GALAXY ZOO
UNA EXITOSA COLABORACIÓN PRO-AM

Ángel Requena
arequenavillar@yahoo.es

Al empezar a colaborar en mis primeros proyectos de ciencia ciudadana (también conocidos como Pro-Am) nunca pensé que un trabajo hecho por aficionados desde casa y con una formación básica en Astrofísica pudiera tener tanta repercusión a nivel científico como han tenido estos proyectos. Los resultados que aquí exponemos son ya una realidad científica y prueba de ello son la gran cantidad de descubrimientos y publicaciones realizadas por equipos de trabajo formados por profesionales y aficionados.

Colaboración Pro-Am

Hace ya casi tres años que comencé a participar asiduamente en algunos proyectos de colaboración entre profesionales y aficionados (conocidos comúnmente como proyectos Pro-Am). Lo que al principio parecía una prueba piloto con el tiempo se ha ido convirtiendo en una realidad tangible y prueba de ello es la gran cantidad de proyectos colaborativos que existen en la actualidad.

Para los que no estén familiarizados con ellos, comentaré que el objetivo fundamental de los proyectos Pro-Am es permitir el acceso a la ciencia profesional a toda la comunidad ciudadana y de esta manera hacerlos partícipes del trabajo que los científicos desarrollan habitualmente. Esto que en teoría parece tan bonito en la práctica ha presentado más dificultades de las que a priori se podría pensar. Por una parte, la comunidad científica tradicionalmente ha sido un colectivo muy cerrado y el contacto con ellos siempre ha resultado difi-

Fig.1- Póster de autores (Galaxy Zoo)

cultoso. Por otra, el aficionado ha tenido que proveerse de una formación científica autodidacta al margen de los círculos académicos, con la dificultad que ello conlleva, y finalmente, hemos tenido también cierta dificultad para acceder a la información y a las herramientas necesarias para contribuir a la ciencia.

No obstante, en los últimos años estas barreras que el aficionado se ha ido encontrando en el pasado, han comenzado a ir cayendo por lo que, aunque aún queda mucho camino por recorrer, se puede decir que hoy estamos ante una época dorada en lo que respecta a la colaboración Pro-Am. El éxito de estos proyectos radica en el hecho de que son muy útiles para ambas partes. Por una parte los profesionales tienen a su disposición una legión de "trabajadores" cualificados y motivados dispuestos a realizar todo tipo de tareas básicas y por otra parte los aficionados pueden participar en proyectos científicos serios a los que de ningún otro modo podrían acceder.

Para hacernos una idea de la importante labor que pueden desarrollar los aficionados en este tipo de proyectos, sólo mencionaré un ejemplo comparativo. Si un astrónomo profesional puede tardar una semana de duro trabajo en realizar unas 50.000 clasificaciones de galaxias, los científicos amateurs del proyecto Galaxy Zoo han conseguido realizar más de 1 millón de clasificaciones en apenas un día y con un grado de acierto similar al del profesional. Sin duda, ésta es la principal razón por la que los científicos han acabado dirigiendo su mirada a los aficionados como fieles colaboradores.

Otro factor importante que ha relanzado este tipo de proyectos ha sido sin lugar a dudas internet. Como después veremos, únicamente con un dominio web donde alojar la interfaz de usuario y unas instrucciones básicas, cualquiera que tenga unas nociones de Astronomía puede desde casa y a su ritmo realizar algunas tareas científicas, tales como clasificar e identificar objetos celestes hasta medir y analizar todo tipo de datos científicos.

En definitiva, la ciencia ciudadana se ha convertido casi de la noche a la mañana en un referente importante en ciencia. Disciplinas tan dispares como la Astrofísica, la Meteorología o la Biología han apostado firmemente en los ciudadanos, permitiéndonos que juguemos un papel importante en la práctica científica.

Galaxy Zoo

Del primer proyecto del que voy a hablar y con el que empecé a colaborar es Galaxy Zoo. La idea del proyecto se gestó en 2007 en Oxford (Inglaterra) cuando por aquel entonces Chris Linttot (Oxford University) y Kevin Shawinski (Yale University) realizaban una exhaustiva clasificación visual de galaxias que posteriormente incluirían en una base de datos galáctica con información muy detallada de su forma, color, estructura, etc. Como el rendimiento que obtenían era muy pobre, y necesitaban clasificar una importante población galáctica, pensaron que tal vez necesitarían algo de ayuda externa. Así que, viendo el éxito de otros proyectos anteriores como el SETI@home, decidieron crear una web y abrirla a la participación del público en general con unos mínimos conocimientos astronómicos.

Sorprendentemente, la respuesta de la gente fue muy numerosa y entusiasta. Tal fue la avalancha de peticiones que al poco de crearse este dominio, éste se colapsó con lo que los creadores de la web necesitaron muy pronto de la ayuda de la Universidad Johns Hopkins para solucionar el problema. Ni que decir tiene que sus expectativas se vieron ampliamente superadas hasta tal punto de que sólo durante las primeras 24 horas del lanzamiento, la web recibió unas 70.000 clasificaciones a la hora. En términos globales, durante el primer año de funcionamiento se realizaron más de 50 millones de clasificaciones por parte de unos 150.000 participantes.

