



CUARTO CONGRESO INTERNACIONAL
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

CIENTÓPOLIS: MOTORIZANDO LA CIENCIA CIUDADANA

Laboratorio de Investigación y Formación en
Informática Avanzada (LIFIA)

CIENTÓPOLIS: MOTORIZANDO LA CIENCIA CIUDADANA

D. Torres, F. Correa, A. Marisi, E. Claramunt, V. Cepeda, L. Lus, J. Ramírez, S. Pravisani, A. Diaz, M. Fressoli, A. Fernández*

Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA)
info@lifia.info.unlp.edu.ar

RESUMEN

En ciertas situaciones como la toma, clasificación y etiquetado de muestras, el científico realiza un gran número de tareas simples, repetitivas, que no pueden ser automatizadas y que podrían ser ejecutadas por personas sin formación en la materia si se las entrena y asiste con herramientas. En el pasado, en proyectos de conservación, astronomía y biología, entre otros, este tipo de tareas se ha delegado de manera efectiva a voluntarios. Cuando se convoca a ciudadanos voluntarios para colaborar con los científicos, se habla de ciencia ciudadana. Encontrar e involucrar a esos voluntarios, sumado a coordinar y reconocer su trabajo, es una tarea compleja. Definir y conducir proyectos de ciencia ciudadana presenta desafíos en tres áreas críticas: metodologías, tecnologías y construcción de comunidades de voluntarios. El proyecto Cientópolis (<http://cientopolis.org>) tiene como objetivo producir avances en estas tres áreas y socializarlos con la comunidad. En la actualidad, Cientópolis brinda espacios para compartir conocimiento y experiencias, ofrece herramientas para la construcción de proyectos de toma de muestras con dispositivos móviles y construcción colaborativa de conocimiento, da acceso a una comunidad creciente de ciudadanos científicos y explora estrategias de ludificación para consolidar y sostener dicha comunidad.

* LIFIA, Facultad de Informática, UNLP. Calle 50 y 120 s/n.º, La Plata, Argentina. Teléfono: 221 422-8252.

D. Torres (diego.torres@lifia.info.unlp.edu.ar); F. Correa (fcorrea.open@gmail.com); A. Marisi (agustinmarisi@gmail.com); E. Claramunt (ezequiel.claramunt@gmail.com); V. Cepeda (virginiamcepeda@gmail.com); L. Lus (mlaura.lus@gmail.com); J. Ramírez (javier7ar@gmail.com); S. Pravisani (santiagopravisani@gmail.com); A. Diaz (alicia.diaz@lifia.info.unlp.edu.ar) y A. Fernández: (alejandro.fernandez@lifia.info.unlp.edu.ar): Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

M. Fressoli (mfressoli@fund-cenit.org.ar): CONICET–Centro de Investigaciones para la Transformación, CENIT.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Ciencia abierta

El movimiento de *ciencia abierta* propone producir conocimiento científico de manera abierta y colaborativa (David, 2004), dejando en libre disponibilidad tanto los instrumentos de trabajo como los resultados intermedios y finales que se obtienen a lo largo de ese proceso. Esta forma de hacer ciencia promete revolucionar la producción de conocimiento científico porque es más eficiente, democrática y tiene el potencial de atender mejor a las demandas sociales.

Hacer ciencia abierta implica poner a libre disposición los datos, resultados y protocolos obtenidos en las diferentes etapas del proceso de investigación y permitir que otros contribuyan y colaboren con el esfuerzo de la tarea. La apertura y la colaboración pueden realizarse en las diversas instancias de los procesos de producción científica. A su vez, la apertura puede hacerse en mayor o menor grado, y fomentando una mayor o una menor diversidad de participantes. Existen restricciones formales, como las suscripciones pagas o las licencias para el uso o reutilización de materiales o información, o informales, como la necesidades de disponer de ciertas habilidades o recursos complementarios para poder aprovechar al máximo el conocimiento compartido. Una de las formas de ciencia abierta con mayor crecimiento en Argentina es la *ciencia ciudadana*.

1.2. Ciencia ciudadana

La ciencia ciudadana es una actividad científica en la cual científicos no profesionales participan voluntariamente en la recolección, el análisis y la diseminación de datos de proyectos científicos (Wiggins, 2011). A estos voluntarios, los cuales llegan a ser cientos de miles (Dickinson, 2012) se los denomina “ciudadanos científicos”. Se trata de personas diseminadas a lo largo del planeta, que no poseen (necesariamente) una formación específica en ciencia y que donan voluntariamente parte de su tiempo para participar en el proceso científico. Varios proyectos exitosos de ciencia ciudadana como los relacionados al estudio de aves de Cornell (Bhattacharjee, 2005) o la clasificación de galaxias en GalaxyZoo (<https://www.galaxyzoo.org>) han demostrado el valor científico de este tipo de actividad, ya sea por la calidad de sus publicaciones científicas, como de los datos que se generan y pueden ser utilizados por otros miembros de la academia y de la comunidad.

Actualmente existen en la web diferentes plataformas para la implantación de proyectos de ciencia ciudadana; por ejemplo ZooUniverse (<http://zoouniverse.org>) o CitSci.org (<http://citsci.org>). El uso de plataformas de ciencia ciudadana accesibles en la web es una de las alternativas de mayor uso viables para estas plataformas.

1.3. Participación ciudadana en ciencia

Un proyecto de ciencia ciudadana puede surgir de la necesidad de un grupo de científicos que define tareas para ser resueltas por voluntarios y las delega. También puede originarse en la iniciativa autogestionada de los voluntarios. De acuerdo con la forma en que participan los ciudadanos, los proyectos de investigación pueden agruparse en cuatro categorías definidas por Wiggins y Crowston (Wiggins, 2011): *acción, conservación, investigación (o recolección), virtuales o de docencia*.

