

# Galaxy Conqueror: Astronomy, Citizen Science and Gamification

Matías Celasco<sup>1</sup>, Juan Ignacio Yañez<sup>1</sup>, Roberto Gamen<sup>2</sup>,  
Alejandro Fernández<sup>1,3</sup>, Alicia Díaz<sup>1</sup>, and Diego Torres<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Lifia, Facultad de Informática

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas  
Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Argentina

<sup>2</sup>Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP

<sup>3</sup>CIC

<sup>4</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología, UNQ

alejandro.fernandez@lifia.info.unlp.edu.ar

**Abstract**—Galaxy Conqueror is a serious game for citizen science. Its goal is to guide participants to identify galaxies in a region of the sky known as the Puppis’ Window. Galaxy Conqueror is a on-line game, where each participant plays the role of a galactic explorer, studying a sector of the sky in search of galaxies and extraterrestrial life. When a participant thinks he has found a galaxy, he marks it and becomes its potential conqueror. Other players can express their opinion crediting or discrediting the potential conqueror. Players receive badges according to their performance. Initial evaluation shows that Galaxy Conqueror is an effective tool to channel the volunteers efforts to identify galaxies in the Puppis Window. The game is part of the Cientópolis platform for citizen science.

## 1. Introducción

En los últimos años ha resurgido el término *ciencia ciudadana* gracias a las posibilidades que brinda la tecnología a los usuarios para participar a través de las redes sociales y sus dispositivos móviles. La ciencia ciudadana es una actividad científica en la que voluntarios no-profesionales contribuyen colectivamente en proyectos científicos en la recolección, el análisis y la disseminación de datos de proyectos científicos [1].

La ciencia ciudadana promueve un acercamiento de la ciencia a la comunidad, dando lugar a una nueva cultura científica en la que los ciudadanos agregan valor a los proyectos de investigación científica, al mismo tiempo que adquieren nuevos conocimientos, habilidades y una comprensión más profunda y atractiva del trabajo científico.

Cada vez son más los proyectos que incluyen ciudadanos científicos y esto es particularmente notorio en campos como la ecología y las ciencias ambientales. Prácticamente cualquier proyecto que pretenda *recolectar* grandes volúmenes de datos de campo en vastas re-

giones sólo pueden tener éxito con la ayuda de ciudadanos científicos. [2]

El análisis de grandes imágenes es una tarea pesada, exhaustiva y tediosa, la cual resulta impracticable para unas pocas personas. Los astrónomos del Nuevo Observatorio Virtual Argentino (NOVA)<sup>1</sup> enfrentaron este problema al analizar una imagen del espacio, en búsqueda de galaxias aún no identificadas. Los seres humanos han demostrado ser extraordinariamente hábiles en lo que se refiere al reconocimiento de patrones en imágenes. Los astrónomos opinan (y los experimentos preliminares así lo corroboran) que cualquier persona a la que se le presente uno de los objetos celestes contenidos en estas imágenes podrá fácilmente discernir si se trata de una galaxia o de algún otro objeto celeste, como por ejemplo una estrella, si previamente se la instruye sobre cómo se ven las galaxias en imágenes de esa calidad. En este artículo se presentará Galaxy Conqueror, una herramienta de ciencia ciudadana para la búsqueda exhaustiva de galaxias no identificadas en imágenes provistas por astrónomos del NOVA .

Uno de los desafíos que presentan este tipo de solución es mantener a los ciudadanos motivados a la participación. Muchas veces la tarea en sí misma, descubrir galaxias en el caso de Galaxy Conqueror, es suficientemente motivadora para cualquier ciudadano. Sin embargo, la motivación no puede depender sólo del dominio de la aplicación; es importante también reforzar la participación de los ciudadanos con alguna otra estrategia . Una de las estrategias más usadas en este sentido es la “ludificación”.

La ludificación es la utilización de mecánicas y pensamiento lúdico en un entorno que no lo es, con el fin de involucrar y motivar multitudes para resolver un problema ya existente. La idea principal es motivar a los jugadores a que completen ciertas tareas premiándolos por ello. De esta forma, se introducen distintos tipos de recompensa como

1. <http://nova.conicet.gov.ar>

pueden ser puntos, insignias, niveles, barras de progreso o incluso una moneda virtual. Otra parte fundamental para incrementar la motivación es añadir algún tipo de competencia entre jugadores, ya sea agregando tablas de posiciones o comparaciones con amigos en las redes sociales [3], [4], [5].

Algunas aplicaciones de ciencia ciudadana se apoyan en los juegos serios para garantizar una mayor participación y compromiso de los ciudadanos. De acuerdo al análisis del tipo de tareas que involucra Galaxy Conqueror, se identificaron que varias de ellas podían tomar forma de juegos. Galaxy Conqueror toma la forma de un juego serio donde los ciudadanos participan descubriendo galaxias y votando a favor o en contra de galaxias encontradas por otros participantes, que posee características que lo hacen atractivo, que incentivan a jugarlo y que establece un ámbito de desafíos que intensifica el grado de compromiso y entretenimiento.

Galaxy Conqueror se expuso en las Jornadas de Ciencia y Tecnología de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata donde los visitantes lo pudieron experimentar. Los resultados preliminares obtenidos son alentadores, durante un período de 2 semanas se descubrieron 54 nuevas galaxias y además se ha observado un alto nivel de participación de los ciudadanos no sólo descubriendo galaxias sino también votando.

Este tipo de aplicaciones necesitan de plataformas que permitan su administración. Galaxy Conqueror esta soportado por Cientópolis. Cientópolis es una plataforma multidisciplinaria que ofrece herramientas tecnológicas para la toma de muestras con dispositivos móviles, la identificación de elementos/lugares en imágenes del espacio y en mapas de ciudades, y la clasificación y caracterización de catálogos de imágenes. En la actualidad, Cientópolis implementa proyectos de ciencia ciudadana en Astronomía, Arquitectura y urbanismo, y Agronomía.

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma. La sección 2 introduce los conceptos ciencia ciudadana, *crowdsourcing* y ludificación. A continuación se presentan algunos trabajos relacionados relevantes con la ciencia ciudadana, ludificación y Galaxy Conqueror (sección 3). La sección 4 esta dedicada a introducir Galaxy Conqueror diseñado como un juego serio. La sección 5 presenta los resultados de la evaluación de Galaxy Conqueror en términos de utilidad como herramienta de ciencia ciudadana, y de usabilidad. A continuación se introducirá brevemente Cientópolis (sección 6). La última sección esta dedicada a las conclusiones y perspectivas de trabajo a futuro.