¿Y en qué consistían estas clasificaciones? La idea era simple e ingeniosa. Por una parte se necesitaba una gran cantidad de imágenes de galaxias que en el proyecto inicial (Galaxy Zoo 1) se obtenían mediante el telescopio robótico Sloan Digital Sky Survey (SDSS) de 2.5 m. y por otro, un lugar donde exponerlas al público para que las clasificara. Como comentaba anteriormente, ese lugar era un dominio de internet (galaxyzoo.org) al cual los amateurs podrían acceder cómodamente desde su casa.

En el proyecto inicial Galaxy Zoo 1 (GZ1 a partir de ahora) al entrar en la web el sistema te presentaba aleatoriamente una imagen de una galaxia y te preguntaba una cuestión muy concreta: ¿Es elíptica o espiral? Aparentemente la pregunta parecía trivial pero lo cierto es que gracias a las contestaciones de miles de participantes se pudo recopilar información de la clasificación básica de muchos millones de galaxias que hasta ese momento no se disponía.

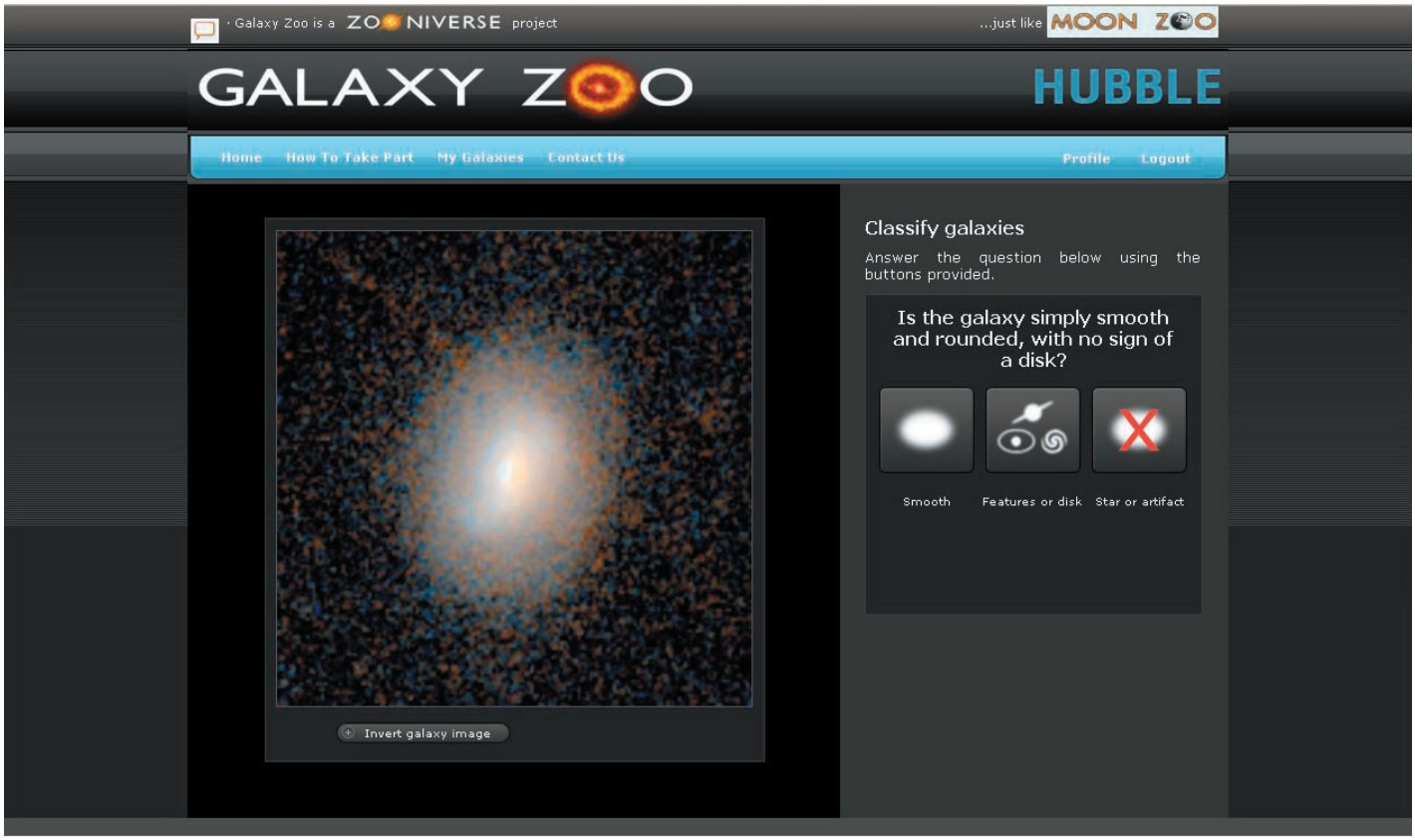

Fig. 2: Clasificación de galaxias (Elíptica). Autor: Galaxy Zoo Team.