Proyectos de acción: los proyectos de ciencia ciudadana orientados a la acción motivan la intervención en preocupaciones locales, utilizando la investigación científica para dar soporte a las agendas civiles. Estos proyectos no son concebidos o planeados por científicos, sino por los ciudadanos, y por lo general implican un compromiso a largo plazo en los problemas ambientales locales; por ejemplo, realizar tareas sanitarias en el cauce de un río o eliminar un basural en el barrio en el que viven los participantes. Es por ello que se dice que la organización es “desde abajo hacia arriba”. En su esencia, la mayoría de los proyectos de acción emplean enfoques de investigación-acción participativa. Por ejemplo, el proyecto “Sherman’s Creek Conservation Association”¹ es un proyecto en el que vecinos del cauce del río Sherman se preocupan por eliminar focos contaminantes de la región, como pueden ser basurales o el vertido de líquidos contaminantes en el río. Este proyecto está formado por voluntarios y no poseen un nivel de organización robusta tanto en estructura como en sustento económico que les permita una gran trayectoria en el tiempo. Los referentes científicos académicos no son parte del grupo y, en caso de ser necesarios, los convocan para formalizar pedidos a entes gubernamentales.

Proyectos de conservación: estos proyectos apoyan la conservación de custodia y gestión de los recursos naturales, principalmente en el área de la ecología. Se involucra a los ciudadanos por una cuestión de practicidad y divulgación. Al igual que los proyectos de acción, que están fuertemente arraigados a su lugar de formación, la participación de voluntarios se centra en las actividades de recolección de datos. La mayoría de los proyectos de conservación incluyen metas educativas explícitas o contenidas. Entre estos proyectos se encuentran varios promovidos por parques nacionales, en los cuales los ciudadanos dan cuenta del estado de la flora y la fauna de esos parques (existencia, estado, etcétera). La mayor diferencia con los proyectos de tipo acción radica en lo organizativo. En los proyectos de conservación, los lineamientos están dados por una organización (por lo general gubernamental) que sostiene la continuidad del proyecto y en la cual los ciudadanos científicos recaban información para ser utilizada en sistemas de tomas de decisiones. Un ejemplo de este tipo de proyectos es “Qué pasa riachuelo” (<http://quepasariachuelo.org.ar>).

¹ Cfr. <<https://www.facebook.com/ShermansCreekConservationAssociation/>>

*Proyectos de recolección*²: estos proyectos se centran en los lineamientos de un protocolo de investigación científica académica que requiere la recolección de datos del medio físico. Se adaptan mejor a la definición de ciencia ciudadana tradicional, y si bien la educación no siempre es un objetivo explícito, es con frecuencia un propósito muy valioso. En consecuencia, los proyectos de recolección a menudo proporcionan materiales educativos o incluyen estructuras de acción que apoyan el aprendizaje continuo. Abarcan desde un estudio geográfico regional (por ejemplo, la ciudad en la que participa el grupo de investigación académico) hasta uno internacional, y pueden alcanzar escalas muy grandes de participación. En este tipo de proyectos las actividades que realizan los ciudadanos científicos se centran en la recolección de muestras de datos en el medio físico; por ejemplo, medir el tamaño de las hojas de un árbol que poseen en el jardín de su casa. El ciudadano científico acerca el medio físico (jardín de su casa) al laboratorio, enviando los datos de la muestra en un formato generalmente virtual, como fotos, mediciones, etc. El científico académico toma los valores de recolección para continuar su investigación, a veces por medio de un proyecto de ciencia ciudadana virtual (ver siguiente apartado) o analizando la información de un modo más tradicional. Los proyectos de este tipo más conocidos ocurren en el marco de las ciencias de la biología; sin embargo, también aparecen proyectos en materia de meteorología y climatología. Por ejemplo, el proyecto “Pluviómetros ciudadanos” (<http://milluvia.dga.cl>) convoca a ciudadanos científicos para que instalen un pluviómetro en sus casas, tomen muestras de las precipitaciones regularmente y las carguen a través de un formulario web que se encuentra en la página del proyecto.

Proyectos virtuales: en los proyectos virtuales orientados a la ciencia, todas las actividades son mediadas por las TIC, sin elementos físicos de ningún tipo, sino mediante elementos virtualizados como fotos, videos, capturas, etc., diferenciándolos así de los proyectos de investigación. Si bien estos proyectos comparten sus objetivos con los proyectos de investigación, son bastante distintos de todos los otros tipos de proyectos. Proceden, en su mayoría, de los campos de la astronomía, la paleontología y la proteómica, una rama de la microbiología que se centra en las estructuras de proteínas. Este tipo de proyectos son los que se pueden encontrar en plataformas como Zooniverse (www.zooniverse.org) o Cientópolis (<http://cientopolis.org>).

Proyectos de educación: Los proyectos de educación son proyectos de ciencia ciudadana que aprovechan el proceso científico con un objetivo pedagógico. Los hay en el marco del aprendizaje informal y del aprendizaje formal. En todos estos proyectos abundan los recursos de aprendizaje informales, y en algunos casos incluyen también materiales para que los maestros incluyan en el plan de estudios de sus cursos. Además, varios proyectos han diseñado tareas que permiten experiencias de aprendizaje acumulativo, una característica compartida con algunos de los proyectos de investigación. Un ejemplo de este tipo de proyectos es Fossil Finder (<http://fossilfinder.org/>).

² Wiggins y Crowston llaman a estos proyectos “de Investigación”. Sin embargo, y para evitar confusiones, al ser la actividad principal de este tipo de proyectos la recolección de datos en forma sistémica para proyectos de investigación académica, creemos que el término “recolección” es más apropiado para esta familia de proyectos de ciencia ciudadana.

Estas formas de pensar la ciencia ciudadana y cómo los ciudadanos científicos pueden participar de ella, dan una visión más amplia de las expectativas y alcance que esta posee. En todos los casos, se evidencia que la ciencia ciudadana requiere de la participación de los ciudadanos científicos. Sin ellos, no podría lograrse.