## 2. Crowdsourcing, Ciencia Ciudadana y Ludificación

El concepto de ciencia ciudadana está estrechamente ligado al de *crowdsourcing*. Hay quienes simplemente definen a la ciencia ciudadana como un caso particular de *crowdsourcing* en el que las tareas son de índole científica.

El término *crowdsourcing* denota una técnica que consiste en la delegación de tareas a una multitud de personas a

través de una convocatoria abierta, lo cual por lo general se realiza mediante comunidades on-line. Dicha tarea puede ser de complejidad y modularidad variada, en la cual el sujeto debe hacer un aporte (dinero, experiencia, trabajo, etc.), obteniendo un beneficio mutuo. El usuario o sujeto obtendrá una compensación, ya sea vinculada al reconocimiento social, la autoestima, el desarrollo de habilidades individuales o simplemente económica. Por otro lado, el encargado de asignar la tarea, aprovechará lo que haya aportado el sujeto, lo cual dependerá del tipo de tarea propuesta.

Existen varias clasificaciones de *crowdsourcing* [6] de acuerdo a los tipos de tareas a llevarse a cabo:

- *Crowdcasting*: recompensa a quien resuelva la tarea primero o quien proponga la mejor solución.
- *Crowdcollaboration*: los individuos contribuyen con conocimiento para resolver la tarea o crear ideas colaborativamente.
- *Crowdcontent*: se utiliza su esfuerzo y conocimiento para crear o encontrar contenido de varios tipos. Difiere de *Crowdcasting* ya que *Crowdcontent* no es una competencia.
- *Crowdfunding*: se busca financiación económica a cambio de algún tipo de recompensa.
- *Crowdopinion*: El objetivo es escuchar opiniones de los usuarios sobre un tema o producto.

Existen varias dimensiones o aspectos de diseño de iniciativas de *Crowdsourcing* desde la perspectiva de la organización que la plantea [7]. A continuación se presenta cada una de ellas.:

- *Preselección de los participantes*. Establece restricciones que deben cumplir los participantes.
- *Acceso a las contribuciones ajenas*. Establece en qué medida los participantes puedan acceder a las contribuciones hechas por otros.
- *Agregación de las contribuciones*. Define de qué manera las contribuciones de los participantes son usadas por la organización para obtener el resultado deseado.
- *Remuneración de las contribuciones*. Determina de qué manera serán recompensados los participantes por sus aportes.

La ciencia ciudadana es una actividad científica en la cual cualquier ciudadano participa voluntariamente en la recolección, el análisis y la diseminación de datos de proyectos científicos. Es por esto que se la considera como un caso particular de *crowdsourcing*.

A los voluntarios que participan en un proyecto de ciencia ciudadana se los denomina “ciudadanos científicos”. Son 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 [8] o la clasificación de galaxias en GalaxyZoo [9] han demostrado el valor científico de este tipo de actividad.

La ciencia ciudadana les da la oportunidad a los científicos de la academia a que puedan plantear preguntas que requieren observaciones simultáneas en grandes escalas espaciales y temporales, y sea la masa de ciudadanos científicos quien ayude a concretar las respuestas a esas preguntas [8], [10].

Werbach [11] remarca que todo sistema interactivo, que tenga como propósito captar la mayor atención y compromiso de un público específico, debe proveer condiciones de interacción lúdicas, cautivantes y dinámicas, que generen sensaciones y experiencias motivadoras con respecto al objetivo del negocio. En este contexto la “ludificación” es una alternativa.

La “ludificación”, término ajustado al castellano de la definición de “gamification”, es un campo de estudio que provee mecanismos de ludificación y desarrollo de dinámicas de juego, que resultan adecuados para potenciar la motivación. Los beneficios que aportan son: la fidelización de usuarios, aumento en la participación en actividades individuales y/o grupales, incremento de las contribuciones en actividades cooperativas y colaborativas, entre muchos otros [12]. Todos pueden ser considerados como una alternativa válida para incrementar motivación en proyectos de ciencia ciudadana.

La ludificación es la utilización de mecánicas y pensamiento lúdico en un entorno que no lo es, con el fin de involucrar y motivar a los participantes a resolver un problema. La idea principal es motivar a los jugadores a que completen ciertas tareas premiándolos por ello. De esta forma, se introducen distintos tipos de recompensa como pueden ser puntos, insignias, niveles, barras de progreso o incluso una moneda virtual. Otra parte fundamental para incrementar la motivación es añadir algún tipo de competencia entre jugadores, ya sea agregando tablas de posiciones o comparaciones con amigos en las redes sociales [3], [4], [5].

Para entender las técnicas de ludificación es necesario analizarlas a tres niveles de abstracción:

- *Mecánicas de juego*: son aquellas reglas que consiguen que la actividad se asimile a un juego o a una actividad lúdica, proponiendo una sucesión de retos y barreras que los participantes deben superar (coleccionar, obtener recompensas, alcanzar niveles, etc.).
- *Dinámicas de juego*: son aquellos aspectos y valores que impulsa a seguir jugando (fantasía, reconocimiento, competición, altruismo).
- *Componentes del juego* son elementos que se añaden a la aplicación con el fin de implementar alguna mecánica de juego.

Los juegos se pueden clasificar según distintos criterios:

- *Tipos de recompensas*: principales elementos a tener en cuenta a la hora de definir una estrategia motivadora [4]. Hay una gran variedad de recompensas: predefinidas, aleatorias, sorpresivas, regaladas o coleccionables.

- *Tipos de jugadores*: clasificar a jugadores según su perfil de juego es útil ya que permite diseñar la interacción de la aplicación adaptada al usuario. El test de *Bartle* [13] es un eficiente mecanismo para categorizar el comportamiento de los jugadores de acuerdo a cómo se comportan las personalidades dentro de los juegos.
- *Mecánicas de puntuación*: las mecánicas más comunes de puntuación que se utilizan en la ludificación: puntos, insignias, tabla de clasificaciones [3].
- *Modalidad de juego*. No hay precisión en la bibliografía sobre esta clasificación, sin embargo se diferencian dos grandes grupos, los juegos cooperativos y los que no lo son.
- *Modalidad de ludificación*: se refiere a la forma en que se va modificar o rediseñar la aplicación existente para convertirla en un juego.

Por un lado el término *ludificación* se refiere al uso de elementos de diseño de juegos en un contexto no-lúdico. Por otro esta el término de “juegos serios” que se refiere al uso de un juego sin propósito de entretenimiento. Colocando cada termino en un extremo, existe una variedad importante de intermedios entre juegos serios y ludificación, yendo desde un juego completo a una aplicación con sólo elementos de juegos.