Dado el éxito de este primer proyecto piloto, se decidió ampliar el número de cuestiones a responder creándose para ello la extensión del proyecto Galaxy Zoo 2 (GZ2 a partir de ahora). Para ello se tomaron las 250.000 galaxias más brillantes del proyecto GZ1 y se diseñaron unas preguntas más complejas para responder. Esta vez no sólo se nos preguntaba sobre su morfología básica (espiral o elíptica) sino que además se introdujeron cuestiones relativas a otros parámetros astrofísicos relevantes (color, elementos del disco, número y orientación de los brazos espirales, etc). De nuevo, las contestaciones a esas preguntas permitían realizar una clasificación y caracterización más exhaustiva de cada una de ellas. Esta vez fueron unas 60 millones de clasificaciones durante el año que duró el proyecto.

Una vez realizada la clasificación la aplicación guardaba el resultado y lo comparaba con la clasificación que otros participantes realizaban de esa misma galaxia. Si todos coincidían en el resultado se tomaba esa clasificación como definitiva y si no se ponderaba la clasificación. Así por ejemplo si una galaxia alcanzaba un 51% de los votos en favor de la categoría elíptica, se consideraba como cierta esa categoría pero con un peso menor que si todos la hubieran clasificado de la misma manera.

Resultados científicos destacados

Una de las dudas que enseguida me surgió al comenzar a clasificar era porqué no se programaba y automatizaba toda esta labor. Al fin y al cabo es un trabajo rutinario y en eso las máquinas son mucho más eficaces que los humanos. Al indagar más en ello encontré un artículo en el que se explicaba que a día de hoy el ojo y el cerebro humano son sin duda los mejores “escáneres” en esa labor de identificación y clasificación. No hay ninguna máquina que ante una imagen de una galaxia pueda sacar tantos detalles relevantes como nuestro cerebro.

Y no sólo eso, además de clasificar mejor el cerebro humano tiene la habilidad de fijarse en algo nuevo o inusual que no pueden hacer las máquinas. Así fue como sorprendentemente, y al poco de comenzar el proyecto GZ1, se descubrieron dos objetos nuevos para la ciencia, el objeto Hanny's Voorwerp y las galaxias "guisante".

El primero de los objetos lo descubrió una profesora holandesa llamada Hanny Van Arkel. Mientras clasificaba la galaxia IC 2497 advirtió que debajo de la misma aparecía algo extraño que no había visto antes en ninguna imagen y lo colgó en el foro. En una primera instancia nadie supo decir de qué se trataba. Más tarde, y después de casi un año de investigaciones por parte de astrónomos profesionales y de dirigir los mejores telescopios a ese nuevo objeto, se averiguó que en realidad se trataba de una nube de gas fluorescente cuya energía procedía del núcleo activo de la galaxia vecina. Aunque actualmente el núcleo ya no se encuentra activo, la fluorescencia ha permanecido de forma remanente y eso es lo que precisamente vemos ahora.

Otro extraño objeto encontrado "casualmente" mientras los participantes clasificaban fueron las galaxias "guisante". El nombre le viene por el parecido a esta legumbre, al tratarse de galaxias redondas, pequeñas y de intenso color verde. Después de haberlas estudiado en detalle, los científicos llegaron a la conclusión de que se trataban de galaxias compactas que emiten oxígeno ionizado, resultado de una gran actividad de formación estelar. Por tratarse además de galaxias del universo temprano, se podría decir que en cierto modo se han descubierto unos auténticos fósiles vivientes.

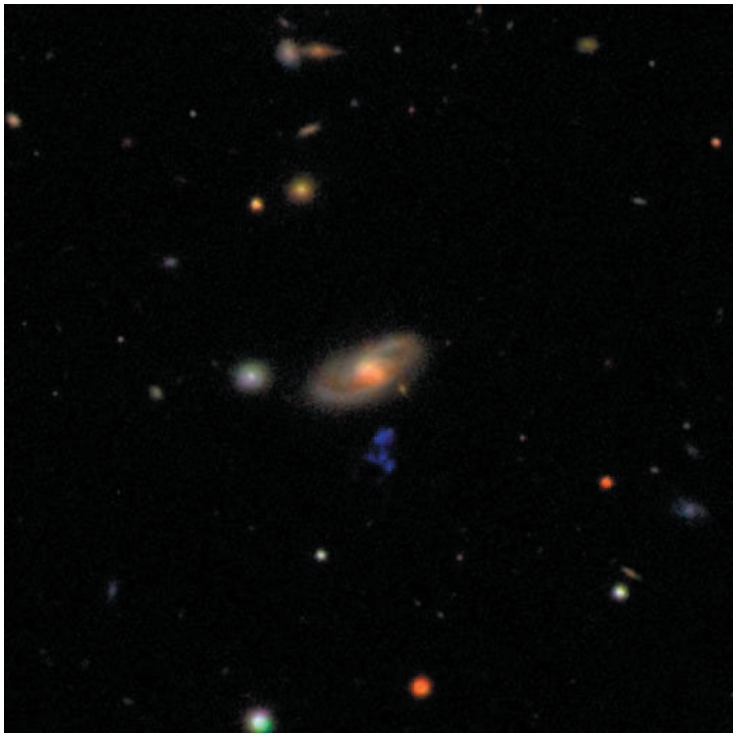

Fig. 3: Objeto Hanny's Voorwerp. Autor: Galaxy Zoo Team.

