaciones de impacto y adaptación al Cambio Climático	Evaluación de la situación y tendencia de los principales aspectos físicos, ecológicos y sociales	Participación de la comunidad durante el desarrollo, implementación y evaluación de los programas	Nature's Notebook; Community Collaborative Rain, Hail and Snow Network
Control de especies invasoras	Monitoreo en tiempo real (sistemas de alerta temprana)	Soporte y participación de la comunidad en las decisiones de manejo	IveGot1 app; Bugwood app
Detección y control de la contaminación	Obtener información de la calidad del aire y del agua	Participación de la comunidad para la identificación de problemas y soluciones; Soporte y participación de la comunidad en las decisiones de manejo	Bucket Brigade; Global Community Monitor; Clean Air Coalition; <sup>a</sup> Alabama Water Watch Program <sup>a</sup>

a. Los proyectos de ciencia ciudadana pueden tener diferentes enfoques y distintas estrategias de inclusión de la comunidad, para así alcanzar metas científicas propuestas y obtener por parte de la comunidad la contribuciones esperadas para cada objetivo de gestión.

afectados y observan los recursos naturales locales y el medio ambiente en su vida cotidiana, por lo que pueden ayudar a mejorar la relevancia de las preguntas de investigación específicas de la ubicación y hacerlos más útiles para los administradores y las comunidades locales. Por ejemplo, en el estado de Washington la gente cosecha salal (*Gaultheria shallon*), un arbusto del bosque que es importante para el hábitat de vida silvestre y que tiene una importancia cultural y económica por el uso en arreglos florales. Preocupados por la disminución del salal, los científicos trabajaron con personas que cosechan el arbusto para formular preguntas de investigación sobre el uso sostenible de la planta. Los resultados ayudaron a todos los involucrados a comprender por qué el salal podría reducir su abundancia y cómo cosecharlo sin disminuir el recurso. Un análisis completo de los recursos naturales y las problemáticas ambientales a menudo requiere de una perspectiva holística, incluyendo diferentes dimensiones humanas. La ciencia ciudadana puede ayudar a proporcionar esta perspectiva y mejorar la investigación.

- **La ciencia ciudadana puede ayudar a los investigadores a identificar y estudiar mejor las interacciones entre los seres humanos y su entorno.** La ciencia ciudadana es adecuada para la colaboración interdisciplinaria, especialmente para proyectos donde se incluyen tanto dimensiones naturales como sociales. Gestores de los recursos naturales y del medio ambiente abordan cada vez más los aspectos sociales

en aspectos ecológicos complejos, como el manejo de incendios forestales en la interface urbana-áreas silvestres. Al involucrar a los miembros de la comunidad local, la ciencia ciudadana puede facilitar el entendimiento entre la comunidad, actores administrativos, científicos, reguladores, voluntarios y otras personas que juegan un papel en las dimensiones sociales de los sistemas naturales cercanos a centros urbanos.

### *¿Cuáles son los limitantes para que la ciencia ciudadana pueda cumplir con sus objetivos científicos?*

Muchos proyectos científicos no son apropiados para la ciencia ciudadana. El factor más común que limita la participación voluntaria en un proyecto científico es la capacidad de voluntarios entrenados para contribuir apropiadamente al proceso científico. Preguntas, métodos y análisis usualmente requieren conocimientos especializados, capacitación, a la vez que un equipo y unos compromisos de tiempo que hacen que la ciencia ciudadana sea ineficaz o poco práctica como enfoque.

Además, no todos los proyectos científicos que involucran a la comunidad estimulan el interés público, ya sea promoviendo la curiosidad o la preocupación. Debido a que los intereses de la población varían, la gente es selectiva acerca de participar en la ciencia ciudadana. Por ejemplo, especies carismáticas como lobos, osos y ciertas aves reciben más atención (y mayor apoyo financiero) que otras especies, incluyendo la mayoría de las plantas. Del mismo modo, los cuerpos de agua cerca de los destinos turísticos y los campus universitarios tienden a recibir más atención que los que se encuentran en las zonas urbanas e industriales. Además, los estudios en comunidades pequeñas o remotas podrían ser de gran interés local, pero el grupo de participantes potenciales en un proyecto científico ciudadano podría ser pequeño. Para ciertos taxones y procesos ecológicos y para algunas regiones biogeográficas o áreas geográficas, es difícil hacer sostenibles los proyectos científicos ciudadanos en el tiempo.

Por otro lado, muestreos no frecuentes (i. e., anuales) pueden obstaculizar procesos de recopilación de datos de alta calidad, ya que los participantes posiblemente tendrían que volver a aprender protocolos básicos de monitoreo. Un diseño exitoso de muestreo para los voluntarios debe compartir características, dónde la frecuencia de muestreo es suficiente

**Foto 5.** Voluntarios del programa COASST identifican un cadáver de un ave costera, y las posibles causas de lo que pudo haberla matado. Crédito de la foto: Liz Mack, cortesía de COASST.





para mantener a los participantes adecuadamente entrenados y capaces de recopilar datos consistentes, pero con requerimientos no tan complicados para no desalentar la participación.

Los proyectos de ciencia ciudadana que simultáneamente involucran a los voluntarios en la investigación científica y en los procesos de toma de decisiones, deben tener cuidado para evitar los prejuicios y una imagen negativa ante la comunidad. Los científicos profesionales también deben tener cuidado de los sesgos ideológicos, especialmente aquellos casos en donde sus investigaciones y la toma de decisiones puedan verse involucradas. En estos casos, se pueden utilizar controles de calidad que son similares tanto para la ciencia ciudadana como para la ciencia convencional. Estos controles de calidad pueden incluir el entrenamiento, la recolección de muestreos por duplicado, y la elaboración de análisis posterior a la colección de datos, procesos diseñados para identificar los valores atípicos y datos sesgados. Los controles de calidad deben ser utilizados en la mayoría de los proyectos científicos que involucran la comunidad, incluso cuando los voluntarios no participan en la toma de decisiones. No hay ningún control de

calidad especial en la ciencia ciudadana, que la ciencia no esté aplicando ya dentro de sus procedimientos convencionales.

### Opinión Pública y Compromiso Ciudadano

Para federales, estatales y municipales, así como para muchas organizaciones no gubernamentales, la opinión pública y la apropiación de la comunidad son esenciales en la formulación y consecución de los recursos naturales y los objetivos de protección del medio ambiente (Figura 4). La ley federal requiere que las agencias gubernamentales divulguen los impactos de sus principales actividades y que soliciten participación del público y sus opiniones en etapas importantes durante el proceso de desarrollo de políticas y manejo del suelo. Aquí definimos "opinión pública" como la retroalimentación por parte de la comunidad en respuesta a una llamada del gobierno u otras organizaciones para su participación. Los ejemplos incluyen espacios abiertos para promover comentarios de la comunidad después de la publicación de declaraciones de impacto ambiental y reuniones con comités asesores, como los

**Figura 4.** a) El inicio del aporte y participación comunitaria en la ciencia ciudadana (ver Figura 2). b) Recolección de artrópodos dulceacuícolas con niños. c) y d) Grupos de discusión de los posibles impactos del cambio climático en los procesos forestales con los voluntarios. e) Voluntarios entrenando a los niños en la observación de aves. Créditos fotográficos: b) Kristine Stepenuck, c) Gerald Bauer, Servicio Forestal USDA, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical, d) Eli Sagor, Cooperativa de Educación Forestal Sostenible, e) Susan S. Pear, cortesía del Laboratorio de Ornitología de la U. de Cornell.



**Foto 6.** Voluntarios de iDigBio etiquetan mariposas monarca para su liberación. Foto cortesía del Museo de Historia Natural de la Florida.

establecidos por la ley del Comité Asesor Federal.

Las agencias gubernamentales y otras organizaciones también pueden fomentar la participación de la comunidad en la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente y la formulación de políticas públicas ambientales. En consecuencia, aquí definimos el "compromiso ciudadano" como funcionarios, especialistas y otros empleados que interactúan con la comunidad para intercambiar ideas sobre un problema o una solución propuesta u otra acción u objetivo de gestión. Esto se hace típicamente a través de programas educativos, estrategias de divulgación pública y reuniones de ayuntamiento. Originalmente, la participación pública pretendía impedir que grupos de intereses especiales influyeran indebidamente en la toma de decisiones por parte del estado. Ahora, el aporte público y la colaboración son cada vez más vistos como aportes esenciales en la elaboración de actividades y políticas de gestión sostenible (Estudio de caso 3).

### ***¿Cómo puede la ciencia ciudadana promover la participación de la comunidad en la toma de decisiones y la administración ambiental?***

Los proyectos de ciencia ciudadana ayudan a mejorar el flujo de información entre la comunidad y los actores encargados de la gestión de los recursos naturales y las organizaciones que trabajan con políticas ambientales. Los voluntarios, a través de la capacitación que reciben para cada proyecto científico ciudadano, pueden adquirir mayor capacidad de análisis que les ayude a afrontar nuevas dudas o pre-

guntas de interés. También pueden aprender de los resultados científicos de un proyecto, especialmente si el proyecto aporta en conocimiento o arroja nueva información sobre un tema de preocupación. A su vez, los administradores de recursos naturales y las organizaciones ambientales reciben aportes de los voluntarios. Con ésta información logran una mejor comprensión y análisis de las prioridades de la comunidad, en un contexto social apropiado, contribuyendo así a un diálogo público más dinámico y productivo.

Bajo circunstancias adecuadas, los proyectos de ciencia ciudadana pueden tener los siguientes beneficios:

- **La ciencia ciudadana puede involucrar a la comunidad en los procesos de toma de decisiones.** Su participación en proyectos científicos abiertos al público puede aumentar la divulgación y comprensión de temas de conservación y medio ambiente, e incentivar a los participantes a ser más conscientes en torno a los temas que son de su interés. Muy probablemente, la participación de la comunidad en las reuniones públicas se traducirá en comentarios constructivos sobre las acciones propuestas. Por ejemplo, los miembros del proyecto Golden Gate Audubon, participan periódicamente en trabajos de monitoreo de aves y remoción de especies invasivas y posteriormente presentan sus resultados a las agencias locales. Los participantes de esta estrategia, reconocen que la ciencia participativa es importante para lograr metas locales en conservación y la formación de comités para la implementación futuros proyectos científicos participativos.
- **La ciencia ciudadana puede promover la colaboración.** La ciencia ciudadana es en esencia colaborativa. Puede hacer que la comunidad trabaje junto con organizaciones de manera colaborativa, creando sinergias y mejorando los resultados. Algunas agencias federales involucran a la comunidad en monitoreos multidisciplinarios, promoviendo una ciencia participativa en la cual personas con diversos intereses trabajan juntas para entender y solucionar un problema, y monitorear y evaluar los resultados del proyecto. En el monitoreo multidisciplinario se reclutan a menudo voluntarios, como sucede en el proyecto "Uncompahgre Plateau Project" en el oeste de Colorado, donde se invita a la participación específica de científicos voluntarios provenientes de la comunidad para su estrategia de monitoreo (Estudio de Caso 4).