### 3. Trabajo relacionado

El primer antecedente histórico de un proyecto de ciencia ciudadana probablemente sea el programa *Christmas Bird Count* llevado a cabo por la National Audubon Society en los Estados Unidos desde el año 1900. Un proyecto similar existe en el Reino Unido desde 1932 dirigido por el British Trust for Ornithology y se conocen casos en muchos otros países[2]. Más recientemente, Planet Hunters <sup>2</sup>, uno de los proyectos de la plataforma Zooniverse <sup>3</sup>, fue diseñado para involucrar al público en la búsqueda de exoplanetas (planetas fuera de nuestro sistema solar) a partir de los datos publicados por la misión Kepler de la NASA. Durante el primer mes posterior a su lanzamiento se encontraron dos nuevos candidatos a planeta[14]. Estas iniciativas, aunque muy exitosas, no exploran el rol de la ludificación.

Old Weather [15], es un proyecto de Ciencia Ciudadana que fue lanzado en la plataforma ZooUniverse, este consiste en la observación de condiciones climáticas que deben ser registradas en un diario descriptivo, algo así como una bitácora naval. Los científicos académicos utilizan estas bitácoras para crear modelos climáticos y los historiadores navales para generar un histórico del clima. Los científicos académicos al ser conscientes de que esta tarea de digitalizar la bitácora del tiempo puede ser algo tediosa, consideraron incluir mecanismos de ludificación que permitieran al científico ciudadano obtener recompensas por su trabajo de esta manera mejorar su motivación. Los componentes de

2. <https://www.planethunters.org>

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

ludificación en este proyecto incluyen una medición del progreso mediante la cantidad de bitácoras digitalizadas, para esto cada voluntario inicia como Cadete en una embarcación y al completar 30 bitácoras se promueve a Teniente, el mayor logro se puede obtener al convertirse en Capitán, para esto debe ser el que mayor cantidad de bitácoras tenga en su embarcación. La posición de Capitán puede ser perdida en el momento en que otro tripulante lo sobrepase en cantidad de bitácoras, a diferencia del Teniente que al conseguir su título siempre puede conservarlo.

FloraCashing[16], es un proyecto de ciencia ciudadana implementado como una aplicación móvil, donde los científicos ciudadanos reportan datos sobre la fenología de las plantas como la aparición de brotes de hojas. Esta información es utilizada por los científicos académicos para determinar la distribución de alérgenos y el cambio climático global. En este proyecto los componentes de ludificación son insignias donde un científico ciudadano puede obtener una insignia de líder de la manada, quien llega al primer puesto en la clasificación del grupo, insignia de florecimiento científico que se obtiene con una fotografía de una planta con flor y la última sería la insignia del creador de nuevos *FloraCaches*.

Ambos proyectos incluyen componentes de ludificación que lograron obtener buenos resultados en la motivación de los participantes del proyecto de ciencia ciudadana, sin embargo en los resultados presentados en *OldWeather* se identifica un menor interés en los participantes que se interesan por el proyecto solo desde el aspecto científico académico ya que consideran que no es necesario el contar con mecánicas de juego en su tarea. En *FloraCashing* se presenta algo diferente debido a que el mecanismo que se aplica para incluir la ludificación se basa en descubrir como primera medida la identificación de dos tipos de jugadores: participantes naturales y jugadores. Al modelar la mecánica de juego dirigidas a cada tipo de participante lograron despertar el interés de jugar en ambos grupos.

Foldit, Phylo y EteRNA [17] son algunos proyectos importantes que no sólo incluyen dinámicas de juego, sino que además el mismo proceso de ciencia ciudadana es visto como un juego, logrando resultados de gran impacto.

Foldit [18] es un juego donde los voluntarios construyen modelos estructurales de proteínas que difícilmente son factibles de generar mediante experimentaciones con métodos convencionales. Este juego permite a los voluntarios participar de manera individual o grupal, donde en la segunda modalidad pueden trabajar colaborativamente y cooperativamente. En ambos casos se premia su proceso mediante puntos que les permite competir. Además, existen canales de comunicación entre los investigadores y los voluntarios, y entre voluntarios. Los voluntarios cuentan con guías para el uso de la plataforma donde se resuelven estructuras ya conocidas. Este proyecto ha tenido resultados muy reconocidos entre los cuales está el descubrimiento del virus del simio Mason-Pfizer, relacionado con el SIDA.

Phylo [19], es un juego tipo tetris que permite comparar genomas, los jugadores deben hacer coincidir las secuencias de nucleótidos de diferentes especies animales teniendo en

cuenta la codificación y zonas de regulación genética, para determinar las relaciones phylo-genéticas, el impacto de las mutaciones y posibles responsabilidades sobre enfermedades. Cuenta con 225.000 *puzzles* que han sido terminados por los voluntarios. Su meta actual es encontrar orígenes de enfermedades genéticas y patrones de ADN.

EteRNA [17], es un juego que presenta tres tipos de elementos: enrejados, nudos e interruptores que permiten generar estructuras en dos dimensiones que representan nuevos diseños de estructuras RNA. Al igual que FoldIt, permite jugar en modo individual o grupal y los jugadores reciben retroalimentación de los investigadores o comparten estrategias con sus compañeros mediante chats.

Los resultados de estos proyectos representan una contribución importante a la ciencia y la satisfacción que reciben los voluntarios se puede ver reflejada en el conocimiento adquirido al igual que en su participación en publicaciones científicas que se han presentado como resultado de estos procesos. Los voluntarios no deben contar con conocimientos especializados para participar en estos proyectos, lo cual hace los proyectos de ciencia ciudadana una alternativa muy atractiva para todo jugador o científico aficionado.

Finalmente cabe resaltar que la revisión de aportes y recomendaciones, que se encuentran en el trabajo relacionado, permite afianzar el propósito de este trabajo. El cual se centra en presentar la importancia de la Ciencia Ciudadana, como una herramienta de mejora, en el trabajo colaborativo y cooperativo de ciudadanos interesados en la ciencia y en aportar desde su experiencia y conocimiento a los procesos y proyectos de la ciencia ciudadana.

Por otro lado, el aporte que ofrece la ludificación en este tipo de proyectos, es indispensable, para mantener la motivación y compromiso de los ciudadanos. Las estrategias presentadas, fueron tomadas por aportes y recomendaciones de trabajos relacionados, pero conservan una diferenciación en cuanto al formalismo en el diseño de la estrategia y el procedimiento, propuesto para su validación.