Pero a mi modo de ver la aportación más importante que los proyectos GZ1 y GZ2 han proporcionado a los científicos ha sido sin duda el conocer mejor la naturaleza de las galaxias. Hasta no hace mucho se pensaba que la mayor parte de las galaxias elípticas estaban formadas por estrellas viejas y rojas mientras que las espirales estaban formadas de estrellas más jóvenes y azules. Gracias a Galaxy Zoo se ha comprobado que esa afirmación no es del todo cierta. De hecho, uno de los resultados que se ha encontrado es que en realidad una tercera parte de las galaxias elípticas están formadas por estrellas jóvenes y azules.

Por otro lado, la orientación de los brazos espirales ha sido también un tema de debate en el que el proyecto ha aportado un nuevo punto de vista. Los datos obtenidos en las clasificaciones demuestran que las galaxias espirales no tienen un sentido de giro preferente en el cosmos. De hecho, hay un porcentaje muy similar de galaxias que giran a favor y en contra de las agujas de reloj. Lo que sí se ha podido verificar con los datos obtenidos es que si dos galaxias se encuentran muy cercanas, lo más probable es que ambas giren en el mismo sentido y parece incluso como si hubiera una relación directa entre las regiones galácticas de mismo espín (giro) y en cómo se está realizando la formación estelar en dichas galaxias.

Sin duda alguna, aunque ya se han obtenido resultados científicos importantes los principales están todavía por llegar. Una ingente cantidad de información todavía se está estudiando en estos momentos y es muy probable que en los próximos años surjan nuevos y sorprendentes descubrimientos en la formación y evolución galáctica.