1.4. Organización de este artículo

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se enuncian los desafíos a los que se enfrentan los proyectos de ciencia ciudadana. Estos se desglosan en desafíos metodológicos, desafíos tecnológicos y aquellos relacionados con el desarrollo de comunidades de voluntarios. Con el contexto y los desafíos ya presentados, la sección 3 desarrolla el enfoque de la propuesta del proyecto Cientópolis. En esta sección se describe en forma general la metodología de trabajo que el proyecto propone para estudiar y desarrollar la ciencia abierta y la ciencia ciudadana. Se discuten tres herramientas informáticas para facilitar la creación de proyectos de ciencia ciudadana y para motivar la participación en ellos bajo una propuesta de ludificación. En la sección 4 se presenta la Plataforma Nodos, un proyecto de ciencia ciudadana dirigido al estudio y preservación del patrimonio cultural intangible en las artes escénicas. Nodos es el proyecto de ciencia ciudadana activo más importante de Cientópolis. Para finalizar, se plantean las conclusiones y enumeran diferentes líneas de trabajos futuros.

2. Desafíos de la ciencia ciudadana

Desde el inicio del proyecto Cientópolis, en 2014, se han identificado en la práctica y en la revisión de la literatura existentes desafíos en tres áreas: metodologías, tecnologías y desarrollo de la comunidad de voluntarios.

2.1. Desafíos metodológicos

Los proyectos de ciencia ciudadana son multidisciplinarios por definición. Por un lado, se encuentra el científico a cargo, un experto en la temática que trata el proyecto; por ejemplo, un astrónomo. Es quien tiene claro qué pregunta debe responder, y qué tareas debe realizar para responderlas. Es quien antes realizaba por sí mismo esas tareas y contaba con ayuda de otros expertos en el dominio (investigadores o estudiantes avanzados). Ahora, se encuentra frente a un volumen de tareas que no puede resolver con los recursos que cuenta y que no puede automatizar. Entonces se le presenta la oportunidad de redefinir esas tareas y delegarlas, con ayuda de tecnología, a una multitud de voluntarios a los que primero debe atraer, formar y sostener.

Formar asistentes y definir tareas claras que estos puedan resolver de manera efectiva es desafiante, aun cuando dichos asistentes cuentan con una formación en la

temática. Los voluntarios en un proyecto de ciencia ciudadana tienen formaciones muy variadas, incluso en los aspectos más básicos de la ciencia. Por esto, prepararlos, asistirlos y definir tareas adecuadamente, para que ellos puedan contribuir de manera efectiva al proyecto científico y disfrutarlo, es todo un reto. En esta faceta de los proyectos de ciencia ciudadana todavía se requiere desarrollo e involucra no solo a los expertos del dominio sino también a educadores y sociólogos, entre otros. Complementariamente, es clave identificar estrategias para atraer, motivar y retribuir la participación de los voluntarios. Desde esta perspectiva, la ciencia ciudadana es en sí un objeto de estudio. ¿Qué motiva a los voluntarios a participar? La literatura (Rotman, 2012) describe algunas de las motivaciones de los ciudadanos científicos: la curiosidad, la búsqueda de reconocimiento, la búsqueda de desafíos, el entretenimiento y la búsqueda de aprendizaje y desarrollo personal. ¿Cómo cambia la relación entre el ciudadano y la comunidad científica y qué métodos la potencian en una dirección positiva?

Aun en los proyectos más simples, la ciencia ciudadana ofrece oportunidades de aprendizaje en distintos niveles. Desde aprender de la problemática del científico lo mínimo requerido para resolver una tarea (por ejemplo, entender qué motiva al científico a solucionar ese problema y por qué este es relevante), hasta involucrarse en discusiones con otros voluntarios y con científicos para entender más en profundidad el objeto de estudio. Proyectos exitosos como el que constituye la iniciativa Zooniverse tienen como característica común ofrecer recursos adicionales para que el voluntario pueda acercarse a la temática de la investigación así como espacios de interacción con otros voluntarios y con científicos. Esta relación positiva entre la participación voluntaria y la motivación para aprender más sobre el tema de investigación hace que la ciencia ciudadana se transforme en una potencial herramienta pedagógica. Transformar la ciencia ciudadana en una herramienta pedagógica efectiva es todavía un desafío; el rol del educador o pedagogo en el equipo de ciencia ciudadana es fundamental.

2.2. Desafíos tecnológicos

La participación de ciudadanos en la ciencia no es un fenómeno nuevo. Sin embargo, ha visto un renacimiento y una explosión en su popularidad, motivados por el rol de las tecnologías. Aplicaciones como Foldit (Eiben, 2012) transforman problemas científicos complejos en un juego de rompecabezas en línea, en este caso, el plegado de proteínas. Portales en línea como Zooniverse permiten que millones de voluntarios en todo el mundo, contribuyan clasificando o anotando muestras en una amplia variedad de proyectos científicos. Aplicaciones móviles como Mosquito Alert (www.mosquitoalert.com) rompen barreras de espacio y tiempo, permitiendo que el proyecto científico reciba contribuciones desde cualquier lugar del mundo, todo el día, todos los días. Además, sacan la ciencia de los límites del escritorio, permitiendo que el voluntario participe cuando surja la oportunidad.

La herramienta tecnológica es el nuevo motor de la ciencia ciudadana y es al mismo tiempo una barrera. El científico, salvo algunos casos, no cuenta con los recursos o el

tiempo para construir la herramienta. El desarrollo de este tipo de aplicaciones que combinan *hardware* y *software* es complejo y costoso.

En la actualidad son pocas las herramientas de ciencia ciudadana pensadas para ser adaptadas a distintos proyectos sin contar con conocimiento de informática. Zooniverse, además de ser un portal de proyectos de ciencia ciudadana, es un editor de proyectos. Permite que el científico suba sus muestras (por lo general, imágenes), defina un protocolo de clasificación y etiquetado de las mismas, y publique el proyecto en línea. Es uno de los pocos ejemplos.

El desafío de eliminar la barrera tecnológica requiere construir un ecosistema de herramientas y servicios reutilizables y combinables, que el científico pueda componer sin requerir formación específica en desarrollo de *software* y sin la necesidad de contratar personal especializado. Ese ecosistema debe al menos ofrecer: a) herramientas de muestreo que permitan tomar y enviar muestras siguiendo protocolos claros y combinando sensores, y b) herramientas de clasificación y etiquetado que permitan distribuir grandes volúmenes de muestras a multitudes de voluntarios, asegurando que cada una de ellas es clasificada múltiples veces para reducir la posibilidad de error.