## 4. Galaxy Conqueror

Galaxy Conqueror es un juego serio donde los ciudadanos participan descubriendo galaxias y votando a favor o en contra de galaxias encontradas por otros participantes, pero que es íntegramente un juego, que posee características que lo hacen atractivo, que incentivan a jugarlo y que establece un ámbito de competencia que intensifica el grado de compromiso y entretenimiento. Las imágenes que se utilizan en Galaxy Conqueror corresponden a una región del cielo, conocida como ventana de Puppis.

### 4.1. Galaxias en la ventana de Puppis

La Tierra, nuestro Sol, y todo el sistema solar en su conjunto forman parte de una galaxia denominada Vía Láctea. Se trata de una de las llamadas galaxias espirales, donde las estrellas se agrupan en la región central (o bulbo) y en el disco que la rodea. Nuestro Sol está en el disco,

donde no sólo hay muchas estrellas sino también mucho gas y polvo (el denominado medio interestelar). En noches oscuras y lejos de la contaminación lumínica de las ciudades, esto se manifiesta como un camino luminoso o “lechoso”. Según la mitología griega, se trata de leche derramada del pecho de la diosa Hera, lo que dio origen al nombre de Vía Láctea que en latín significa *camino de leche*.

Esta alta concentración de gas y polvo obstruye la luz, lo cual impide captar objetos distantes<sup>4</sup>, por lo que casi todas las galaxias que se conocen han sido detectadas apuntando el telescopio hacia el exterior del plano galáctico.

Existe una región del plano galáctico donde la concentración de gas y polvo es particularmente baja. Esta región se conoce como “ventana de Puppis” y está ubicada en las periferias de la Vía Láctea. A través de esta ventana se filtra luz que proviene del exterior de la galaxia, por lo que apuntar el telescopio en esa dirección nos permite realizar observaciones mucho más profundas que en otras direcciones del plano y descubrir galaxias “de fondo” en regiones del espacio por lo general vedadas. Esto fue originalmente notado por M.P. Fitzgerald quien encontró 18 galaxias en dicha dirección [20]. No se conoce de otros trabajos que hayan continuado esa línea de investigación.

Las ventajas e importancia científica de poder observar y detectar estas galaxias viene acompañada de un inconveniente: debido a la distancia a la que estos objetos celestes se encuentran, el tamaño con el que se los observa desde la Tierra es diminuto. Esto dificulta su identificación por medios automáticos (p.e., software de procesamiento de imágenes) y lo vuelve una oportunidad para demostrar el potencial de la ciencia ciudadana.

## 4.2. Galaxy Conqueror como un juego serio

Galaxy Conqueror es un juego serio, on-line, donde cada participante es un conquistador espacial que explora un sector del espacio en busca de galaxias y extraterrestres. Cuando un explorador encuentra algo que piensa que podría ser una galaxia, lo marca, y de esta manera se adelanta al resto de los jugadores con su (potencial) descubrimiento. Cuando un jugador se topa con una posible galaxia marcada por otra persona, puede dar su opinión sobre la misma, acreditando o desacreditando al potencial “conquistador” para compartir su crédito o sacar rédito de su error. El éxito en el juego se refleja en el rango del jugador (que inicia como escudero estelar y aspira llegar a emperador galáctico) y la cantidad de puntos de experiencia obtenidos (una suerte de crédito galáctico). La figura 1 presenta una captura parcial de la pantalla del juego. Se observa parte de tablero de puntuación y marcas efectuadas por los jugadores.

Cuando el jugador ingresa por primera vez es recibido por un tutorial que explica las mecánicas del juego y, muy brevemente, lo instruye en la identificación de galaxias. Seguramente encuentre marcas efectuadas por otros usuarios

4. En astronomía a este fenómeno se lo conoce como *extinción* y consiste en la absorción y la dispersión de la radiación electromagnética emitida por objetos astronómicos. Esto ocurre debido a la existencia de materia, principalmente gas y polvo, entre el objeto emisor y el observador.

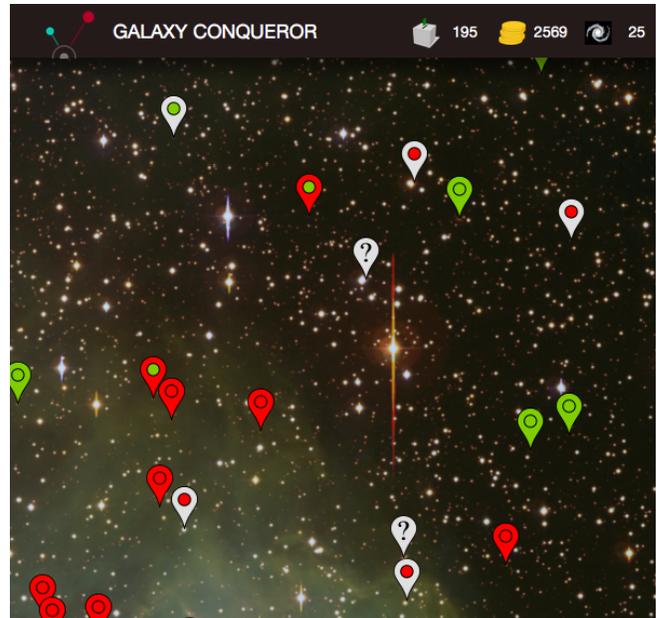


Figure 1. Captura parcial de pantalla del juego

respecto a las cuales podrá expresar su opinión. En todo momento podrá elegir si dedica su tiempo a opinar sobre las marcas efectuadas por otros jugadores, o a explorar el espacio abierto y marcar galaxias por su cuenta. Opiniones y marcas correctas dan puntos, opiniones y marcas equivocadas los quitan.

Unos pocos jugadores han sido designados, desde el inicio, como “emperadores”. Ellos no buscan galaxias sino que supervisan el trabajo de los conquistadores. Por su formación (astrónomos experimentados) son quienes tienen la última palabra respecto a cada descubrimiento. Cada día, analizan la lista de nuevos descubrimientos y determinan si los mismos deben ser acreditados como nuevas galaxias o no. Las opiniones de los conquistadores permiten ordenar la lista, priorizando aquellos elementos que han generado mayor interés. Cuando un emperador confirma un descubrimiento, su conquistador (quien lo marcó originalmente) y todos los que opinaron a favor del descubrimiento reciben puntos. Por el contrario, cuando un emperador rechaza un descubrimiento, el jugador que lo marcó y todos quienes lo apoyaron pierden puntos mientras que quienes lo rechazaron reciben puntos.