Galaxy Zoo Supernovae

Otro proyecto importante que ha proporcionado una

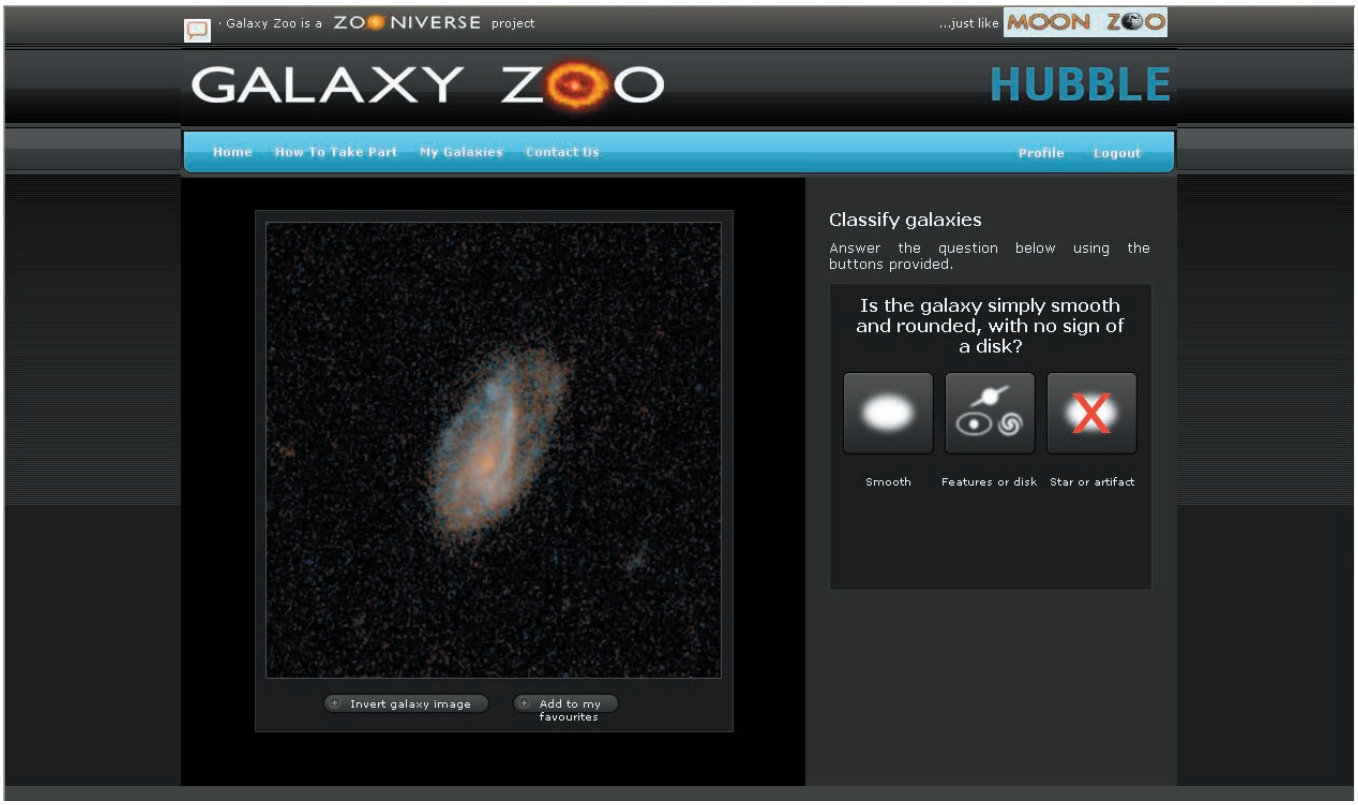

Fig. 4: Clasificación de galaxias (Espiral). Autor: Galaxy Zoo Team.

gran cantidad de descubrimientos científicos ha sido el proyecto Galaxy Zoo Supernovae. Éste se creó como proyecto satélite de otro aún más ambicioso denominado Palomar Transient Factory (PTF, en adelante) y en el que un grupo de científicos pertenecientes a los principales centros de investigación de todo el mundo en materia de Astrofísica (California Institute of Technology, Columbia University, Las Cumbres Observatory, University of Oxford, etc.) están colaborado estrechamente en la búsqueda sistemática de supernovas.

Tradicionalmente, el principal escollo con el que se han encontrado los científicos que han buscado este tipo de fenómenos ha sido la transitoriedad de estos eventos. Si localizar una supernova entre los miles de millones de estrellas que contiene una galaxia ya es una tarea complicada de por sí, a ello hay que sumarle el hecho de que ocurren en un corto espacio de tiempo por lo que definir un proceso automatizado que ayude en el cribado es crucial para el éxito de la búsqueda.

Actualmente, la mayoría de equipos que trabajan en la detección de supernovas (SNe, en adelante) siguen un proceso de búsqueda muy similar:

1º La búsqueda comienza con una captura masiva y automatizada de amplios campos estelares mediante telescopios robóticos de 1-2 m. de diámetro. Esto permite que en apenas unas noches de observación se pueda capturar prácticamente todo el cielo visible.

2º El siguiente paso con el que se encuentran los científicos es tratar toda esa información generada y de ahí extraer los objetos más interesantes desde el punto de vista astrofísico (posibles candidatas a SNe). Llegados a este punto, y una vez se han obtenido y procesado los datos en bruto, la rapidez es crucial ya que la identificación de un posible candidato dependerá en gran medida de lo rápidos que hayamos sido en esta fase. Por esta razón es por lo que se suele automatizar también este proceso de selección y cribado.

3º Extraídos y seleccionados los candidatos, ahora le toca el turno a los operadores o "escáneres" humanos. Aunque la selección es cosa de máquinas, la identificación de SNe corre a cargo de operadores de carne y hueso y, al igual que ocurría en la clasificación de galaxias, ningún software informático ha conseguido hasta el momento identificar eventos con el mismo grado de certeza que los humanos.

4º Finalmente, y una vez identificados los posibles candidatos, será necesario realizar un seguimiento espectroscópico de los candidatos encontrados que confirme con un alto grado de certeza la existencia o no de una nueva supernova.

¿Y en qué momento los aficionados entran a formar parte en este flujo de trabajo? Lógicamente, nuestra aportación es muy importante en el paso 3, es decir, en la identificación y validación de posibles candidatos a SNe que previamente el telescopio ha detectado para su verificación. En nuestro caso, todas las observaciones realizadas han sido obtenidas con el telescopio robótico de 48" Samuel Oschin del Observatorio Palomar.

En cuanto a la identificación propiamente dicha, ésta se basa en el método de la substracción o diferencia. Grosso modo, éste consiste en realizar una toma en un momento determinado y restarla a otra toma anterior (denominada de referencia). Este proceso de análisis digital es muy conocido en fotografía y permite obtener como resultado aquello que ha variado en la toma. Concretamente, en nuestro caso dicha substracción nos permite obtener un triplete de fotografías de las cuales la primera imagen contendrá la imagen actual del campo en la que se encontrará "escondida" la supernova, la segunda contendrá la imagen histórica de ese mismo campo (esta vez sin la SN) y finalmente una última imagen en la que sólo aparecerá la imagen de la SN.

Seguidamente, y una vez observado e identificado un nuevo candidato a SN, éste se visualiza en un portal web para que el público participante lo examine y analice de acuerdo a un protocolo de discriminación, dictaminado así si se trata o no de un nuevo descubrimiento.