- **La ciencia ciudadana puede aportar nuevas perspectivas para la toma de decisiones.** Al solicitar el aporte de la comunidad, los administradores de los recursos naturales y las organizaciones ambientales buscan integrar perspectivas distintas, como la representación de las diferentes partes interesadas o afectadas por la implementación de soluciones sostenibles a un determinado problema. La naturaleza participativa de la ciencia ciudadana ofrece los elementos necesarios para la inclusión de las distintas perspectivas involucradas en la toma de decisiones. Los voluntarios pueden representar grupos diferentes a los ya representados en otros proyectos participativos. Una representación pública más completa, asegura que los resultados sean más exitosos y satisfagan las necesidades de gran parte de la comunidad. En algunos casos, la ciencia ciudadana puede maximizar el tiempo desde la misma recolección de datos hasta su objetivo final, la gestión de los recursos y la toma de decisiones. Por ejemplo, el Equipo de La ciencia ciudadana tiene un componente predominantemente social. A través de una amplia gama de redes sociales, los participantes se comunican constantemente con amigos, familiares y colegas, difundiendo información sobre sus actividades científicas participativas y sobre distintos temas de interés. La información divulgada, sumada al comportamiento ejemplar que proporcionan, genera una corriente de motivación para que más voluntarios se involucren en el proceso o cambien su hábitos de comportamiento. En general, es más probable que las personas cambien su comportamiento gracias al ejemplo de sus amigos y vecinos que en respuesta a campañas de información pública.
- **La ciencia ciudadana puede dar respuesta a preguntas que preocupan a la comunidad local.** Temas de mayor importancia para la gestión y la política local pueden no ser abordadas por la ciencia profesional. El desarrollo de tales preguntas podría ser un proceso demasiado científico o no lo suficientemente novedoso. Otra posibilidad es que estos temas no sean una prioridad para la financiación de agencias federales o estatales, en adición de que las organizaciones locales podrían no contar con la suficiente capacidad científica para abordarlas. Como resultado, muchos proyectos de ciencia ciudadana han surgido por las preocupaciones de la propia comunidad local, que son



imposibles de abordar de cualquier otra manera. En un estudio realizado en Tonawanda, Nueva York, los miembros de la comunidad emprendieron una investigación sobre la calidad del aire en su ciudad altamente industrializada, lo cual desembocó en recursos legales (Estudio de caso 5). En tales casos, la comunidad contribuye con perspectivas locales que los científicos profesionales no podrían aportar de otra manera. La participación de voluntarios locales en un proyecto ofrece los espacios para generar preguntas, ideas y técnicas que de otra manera podrían no surgir, en proyectos donde solo los científicos profesionales aportan la capacitación y asesoramiento. La oficina de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) que apoya a la comunidad del Estado de Nueva York ha lanzado su sitio web (<http://www.epa.gov/citizenscience/>) dónde proporcionan recursos para la ciencia ciudadana, incluyendo protocolos para la recolección de dObservación Costera y Aves Marinas (COASST por sus siglas en inglés) recopila información sobre aves encalladas o aisladas en casi 300 playas que abarcan el norte de California, Oregon, Washington y Alaska. Gracias a la extensa red de 850 voluntarios del programa, y su estricto protocolo y sólida reputación, COASST ha proporcionado información casi en tiempo real para los responsables de planes de contingencia ante emergencias ocasionadas por derrames de petróleo o enfermedades aviarias por aves marinas costeras. Incluso, las observaciones y comentarios de este grupo han

*Foto 7. Voluntarios identificando plantas durante una encuesta de riqueza de especies en el Parque Nacional Acadia. Crédito de la foto: Abraham Miller-Rushing.*

llegado a alcanzar resultados satisfactorios aún cuando los incidentes se están desarrollando.

- **La ciencia ciudadana puede fomentar la administración ambiental.** La recopilación de datos ambientales puede generar un mayor compromiso de los voluntarios por el medio ambiente y fortalecer más su sentido de pertenencia por el lugar. Posterior a su participación en los proyectos de ciencia ciudadana, la comunidad usualmente entra en procesos de reflexión personal, que se traducen en cambios de sus prácticas de gestión. Por ejemplo, la participación de la comunidad en el proyecto Monarch Watch, ha generado un cambio de comportamiento de los voluntarios en el propio patio de sus casas. En el proyecto Monarch Watch, que es patrocinado por el instituto Kansas Biological Survey y la Universidad de Kansas, voluntarios en los Estados Unidos y Canadá, marcan a las mariposas monarca de manera individual para ayudar a los científicos a estudiar las poblaciones y migraciones de este grupo de mariposas. Después de comprender cómo el hábitat de las mariposas monarca ha venido desapareciendo, muchos voluntarios han implementado por su propio interés y en su propias viviendas, jardines de especies polinizadas por estas mariposas (i.e., con plantas del género *Asclepias* que constituyen hábitat para las orugas de la mariposa monarca).
- **La ciencia ciudadana puede divulgar el conocimiento.** atos, estudio de casos e información sobre financiamiento.
- **La ciencia ciudadana puede aportar conocimiento local y tradicional a procesos científicos y administrativos.** Los conocimientos locales y tradicionales pueden ser útiles para interpretar los resultados de una investigación, establecer las prioridades de la ciencia y la gestión y elaborar actividades de manejo. Por ejemplo, en el Bosque Nacional Wallowa-Whitman en Oregón, se trabajó con la organización no gubernamental Wallowa Resources para incluir a ganaderos y otros actores locales en una evaluación colaborativa de cuencas hidrográficas (una versión de monitoreo multidisciplinario). Los socios monitoreaban cómo el ganado interactuaba con los recursos hídricos en áreas del bosque nacional y aportaban esta información para la elaboración de la historia de las prácticas de pastoreo en el bosque. Los administradores del Servicio Forestal utilizaron esta información para seleccionar

las acciones de manejo más convenientes para mitigar la presión del ganado alrededor de lagos y ríos, mientras se mejoraba la producción y distribución de los animales, medida que fue apoyada por los ganaderos locales.

- **La ciencia ciudadana puede crear conciencia de la misión de una organización.** La participación de voluntarios en proyectos de ciencia ciudadana permite que una organización pueda relacionar su misión con el proyecto, mejorando su imagen pública. Los proyectos de ciencia ciudadana pueden formar vínculos, entrelazando intereses fundamentales por los recursos naturales y las ciencias ambientales, a su vez, que asuntos de gestión con programas del gobierno y organizaciones no gubernamentales.
- **La ciencia ciudadana puede mejorar el conocimiento científico de comunidades locales y crear a su vez conocimientos especializados.** La ciencia ciudadana puede aumentar la comprensión de la comunidad frente a un tema particular, ayudando a los voluntarios a tener un mejor acceso y entendimiento de la información científica. Proyectos de ciencia ciudadana bien diseñados pueden asentar conocimientos en ciencias e incluso dirigir a los voluntarios hacia carreras relacionadas con la ciencia o la gestión. Científicos profesionales han descubierto que algunos de los voluntarios, especialmente aquellos que son jóvenes adultos, muestran entusiasmo y vocación por la investigación científica. La ciencia ciudadana puede aumentar y diversificar el número de candidatos disponibles para puestos de trabajo en ciencia, gestión y protección del medio ambiente.

### *¿Cuáles son las limitaciones de la ciencia ciudadana para la participación comunitaria y la apropiación por parte de la gente?*

Los proyectos de ciencia ciudadana a veces pueden ser menos eficientes y efectivos que las estrategias de divulgación pública que buscan la participación y el aporte de la comunidad, particularmente cuando la conexión entre la ciencia y las decisiones políticas o de gestión son débiles o no son evidentes. La ciencia ciudadana es sólo una de las muchas maneras de involucrar a la comunidad en procesos de toma de decisiones y en la administración ambiental. Si el conocimiento científico ya es adecuado, como ocurre en contados casos,

entonces la ciencia ciudadana no es una estrategia apropiada. En esos casos, el conocimiento puede ser fácilmente transmitido y el aporte y el compromiso pueden ser buscados a través de medios convencionales como boletines o reuniones públicas.

Por otra parte, pensar en diseñar un proyecto científico participativo que tenga como objetivo el cambio de opiniones personales, así como sucede en conversaciones entre amigos, donde alguien presenta un punto de vista e intenta persuadir a los demás presentes de como mejorar las políticas propuestas o como mejorar las prácticas personales, es difícil y ambicioso. La experiencia nos muestra que los cambios en comportamientos personales, son generalmente limitados y cuando suceden, están precedidos por comportamientos ejemplares, anécdotas de ejemplos vividos. Los proyectos exitosos suelen estar diseñados para fomentar comportamientos particulares, ya sea si se plantan jardines de mariposas o se asiste a reuniones públicas. Los objetivos deben ser razonables -por ejemplo, animar a los jardineros a sembrar plantas nativas o amigables con la vida silvestre, es probablemente más fácil de lograr que conseguir que las personas sin conocimientos de jardinería planten jardines nativos. El logro de las metas para el aporte público y la participación requiere planificación y experiencia, y muchos proyectos de ciencia ciudadana no tienen los recursos para alcanzar tales metas. Este es un área activa de investigación, y se necesita más trabajo.

### **Sinergias de la generación de ciencia y la participación de la comunidad**

La ciencia ciudadana es más valiosa para el manejo de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, cuando se genera ciencia se incrementa notoriamente el aporte y participación de la comunidad. Pocas personas tienen la oportunidad de participar en la investigación científica, y la mayoría nunca participan en la gestión de los recursos naturales y la toma de decisiones ambientales. A través de la ciencia ciudadana, la comunidad pueden aprender cómo se genera ciencia y cómo se puede contribuir con la gestión de los recursos naturales y la toma de decisiones ambientales, lo que puede ser una experiencia valiosa y transformadora.

La mayoría de los ejemplos exitosos de ciencia ciudadana destacados en este informe, reu-

nen las sinergias entre la generación de ciencia y el aporte y participación de la comunidad. Por ejemplo, al mismo tiempo que los voluntarios ayudan a monitorear las aves a escalas imposibles de lograr de otra forma, a su vez están promoviendo la conservación de aves (Estudios de Caso 1 y 7). A través de sus observaciones y ocasionalmente con ciertos comportamientos y acciones, los voluntarios se involucran en problemas locales que los científicos y los funcionarios del estado han pasado por alto, contribuyendo tanto a la ciencia como a la toma de decisiones (estudios de casos 2 y 5). Una agencia federal anima a las distintas partes interesadas a participar en la identificación de los alcances científicos y de gestión, para luego participar en el proceso de monitoreo y manejo adaptativo (Estudios de Caso 3 y 4).

Quizás el mayor aporte de estas sinergias es cuando la ciencia ciudadana contribuye a un proceso de gestión adaptativa, que a menudo integra una variedad de actores involucrados y a la comunidad. En la gestión adaptativa, se evalúan los problemas; las acciones de gestión que están diseñadas e implementadas; y los resultados de la gestión son supervisados, evaluados y ajustados de acuerdo al ciclo interactivo. El éxito de la gestión adaptativa se mide en relación a que tanto aumenta el conocimiento científico, y cómo se ayudan a cumplir los objetivos de gestión y se reducen los conflictos entre los actores involucrados.

A pesar de la utilidad de la gestión adaptativa, su implementación puede ser difícil debido a la ausencia de tiempo, falta de financiación y otras limitaciones. La ciencia ciudadana puede facilitar la gestión adaptativa, especialmente cuando el monitoreo es apropiado para ser realizado por los voluntarios y cuando el tema de manejo es cuestión de interés general y local. Por ejemplo, el Servicio de Parques Nacionales está trabajando con organizaciones locales y voluntarios dentro y alrededor del Parque Nacional Acadia en Maine, para aprovechar la ciencia ciudadana como parte de un enfoque de manejo adaptativo para mantener y mejorar la resiliencia de los ecosistemas frente a rápidos cambios ambientales. Particularmente hay especial interés por cambio climático, especies invasoras y contaminación del aire y del agua. Sin los voluntarios, el personal del parque y los científicos profesionales no serían capaces de realizar el monitoreo necesario de la vida silvestre, las plantas invasoras y la calidad del agua. Muchos de los mismos voluntarios y

organizaciones involucradas también están participando en procesos para la toma de decisiones con respecto a la administración del parque.