Cuando se involucra a desconocidos en el proceso de toma, clasificación y etiquetado o procesamiento de muestras, hay que extremar y documentar las medidas para asegurar la calidad del resultado. A este fin, la estrategia más frecuentemente utilizada en la actualidad es la redundancia. La misma tarea se delega a muchos voluntarios y según la variabilidad en las respuestas se determina el potencial error y se repite la tarea cuando es necesario. Sin embargo, esta no es la estrategia que mejor aprovecha el esfuerzo de los participantes. Combinar voluntarios con sistemas inteligentes podría ser un camino factible, por ejemplo, en la detección de errores involuntarios o vandalismo.

Para contribuir efectivamente, además de entender la tarea que debe resolver, el ciudadano necesita aprender a utilizar la tecnología. Por lo tanto, la simplicidad y claridad en el diseño de las herramientas es un factor fundamental que determina la variedad y número de los voluntarios que podrán contribuir. Desarrollar aplicaciones usables y accesibles para un público variado y potencialmente desconocido plantea importantes desafíos de diseño.

2.3. Desafíos en el desarrollo de la comunidad de voluntarios

La mayoría de los proyectos de ciencia ciudadana actuales se caracterizan por delegar tareas que por su número (en los miles o decenas de miles) no pueden ser resueltas por el investigador y su equipo. Tampoco es posible automatizar su resolución (por ejemplo, construyendo un robot o un *software*), y sin embargo, dichas tareas requieren habilidades que la mayoría de las personas tienen y pueden aplicar luego de ser entrenadas por un breve tiempo (por ejemplo, reconocer patrones en imágenes). Los proyectos se basan en la disponibilidad e interés de voluntarios que, dependiendo del caso, resolverán algunas decenas de tareas. Esto implica que incluso los más simples proyectos de ciencia ciudadana requerirán de cientos de voluntarios.

Atraer y mantener motivados a un número suficiente de voluntarios es un desafío que requiere una combinación de estrategias. Desde diseminación en redes sociales hasta eventos cara a cara, son muchos los mecanismos para poner en marcha la construcción de la comunidad. Sin embargo, para sostener la comunidad en el tiempo se hace necesaria la implementación de otras estrategias. Este desafío es en sí mismo un tema de investigación. Se requiere atraer continuamente a nuevos voluntarios no solo para incrementar el "poder de cómputo" de la comunidad sino también para reemplazar a quienes indefectiblemente dejarán de participar. Es importante ofrecer oportunidades de desarrollo personal para que el voluntario pueda emprender tareas cada vez más complejas y reconozca su propio crecimiento. Que este cuente con variedad de tareas y temas de proyectos, hace que pueda construir su propio camino de desarrollo como científico ciudadano (especializándose por tipo de tarea o tema, o construyendo una visión generalista).

Las plataformas tecnológicas que den soporte a la construcción de la comunidad deben ofrecer al ciudadano un mapa de sus posibilidades de desarrollo y de exploración. Deben ofrecer retroalimentación en función de los resultados alcanzados, para que el voluntario vea que es parte de una iniciativa más grande y que sus contribuciones aportan a un resultado mayor. De la misma manera, deben ofrecer al científico que define proyectos un pantallazo de la comunidad de voluntarios en términos de volumen, características, intereses, capacidades, vitalidad. Debe ofrecer canales de comunicación que permitan a los científicos adecuar y orientar los proyectos que ofrecen, para así contribuir al desarrollo de la comunidad.

Cada nuevo proyecto de ciencia ciudadana debe afrontar estos desafíos. Si bien el número de voluntarios a los que puede alcanzar por medios electrónicos es potencialmente todo el mundo, quienes alguna vez han intentado construir una comunidad en red saben lo difícil que es la tarea. La única estrategia viable para que cada nuevo proyecto tenga voluntarios es enfocarse en construir y conectar comunidades que trasciendan los proyectos individuales.

3. El enfoque Cientópolis

El proyecto Cientópolis (<http://cientopolis.org>), gestado en la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata, busca construir una plataforma de ciencia ciudadana y ciencia abierta que aproveche prácticas modernas de desarrollo de *software* adaptable, y estrategias de ludificación. La ludificación incorpora lógicas de juegos en actividades que no fueron pensadas para ser un juego, para hacerlas así más entretenidas e interesantes. De esta forma, desde Cientópolis se busca que los voluntarios participen en las actividades de ciencia ciudadana jugando.

En el proyecto participan activamente investigadores del laboratorio LIFIA de la Facultad de Informática (UNLP) e investigadores del Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT). El trabajo conjunto de estos dos grupos combina las competencias relativas a la ciencia ciudadana y ludificación del grupo de LIFIA con las competencias en el estudio de la ciencia abierta, mediante una visión más holística.

Cientópolis posee los siguientes objetivos:

- Proporcionar al científico una *plataforma* para implementar y estudiar sus proyectos de ciencia ciudadana y ciencia abierta.
- Formar una red de ciudadanos que colaboren en proyectos propuestos por científicos.
- Estrechar el lazo entre las instituciones científicas y la comunidad que la circunda.
- Motivar la participación en ciencia de los ciudadanos.

La estrategia para perseguir los objetivos planteados se centra en articular la plataforma con diferentes líneas de trabajo. Algunas de esas líneas están vinculadas con la conformación de líneas de investigación y grupos de estudio, y otras son articuladas en proyectos de producción de *software* específico.

La primera de estas líneas es el “Laboratorio de Ciencia Abierta y Ciencia Ciudadana”, el cual vincula al grupo de investigación sobre ciencia abierta (CENIT-CONICET) dirigido por Mariano Fressoli y Valeria Arza con el grupo de investigación sobre ciencia ciudadana perteneciente a LIFIA. En este laboratorio se busca estudiar los vínculos y lineamientos generales de ambas disciplinas como prácticas generales y compartidas por las diferentes áreas del conocimiento científico.