La Figura 2 muestra cómo la combinación de colores de la marca indica la relación entre la opinión del jugador, y la decisión de los “Emperadores”. El color del círculo central refleja la opinión del jugador (verde significa “es galaxia”, rojo “no es galaxia”). El color del globo representa la opinión del Emperador. Si los colores coinciden, el jugador ha acertado y recibe puntos, caso contrario, los pierde.

Varias veces por minuto aparecen en la pantalla naves espaciales y extraterrestres que deben ser capturados rápidamente (dado que vuelven a desaparecer a los pocos segundos). Capturarlos da puntos. Si bien esto resulta di-

		Emperador		
		Es galaxia	No es galaxia	Pendiente
Jugador	Es galaxia			
	No es galaxia			
	Pendiente			

Figure 2. Interpretación de las marcas

Acción	Puntaje
Atrapar extraterrestre	10 puntos
Votar galaxia	bonus
Conquistar galaxia	500 puntos + bonus
Marcar galaxia equivocadamente	-250 puntos
Votar equivocadamente	penalización

Table 1. TABLA DE PUNTUACIÓN

vertido y ofrece recompensa inmediata, no es tan efectivo para avanzar en el juego como marcar y votar galaxias correctamente. La Tabla 1 detalla el puntaje asignado a cada acción. El bonus y la penalización son relativos al número de jugadores que comparten la opinión. El esquema de asignación de puntos favorece votar y marcar galaxias sobre la captura de extraterrestres. Marcar correctamente una nueva galaxia es, visiblemente, la actividad más redituable.

En base a sus acciones, los jugadores avanzan en una estructura de rangos. Cada rango requiere completar un determinado conjunto de desafíos. La Tabla 2 detalla los requisitos para alcanzar cada rango. Cada vez que el jugador avanza de rango, se le ofrece compartir su avance en las redes sociales (actualmente Facebook).

### 4.3. Diseño del juego

Uno de los objetivos del desarrollo de Galaxy Conqueror fue evaluar distintas metodologías para el diseño y análisis

Rango	Requisitos
Escudero Estelar	5 extraterrestres
Cadete Espacial	2 votos + 8 extraterrestres
Explorador Habilidadoso	5 votos
Observador Nato	1 galaxia marcada + 15 extraterrestres
Cosmonauta Destacado	8 votos + conquistar 1 galaxia + 500 puntos
Corsario Galáctico	25 votos + 50 extraterrestres + 1000 puntos
Explorador Estelar de Élite	2 galaxias conquistadas + 2000 puntos
Conquistador Galáctico	3 galaxias conquistadas + 3000 puntos
Emperador Galáctico	5 galaxias conquistadas + 4000 puntos

Table 2. REQUISITOS PARA ALCANZAR CADA RANGO

de juegos serios para la ciencia ciudadana. Si bien la literatura respecto a diseño de juegos serios y ludificación es rica, la misma está en constante evolución y ninguna metodología se ha consolidado como claro estándar. En este proyecto se han combinado recomendaciones de distintas fuentes, principalmente, el framework MDA (mecánicas, dinámicas y estéticas) de Bohyun Kim [3], el framework Octalysis de Yu-Kai Chou [4], y el framework de 6 pasos de Werbach y Hunter [5].

**4.3.1. Objetivos.** De acuerdo a Werbach y Hunter [5], primer paso en el diseño de un juego serio es definir claramente el objetivo de negocio, es decir definir qué se pretende conseguir transformando en juego una actividad que no lo es. En el caso de Galaxy Conqueror, el objetivo primario es compilar una lista de coordenadas de potenciales galaxias en una imagen del espacio, de 1° x 1°, en dirección a la Ventana de Puppis. La misma debe ser tan completa y precisa como sea posible. Cuanto menos tiempo se demore en compilar la lista, mejor será. Astrónomos del NOVA tomarán la lista como punto de partida para un análisis más detallado, utilizando otras herramientas y técnicas manuales. Adicionalmente, dado que Galaxy Conqueror es parte de la iniciativa Cientópolis de ciencia ciudadana, se espera que el juego sirva para difundir las actividades del proyecto y atraer participantes, que contribuyan y que se interesen por la ciencia.

**4.3.2. Comportamientos esperados.** Para alcanzar el objetivo, el juego busca motivar en los participantes un conjunto de comportamientos específicos. La primer acción que se espera motivar es la *participación*. Cuantos más jugadores haya en el juego, menos tiempo se demorará en cubrir la imagen y más opiniones tendremos respecto a cada galaxia candidata. El número de participantes activos cada día, la frecuencia con la que los participantes regresan, y el número de nuevos participantes son indicadores de participación que se monitorean y se espera mejorar. Para efectuar un análisis exhaustivo y minucioso de la imagen, se requiere que cada participante marque tantas galaxias candidatas como le resulte posible, explorando la imagen en toda su extensión. En consecuencia, se espera maximizar el *espacio que cada participante explora*, y el *número de propuestas de galaxias que hace*. La redundancia es una estrategia comúnmente aplicada en proyectos de ciencia ciudadana para mitigar el riesgo de una contribución incorrecta. Por consiguiente, se busca que cada galaxia candidata que se propone cuente con el *respaldo de múltiples voluntarios*. A fin de alcanzar el objetivo de viralizar el proyecto y atraer nuevos participantes se espera que los voluntarios compartan en redes sociales sus experiencias y logros e inviten a otros a participar.

**4.3.3. Los jugadores.** Dentro de la comunidad de voluntarios de Galaxy Conqueror, identificamos tres grandes grupos (a los que queremos llegar de manera diferenciada). Los astrónomos, los académicos y educadores de todas las disciplinas, y otros ciudadanos interesados en la ciencia, de todas las edades. Los astrónomos, ya sea parte del equipo de

investigación, estudiantes, o aficionados, conocen los fundamentos teóricos en los que se basa el proyecto, y conocen la relevancia de este desafío. Su opinión es particularmente importante y su ojo se encuentra entrenado para identificar este tipo de fenómenos. Para este grupo, el juego, además de introducirlos a la novedad de la ciencia ciudadana en su campo de trabajo, debe resultar en un reconocimiento de sus capacidades. Los académicos y educadores encuentran en el juego serio una nueva estrategia para motorizar su actividad diaria, por ejemplo, acercando a sus alumnos a los contenidos de la ciencia de una nueva manera. Se espera que la participación de este grupo se enfoque en explorar el juego, transformarlo en una herramienta pedagógica y de divulgación y que socialicen su experiencia. El grupo más numeroso y activo será el de los ciudadanos en general, atraídos al juego por su interés en la ciencia y la perspectiva de contribuir a un proyecto científico. Si bien el juego está abierto a cualquier perfil de jugador, se espera que resulte más atractivo para aquellos que Richard Bartle [13] describe como *socializers* (socializadores, aquellos que disfrutan el juego en el marco de su relación con otros jugadores). Esto es así porque en la etapa presente del proyecto Cientopolis se busca el efecto de viralización que naturalmente viene aparejado a la participación de socializadores.