### **Los efectos de la política federal sobre la factibilidad de desarrollar proyectos de ciencia ciudadana**

Muchos proyectos de ciencia ciudadana que involucran agencias federales se crean en asociación con organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas. Dependiendo del papel del estado en un proyecto de ciencia ciudadana, se podrían aplicar disposiciones de la política estatal. Tales consideraciones en política incluyen la propiedad intelectual, la privacidad y las obligaciones adquiridas por ley por las agencias federales. Los requisitos de propiedad intelectual incluyen la propiedad y el acceso a los datos.

Las organizaciones pueden negociar las condiciones de su participación mediante la elaboración de los términos y condiciones del uso y acceso a la información. Los acuerdos especifican las funciones y responsabilidades de las organizaciones y los participantes con respecto a los datos generados por la comunidad.

Las preocupaciones de los derechos de autor gira en torno a la información personal generada en el área de estudio, tal como fotografías, videos y archivos de audio, todos los cuales se rigen por la Ley de Privacidad. Las agencias federales que implementan proyectos de ciencia ciudadana tienen dos opciones para cumplir la Ley de Privacidad: (1) pueden evitar la recolección de información personal perteneciente a los voluntarios y evitar el uso de bases de datos generadas con datos e información tomados por identificación personal; o (2) pueden establecer un proceso para administrar la información categorizada como personal y hacer que ésta sea revisada y aprobada por la Oficina de Gestión y Presupuesto (OMB). Algunos programas de ciencia ciudadana han encontrado formas tecnológicas de eliminar la información categorizada como personal de sus bases de datos.

Las agencias federales están obligadas a cumplir con las obligaciones especificadas por ley. La mayoría de los proyectos de ciencia ciudadana piden a los voluntarios que registren sus observaciones de forma estandarizada y las presenten en hojas de datos o formularios en línea. Los proyectos que involucran agencias federales pueden aplicar la Ley de Reducción

de Trámites, con la intención de reducir el trámite público de formularios y permisos. La ley se aplica al trabajo financiado o realizado por el gobierno federal, incluyendo investigaciones científicas. El uso de ésta ley requiere que las agencias federales examinen la información que se les solicita a los voluntarios y que hagan un descargo de comentarios públicos relacionados con la justificación y responsabilidad de su trabajo. El proceso normalmente toma de varios meses a más de un año para ser completado. Las agencias generalmente anticipan este “gasto de tiempo” y planifican los plazos del proyecto en consecuencia. Sin embargo, los plazos largos pueden limitar la capacidad de una organización para utilizar la ciencia ciudadana en ciertas actividades, como la respuesta rápida a derrames de petróleo, erupciones volcánicas, incendios forestales y otros eventos. Para tales actividades, las agencias federales se podrían cobijar de los proyectos ya aprobados por la OMB, proyectos que se pueden desarrollar a través del proceso de liquidación o proyectos que no requieren la aprobación de la OMB.

Bajo la Ley de Calidad de Datos (a veces llamada la Ley de Calidad de la Información), las agencias federales están obligadas a asegurar que los datos que son difundidos cumplan con los estándares de calidad, utilidad, objetividad e integridad. La OMB y las propias agencias escriben las directrices correspondientes, que se aplican tanto a la ciencia ciudadana como a la ciencia convencional.

### **Cuándo Emplear la Ciencia Ciudadana**

En el caso del monitoreo ambiental, la ciencia ciudadana empieza a un nivel básico dando respuesta a las preocupaciones ambientales locales. Cuando una agencia federal u otra organización de conservación está considerando invertir en un proyecto científico ciudadano, se debe considerar cuidadosamente lo que se espera lograr. Otras opciones, como financiar la ciencia convencional o solicitar encuentros comunitarios para obtener la opinión de la comunidad, también pueden ser viables. Para decidir sobre la aplicación de proyectos de ciencia ciudadana, se podría empezar con el planteamiento de una pregunta fundamental: ¿Se puede mejorar el proceso científico con el aporte y contribución de la comunidad?

La aplicación de estrategias de ciencia ciudadana podrían ser más ventajosas cuando:

- **Los voluntarios pueden recolectar datos de alta calidad y en ocasiones sólo necesitan una capacitación mínima.** Por ejemplo, la recolección de insectos o la toma de mediciones sencillas, como la circunferencia de los árboles, son tareas fáciles de hacer sin una capacitación extensiva. Los voluntarios también pueden recolectar datos que requieren del seguimiento de protocolos complejos o tienen que desarrollar ciertas habilidades especializadas, como en muchos programas de monitoreo de la calidad del agua. La investigación ha demostrado que los voluntarios con la formación y la orientación adecuada, pueden identificar con precisión especies en diversos niveles taxonómicos y evaluar con precisión atributos importantes de una población, como la abundancia de especies y su distribución. Sin embargo, no se debe esperar que los voluntarios puedan utilizar instrumentos analíticos sofisticados, ni que participen en actividades que requieren una capacitación o certificación compleja. En términos generales, cuanto más simples sean los métodos, más fácil será involucrar a los voluntarios en la recolección de datos con alta calidad. Tareas simples también hacen factible el aumento del número de participantes, a la vez que se hace más sencillo el mantenimiento y recopilación de datos de alta confiabilidad. Las organizaciones también deben usar filtros de calidad de la información para la identificación de datos cuestionables y su posterior corrección o descarte. El uso de controles de calidad es relevante para todo tipo de encuestas y evaluaciones, ya sea implementado por voluntarios o por científicos profesionales.
- **La participación de los voluntarios permite abordar problemas que no pueden ser respondidos de ninguna otra manera.** La participación comunitaria puede ser parte central de la capacidad para recolectar, analizar e interpretar cierta información. Una de las principales fortalezas de la ciencia ciudadana es su capacidad para recopilar información detallada sobre grandes áreas y largos períodos de tiempo y procesar grandes cantidades de datos (como imágenes), simplemente porque el número de voluntarios excede el número de profesionales (incluyendo investigadores, profesores y estudiantes). En algunos casos, los voluntarios pueden obtener datos inaccesibles para los empleados del gobierno, como datos sobre tierras privadas o sobre impactos de

caza en una especie. Cuando se necesita una rápida reacción, como ante los desastres ambientales o debido a la mortandad repentina a gran escala de aves o peces, los esfuerzos de investigación pueden beneficiarse de la rapidez y capacidad de movilización de un gran número de voluntarios.

- **La participación comunitaria en el proceso científico sirve para cumplir las metas de contribución ciudadana que tienen las organizaciones y colabora en la toma de decisiones a través de la generación de conocimientos científicos y de aprendizaje.** El aporte de la comunidad puede ayudar a identificar las preguntas más relevantes que el diseño de un estudio científico debe responder y las estrategias más apropiadas para llevar a cabo el estudio, especialmente si la investigación se centra en un tema que afecta o involucra a la población local. Si la investigación pretende abordar la gestión de los recursos naturales o las decisiones para formulación de políticas ambientales, por consiguiente, la participación pública debería ayudar a desarrollar preguntas y métodos de investigación apropiados a nivel local, particularmente si el problema de la gestión o la formulación de políticas, requiere entender cómo interactúa el comportamiento humano con procesos ecológicos. Por ejemplo, los conocimientos locales o tradicionales, como la cosecha de alimento o las prácticas de caza en un área determinada, pueden ayudar a los científicos a comprender los comportamientos humanos, la ecología local y las amenazas a las especies, permitiéndoles formular preguntas y métodos de investigación que puedan ayudar a los administradores y otros actores a tomar mejores decisiones o más acordes con la realidad.

### **¿Qué inversiones requiere la ciencia ciudadana?**

Internet y otros dispositivos móviles han aumentado las oportunidades para que los voluntarios realicen observaciones en campo en tiempo real (i.e., las aplicaciones de teléfonos inteligentes de eBird y Budburst) y para que las organizaciones incorporen y entrenen voluntarios (i.e., vídeos de monitorización de la calidad del agua de Trout Unlimited YouTube). Internet también ha permitido involucrar a millones de voluntarios en el análisis en línea y procesamiento de imágenes y otros datos para aplicaciones de protección

ambiental y manejo de recursos naturales (i.e., SkyTruth.org y Snapshot Serengeti).

Invertir en ciencia ciudadana requiere tiempo y dinero. Aunque la ciencia ciudadana depende de voluntarios, su sostenimiento no es gratis; una organización debe invertir en la capacidad de un proyecto de ciencia ciudadana para tener éxito. La capacidad de un proyecto implica invertir en personal (personal y voluntarios) y en todas las herramientas y recursos que los voluntarios necesitan para llevar a cabo con éxito el proyecto. Además, las organizaciones deben crear un entorno cultural y político propicio para el desarrollo de proyectos de ciencia ciudadana. En muchos casos, las organizaciones pueden confiar en los proyectos o herramientas ya existentes, así deban ser modificadas para un uso más especializado. Por ejemplo, pedir a los voluntarios que utilicen eBird para monitorear las poblaciones de aves (Estudio de caso 7). En otros casos, las organizaciones requieren desarrollar o diseñar proyectos y herramientas completamente nuevas, así como infraestructura de apoyo. Por ejemplo, para algunas organizaciones podría ser necesario designar personal para investigar métodos apropiados de recopilación de datos; desarrollar una base de datos para acceder, archivar y analizar datos; y para reclutar y capacitar voluntarios.

Invertir en ciencia ciudadana puede significar un ahorro en los costos totales de una organización. Las agencias federales, estatales y locales y las organizaciones no gubernamentales ya dependen en gran medida de voluntarios para diversos tipos de actividades. Algunas organizaciones tienen tres o más voluntarios por cada empleado contratado. El sistema educativo en los Estados Unidos, tanto en la escuela secundaria como en los niveles universitarios, hace hincapié en el servicio comunitario, creando una gran reserva de potenciales voluntarios para la ciencia ciudadana. Las organizaciones pueden aprovechar estas oportunidades (Estudio de caso 6), incorporando voluntarios para realizar tareas que no pueden ser llevadas a cabo solamente por el personal fijo o contratado. Por ejemplo, Paleo Quest, un programa de ciencia ciudadana donde los voluntarios exploran varios lugares en busca de fósiles, encontró que tener voluntarios colaborando en el trabajo de campo, aumentó la productividad científica y redujo el presupuesto usado por artículo científico a decenas o cientos de miles de dólares y en ocasiones a menos de mil dólares.

### ***Inversiones en proyectos específicos***

Las inversiones que una organización realiza para implementar un proyecto científico ciudadano dependen de los objetivos particulares, la escala y el alcance del proyecto. Muchos proyectos de ciencia ciudadana son pequeños, por lo que se necesita poca o ninguna inversión administrativa. Un proyecto dirigido por un solo investigador podría utilizar un pequeño equipo de voluntarios para recolectar muestras; o un solo voluntario de ciencia ciudadana podría tener el conocimiento y los recursos para llevar a cabo el proyecto y publicar la investigación por sí solo. Los proyectos de mayor envergadura y los proyectos con múltiples objetivos, son a menudo los proyectos que requieren inversiones bien planificadas por parte de las organizaciones.

Las organizaciones a menudo subestiman los requisitos de los proyectos científicos de los ciudadanos. Para ser efectivo, un proyecto debe tener un diseño científico sólido y un método para reclutar, entrenar y retener a voluntarios. El proyecto también debe reunir, almacenar y analizar datos y comunicar los resultados. Un proyecto de ciencia ciudadana debe hacer todo lo que un proyecto de ciencia convencional hace, mientras también involucra a voluntarios, lo que puede requerir experiencia especial y tomar mayor tiempo y recursos. Algunos proyectos de ciencia ciudadanos requieren menos recursos que un proyecto de ciencia convencional comparable, pero algunos requieren más. En grandes proyectos y mediante asociaciones, las organizaciones pueden aprovechar las economías de escala.