En forma complementaria, otra línea busca consolidar una red de ciudadanos y académicos que compartan intereses en ciencia abierta y ciudadana. Las diferentes estrategias ligadas a esta línea se basan en encontrar espacios comunes de comunicación. Una de ellas es mediante el uso de redes sociales como herramienta para establecer estos vínculos en un comienzo. En este sentido, además del portal en <http://cientopolis.org> es posible sumarse a la comunidad de Cientópolis en Facebook (<http://www.facebook.com/cientopolis>). También es importante la participación en eventos de divulgación científica, revistas y medios de alcance popular. Y por último, se incluyen además actividades de vinculación presencial a modo de talleres, como la realización de *editathones*. El más reciente taller se realizó con el proyecto Nodos (ver más adelante).

A fin de atacar los desafíos tecnológicos, el proyecto Cientópolis desarrolla componentes de *software* adaptables que se publican bajo licencias de código abierto (GPL). A continuación se describen los componentes actualmente disponibles.

3.1. Spotters

Spotters nace a partir de la necesidad de enriquecer el ecosistema de aplicaciones de ciencia ciudadana, ofreciendo la posibilidad de generar múltiples aplicaciones de distintas áreas de la ciencia pero con ciertas características en común, sin requerir conocimientos sobre programación ni extensos tiempos de desarrollo.

Las aplicaciones generadas con Spotters permiten a los usuarios marcar, en un mapa, distintos puntos de interés para el científico (por ejemplo, monumentos en la vía pública), clasificarlos a través de una serie de preguntas presentadas en el momento del marcado de dichos puntos, y finalmente, filtrar y descartar los puntos no deseados, para que la labor de un

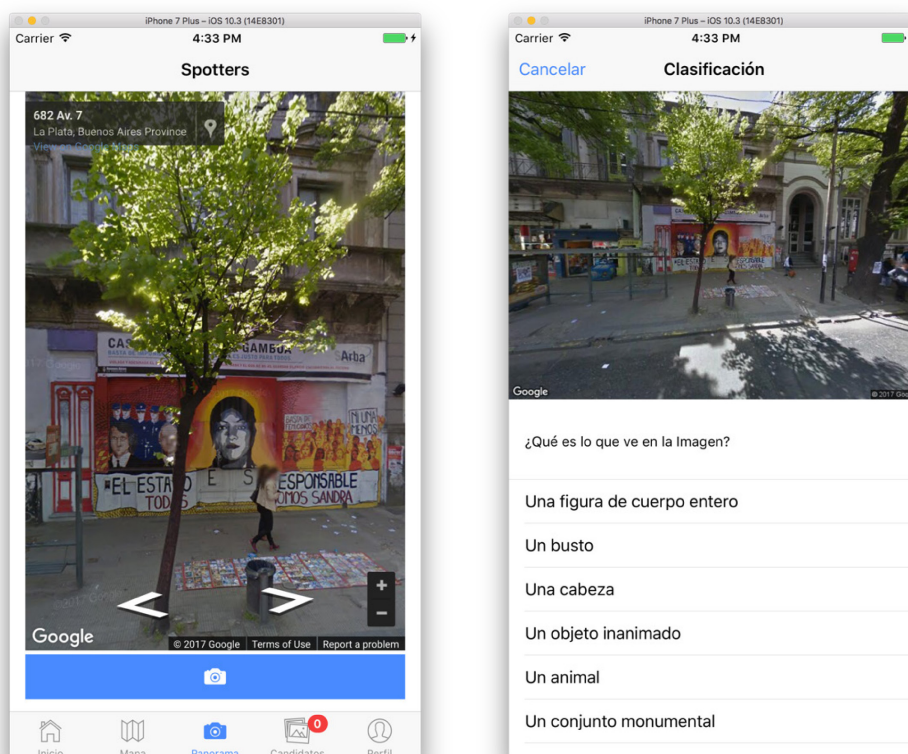
científico sea más precisa. De este modo, la ciencia ciudadana está presente en el hecho de que son las personas mismas quienes buscan las muestras y las catalogan para participar en la investigación.

Debido a la creciente utilización de dispositivos móviles, Spotters está diseñado con una filosofía Mobile First y utiliza las últimas tecnologías disponibles para que las aplicaciones resultantes puedan ser utilizadas desde una computadora, una *tablet* o un celular sin pérdida de funcionalidad y con una estética uniforme.

Las aplicaciones generadas mediante Spotters poseen un conjunto de funcionalidades en común relacionadas a la geolocalización, y que son posibles gracias a herramientas como Google Maps y Google Street View. Sirviéndose de estos dos proyectos, el usuario puede navegar desde la aplicación por distintas zonas de la vía pública y acceder a una vista panorámica de distintas áreas sin la necesidad de desplazarse físicamente hasta la zona que se desea explorar. La figura 1 presenta dos capturas de pantalla de una aplicación construida con Spotters. Los científicos ciudadanos recorren virtualmente la ciudad para identificar y catalogar expresiones de arte plástico en la vía pública.

Para promover la utilización de la plataforma, que el tiempo de permanencia de los usuarios sea el más largo posible y que realicen la mayor cantidad posible de contribuciones, Spotters incorpora elementos sociales y de debate y, además, incluye elementos de ludificación. Gracias a esto último, cuando un usuario cumple con una tarea o realiza una acción determinada, puede subir de nivel y obtener medallas de reconocimiento por los logros alcanzados.

Figura 1. Pantallas de Spotters – Arte en la vía pública



Más información sobre Spotters, links descarga, instalación y configuración se encuentran disponibles en línea en <<http://www.cientopolis.org/spotters>>.

3.2. Samplers

El foco del proyecto Samplers está puesto en los proyectos de ciencia ciudadana que se dedican a la recolección de muestras de datos primarios. Estos son los que se describen como *de recolección* y fueron descritos en la sección 1.3. Una forma de asistir a estos proyectos es por medio de sistemas informáticos que posibiliten la recolección de datos usando móviles.

Un ejemplo de este tipo de proyectos es AppEAR (<http://www.app-ear.com.ar>), un sistema de ciencia ciudadana para cuidar y aprender de los ambientes acuáticos en Argentina, realizado por Joaquín Cochero, investigador del CONICET, en el Instituto Platense de Limnología. El objetivo final de AppEAR es tener un relevamiento completo y detallado de aguas continentales de todo el territorio nacional para conocer los lugares en riesgo en los que urge trabajar. Los voluntarios de este proyecto descargan una aplicación para su dispositivo móvil y toman muestras para el proyecto. La aplicación guía a los usuarios a través de preguntas, y otorga la posibilidad de tomar fotografías y registrar la posición geográfica por medio del GPS.