Como era de esperar, la gran mayoría de los candidatos identificados no van a ser eventos transitorios reales. Por esta razón, un algoritmo evaluará su idoneidad en función de una serie de parámetros relacionados con sus características físicas e historia previa. Más tarde la imagen substraída deberá analizarse en profundidad para distinguirla de otros eventos (asteroides y variables) y de los artefactos astrofísicos más comunes (rayos cósmicos). Y finalmente, a cada candidato se le dará una puntuación en función de estas variables y si ésta es suficientemente alta se tendrá en cuenta para posterior-

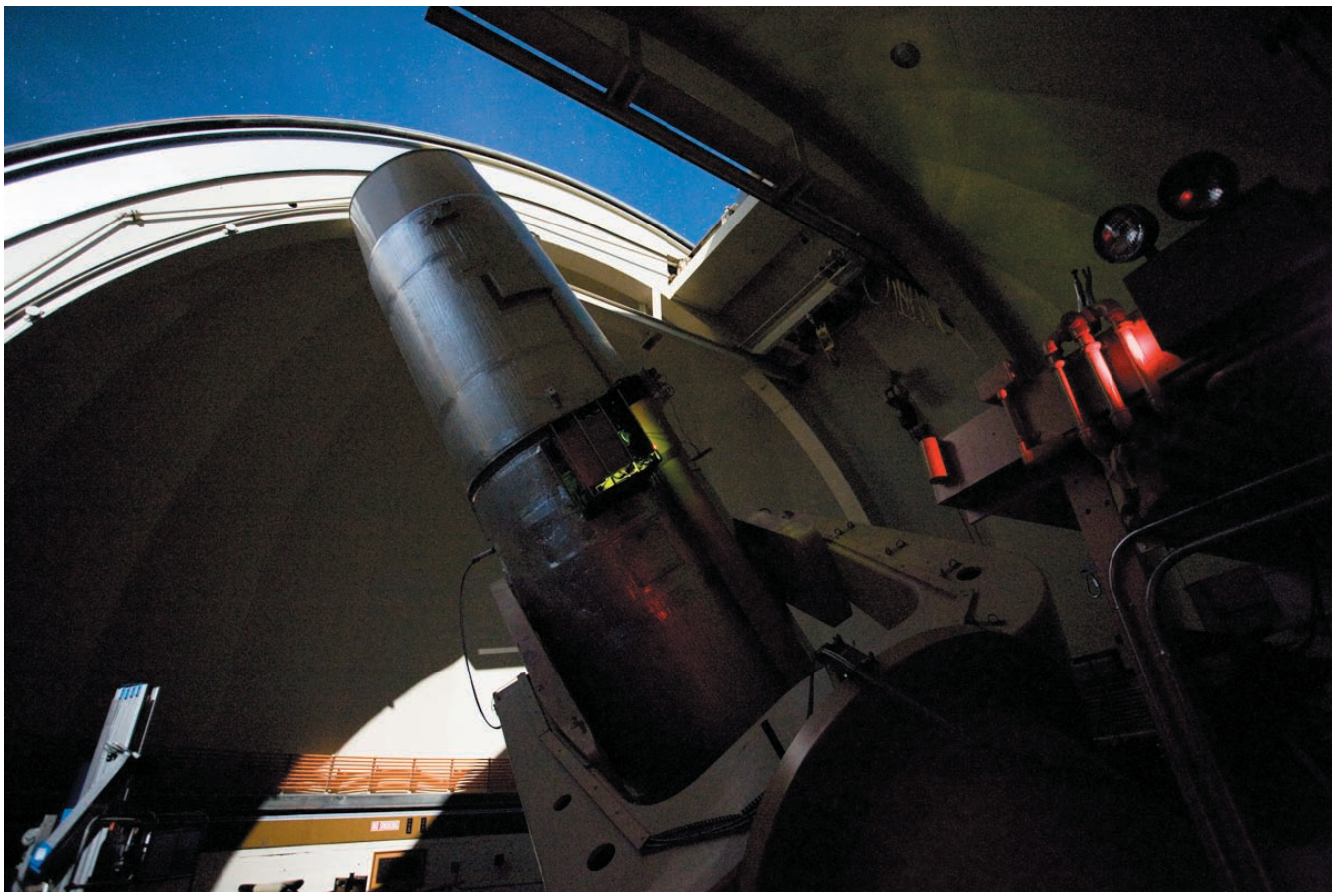

Fig. 5: Telescopio robótico Samuel Oschin (48"). Autor: PTF Team.

mente realizar el seguimiento espectroscópico.

Finalmente, las ventajas de este tipo de análisis realizados por humanos frente a las máquinas son muy evidentes. Como cada candidato es analizado por muchos participantes ésto produce una gran cantidad de medidas redundantes que sin duda beneficiarán el resultado final. Análogamente a lo que ocurría en el proyecto de clasificación galáctico, las candidatas que obtengan un alto grado de certidumbre tendrán un peso específico mayor en el cómputo que otras con un menor grado. Y por último, al trabajar mucha gente a la vez también se van a minimizar los tiempos de respuesta que como ya comentamos anteriormente resultan cruciales en la identificación de este tipo de fenómenos.