Los científicos profesionales suelen desempeñar papeles fundamentales en proyectos de ciencia ciudadana. Debido a que la credibilidad es esencial, los científicos ayudan a asegurar un riguroso diseño experimental, control de calidad y una constancia del uso de reconocidas técnicas analíticas y estadísticas. A veces, las organizaciones necesitan crear un equipo multidisciplinario calificado, proporcionando las herramientas necesarias para el desarrollo del proyecto y facilitando un sistema que permita evaluar la calidad del proyecto.

Tener a un equipo multidisciplinario calificado es a menudo un aspecto importante para alcanzar las metas de un proyecto, que incluyen la generación de ciencia así como la del aporte y la participación de la comunidad. En general, nadie domina completamente cada aspecto de un proyecto de ciencia ciu-

dadana, o nadie tiene el tiempo suficiente para ejecutar el proyecto solo. El hecho de tener científicos y especialistas sociales y biofísicos trabajando juntos en el mismo equipo, puede mejorar los resultados de la investigación tanto en términos científicos como en lo relacionado con la gestión, lo que a su vez mejora el diseño de futuros proyectos. Estos equipos multidisciplinarios a menudo se construyen a través de alianzas entre múltiples organizaciones.

Los proyectos de ciencia ciudadana también requieren inversiones en sistemas de evaluación de la calidad de sus procesos y los resultados. ¿Involucra el proceso a las personas adecuadas y genera los datos adecuados? ¿Están los voluntarios involucrados y tienen una participación activa? ¿Se están cumpliendo los objetivos científicos a la vez que la contribución y participación de la comunidad? Los sistemas de evaluación pueden ser internos o externos a un proyecto u organización. Deben formar parte de un sistema de gestión adaptable, con mecanismos para mejorar la implementación de un proyecto basado en los resultados del monitoreo y la evaluación en curso. Un número creciente de reportes, artículos científicos y otro tipo de recursos ha empezado a describir los métodos de evaluación de proyectos y sus resultados, a la vez que proporciona técnicas para diseñar proyectos donde se facilita su evaluación.

### ***Inversiones en manejo de datos e información***

Planificar cómo administrar apropiadamente los datos, es una decisión sumamente importante para garantizar la calidad de la información, el acceso y su transparencia. La cantidad de datos disponibles al público sigue siendo una pequeña proporción de los datos que existen, y aunque los repositorios de datos están empezando a cambiar el panorama, los datos científicos siguen estando dispersos por todo lado. La estandarización de la recopilación de datos es fundamental cuando las organizaciones desean compartir información para hacer inferencias más sólidas o aumentar la escala de observaciones en el tiempo y el espacio. Cuando los datos se comparten o se publican, a menudo no son de acceso público porque están protegidos por editores o necesitan ser traducidos a formatos digitales para que su redistribución aborde un uso más amplio. Incluso cuando los datos están "abiertos" y pueden ser descargados fácilmente, rara vez

vienen con documentación de referencia adecuada de los métodos de recolección y análisis de datos, o información sobre advertencias importantes (i.e., nivel apropiado de inferencia y presencia de datos cuestionables) o instrucciones para el uso y citación apropiados.

La ciencia ciudadana es una gran excepción en dónde los datos usualmente se comparten más fácilmente, pero todavía sigue sufriendo varios de los mismos problemas que tiene el manejo de datos de la investigación convencional. Los datos que no están bien documentados pueden ser imposibles de interpretar apropiadamente y por ende no se pueden usar de manera responsable. Por ejemplo, sin información sobre el contexto de la recolección de la información y detalles sobre los procesos de calidad de datos, los usuarios no pueden juzgar si los datos sí son o no útiles. DataONE está desarrollando plataformas de almacenamiento y consulta para los organizadores de proyectos de ciencia ciudadana e igualmente para científicos profesionales, para ayudarles a manejar, documentar y compartir mejor sus datos. Las guías para el manejo de la información y sus políticas de divulgación, son un primer paso para mejorar el acceso a los datos científicos a la comunidad y aumentar su uso potencial. La primera de estas guías ha sido publicada (ver Lectura Adicionales), pero cada vez se están desarrollando y publicando más recursos (ver DataONE.org y CitizenScience.org).

### ***Invertir abarcando la totalidad de la Ciencia Ciudadana***

Además de las inversiones que las organizaciones privadas pueden realizar para proyectos específicos de ciencia ciudadana, se necesita una inversión más amplia en el campo de la ciencia participativa, abarcándola en su totalidad, para estimular la innovación, el desarrollo y la adopción de mejores prácticas. Se necesita inversión en diferentes componentes, particularmente en herramientas para la planificación e implementación de proyectos científicos participativos y en plataformas para fomentar la comunicación entre proyectos y diversas disciplinas. Dichas inversiones reducirán los costos, al igual que el tiempo que se tarda en generar resultados y facilitarán el crecimiento y la madurez en el campo de la ciencia ciudadana. Algunas áreas importantes a considerar son:

**Protocolos estandarizados.** El desarrollo de un archivo de protocolos compartidos (como el Índice de Métodos Ambientales

Nacionales) y el fomento del uso de estándares comunes de datos (como el monitoreo de la calidad del agua), permiten la estandarización de protocolos e integración de datos, maximizando el valor y la credibilidad de la información recolectada. The North America Breeding Bird Survey es un excelente ejemplo del uso de protocolos y conjuntos de datos estandarizados (estudio de caso 1). Planificar los presupuestos muestra cómo las organizaciones se pueden anticipar a los costos iniciales y operativos del proyecto.

**Tecnología.** Invertir en el desarrollo de tecnología de sensores mejorará la calidad y reducirá el costo de los datos producidos a través de proyectos de ciencia ciudadana. Por ejemplo, la falta de una tecnología de monitoreo disponible y de bajo costo para medir la calidad del aire, ha hecho que el monitoreo de la calidad del aire de la comunidad se vea retrasado, respecto al monitoreo de voluntarios en otras áreas, como la calidad del agua. En respuesta, la Agencia de Protección Ambiental ha lanzado la iniciativa Next-Generation of Air Monitoring para promover el desarrollo y uso de sensores de aire portátiles de bajo costo, para monitorear la calidad del aire.

**Recolección y análisis de datos.** El desarrollo de técnicas para compartir y analizar grandes cantidades de datos recopilados por diferentes proyectos en grandes áreas, mejorará aún más el valor de la ciencia ciudadana para abordar grandes desafíos, como el seguimiento de grandes migraciones o la documentación de cambios en los rangos de distribución de las especies. ¿Qué características deben compartir las herramientas implementadas en la ciencia ciudadana? Se están realizando evaluaciones para identificar las necesidades básicas correspondientes y por ende para desarrollar estrategias necesarias para satisfacerlas. Por ejemplo, CitSci.org está evaluando las necesidades, probando soluciones técnicas y evaluando y refinando las herramientas resultantes, en un esfuerzo por desarrollar un paquete que pueda ser fácilmente empleado por diversos proyectos, que pueda ser reutilizable y que reúna gran parte del software necesario para desarrollar y administrar proyectos de ciencia ciudadana para la gestión de los recursos naturales. Otras organizaciones están también llevando a cabo proyectos similares. En el futuro, tales esfuerzos minimizarán la necesidad de desarrollar software independi-

entes para cada proyecto de ciencia ciudadana nuevo.

**Comunicación.** La ciencia ciudadana -y la ciencia en general- dependen de la colaboración para el flujo apropiado de la información. Las estructuras políticas, sociales y organizativas correspondientes, mejoran la comunicación de datos, facilitando la toma de conciencia de las mejores prácticas y la innovación a medida que se intercambian ideas entre proyectos, disciplinas y organizaciones. Un consorcio de universidades, agencias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales que invierten en ciencia ciudadana, ha trabajado con una amplia comunidad de investigadores científicos, educadores y profesionales de la ciencia para formar la Asociación Científica Ciudadana. Varias agencias están desarrollando redes complementarias de coordinación interna y externa dentro y fuera de distintas disciplinas y regiones geográficas (Estudio de caso 8). La asociación y sus redes complementarias, ayudarán a satisfacer las necesidades de comunicación; a proporcionar puntos de entrada para las personas nuevas en el campo; y a promover las mejores prácticas y el desarrollo profesional, al tiempo que se proporciona una evaluación del proyecto y otros servicios de apoyo. La asociación tiene como objetivo principal asistir el campo de la ciencia ciudadana para establecer y alcanzar altos estándares de rigor científico y proporcionar oportunidades para el desarrollo profesional. La mayoría de las redes de coordinación son muy nuevas y necesitan más financiación y otro tipo de apoyo. Las agencias federales, estatales y municipales, podrían considerar invertir en las actividades de la Asociación Científica Ciudadana.

**Centros.** Centros de ciencias ciudadana orientados en diversas disciplinas, como la conservación, la salud pública y la bioquímica, promoverán los estándares de ciencia ciudadana, de tecnología, y de recopilación, análisis de datos y comunicación. Por ejemplo, un centro (virtual o físico) para la ciencia ciudadana sobre el manejo de recursos naturales y la protección ambiental, podría reunir a líderes que operan a diferentes niveles (desde áreas protegidas globales a individuales) para desarrollar soluciones a retos comunes y complejos. Los desafíos podrían incluir la integración de datos de todos los proyectos; la creación y visualización de otros productos de datos que sean útiles para la comunidad, los gerentes y los encargados de formular políti-

cas; las evaluaciones o revisiones sistemáticas de técnicas para maximizar los resultados positivos de la ciencia, la gestión o la participación; y los métodos eficientes para la planificación, implementación y sostenimiento de proyectos que involucran a múltiples organizaciones. La Red Nacional de Fenología de EE. UU. (Estudio de Caso 8) es un modelo exitoso que está bien enfocado.

## Conclusiones

La ciencia ciudadana ya está realizando aportes al desarrollo de la ciencia y a la gestión de los recursos naturales y del medio ambiente, así como a la formulación de políticas. Cada año, decenas de miles de voluntarios llegan a los bosques, sabanas, humedales, costas, lagos, arroyos e incluso a sus propios patios, para recolectar información científica de alta calidad y disponible. Varios proyectos grandes y que se han venido desarrollando por largo tiempo, no serían posibles sin la ayuda de los voluntarios. Los voluntarios producen un conjunto de datos a largo plazo, recopilan datos en grandes áreas geográficas, detectan eventos y especies raras y abordan áreas de investigación que de otra manera sería inviable. La ciencia ciudadana ha realizado aportes claros a la ciencia, contribuyendo a muchas publicaciones revisadas por pares académicos y a extensos conjuntos de datos que se requieren para la gestión de los recursos naturales y ambientales. La ciencia ciudadana aumenta el potencial para la generación de un conocimiento esporádico y crea información necesaria que entra a hacer parte de la formulación de políticas, la planificación y a las actividades de gerencia en varios niveles del gobierno.

La ciencia ciudadana también proporciona beneficios más allá de la creación de ciencia. Ofrece la oportunidad de un discurso abierto, basado en el conocimiento científico y mas

accesible para personas comunes a quienes les genera más confianza y lo comprenden mejor. A través de la ciencia ciudadana, las organizaciones se benefician de las asociaciones y del amplio y diverso conocimiento de la comunidad. La ciencia ciudadana puede aumentar la divulgación científica y ambiental, al igual que ampliar la participación pública con los administradores de recursos naturales y del medio ambiente y otros actores encargados de la toma de decisiones. A través de la ciencia ciudadana, las organizaciones pueden reconocer más fácil los patrones y las brechas del conocimiento con la comunidad, ayudándoles a establecer prioridades y asignar recursos. Mediante la difusión del conocimiento científico y la participación de más personas en la formulación de políticas, la ciencia ciudadana puede ayudar a las organizaciones a tomar decisiones que conduzcan a mejores resultados ambientales y sociales y así, poder evitar conflictos ambientales innecesarios.