La mayoría de los proyectos de ciencia ciudadana de recolección cuentan con aplicaciones desarrolladas específicamente para cada uno, y el principal problema es establecer la secuencia de pasos que conforman el protocolo para la toma de la muestra y la combinación en este protocolo de las herramientas del dispositivo móvil que se desean utilizar (cámara, GPS, etc.). Proveer un *framework* que resuelva esta problemática sería muy útil para la creciente comunidad de científicos que incluyen ciencia ciudadana en sus proyectos.

Samplers es un *framework* para crear aplicaciones de ciencia ciudadana que permitan recolectar muestras de datos primarios utilizando *smartphones* Android sin necesidad de programar. En Samplers, el científico de cualquier disciplina describe de forma sencilla los pasos que debe llevar a cabo una persona cuando realice la toma de la muestra. Esto puede ser:

- capturar una foto, un video, un audio o un recorrido hecho con el dispositivo móvil;
- contestar una pregunta con respecto a la muestra. Esta pregunta puede tener una o múltiples respuestas posibles;
- introducir anotaciones (texto);
- mostrar información georreferencial para la toma de la muestra.

Una vez que se determine el protocolo para tomar las muestras, Samplers genera una aplicación que se instala en cualquier dispositivo Android y le permite a cualquier persona seguir los pasos definidos por el científico. Cuando se finaliza la etapa de muestra, los datos son enviados a un servidor donde se recolectan para el posterior análisis.

Más información sobre Samplers, links de descarga, instalación y configuración se encuentra disponible en línea en <<http://www.cientopolis.org/samplers>>.

3.3. Metajuego

Metajuego es un componente de software, que ofrece la posibilidad de agregar elementos de ludificación a cualquier proyecto de ciencia ciudadana con cambios mínimos a la tecnología que le da soporte. Además, actúa como un puente entre distintos proyectos conectándolos bajo la idea de un único juego.

Uno de los objetivos a los que apunta el metajuego es consolidar una comunidad de ciudadanos activos, con perfiles y expectativas variadas. Para Cientópolis (y en general para todo proyecto de ciencia ciudadana) es clave la participación activa e inclusión de nuevos miembros, para así obtener resultados variados, los cuales serán materia prima para los proyectos que los científicos necesitan estudiar. En el ecosistema de Cientópolis se encuentran diversos proyectos (de artes escénicas, astronomía, bellas artes, arquitectura) por lo que es parte de este desafío tener en cuenta a cada uno. Además, se busca una estrategia que permita obtener contribuciones (en cantidad y calidad) efectivas para la ciencia, difundir metas alcanzadas, logros, y reconocer la participación de sus voluntarios. Metajuego busca fortalecer la motivación intrínseca de los voluntarios con cada proyecto.

Se entiende por *ludificación* (del inglés *gamificación*) al uso de elementos y técnicas de diseño de juegos en contextos serios (Deterding, 2011), en este caso, ciencia ciudadana. Diversos experimentos han analizado la posibilidad de ludificar proyectos de esta disciplina en diversas áreas, ya sea para obtener mejores resultados o para solucionar aquellos problemas que conllevan toda iniciativa de ciencia ciudadana, tal como lo es Foldit en el área de la Bioquímica (Cooper, 2011): una plataforma donde los distintos participantes colaboran y compiten para plegar estructuras de proteínas utilizando elementos de juegos. Los resultados de Foldit fueron prometedores, incluyendo nuevos descubrimientos y aportes a la ciencia. Otro ejemplo es el de EyeWire (Kim, 2014) en el campo de la neurociencia; allí los participantes buscan y clasifican conexiones entre neuronas sobre un trozo de tejido, coloreando (elemento de juego) las diferentes secciones en las imágenes que proporciona la plataforma.

En el marco de Cientópolis, en cuanto a proyectos individuales, la ludificación ha demostrado resultados prometedores, como por ejemplo en Galaxy Conqueror (Celasco, 2016), que ha logrado interesar a voluntarios en tareas de identificación de galaxias definidas por investigadores del CONICET.

Metagame (*meta*: 'más allá del', 'junto al') es un juego en el cual cada participante tomará el rol de un científico perteneciente a la ciudad ficticia de Cientópolis, donde cada acción que realice contribuye a ser parte o historia de esta, convirtiéndose así en científico visionario o leyenda. Para jugar Metagame, es necesario participar en alguno de los proyectos vinculados con Cientópolis.

En todos los proyectos de Cientópolis hay principalmente tres tipos de acciones que se pueden realizar:

1. *Contribuciones (Contribution)*: son las acciones principales que el jugador realiza en los distintos proyectos de Cientópolis. Por ejemplo: en el proyecto de

Galaxy Conqueror, “marcar una galaxia”, o en el proyecto de Colaboratorio, “clasificar una tarea”.

2. *Refuerzos (Reinforcement)*: son las acciones, actividades secundarias, o de refuerzo que el jugador puede realizar. Este tipo de acción generalmente corresponde a la interacción o apoyo con otros usuarios de los distintos juegos. Por ejemplo: una acción de refuerzo es votar una galaxia marcada por otro jugador en Galaxy Conqueror.

3. *Diseminación (Dissemination)*: son aquellas acciones sociales, de propagación o diseminación de los distintos juegos disponibles en Cientópolis. Por ejemplo: compartir en Facebook un resultado.

A medida que el jugador vaya realizando las acciones previamente mencionadas, irá obteniendo un *logro*. El “logro” es la principal mecánica de Metagame, y a su vez, es la forma en la cual el jugador irá avanzando a lo largo del juego.

Finalmente, el jugador irá acumulando diversos logros o insignias especiales y únicos que le permitirán convertirse en un mejor científico, representando este avance en forma de *rangos*. Un jugador comenzará teniendo un rango de *visitante (visitor)*, y a medida que vaya cumpliendo con los objetivos puestos por Metagame, llegará a mejores rangos tales como *ciudadano científico*, hasta alcanzar la maestría y convertirse en *ciudadano científico visionario*, ilustre para la ciudad de Cientópolis (el concepto de *rango* se tratará en profundidad en las siguientes subsecciones).