**4.3.4. Entrada, Compromiso y Progresión.** Las acciones de los jugadores y la reacción que estos observan conforman una serie de ciclos que, cuando se diseñan adecuadamente, resultan en un mayor número de participantes, más activos y comprometidos, por más tiempo. Los participantes llegarán al juego atraídos por novedades en las redes sociales originadas por miembros del proyecto y, principalmente, por publicaciones de logros y experiencias de jugadores activos. Es por esto que se hace foco en los “socializadores” y en el diseño de las herramientas del juego se presta atención a los mecanismos y oportunidades de socialización (por ejemplo, facilitando compartir los cambios de rango en las redes sociales).

Pruebas iniciales con usuarios mostraron que el tiempo promedio de una sesión de juego es 10 minutos. En ese tiempo el jugador opina sobre las galaxias marcadas por otros jugadores y marca algunas galaxias. Si opina sobre una galaxia respecto a la cual ya se ha expresado un emperador, verá inmediatamente si su opinión fue acertada o no. Si marca nuevas galaxias u opina sobre galaxias que todavía están pendientes de confirmación, deberá esperar hasta el próximo ciclo de actividad de los emperadores (generalmente al siguiente día). Esta estrategia de diseño de las mecánicas de juego busca que los jugadores participen regularmente (aún cuando sea en sesiones cortas) y que cada galaxia candidata tenga múltiples opiniones (para así mitigar las potenciales equivocaciones). Aun cuando el jugador no tenga tiempo (o suficiente interés) para estudiar la imagen en detalle y marcar nuevas galaxias, cada vez que ingrese encontrará marcas efectuadas por otros usuarios sobre las cuales opinar.

La Tabla 2, presentada anteriormente, refleja la progresión que se espera del participante. Los primeros rangos

(hasta corsario Galáctico) reconocen la participación. Los siguientes rangos reconocen la efectividad en la identificación de galaxias (ya sea porque lo establecen como requisito, o porque la cantidad de puntos necesaria es difícilmente alcanzable con solo la captura de extraterrestres). Los primeros participantes serán quienes aprovechen las galaxias más fácilmente reconocibles. Con el tiempo, la dificultad de identificar nuevas galaxias crecerá, haciendo evolucionar naturalmente la complejidad del juego hasta llegar a un punto en el que sobrepase la satisfacción que la actividad genera. Llegado este punto, habrá jugadores con el rango de Emperadores (el más alto). La motivación de los emperadores por continuar con el juego será la de haberse convertido en expertos de la tarea. Llegado este momento se espera que los emperadores puedan participar de conversaciones con los astrónomos del proyecto en la revisión final de las marcas y sean notificados de las posteriores actividades del proyecto.

**4.3.5. Diversión.** Un aspecto clave del diseño de un juego serio (o de la ludificación en general) es prestar atención a la diversión/entretenimiento. Hunicke, LeBlanc, Zubek [21] proponen analizar el efecto del juego en los jugadores en términos de ocho indicadores, de los cuales Galaxy Conqueror explota principalmente tres:

- Narrativa: Complementando la narrativa de ficción que relata la relación entre los conquistadores, los emperadores, y los extraterrestres, Galaxy Conqueror incorpora la historia que conecta a los jugadores con los investigadores en la exploración de la Ventana de Puppis. Algunos jugadores se sentirán más atraídos por una que por la otra.
- Desafío: El juego propone un desafío progresivo, en el que rangos superiores implican esfuerzos mayores aunque siempre alcanzables.
- Compañerismo: En el diseño del juego se hace explícita la cooperación entre usuarios y, si bien se mantiene puntaje y rangos, no se ofrecen mecanismos que fomenten la competencia directa entre participantes (por ejemplo, se ha desistido de ofrecer rankings de usuarios – leaderboards). Esta decisión de diseño va en detrimento de atraer a jugadores competitivos (a los que Bartle [13] se refiere como Killers) pero creemos que genera un espacio adecuado para los objetivos del proyecto.

## 5. Evaluación

En Septiembre de 2015, se observó en detalle el comportamiento del juego en un período de dos semanas (con una fuerte concentración de participación durante las Jornadas de Ciencia Y Tecnología de la Facultad de Informática de la UNLP). En ese lapso, Galaxy Conqueror fue jugado por 41 usuarios, entre todos ellos marcaron un total de 121 galaxias candidatas, de las cuales 54 (44,6%) ya fueron confirmadas (como galaxias o casos que vale la pena estudiar con detenimiento) por el grupo de astrónomos del proyecto. Estos

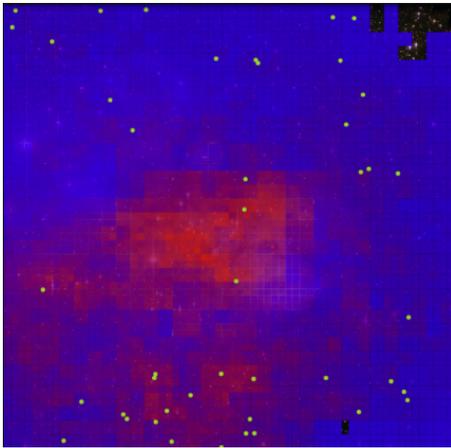


Figure 3. Mapa de calor de zonas exploradas

datos son sumamente reveladores y sorprendentes, ya que conversaciones iniciales con los astrónomos del proyecto habían adelantado la existencia segura de 5 o 6 galaxias (observables en la imagen). Las expectativas estaban en el hallazgo de 10 o 12 galaxias como máximo. Se realizaron 385 votos, lo que demuestra el interés de los jugadores en expresar su opinión sobre los hallazgos ajenos y nos ayuda a establecer un orden de prioridad en las galaxias candidatas a la hora de mostrarlas a los astrónomos. Podemos observar el notable progreso que han realizado los usuarios en cuanto a los niveles e insignias que fueron obteniendo, esto nos da la pauta que siguen los objetivos propuestos. Así es como nos damos cuenta que esta forma de motivación está cumpliendo con su objetivo. La Figura 3 resume la actividad de los usuarios en las dos semanas observadas. El color indica el número de veces que un área fue explorada por los participantes. Los puntos verdes indican galaxias marcadas por los participantes y confirmadas por los astrónomos. No se provee indicación de todas las galaxias marcadas. En la misma puede observarse que la mayor concentración de trabajo se encuentra en el centro de la imagen, y deriva hacia abajo. Entendemos que esto se debe a que, actualmente, todos los usuarios inician en la misma ubicación (el centro) y tienen una tendencia natural a navegar hacia abajo (probablemente derivada de sus hábitos de lectura y navegación web). La próxima versión de Galaxy Conqueror incluirá estrategias inteligentes de para determinar la ubicación de inicio y para sugerir a los jugadores direcciones de navegación.