Sin embargo, la ciencia ciudadana no es una solución para todos los problemas. A pesar de que ofrece muchas ventajas, no siempre es el instrumento más adecuado para satisfacer las necesidades de una organización de información científica o de la apropiación y participación de la comunidad. Antes de comenzar un proyecto científico participativo, una organización debe sopesar sus necesidades, analizando las fortalezas y debilidades de los posibles diseños de ciencia ciudadana. Si una organización decide seguir adelante con la ciencia ciudadana, entonces debe establecer claras expectativas de lo que la ciencia participativa puede y no puede otorgar. Se necesitan más investigaciones para comprender mejor hasta qué punto la participación de la comunidad a través de la ciencia ciudadana puede generar comprensión y ofrecer otros beneficios para la gestión de los recursos naturales y la protección del medio ambiente y la formulación de políticas.

## Caso de Estudio Número 1. North American Breeding Bird Survey (BBS)

**Rango espacial:**  
a nivel local y nacional

**Rango temporal:**  
a largo plazo (Más de 10 años)

**Nivel de entrenamiento:**  
básico, pero participan ornitólogos con experiencia

**Historia:** Fundada en 1966, la BBS es un esfuerzo de cooperación entre el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el Centro de Investigación de la Vida Silvestre y del medio ambiente (Patuxent) y el Servicio Canadiense de Vida Silvestre (ECCWS), para monitorear el estado actual y las tendencias de las poblaciones de aves norteamericanas.

**Objetivos de la gestión:** El objetivo principal del programa es el manejo de las especies mediante el monitoreo de cambios en las poblaciones y distribución de aves en toda América del Norte. Igualmente se busca compartir la información relacionada con cambios significativos en las poblaciones de aves, con todos los investigadores y administradores de fauna silvestre.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso científico:** Los voluntarios realizan encuestas de aves e introducen la información recopilada en una base de datos en línea administrada profesionalmente, pero no participan formalmente en el diseño del proyecto o en el análisis e interpretación de los datos.

**Nivel de colaboración de los voluntarios en la participación comunitaria:** El compromiso de la comunidad no es un foco central, aunque el proyecto podría estimular la acción pública.

**Sostenibilidad:** Los gerentes, coordinadores, investigadores y estadísticos profesionales compilan, preparan, analizan y entregan la información recopilada por voluntarios a los actores encargados de formular políticas públicas, a los gerentes y a la comunidad en general. Los investigadores y la comunidad tienen libre acceso a los datos procesados por término indefinido.

**Ciencia:** Los datos generados por la BBS han contribuido a la elaboración de más de 500 artículos revisados por pares académicos. Apropiación y participación la comunidad: Los educadores utilizan los datos de la BBS como una inducción básica en diversas disciplinas científicas.

**Resultados/beneficios:** Un análisis de las citas donde se menciona a la BBS en el Registro Federal (diario que registra y documenta las acciones federales), muestra que los datos de la BBS son usados en muchas decisiones políticas, incluyendo la implementación de la legislación para Especies Amenazadas, la Ley del Tratado de Aves Migratorias y la Ley de Política Ambiental Nacional. Por ejemplo, el Registro Federal citó a la BBS en: 1) una petición para subir el estado de conservación del carpintero (*Picoides articus*) a la categoría de Amenazado (abril de 2013), 2) la elaboración de una propuesta de investigación del estado de amenaza del urogallo de Gunnison (*Centrocercus minimus*) (enero de 2013) y 3) una propuesta para aumentar la categoría de conservación de la alondra cornuda (*Eremophila alpestris*) a especie amenazada y designar hábitat necesarios para su conservación (octubre de 2012) (se puede consultar en [www.regulations.gov](http://www.regulations.gov)).

Las siguientes citas reflejan el valor de la BBS para los actores encargados de la toma de decisiones:

Concluimos que, si bien la BBS es la única fuente de información disponible para establecer las tendencias reproductivas a largo plazo del chorlito llanero (*Charadrius montanus*), la información es todavía insuficiente para determinar las tendencias de su población. ... Aún así, reconocemos que esta es la mejor información disponible sobre las tendencias de esta especie y que los resultados del trabajo de la BBS sugieren que recientemente ha habido una disminución de la población (de 1999 a 2009). (Centro para la Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, tomado de la petición para elevar la categoría de conservación del chorlito llanero a especie amenazada, mayo de 2011).

Estimaciones a largo plazo de la abundancia de la bisbita llanera (*Anthus spragueii*), elaboradas por Breeding Bird Survey (BBS). El monitoreo que ha sido realizado a nivel nacional, también se ha desarrollado a largo plazo y comenzó en 1966. El trabajo de la BBS es generalmente conducido por observadores que recorren rutas ya establecidas. ... puesto que existen evidencias de que la bisbita llanera evita las carreteras (Sutter et al., 2000, p.144), los monitoreos en carretera pueden no ser la mejor medida de abundancia para la especie. No obstante, los métodos de la BBS han sido consistentes a través del tiempo, y la organización proporciona la mejor información de la tendencia de la especie disponible en este momento. (Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, tomado de 90-Day Finding sobre una petición para elevar la categoría de amenazada de la bisbita llanera, diciembre de 2009)



Grupo de observadores de aves.

Crédito de la foto: Joan Condon. Cortesía del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell.

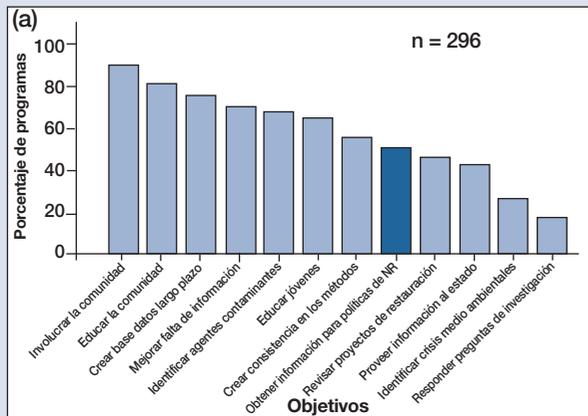
### Caso de Estudio Número 2. Monitoreo Voluntario de la Calidad del Agua: Resultados de la Política Ambiental y de Recursos Naturales.

Los coordinadores de programas de voluntariado para proyectos del monitoreo agua en Estados Unidos, fueron encuestados en 2013. La encuesta de abarcó 345 programas que a su vez apoyan a más de 1.300 subprogramas. 51% de los 296 encuestados indicaron que uno de los objetivos de su programa era obtener datos para la modificación de las políticas de los recursos naturales y del medio ambiente (véase el primer gráfico a continuación), y una tercera parte informó haber utilizado los datos recopilados para este propósito. La mayoría usó los datos para afectar los resultados a nivel estatal y local (ver el segundo gráfico a continuación). El alcance de los programas de voluntariado para el monitoreo del agua varía: alrededor del 40 % monitorea un solo cuerpo de agua o cuenca hidrográfica, y cerca de la mitad opera en todo el estado a través de múltiples cuencas hidrográficas. Pocos programas operan a través de diferentes estados o a nivel nacional. Los programas se iniciaron entre 1965 y 2012. Casi la mitad han estado recolectando datos durante más de 16 años.

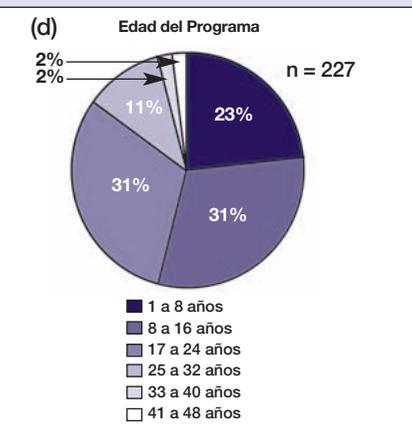
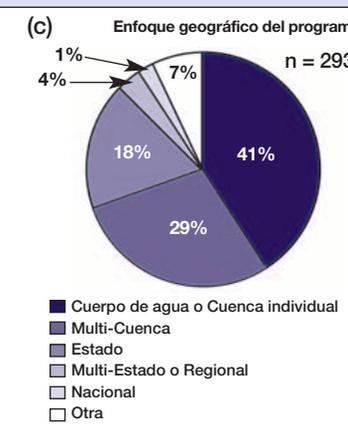
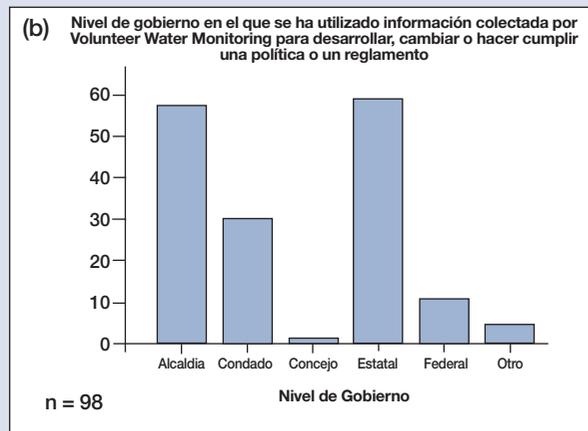


Un voluntario recoge una muestra de agua en un arroyo. Crédito de la foto: Kristine Stepenuck.

Alrededor de tres cuartas partes de los encuestados indicaron haber usado los datos recolectados por voluntarios, para desarrollar, cambiar o hacer cumplir una política o regulación. Los ejemplos incluyen el desarrollo de estatutos para: detener la alimentación de aves acuáticas costeras; crear santuarios para las ostras; exigir la limpieza obligatoria de excremento de mascotas en áreas especificadas; aumentar los periodos de desinfección ultravioleta en una planta de tratamiento de aguas residuales; y la declaración de zonas de tránsito lento o de zonas de inmovilización de barcos para minimizar la propagación de especies invasoras. Los programas también utilizaron datos para la identificación de sistemas sépticos defectuosos, descargas inadecuadas de plantas de tratamiento de aguas residuales, conexiones ilegales en sistemas de aguas pluviales municipales y fallas en el cumplimiento de los estándares de calidad del agua (en un sorprendente 67% del total de los casos). Estos datos también contribuyeron para incrementar la lista roja de aguas contaminadas y para la estandarización de las descargas diarias máximas totales (TMDLs), notificación estatal requerida por parte de la EPA bajo la Ley de Agua Limpia (los TMDLs describen los límites de asignación para contaminantes en cuerpos de agua).



Los dueños de presas, los distritos de aguas pluviales en ciudades y condados, las plantas de tratamiento de aguas residuales y otros actores requeridos para cumplir con mejores prácticas de manejo forestal, han adquirido permisos basándose en los resultados del monitoreo voluntario. Además, los permisos han exigido un información adicional de la ya suministrada por los monitoreos comunitarios. Entre otros aspectos, la edad del programa esta correlacionada significativamente con el aumento de las políticas ambientales y los resultados de la gestión en escalas geográficas más grandes. En un caso, los datos de los voluntarios de un programa de 32 años de edad, se convirtieron en la única fuente de información sobre calidad del agua para la agencia de recursos naturales debido a recortes en el presupuesto. Estos ejemplos demuestran claramente que la ciencia ciudadana puede contribuir a la gestión y al desarrollo de políticas de los recursos naturales y del medio ambiente.



a) Respuestas de las encuestas realizadas sobre los objetivos del programa, b) nivel de gobierno en el que se han utilizado los datos para desarrollar, cambiar o hacer cumplir una política o un reglamento, c) alcance geográfico de los programas de monitoreo, d) distribución de las edades en los programas. Fuente de datos: Stepenuck, K.F. 2013. Mejorar la comprensión de los resultados y la credibilidad de los programas de voluntariados de monitoreo ambiental. Tesis doctoral. Universidad de Wisconsin-Madison. Disponible en: [http://aquadoc.typepad.com/files/stepenuck\\_dissertation-final.pdf](http://aquadoc.typepad.com/files/stepenuck_dissertation-final.pdf)

### Caso de Estudio Número 3. La Nueva Regla de Planificación del Servicio Forestal de los Estados Unidos.

**Rango espacial:**  
a nivel local y nacional

**Rango temporal:**  
a largo plazo (Más de 10 años)

**Nivel de entrenamiento:**  
básico o extenso

**Historia:** El Servicio Forestal de los Estados Unidos administra 193 millones de hectáreas de bosques, pastizales y otros ecosistemas. La Ley de ordenación forestal nacional exige que cada bosque o pastizal nacional, adopte un plan de gestión a largo plazo diseñado para orientar los proyectos y otras actividades de gestión durante un período de 10 a 15 años. Una regla de planificación a nivel de agencia que se utiliza para guiar apropiadamente la gestión de los recursos. En 2012, el Servicio Forestal adoptó una nueva reglamentación para la planificación de la ordenación del territorio. La nueva norma reconoce que el conocimiento científico, aunque sí es esencial, no es la base exclusiva para una gestión eficaz del Sistema Forestal Nacional. La regla hace un llamado a las unidades del Servicio Forestal para que utilicen los conocimientos locales y tradicionales. También ordena a cada unidad, involucrar a la comunidad al comienzo de sus procesos de planificación para lograr la máxima transparencia.