Más información sobre Metagame, links de descarga, instalación y configuración se encuentra disponible en línea en <<http://www.cientopolis.org/spotters>>.

4. PROYECTO NODOS

En esta sección se presenta Nodos (<http://plataformanodos.org>), un proyecto concreto de ciencia ciudadana destinado al estudio y preservación del patrimonio cultural intangible en las artes escénicas. Por el tiempo transcurrido desde su creación y por la actividad cotidiana, es el proyecto activo de ciencia ciudadana más importante que se desarrolla en Cientópolis. A diferencia de las herramientas para asistir a la generación de proyectos de ciencia ciudadana descritas en la sección anterior, Nodos es un caso concreto de ciencia ciudadana en el que los científicos ciudadanos y académicos comparten las actividades.

Nodos es un trabajo colaborativo multidisciplinar entre el LIFIA (Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada) de la Facultad de Informática de la UNLP y el Grupo del Estudio del Cuerpo (GEC), que presentó la idea original de desarrollar un Catálogo para las Artes Escénicas con el objetivo de registrar, catalogar, difundir e investigar la actividad artística en la ciudad de La Plata.

El catálogo consistía en una publicación impresa, nutrida con la información que el GEC recopilaba mediante encuestas; el grupo enviaba planillas a la comunidad artística, que debían ser completadas y devueltas con la información de interés. Este enfoque pronto reveló

algunos inconvenientes. La información no siempre volvía en tiempo y forma, y requería un trabajo extra de curado de la información, que resultó ser lento y engorroso. A pesar de que se había planeado editar el catálogo anualmente, recopilar información de esta manera era lento y el catálogo quedaría desactualizado antes de su publicación.

En este punto se sumó Cientópolis, y en conjunto con el GEC se desarrolló un proyecto de ciencia ciudadana en el que se conjuga una ontología para representar el dominio de las artes escénicas, a la que se le da soporte mediante una wiki. La Plataforma Nodos cumple de manera informatizada el objetivo del catálogo de las artes escénicas.

El proyecto Nodos combina tres elementos importantes: una ontología para describir el conocimiento relacionado con las artes escénicas, una wiki semántica donde se puede registrar la información utilizando la ontología y un proyecto de ciencia ciudadana que permite a la comunidad de las artes escénicas (artistas, espacios y público) completar y consultar la información de Nodos (Torres, 2016).

La wiki semántica es una herramienta de edición y participación colaborativa que además permite incorporar elementos que facilitan el procesamiento de la información. Una wiki es una herramienta para crear y editar los contenidos de una página web. La información contenida en una wiki puede ser accedida y editada por muchas personas en simultáneo, por lo que son una herramienta potente para el trabajo colaborativo.

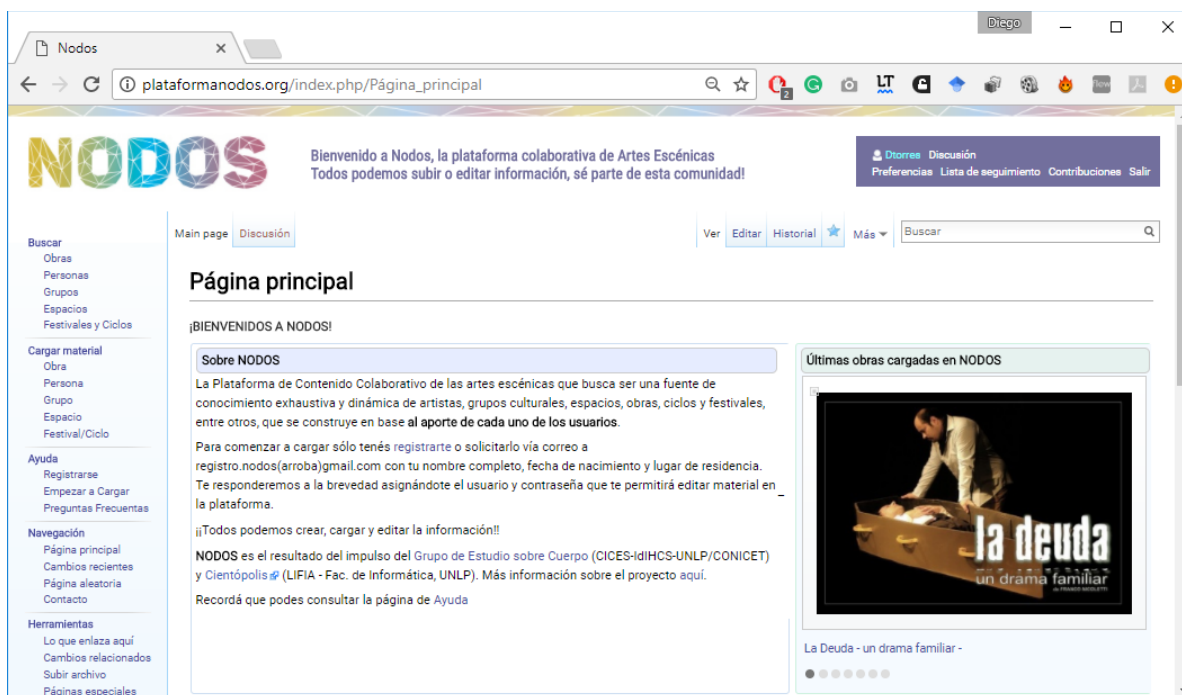
La principal utilidad de una wiki es que permite crear y mejorar las páginas de forma inmediata, dando una gran libertad al usuario, y por medio de una interfaz muy simple. Esto es vital para poder involucrar en el trabajo a gente que no necesariamente posee conocimientos técnicos para editar contenido en la web.

Se eligió implementar la Plataforma Nodos para aprovechar estas ventajas, buscando que sea la misma comunidad artística la que se encargue de cargar la información. Los artistas pueden difundir su trabajo y contactarse con otros artistas en forma muy sencilla. De esta manera se tiene además un alcance mucho mayor que el enfoque manual descrito anteriormente, que centralizaba en el GEC el trabajo de carga de información.