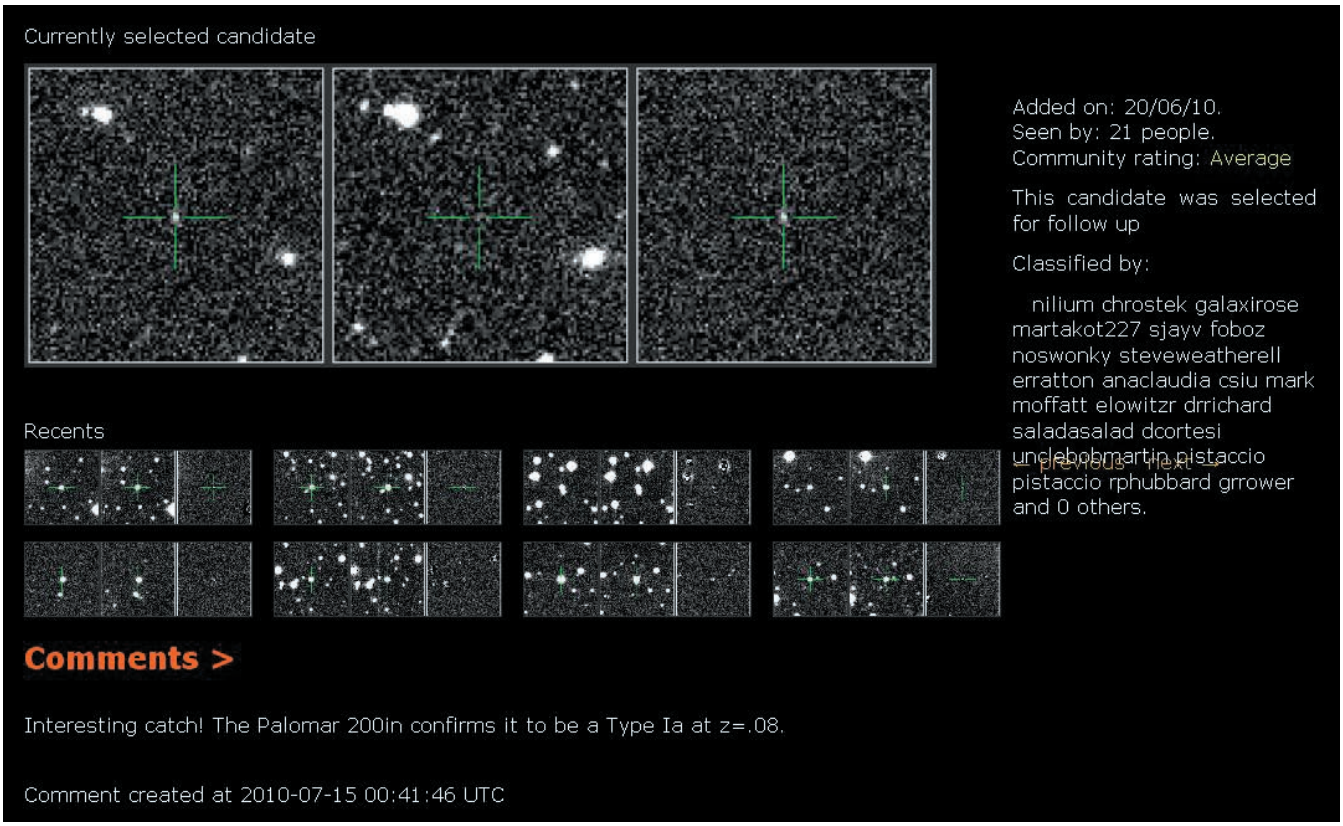

Fig. 6: Candidata a SN por confirmar. Autor: Galaxy Zoo Team.

Descubrimientos relevantes

Como ya anticipábamos anteriormente, la colaboración entre profesionales y aficionados ha sido también muy productiva en este proyecto. Sólo en el período que va desde Abril hasta Julio del año 2010 (del único que tengo constancia y en el que el autor participó) se clasificaron 13.900 candidatas a SNe de las que no llega a un centenar se confirmaron como auténticas. La confirmación espectroscópica de todas ellas corrió a cargo de varios de los telescopios más punteros del mundo, entre los que destacamos el William Hershel Telescope y el Liverpool Telescope, ambos pertenecientes al grupo Isaac Newton del Observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma.

Del total de supenovas descubiertas a lo largo del año 2010 por el grupo de trabajo PTF he de destacar especialmente dos: la PTF10ksq y la PTF10mwb. En ambas la fortuna quiso que en su identificación participara el autor del artículo. La primera de ellas (PTF10ksq) se trata de una supernova de tipo II-P descubierta el 14 de Junio de 2010 en la galaxia MCG-01-60-028 (RA=23:45:50.60 y DEC=-06:46:53.1 (J2000)) y alcanzó una magnitud de 19.6 y un corrimiento al rojo de Z=0.035 en el momento de su descubrimiento. Las supernovas de tipo II se producen por el colapso y la consiguiente explosión de una estrella muy masiva (entre 8 y 50 masas solares). Tienen la particularidad de que en su espectro presentan hidrógeno y que su curva de luz presenta un pico de luz pronunciado seguido de un decaimiento suave del brillo. Las de tipo II-P (como la de la PTF10ksq) presentan además una meseta en medio de la caída que las hace aún más característica si cabe.