### 5.1. Usabilidad

Investigadores de la Universidad Nacional de Jujuy efectuaron una Evaluación de usabilidad de Galaxy Conqueror [22] utilizando el estándar ISO 25062. La evaluación, basada en cuestionarios a participantes, enfocó la calidad del juego en relación los siguientes atributos: Accesibilidad, Ayuda, Inmersión, Frustración, Diversión, Interacción, y Continuidad. De estos, los más débiles (muy por debajo de

la media) resultaron accesibilidad e inmersión. Ayuda, Interacción y Continuidad obtuvieron calificaciones cercanas a 6 (en una escala 1-10). Diversión, uno de los elementos críticos en la evaluación de un juego, obtuvo una calificación baja (3.7). Esto contrasta con los resultados obtenidos en la identificación de Galaxias, que indicarían un grado adecuado de participación de los usuarios. Este punto será foco de futuro estudio para determinar si a) una mejora en la evaluación de diversión se correlaciona positivamente en el resultado del juego para el proyecto científico, y b) si es necesario tomar una interpretación más amplia del concepto de “diversión” en la evaluación de este tipo de proyectos, que tenga presentes otros elementos motivadores como los propuestos por Octalysys.

## 6. Cientópolis

El trabajo colaborativo subyacente en la ciencia ciudadana requiere de plataformas tecnológicas que permitan la distribución de tareas y recursos, y que sincronicen las actividades entre los ciudadanos científicos. Actualmente existen en la Web diferentes plataformas para la implantación de proyectos de ciencia ciudadana, por ejemplo Zooniverse[23] o, CitSci.org [24]. Estas plataformas brindan herramientas que, por un lado, ayudan a los científicos en definir las actividades y distribuirlas entre los ciudadanos, y por el otro lado, asisten a los ciudadanos científicos en llevar a cabo las tareas, por ejemplo, de recolección o clasificación, así como organizarlos en las actividades.

Estas plataformas además deben proveer a los usuarios dinámicas de trabajo atractivas, incluyentes y motivadoras buscando conseguir el compromiso de los usuarios con la tarea propuesta por los científicos. Pero dicha motivación puede decrecer y convertirse en una motivación temporal [25]. El problema de la baja motivación conlleva a la deserción de los usuarios poniendo en riesgo el objetivo científico. Por lo tanto, disponer de estrategias que conduzcan a mejorar de la motivación de los usuarios es un requerimiento que no se puede obviar a la hora de diseñar un aplicación de ciencia ciudadana.

Cientópolis<sup>5</sup> es una iniciativa de ciencia ciudadana de la Universidad Nacional de La Plata. Además de construir, evaluar, y apadrinar Galaxy Conqueror, Cientópolis se constituye en una plataforma multidisciplinaria. Ofrece herramientas tecnológicas para la toma de muestras con dispositivos móviles, la identificación de elementos/lugares en imágenes del espacio y en mapas de ciudades, y la clasificación y caracterización de catálogos de imágenes. En la actualidad, Cientópolis implementa proyectos de ciencia ciudadana en Astronomía, Arquitectura y urbanismo, y Agronomía. la Figura 4 ofrece una vista general de las componentes de Cientópolis. Spotters Framework, Laboratorio, y Samplers Frameworks son componentes que permiten generar aplicaciones de ciencia ciudadana. Spotters permite generar aplicaciones que impliquen explorar mapas satelitales en base a Google Maps y Street View.

5. <http://cientopolis.lifia.info.unlp.edu.ar>

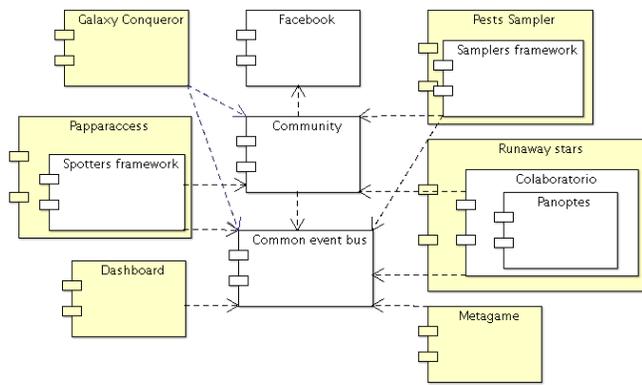


Figure 4. Componentes de la plataforma Cientópolis

Papparaccess, es una de esas aplicaciones, enmarcada en el proyecto de *Accesibilidad, Un Derecho Pendiente...*, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Colaboratorio, incorporar estrategias de ludificación sobre la tecnología de código abierto Panoptes<sup>6</sup> del Proyecto Zooniverse. Samplers, es un framework para construir aplicaciones móviles para la toma de muestras, en base a sensores disponibles en teléfonos inteligentes (fotos, videos, audios, posiciones). Una característica fundamental de Cientópolis, es la incorporación de estrategias de ludificación. Metagame, es un componente transversal que enriquece con ludificación la participación en todas las iniciativas y tecnologías de la plataforma.

## 7. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este artículo se ha introducido Galaxy Conqueror como una aplicación de ciencia ciudadana que toma forma de un juego serio. Se describió las mecánicas y dinámicas del juego. Se ha reportado una evaluación de Galaxy Conqueror que demuestra la utilidad de la aplicación de estrategias de ciencia ciudadana en el ámbito de la astronomía y detección de galaxias por ciudadanos comunes. Por otro lado esta evaluación también demostró la importancia de adoptar una metáfora de juego serio que fomentó el juego y así mantener la motivación y compromiso de los participantes. También se describió brevemente Cientópolis, la plataforma tecnológica que soporta el trabajo colaborativo subyacente de los científicos ciudadanos permitiendo la distribución de tareas y recursos, y su coordinación. A partir de esta versión de Galaxy Conqueror se está proyectando una nueva versión con el objeto de incluir estrategias inteligentes para determinar la ubicación de inicio y para sugerir a los jugadores direcciones de navegación.