La wiki de Nodos está implementada con el *framework* MediaWiki, un soporte para wikis muy conocido por ser el mismo que utiliza Wikipedia, tal vez la wiki más famosa de la web.

Al momento de la escritura de este artículo, la plataforma Nodos cuenta con 178 obras cargadas, 39 páginas sobre artistas, 33 artículos sobre grupos, 20 espacios y 8 festivales y grupos. Día a día la información va creciendo y actualizándose. La figura 2 muestra la página de inicio de la plataforma Nodos.

Figura 1. Página de inicio de la plataforma Nodos



5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se presenta una introducción a la ciencia abierta y a la ciencia ciudadana, describiendo la importancia y desafíos que ambas tienen para el contexto científico.

La ciencia ciudadana representa una oportunidad única para democratizar la ciencia e involucrar a ciudadanos, al tiempo que hace posible la resolución de proyectos de mayor magnitud y ofrece oportunidades de desarrollo personal y aprendizaje. En el mundo y en nuestro país hay experiencias que demuestran el potencial de la ciencia ciudadana. Sin embargo, aunque cada una de ellas es muy interesante y relevante, se trata de unos pocos casos aislados, accesibles solo a grupos de investigación selectos. Transformar la ciencia ciudadana en una herramienta más a la que todo científico puede recurrir cuando sea pertinente, implica resolver una serie de desafíos. Por ello, en la sección 2, se identificaron desafíos relativos a metodología, tecnología y desarrollo de comunidad.

El proyecto Cientópolis (presentado en las secciones 3 a 7) se propone atacar algunos de esos desafíos con el desarrollo de herramientas reutilizables, estrategias de ludificación para la construcción y consolidación de la comunidad de voluntarios, y casos concretos de estudio (como es el proyectos Nodos) para identificar mejores prácticas metodológicas.

A pesar de haber transitado un intenso camino, desde el proyecto se busca continuar afianzando el estudio sobre la ciencia abierta y la ciencia ciudadana, así como continuar ayudando en la producción de este tipo de proyectos. El soporte para la implantación de nuevos proyectos de ciencia ciudadana y la utilización de las herramientas presentadas en

este artículo permitirán extender la ciencia ciudadana y también realizar análisis más exhaustivos que posibiliten evaluar y mejorar los componentes tecnológicos.

Un objetivo a mediano plazo es el de detectar y describir patrones comunes y buenas prácticas en el diseño y construcción de proyectos de ciencia ciudadana. Estos patrones permitirán que los proyectos nuevos puedan basarse en buenas prácticas bien documentadas de experiencias pasadas. Finalmente, se continuará trabajando para que la comunidad de científicos y ciudadanos interesados en la ciencia abierta y ciudadana vayan consolidándose. En esta dirección es que el proyecto Cientópolis participa activamente de la organización del Primer Taller de Ciencia Abierta y Ciudadana que se desarrollará en noviembre de 2017, en el Planetario de la Ciudad de La Plata. Se espera que el taller se convierta en un espacio periódico de encuentro para la comunidad de ciencia abierta y ciudadana de la región.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BHATTACHARJEE, Y. (2005). "Citizen Scientists Supplement Work of Cornell Researchers". *Science*, vol. 308, n.º 5727, pp. 1402–1403. Recuperado de <<http://science.sciencemag.org/content/308/5727/1402>>
- CELASCO, M.; YAÑEZ, J. I.; FERNÁNDEZ, A.; TORRES, D. y DÍAZ, A. (2016). "Galaxy Conqueror: aplicando técnicas de ciencia ciudadana y gamificación en la búsqueda de galaxias". Trabajo inédito, presentado en la Décimo Primera Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías De Aprendizaje (Laclo2016). San Carlos, Costa Rica.
- COOPER, S.; KHATIB, F.; TREUILLE, A.; BARBERO, J.; LEE, J.; BEENEN, M.; LEAVER-FAY, A., *et ál.* "Predicting Protein Structures with a Multiplayer Online Game". *Nature*, vol. 466, n.º 7307, pp. 756-760.
- DAVID, P. A. (2004). "Understanding the Emergence of 'Open Science' Institutions: Functionalist Economics in Historical Context". *Industrial and Corporate Change*, vol. 13, n.º 4, pp. 571–589.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R. y NACKE, L. (2011). "From Game Design Elements to Gamefulness". *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments*. New York: ACM, pp. 9-11.
- DICKINSON, J. L. y BONNEY, R. (2012). *Citizen science: public participation in environmental research*. New York: Cornell University Press, 2012.
- EIBEN, C. B.; SIEGEL, J. B.; BALE, J. B.; COOPER, S.; KHATIB, F.; SHEN, B. W.; BAKER, D. *et ál.* (2012). "Increased Diels-Alderase Activity through Backbone Remodeling Guided by Foldit Players". *Nature biotechnology*, vol. 30, n.º 2, pp. 190-192.
- ELWOOD, S.; GOODCHILD, M. F. y SUI, D. Z. (2012). "Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice". *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 102, n.º 3, pp. 571-590.

- KIM, J. S.; GREENE, M. J.; ZLATESKI, A.; LEE, K.; RICHARDSON, M.; TURAGA, S. C.; SEUNG, H. S. *et ál.* (2014). "Space–time Wiring Specificity Supports Direction Selectivity in the Retina". *Nature*, vol. 509, n.º 7500, pp. 331–336. doi: <https://doi.org/10.1038/nature13240>
- ROTMAN, D.; PREECE, J.; HAMMOCK, J.; PROCITA, K.; HANSEN, D.; PARR, C.; JACOBS, D. *et ál.* (2012). "Dynamic Changes in Motivation in Collaborative Citizen-Science Projects". *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*. New York: ACM, pp. 217-226.
- TORRES, D.; DÍAZ, A.; CEPEDA, V. y CORREA, F. (2016). "Nodos: Semantic Content on Performing Arts". In *Computing Conference (CCC), 2016 IEEE 11th Colombian*. IEEE, pp. 1-8. doi: 10.1109/ColumbianCC.2016.7750802
- WIGGINS, A. y CROWSTON, K. (2011). "From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science". En *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1–10. doi: <http://doi.org/10.1109/HICSS.2011.207>