*Los empleados del Servicio Forestal recopilan la opinión de la comunidad durante un proceso de planificación.*

*Crédito de la foto: USDA Forest Service National Collaboration Cadre.*

**Objetivos de manejo:** El objetivo fundamental del Servicio Forestal es mantener y restaurar la salud y resiliencia de los ecosistemas y las cuencas hidrográficas para proteger el agua, el aire, el suelo y otros recursos naturales. La regla de planificación demanda el monitoreo de la diversidad y viabilidad de las especies, actividades que pueden ser desarrolladas con estrategias comunitarias y por tanto adecuadas para la ciencia ciudadana. El cumplimiento de estas necesidades científicas, en apoyo a las propuestas de gestión, sólo podría ser posible con la participación de los voluntarios.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso científico:** El público y los voluntarios asociados a las organizaciones no gubernamentales, proporcionan información sustancial sobre qué supervisar. Los voluntarios monitorean una amplia gama de indicadores ecológicos, sociales y económicos con el fin de generar una retroalimentación que los administradores de recursos naturales pueden utilizar en sus procesos de planificación.

**Ciencia:** Debido a que la regla de planificación es nueva y sólo hasta ahora está siendo implementada, los voluntarios todavía están recolectando los datos requeridos para los resultados científicos que los administradores de tierras necesitan. El tipo de monitoreo se ha ampliado para incluir la efectividad (objetivos de manejo) y el monitoreo de validación (hipótesis de prueba), además del monitoreo de implementación (proyectos / objetivos) que la agencia ha venido realizando durante décadas.

**Participación y Apropiación de la Comunidad:** La normativa de planificación de 2012, hace un llamado a las dependencias de servicios forestales para que utilicen los conocimientos locales y tradicionales, además de la mejor ciencia disponible para planificar sus actividades de gestión. La regla de planificación, ordena a cada unidad involucrar a la comunidad al comienzo de sus procesos de planificación para lograr la máxima transparencia. Además, se pide la colaboración comunitaria para identificar y supervisar que participación pública se esté incentivando a lo largo del proceso de monitoreo para evaluar los impactos ecológicos, económicos y sociales de las acciones de manejo.

**Inversión:** El financiamiento para la planificación del manejo de tierras y recursos del Servicio Forestal y la implementación del plan forestal, es proporcionado por el sistema anual de asignaciones federales. En algunos casos, las asociaciones con otras organizaciones son importantes, incluso con organizaciones no gubernamentales y grupos industriales.

**Resultados/Beneficios:** La regla de planificación presenta nuevas oportunidades para involucrar a la comunidad más allá de los requisitos existentes y procesos formales. Además, al alentar la participación ciudadana desde el principio del proceso de planificación, la nueva regla crea oportunidades directas para que el conocimiento adquirido a través de la ciencia ciudadana aporte a la gestión de la tierra y las discusiones de políticas públicas. La ciencia ciudadana (principalmente a través del monitoreo) puede proporcionar constantemente información satisfactoria de las necesidades científicas y posiblemente aporte mejores elementos para contrarrestar eventos no planificados, tales como incendios forestales catastróficos o plagas de insectos.

## Caso de Estudio Número 4. El Programa Colaborativo de Restauración del Paisaje Forestal: Proyecto Uncompahgre Plateau

**Rango espacial:**  
a nivel regional

**Rango temporal:**  
a largo plazo (Más de 10 años)

**Nivel de entrenamiento:**  
básico

**Historia:** El Programa de Restauración Colaborativa de Paisajes Forestales (CFLRP, por sus siglas en inglés) alienta la restauración participativa de paisajes forestales de alta prioridad que son administrados por el Servicio Forestal de los Estados Unidos y sus asociados. El programa aborda dudas en relación al manejo de paisajes expuestos a catastróficos incendios forestales. Para minimizar los conflictos sobre las actividades de manejo, el CFLRP involucra una amplia variedad de socios locales, estatales y federales, así como numerosas organizaciones privadas, incluyendo organizaciones ambientales no gubernamentales. El programa ha implementado 23 proyectos en todo el país, utilizando un enfoque de gestión adaptativa, con énfasis en el monitoreo multidisciplinario. Varios proyectos del CFLRP se basan en ciencia ciudadana.

**Objetivos de manejo:** El principal objetivo del CFLRP es reducir los costos de manejo de incendios forestales mediante el restablecimiento de regímenes de incendios naturales, además de reducir el riesgo de incendios forestales atípicos. Por ejemplo, el Proyecto Uncompahgre Plateau en Colorado, promueve la realización de pequeños incendios preventivos para el restablecimiento de la vegetación nativa en la Grand Mesa, Uncompahgre y los Bosques Nacionales de Gunnison. Los voluntarios de estos proyectos comunitarios están midiendo variables importantes para la vegetación y de la fauna antes y después del tratamiento, realizarán los mismos controles con determinados intervalos de tiempo.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso científico:** El personal del Servicio Forestal suele llevar a cabo trabajo de campo como parte de las operaciones normales, con la ayuda de expertos externos (como investigadores académicos) y voluntarios de proyectos de ciencia ciudadana. Los socios (incluidos los residentes locales) están contribuyendo al diseño experimental y la elaboración de preguntas de investigación como parte de la gestión adaptativa. Los voluntarios en ciencia ciudadana, son organizados por la Asociación Uncompahgre, un grupo de colaboración que incluye el Servicio Forestal y otras agencias aliadas, además de la guía de implementación del proyecto.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso de participación comunitaria:** El proyecto enfatiza la toma participativa de decisiones, con múltiples oportunidades para el aporte de la comunidad. En las reuniones de monitoreo realizadas al menos dos veces al año, los socios discuten las prioridades de monitoreo. Mediante el diseño del proyecto, la ciencia ciudadana es una herramienta importante para el compromiso de la comunidad.

**Sostenibilidad:** La independencia financiera del programa expira en 2019. Muchos socios del proyecto contribuyen al financiamiento de proyectos.

**Ciencia:** Los voluntarios del proyecto de ciencia del ciudadano miden diversos indicadores ecológicos, incluyendo proporción de la cobertura vegetal, la composición vegetal y la altura de especies, así como la presencia de varias especies de plantas y animales. Los gestores forestales utilizan directamente los resultados científicos. Los datos se archivan y se publican en informes técnicos y revistas científicas indexadas.

**Participación y Apropiación de la Comunidad:** De manera temprana y frecuente se solicita la participación de la comunidad. El Servicio Forestal y sus asociados involucran la comunidad durante todo el ciclo de gestión adaptativa, desde la identificación de los problemas hasta la toma de decisiones, hasta el monitoreo de los resultados del proyecto. La opinión pública también proviene de procesos formales tradicionales, tales como los espacios públicos para la realización de comentarios.

**Inversión:** El financiamiento total para el Proyecto Uncompahgre Plateau, incluye el aporte de los socios, que fue aproximadamente de \$1,7 millones de dólares en el año fiscal 2012, con aproximadamente \$165,000 mil dólares asignados para actividades de monitoreo. Se requiere monitoreo durante el proyecto y 15 años después de su terminación.

**Resultados / Beneficios:** En 2012, el proyecto Uncompahgre mejoró, restauró o rehabilitó 8.202 hectáreas de hábitat silvestre, mejoró 1.205 hectáreas de vegetación forestal, realizó una gestión de manejo de plantas nocivas e invasoras en 222 hectáreas, vendió más de 500.000 pies cúbicos de madera, desmanteló alrededor de 30 millas de caminos y redujo el uso de combustibles peligrosos en 771 hectáreas en la interface forestal-urbana, sólo por nombrar algunos de sus logros.



*Un profesional capacita voluntarios en cómo medir la cobertura vegetal en el estudio del hábitat del lince.*

*Crédito de la foto: Pam Motley, Uncompahgre Partnership.*

### Caso de Estudio Número 5. Alianza para el Aire Limpio del oeste de Nueva York: Estudio de la Calidad del Aire de Tonawanda

**Rango espacial:**  
local

**Rango temporal:**  
a corto plazo (1-3 años)

**Nivel de entrenamiento:**  
básico

**Historia:** Tonawanda, NY, es un área urbana en el oeste de Nueva York donde se encuentran algunas de las instalaciones industriales más grandes del estado.

**Objetivos de manejo:** Preocupados por los olores y el humo, los ciudadanos sospechan de una conexión con los problemas de salud crónicos sufridos en su comunidad. El objetivo era identificar la causa de los problemas de salud con la esperanza de finalmente poderlos mitigar.

**Nivel de participación voluntaria en procesos científicos:** Los voluntarios recolectaron muestras de aire usando el método del cubo para averiguar qué partículas están presentes en el aire.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso de participación comunitaria:** Los voluntarios organizados bajo la Alianza de Aire Limpio del oeste de Nueva York, presentaron sus datos al Departamento de Conservación Ambiental (DEC) de Nueva York y a la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

**Sostenibilidad:** La alianza ha pasado a otros proyectos. Según su sitio web, "La Alianza para el Aire Limpio construye el poder mediante el empoderamiento de líderes comunitarios que organizan sus comunidades para ejecutar y alcanzar justicia ambiental y campañas de salud pública en el oeste de Nueva York".

**Ciencia:** Siguiendo el protocolo estándar del método del balde, para tomar una sola muestra de aire, en un solo punto y sin otra información recogida, se deben emplear 3 minutos para el muestreo. El estudio incluyó factores tales como velocidad y dirección del viento. Se encontró que los niveles elevados de benceno, un carcinógeno conocido, estaban por encima de las concentraciones anuales de referencia de la DEC.

**Participación y Apropiación de la Comunidad:** Los ciudadanos articularon las preocupaciones de la comunidad y presentaron los datos de calidad del aire a agencias reguladoras estatales y federales. La evidencia recolectada por los ciudadanos y el aporte posterior de las pruebas presentadas al DEC, fueron lo suficientemente convincentes para justificar la atención de los organismos.

**Inversión:** Inicialmente el proyecto dirigido por los voluntarios no requiere ninguna inversión de la agencia. Basado en los resultados del proyecto de ciencia ciudadana, el DEC de Nueva York utilizó fondos destinados al monitoreo ambiental de la EPA a escala comunitaria, para llevar a cabo un estudio de un año de la calidad del aire en Tonawanda, usando monitores de aire EPA.