## 8. Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a los siguientes ciudadanos científicos que participaron

activamente del proyecto durante el período observado: agustinmarisi, analia.de.biase, andrea\_gcandido, andres.rodriguez, blancarocio26, campagna.cristian, cbadi20007, davecastle73, educaciononlinejp, eliro30, esponda63, evelin\_vieyra, facu128, fedegon, federico.sodo, ferrero.gabriel, fjucam, freddybn, ivansrivero, javier8ar, jdrosillos81, jmrodriguez1982, joaquin547, JoshepKrena, laura-lus, lilianacazon, magdalena.magui.fernandez, matelcomisionb, mpaula\_ponce, nico\_marra, nicodelara, OctubreJujuy, pablo\_cda, personal.marcelo.castro, rolando\_puma, rosario.ana.fernandez, sebasamartins, tamichuarez, vrmerchan, w\_culqui, wilmagavilanes1982, willecas, yomismaec

## References

- [1] S. Elwood, M. F. Goodchild, and D. Z. Sui, "Researching volunteered geographic information: Spatial data, geographic research, and new social practice," *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 102, no. 3, pp. 571–590, 2012.
- [2] J. Silvertown, "A new dawn for citizen science," *Trends in ecology & evolution*, vol. 24, no. 9, pp. 467–471, 2009.
- [3] Bohyun Kim, *Understanding Gamification*, vol. 51(2). American Library Association TechSource, 2015.
- [4] Y.-K. Chou, *Actionable gamification: Beyond points, badges, and leaderboards*. Octalysis Media, 2015.
- [5] K. Werbach and D. Hunter, *For The Win. How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press, 2012.
- [6] E. Schenk and C. Guittard, "Towards a characterization of crowdsourcing practices," *Journal of Innovation Economics & Management*, no. 1, pp. 93–107, 2011.
- [7] D. Geiger, S. Seedorf, T. Schulze, R. C. Nickerson, and M. Schader, "Managing the crowd: Towards a taxonomy of crowdsourcing processes.," in *AMCIS*, 2011.
- [8] Y. Bhattacharjee, "Citizen scientists supplement work of cornell researchers," *Science*, vol. 308, no. 5727, pp. 1402–1403, 2005.
- [9] M. J. Raddick, G. Bracey, P. L. Gay, C. J. Lintott, P. Murray, K. Schawinski, A. S. Szalay, and J. Vandenberg, "Galaxy zoo: Exploring the motivations of citizen science volunteers," *arXiv preprint arXiv:0909.2925*, 2009.
- [10] J. Silvertown, "A new dawn for citizen science," *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 24, no. 9, pp. 467 – 471, 2009.
- [11] K. Werbach, *(Re)Defining Gamification: A Process Approach*, pp. 266–272. Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [12] K. Seaborn and D. I. Fels, "Gamification in theory and action: A survey," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 74, pp. 14 – 31, 2015.
- [13] R. Bartle, "Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs," *Journal of MUD Research*, vol. 1, no. 1, p. 19, 1996.
- [14] D. A. Fischer, M. E. Schwamb, K. Schawinski, C. Lintott, J. Brewer, M. Giguere, S. Lynn, M. Parrish, T. Sartori, R. Simpson, A. Smith, J. Spronck, N. Batalha, J. Rowe, J. Jenkins, S. Bryson, A. Prsa, P. Tenenbaum, J. Crepp, T. Morton, A. Howard, M. Belev, Z. Kaplan, N. vanNispen, C. Sharzer, J. Defouw, A. Hajduk, J. P. Neal, A. Nemeec, N. Schuepbach, and V. Zimmermann, "Planet Hunters: The first two planet candidates identified by the public using the Kepler public archive data," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 419, no. 4, pp. 2900–2911, 2012.
- [15] A. Eveleigh, C. Jennett, S. Lynn, and A. L. Cox, "i want to be a captain! i want to be a captain!&rdquo;: Gamification in the old weather citizen science project," in *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications, Gamification '13*, (New York, NY, USA), pp. 79–82, ACM, 2013.

6. <https://github.com/zooniverse/Panoptes>

- [16] A. Bowser, D. Hansen, J. Preece, Y. He, C. Boston, and J. Hammock, "Gamifying citizen science: A study of two user groups," in *Proceedings of the Companion Publication of the 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing, CSCW Companion '14*, (New York, NY, USA), pp. 137–140, ACM, 2014.
- [17] V. Curtis, "Online citizen science games: Opportunities for the biological sciences," *Applied & Translational Genomics*, vol. 3, no. 4, pp. 90 – 94, 2014. Global Sharing of Genomic Knowledge in a Free Market.
- [18] F. Khatib, S. Cooper, M. D. Tyka, K. Xu, I. Makedon, Z. Popović, D. Baker, and F. Players, "Algorithm discovery by protein folding game players," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, no. 47, pp. 18949–18953, 2011.
- [19] A. Kawrykow, G. Roumanis, A. Kam, D. Kwak, C. Leung, C. Wu, E. Zarour, L. Sarmenta, M. Blanchette, J. Waldispühl, and P. players, "Phylo: A citizen science approach for improving multiple sequence alignment," *PLoS ONE*, vol. 7, pp. 1–9, 03 2012.
- [20] M. Fitzgerald, "Eighteen possible galaxies in puppis.," *Astronomy and Astrophysics*, vol. 31, pp. 467–470, 1974.
- [21] R. Hunicke, M. LeBlanc, and R. Zubek, "MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research," *Workshop on Challenges in Game AI*, pp. 1–4, 2004.
- [22] M. A. Castro, V. D. Sánchez Rivero, J. H. Farfán, L. A. Vargas, E. Reinoso, M. C. Aparicio, F. R. Aragón, J. V. Zapana, A. G. Cándido, and L. E. Cazón, "Evaluando la usabilidad de Galaxy Conqueror con ISO 25062," in *XI Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA*, (San Salvador de Jujuy), 2016.
- [23] R. Simpson, K. R. Page, and D. De Roure, "Zooniverse: Observing the world's largest citizen science platform," in *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web, WWW '14 Companion*, (New York, NY, USA), pp. 1049–1054, ACM, 2014.
- [24] N. G. . S. R. Wang Y., Kaplan N., "Citsci.org: A new model for managing, documenting, and sharing citizen science data," *PLoS Biology*, vol. 13, no. 10, 2015.
- [25] D. Rotman, J. Preece, J. Hammock, K. Procita, D. Hansen, C. Parr, D. Lewis, and D. Jacobs, "Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects," in *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '12*, (New York, NY, USA), pp. 217–226, ACM, 2012.