**Resultados/Beneficios:** Estimulado por lo que los ciudadanos encontraron inicialmente, el DEC utilizó monitores de aire en cuatro lugares para medir 56 toxinas del aire. La investigación que tuvo un año de duración, fue la base para el monitoreo del cumplimiento y las acciones regulatorias de la EPA y el DEC de Nueva York. Como resultado, Tonawanda Coke Corporation acordó mejorar las operaciones, monitorear las fugas y mejorar los controles de contaminación, disminuyendo los niveles de benceno en el aire en un 86%.

### Caso de Estudio Número 6. Inversión Estratégica en Ciencia Ciudadana: La Red de Monitoreo Basada en la Comunidad de Wisconsin

El grupo de profesionales y voluntarios que participa en el monitoreo de los recursos naturales y del medio ambiente en Wisconsin, formó la Red de Monitoreo Comunitaria de Wisconsin (CBM por sus siglas en inglés), un grupo integral de interesados en colaborar para mejorar la eficiencia y efectividad del monitoreo en todo el estado. La red está formada por profesionales de la CBM de más de 150 programas que representan una gran variedad de organizaciones, incluyendo escuelas primarias y secundarias; agencias, estatales, federales y del condado; centros de la naturaleza; clubes de conservación; agencias de tierras y otras organizaciones no gubernamentales.

La red está coordinada y apoyada por el Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin (WDNR). Empleados de la WDNR sirven como coordinadores de tiempo completo de la red y el departamento invierte \$100,000 dólares cada año, en pequeños contratos (\$ 5,000) para proyectos de la CBM que satisfagan necesidades de información de alta prioridad. Además, entre 10 y 20 científicos del departamento, dirigen proyectos individuales o brindan asesoramiento, y el departamento aporta un consejo asesor de grupos de voluntarios. El consejo trabaja con el departamento para identificar prioridades de monitoreo, ayudar a evaluar la efectividad de la red y asegurar la capacidad de respuesta de las agencias de acuerdo a las necesidades de la red.

A través de estas inversiones, el estado es capaz de satisfacer las necesidades de información en áreas mucho más grandes y en razonables lapsos de tiempo, resultados que solo podrían ser obtenidos por personal científico. El apoyo financiero a la red permite al estado maximizar sus limitados presupuesto para la conservación; por cada \$1 dólar gastado en contratos de CBM, el estado recibe más de \$3 dólares de tiempo voluntario. La red apoyada por el estado de Wisconsin para la ciencia ciudadana ayuda a involucrar e informar a miles de estudiantes y ciudadanos cada año, ampliando el apoyo público para los propósitos de conservación del estado.



Los voluntarios esperan el atardecer para contar los murciélagos que emergen de las cajas de refugio en el Parque Estatal Yellowstone. Los datos que recopilan ayudan al Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin para monitorear las poblaciones de murciélagos nativos.

Crédito de la foto: Heather Kaarakka.

## Caso de Estudio Número 7. Uso de Herramientas Existentes de Ciencia Ciudadana: eBird e iNaturalist

**Rango espacial:**  
local y nacional

**Rango temporal:**  
a largo plazo (más de 10 años)

**Nivel de entrenamiento:**  
básico, online o con capacitación

**Historia:** Varios programas de ciencia ciudadana facilitan la recopilación de datos importantes para la gestión de recursos naturales y organizaciones de protección ambiental. En los últimos años, el Servicio de Parques Nacionales y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, han alentado programas de voluntariado empleando las aplicaciones eBird e iNaturalist para registrar las observaciones de aves y otras especies en parques nacionales y refugios de vida silvestre. Estos programas tienen interfaces en línea que los voluntarios pueden usar para enviar datos, y proporcionan servicios de almacenamiento de datos, curación y control de calidad. Igualmente, estos programas ayudan a los parques y refugios a resolver uno de sus problemas más básicos de la ciencia y la gestión: el seguimiento, identificación y abundancia de las especies.

**Objetivos de manejo:** Los parques y refugios usan estos programas para mantener actualizada la información de las especies presentes en sus tierras y para monitorear los cambios en su abundancia y ciclos de vida.

**Nivel de participación voluntaria en procesos científicos:** Los participantes tanto en eBird como en iNaturalist registran principalmente sus observaciones de especies en campo. Los participantes también pueden explorar herramientas de visualización y análisis en línea.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso de participación comunitaria:** Muchos parques y refugios usan estos programas para establecer contacto con voluntarios locales, quienes ya tienen, o van a desarrollar, un conocimiento detallado en la biodiversidad local. El personal del parque y del refugio puede eventualmente recurrir a estos voluntarios para obtener información y resultados relacionados con las decisiones de la administración.

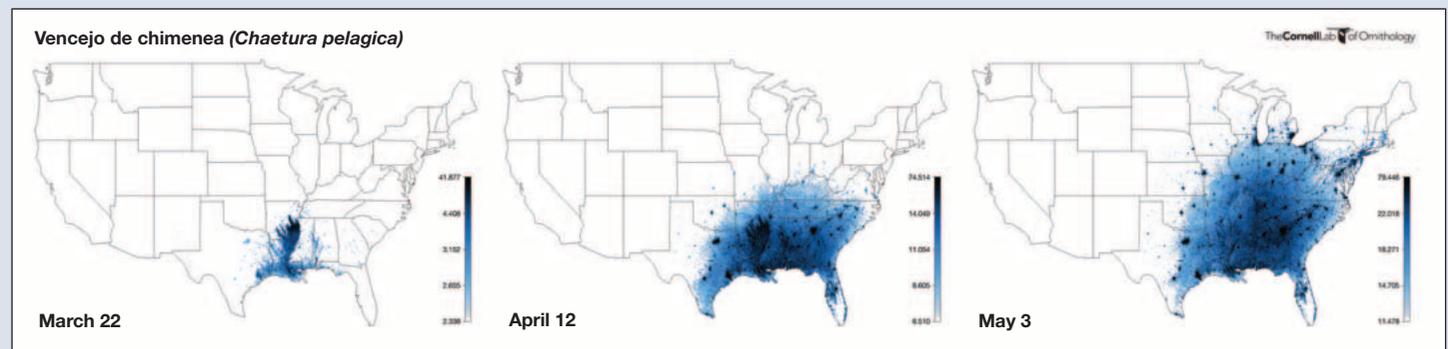
**Sostenibilidad:** Los proyectos son generalmente sostenibles en el tiempo siempre y cuando que el parque o refugio pueda entrenar, coordinar y retener voluntarios. Mediante el uso de infraestructuras en línea existentes, los parques y refugios reducen considerablemente los costos del proyecto.

**Ciencia:** eBird e iNaturalist se han utilizado en decenas de documentos revisados por pares académicos y en evaluaciones a nivel nacional, tales como informes sobre el estado de las aves en tierras públicas y privadas.

**Participación y Apropiación de la Comunidad:** Los parques y los refugios usan estos programas para incentivar la participación de la comunidad en las decisiones de gestión de forma apropiada. Por ejemplo, un refugio puede pedir a sus voluntarios más activos de eBird, opiniones de las decisiones de manejo que afectan el hábitat de las aves.

**Inversión:** Los parques y refugios coordinan y capacitan voluntarios. También invierten en otras actividades, como los encuentros nacionales de capacitación para el personal vinculado laboralmente a parques y refugios. En el despliegue logístico, así como en las instalaciones físicas necesarias para facilitar la capacitación de voluntarios, la digitalización de la información y la educación; el desarrollo de técnicas para integrar la información recolectada por la comunidad en las estructuras de gestión de datos de las agencias, como es el caso de NPSpecies, el sistema que los parques nacionales utilizan para rastrear especies dentro de sus zonas de jurisdicción.

**Resultados/Beneficios:** Mediante el uso de programas de ciencia ciudadana, los refugios y parques pueden satisfacer de manera factible algunas de sus necesidades de monitoreo más básicas. Programas como eBird e iNaturalist ya involucran decenas de miles de voluntarios y generan cientos de millones de observaciones. Proporcionan información que el personal del parque y el refugio pueden usar para tomar una variedad de decisiones de manejo. Los voluntarios también pueden convertirse en recursos importantes para los administradores de parques y refugios como fuentes de experiencia en biodiversidad local.



Los mapas de calor muestran la migración hacia el norte del vencejo de chimenea (*Chaetura pelagica*), según la modelación obtenida por medio de la red eBird. Los colores más oscuros indican probabilidades más altas de encontrar la especie.

## Caso de Estudio Número 8. Invertir en Capacitación: La red Nacional de Fenología de los Estados Unidos.

**Rango espacial:**  
local y nacional

**Rango temporal:**  
a largo plazo (más de 10 años)

**Nivel de entrenamiento:**  
básico, online o con capacitación

**Historia:** Los cambios en el calendario de los eventos estacionales, como la floración, las migraciones y la época de cría, son algunas de las respuestas biológicas más sensibles al cambio climático. Tales cambios, con el paso del tiempo pueden afectar los ecosistemas, causando desajustes entre las plantas y sus polinizadores o interrupciones en las interacciones depredador-presa, alterando los tiempos en que deberían ponerse en marcha las acciones de manejo, como el control de especies invasoras. Hasta hace poco había pocos programas de monitoreo o investigación centrados en el tema. La Red Nacional de Fenología de los Estados Unidos (USA-NPN) es una iniciativa nacional de ciencia y monitoreo enfocada en la fenología (el estudio de eventos en los ciclos de vida de plantas y animales y cambios en su tiempo). Los actores interesados incluyen investigadores, administradores de recursos, educadores y la comunidad. La red se basa tanto en la ciencia convencional como en la ciencia ciudadana.

**Objetivos del manejo:** USA-NPN busca mejorar el conocimiento científico que se tiene de la fenología, mejorar la toma de decisiones utilizando datos e información fenológica, apoyar la gestión adaptable de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, facilitar la adaptación social a la variación y el cambio ambiental y mejorar el conocimiento que la comunidad tiene del cambio climático y la ciencia de la fenología.

**Nivel de participación voluntaria en procesos científicos:** Los participantes de Nature's Notebook, el programa multi-taxa de observación fenológica ejecutado por la red para recopilar información sobre el terreno, incluyen voluntarios, científicos profesionales y gerentes. Los participantes registran la fenología de plantas y animales de acuerdo con protocolos publicados estandarizados e incorporan los datos en una base de datos gestionada profesionalmente. Otras organizaciones gubernamentales y no gubernamentales usan los datos de Nature's Notebook para obtener información a la vez que aportan su propia información, generando información más sólida y a escalas mayores. A principios de 2014, el personal de la red estimó que aproximadamente la mitad de los datos en Nature's Notebook provenían de profesionales y de participantes capacitados profesionalmente y la otra mitad de individuos o pequeños grupos de voluntarios que participaban en el proyecto. Los profesionales y voluntarios utilizan los mismos protocolos para el monitoreo.

**Nivel de participación voluntaria en el proceso de participación comunitaria:** La participación pública en la recolección de datos es clave para la red, al igual que la educación y la divulgación. La participación de la comunidad en la gestión de los recursos y la formulación de políticas, ha tenido lugar aunque de manera secundaria, ocurre como valor agregado de los proyectos de agencias asociadas, por ejemplo, cuando el monitoreo fenológico hace parte de los proyectos locales de conservación.

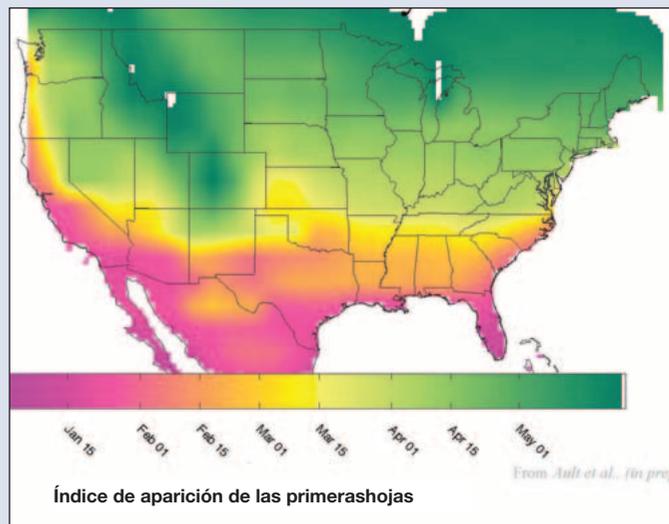
**Sustentabilidad:** La oficina de coordinación nacional de la red, operada en cooperación con la Universidad de Arizona, es casi enteramente financiada por el gobierno federal. El proyecto cuenta con financiamiento a largo plazo del Servicio Geológico de los Estados Unidos. Financiación adicional de otras fuentes, tanto gubernamentales como no gubernamentales, apoya la expansión de las operaciones; la producción de herramientas (como aplicaciones móviles y sitios web personalizados); y la investigación, desarrollo y entrega de productos para una variedad de propósitos. Los investigadores y el público en general tienen libre y fácil acceso a datos crudos y a datos procesados indefinidamente.

**Ciencia:** Los datos y productos de datos generados por el USA-NPN se han utilizado en diecisiete publicaciones revisadas por pares académicos hasta la fecha. USA-NPN facilita un taller comunitario de práctica entre los investigadores de fenología, donde se identifican las necesidades de los administradores de recursos naturales y especialistas en protección ambiental para generar información, a la vez que las herramientas de apoyo necesarias para la toma de decisiones, y donde además se divulgan nuevos conocimientos.

**Participación y Apropiación de la Comunidad:** USA-NPN no busca directamente el aporte público y la participación en las decisiones de gestión, pero muchos proyectos asociados lo hacen. La infraestructura USA-NPN establece métodos y herramientas científicas y permite a las organizaciones locales concentrarse en las aplicaciones de conservación y participación.

**Inversión:** El Servicio Geológico de los Estados Unidos y otras organizaciones proporcionan alrededor de \$1 millón de dólares por año a la red. Muchos socios locales, regionales y nacionales aprovechan la infraestructura central de la red y realizan sus propias inversiones para aplicaciones de investigación, administración y educación.

**Resultados / Beneficios:** Para maximizar los recursos limitados, la red fue diseñada como un marco nacional para la ciencia de la fenología y el monitoreo. Otras organizaciones gubernamentales y no gubernamentales aprovechan su capacidad para sus propias aplicaciones al tiempo que contribuyen al conjunto de datos nacional. Las aplicaciones incluyen la identificación de especies de vida silvestre vulnerables al cambio climático, parametrización y validación de modelos de secuestro de carbono y ciclo de agua, manejo de especies invasoras, planificación de actividades culturales estacionales, previsión de sustancias alérgicas estacionales, manejo de producción agrícola en fincas y ranchos, y el seguimiento de vectores de enfermedades entre continentes y centros de población humana.



*Modelación del principio de la primavera a nivel nacional para 2014; el gradiente de color ilustra la fecha en que se ha acumulado suficiente calor para iniciar el despliegue de plantas nativas y cultivadas y que son sensibles a la temperatura. El modelo vincula los datos meteorológicos con las observaciones de colectas vegetales recogida por los científicos voluntarios desde 1956. Los datos de la ciencia ciudadana ahora se han venido utilizando para validar los modelos como parte de una campaña de "evaluación de la primavera" que es conducida por la red nacional de fenología de los Estados Unidos.*

*Imagen: T. Ault, Universidad de Cornell.*

## Lecturas Complementarias

- Aceves-Bueno, E., A.S. Adeleye, D. Bradley, W.T. Brandt, P. Callery, M. Feraud, K.L. Garner, R. Gentry, Y. Huang, I. McCullough, I. Pearlman, S.A. Sutherland, W. Wilkinson, Y. Yang, T. Zink, S.E. Anderson, and C. Tague. 2015. Citizen science as an approach for overcoming insufficient monitoring and inadequate stakeholder buy-in in adaptive management: Criteria and evidence. *Ecosystems* 18: 493-506. DOI: 10.1007/s10021-015-9842-4
- Ballard, H.L., M.E. Fernandez-Gimenez, and V.E. Sturtevant. 2008. Integration of local ecological knowledge and conventional science: a study of seven community-based forestry organizations in the USA. *Ecology and Society* 13: 37.
- Bowser, A., and L. Shanley. 2013. *New Visions In Citizen Science*. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington, DC. Available at: <http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/NewVisionsInCitizenScience.pdf>
- Bowser, A., and A. Wiggins. 2013. Data Policies for Public Participation in Scientific Research: A Primer. DataONE: Albuquerque, NM. Available at: <http://www.birds.cornell.edu/citiscitoolkit/toolkit/policy/>
- Danielsen, F., M.M. Mendoza, A. Tagtag, P.A. Alviola, D.S. Balete, A.E. Jensen, M. Enghoff, and M.K. Poulsen. 2007. Increasing conservation management action by involving local people in natural resource monitoring. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36: 566-570.
- Danielsen, F., K. Pirhofer-Walzl, T.P. Adrian, D.R. Kapijimpanga, N.D. Burgess, P.M. Jensen, R. Bonney, M. Funder, A. Landa, N. Levermann, and J. Mad. 2013. Linking public participation in scientific research to the indicators and needs of international environmental agreements. *Conservation Letters* 7: 12-24. DOI: 10.1111/conl.12024
- Dickinson, J.L. and R. Bonney (eds.). 2012. *Citizen Science: Public Participation in Environmental Research*. Cornell University Press, Ithaca.
- Ecological Society of America. 2012. Citizen science (special issue). *Frontiers in Ecology and the Environment* 10: 283-335.
- Shirk, J.L., H.L. Ballard, C.C. Wilderman, T. Phillips, A. Wiggins, R. Jordan, E. McCallie, M. Minarchek, B.V. Lewenstein, M.E. Krasny, and R. Bonney. 2012. Public participation in scientific research: A framework for deliberate design. *Ecology and Society* 17: 29.
- Silvertown, J. 2009. A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 467-471.
- Theobald, E.J., A.K. Ettinger, H.K. Burgess, L.B. DeBey, N.R. Schmidt, H.E. Froehlich, C. Wagner, J. HilleRisLambers, J. Tewksbury, M.A. Harsch, and J.K. Parrish. 2015. Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation* 181: 236-244.
- Wieler, C. 2007. Delivery of ecological monitoring information to decisionmakers. A report for the Ecological Monitoring and Assessment Network, Environment Canada. International Institute for Sustainable Development. Available at [http://www.csinrcid.ca/downloads/delivering\\_monitoring\\_info.pdf](http://www.csinrcid.ca/downloads/delivering_monitoring_info.pdf).

## Páginas Web Relevantes

CitizenScience.org  
 DataONE.org  
 CitSci.org  
<http://www.scientificamerican.com/citizen-science/>

## Agradecimientos

El financiamiento de este proyecto fue proporcionado por el Acuerdo Cooperativo 12-CA-11221633-096 entre el Servicio Forestal de los Estados Unidos y la Sociedad Ecológica de América (ESA). Otros fondos y servicios fueron proporcionados por el Servicio de Parques Nacionales y el Instituto Schoodic del Parque Nacional Acadia. Nos gustaría agradecer a Kevin Bryant en el Instituto Meridiano por facilitar la realización de los talleres. También agradecemos a Cliff Duke, Jennifer Riem y Jill Parsons de la ESA, por su apoyo logístico. Las opiniones expresadas en este documento no representan necesariamente las opiniones del gobierno de los Estados Unidos ni de ninguno de sus departamentos. Cualquier uso de nombres comerciales, productos o firmas es para propósitos descriptivos solamente y no implica la total representación del gobierno de los E.U.

## Sobre los Científicos

**Heidi Ballard**, School of Education, University of California, Davis, CA 95616  
**Rick Bonney**, Cornell Lab of Ornithology, Cornell University, Ithaca, NY, 14850  
**Owen Boyle**, Wisconsin Department of

Natural Resources, Madison, WI 53707

**Russell Briggs**, Division of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Syracuse, NY 13210

**Hutch Brown**, Research and Development, USDA Forest Service, Washington, DC 20250

**Stuart Chapin III**, Department of Biology and Wildlife Institute of Arctic Biology, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK 99775

**Daniel M. Evans**, AAAS Science & Technology Policy Fellow, Research and Development, USDA Forest Service, Washington, DC 20250

**Rebecca French**, AAAS Science & Technology Policy Fellow, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460

**David Hewitt**, Academy of Natural Sciences, Philadelphia, PA 19103 and Evidential Planning and Management, LLC, Philadelphia, PA 19128

**Abraham J. Miller-Rushing**, Schoodic Education and Research Center, Acadia National Park, National Park Service, Bar Harbor, ME 04609

**Duncan McKinley**, Research and Development, USDA Forest Service, Washington, DC 20250

**Julia Parrish**, School of Aquatic and Fisheries Sciences, University of Washington, Seattle, WA 98105

**Tina Phillips**, Cornell Lab of Ornithology, Cornell University, Ithaca, NY 14850

**Peter Preuss**, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460

**Sean Ryan**, Department of Biological Sciences, University of Notre Dame, Notre Dame, IN 46556

**Lea Shanley**, Commons Lab of the Science and Technology Innovation Program, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC 20004

**Jennifer Shirk**, Cornell Lab of Ornithology, Cornell University, Ithaca, NY 14850

**Michael Soukup**, Schoodic Institute at Acadia National Park, Winter Harbor, ME 04693

**Kristine Stepenuck**, University of Wisconsin Extension, University of Wisconsin, Madison, WI 53706

**Jake Weltzin**, National Coordinating Office of USA National Phenology Network, U.S. Geological Survey, Tucson, AZ 85721

**Andrea Wiggins**, College of Information Studies, University of Maryland College Park, College Park, MD 20742

## Diseño

**Bernie Taylor**, Diseño y Esquema

## Acerca de Issues in Ecology

*Issues in Ecology* utiliza un lenguaje fácilmente entendible para la divulgación de las ideas y el consenso de un grupo de científicos expertos, sobre temas relacionados con el medio ambiente. El contenido técnico de *Issues in Ecology* es revisado por jurados expertos externos y todos los reportes deben ser aprobados por el Editor en Jefe antes de su publicación. Este informe es una publicación de la Sociedad Ecológica de América (ESA). La responsabilidad de las opiniones expresadas por los autores en las publicaciones de la ESA es asumida por los editores.

## Editor en Jefe

**Serita Frey**, Department of Natural Resources & the Environment, University of New Hampshire, serita.frey@unh.edu

## Consejo Asesor en Issues in Ecology

**Jessica Fox**, Electric Power Research Institute

**Noel P. Gurwick**, Smithsonian Environmental Research Center

**Clarisse Hart**, Harvard Forest

**Duncan McKinley**, USDA Forest Service

**Sasha Reed**, U.S. Geological Survey

**Amanda D. Rodewald**, Cornell Lab of Ornithology

**Thomas Sisk**, Northern Arizona University

## Asesores Ex-Oficio

**Valerie Eviner**, University of California, Davis

**Richard Pouyat**, USDA Forest Service

## Traducción al Español

**Korik Vargas**, University of New Hampshire

## Personal ESA

**Clifford S. Duke**, Director of Science Programs

**Jennifer Riem**, Science Programs Coordinator

## Copias Adicionales

Este informe y todos los informes previos en *Issues in Ecology* están disponibles de forma gratuita en

[www.esa.org/issues](http://www.esa.org/issues).

Copias impresas deben ser pedidas en línea o poniéndose en contacto con la ESA:

Ecological Society of America  
1990 M Street NW, Suite 700  
Washington, DC 20036  
(202) 833-8773, [esahq@esa.org](mailto:esahq@esa.org)