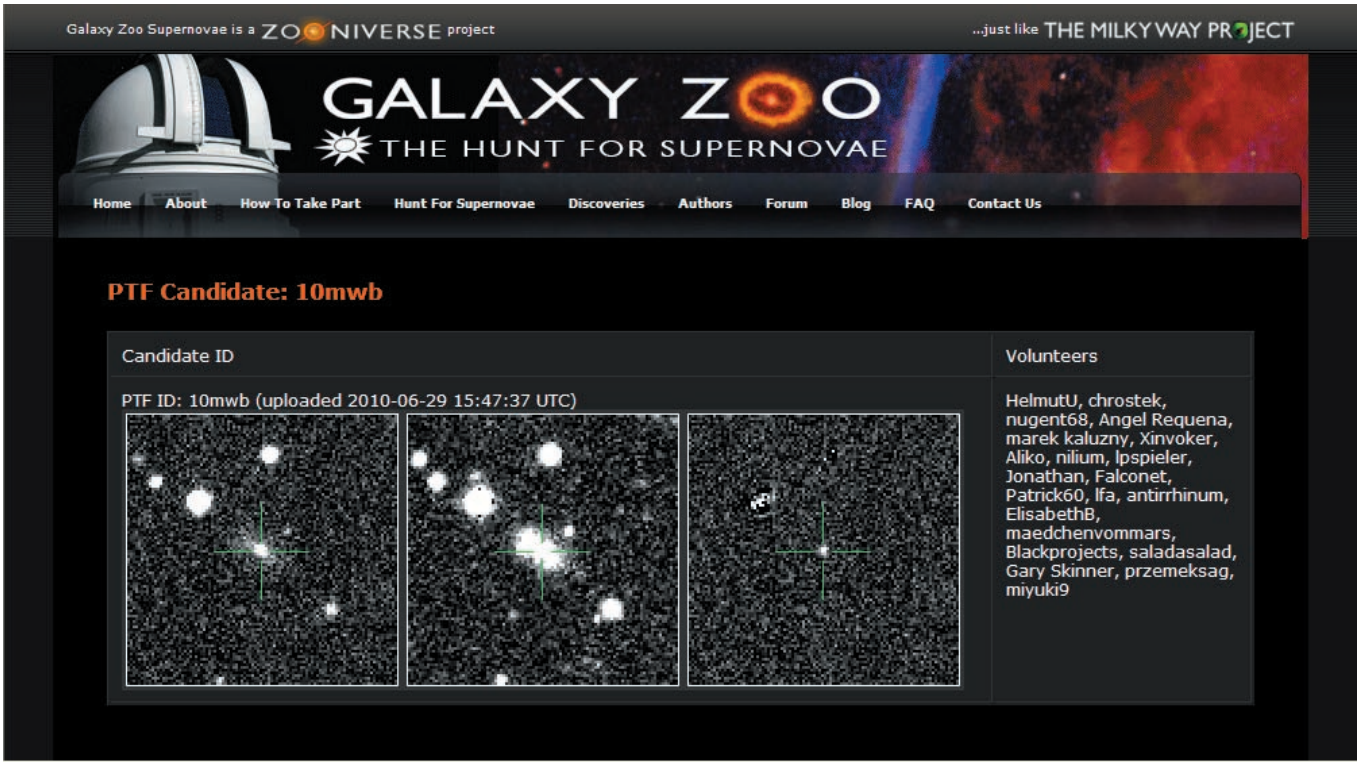

Fig. 7: Candidata confirmada (PTF10mwb). Autor: Galaxy Zoo Team.

La segunda supernova (PTF10mwb o SN2010gn) a la que voy a hacer mención es una supernova de tipo Ia descubierta el 29 de Junio de 2010 por el grupo de trabajo del PTF, entre los que se encuentran 22 voluntarios del GZ Supernovae (ver figura 7). Localizada en una galaxia anónima de coordenadas (RA=17:17:49.97, DEC=+40:52:52.1 (J2000)), al día siguiente del descubrimiento se realizó su espectro mediante el telescopio Gemini North asignándosele finalmente una magnitud de 20 y un corrimiento al rojo de Z=0.03. Como curiosidad diremos que fue descubierta una semana antes de su máximo brillo, cuando lo usual es descubrirlas en épocas muy cercanas a su máximo.

Ahondando un poco más en estos interesantes objetos diremos que las supernovas de tipo Ia se producen cuando una enana blanca absorbe materia de una estrella cercana haciéndose tan masiva que se torna inestable, desencadenándose finalmente la explosión del astro. Dado que la enana blanca siempre estalla en el momento en

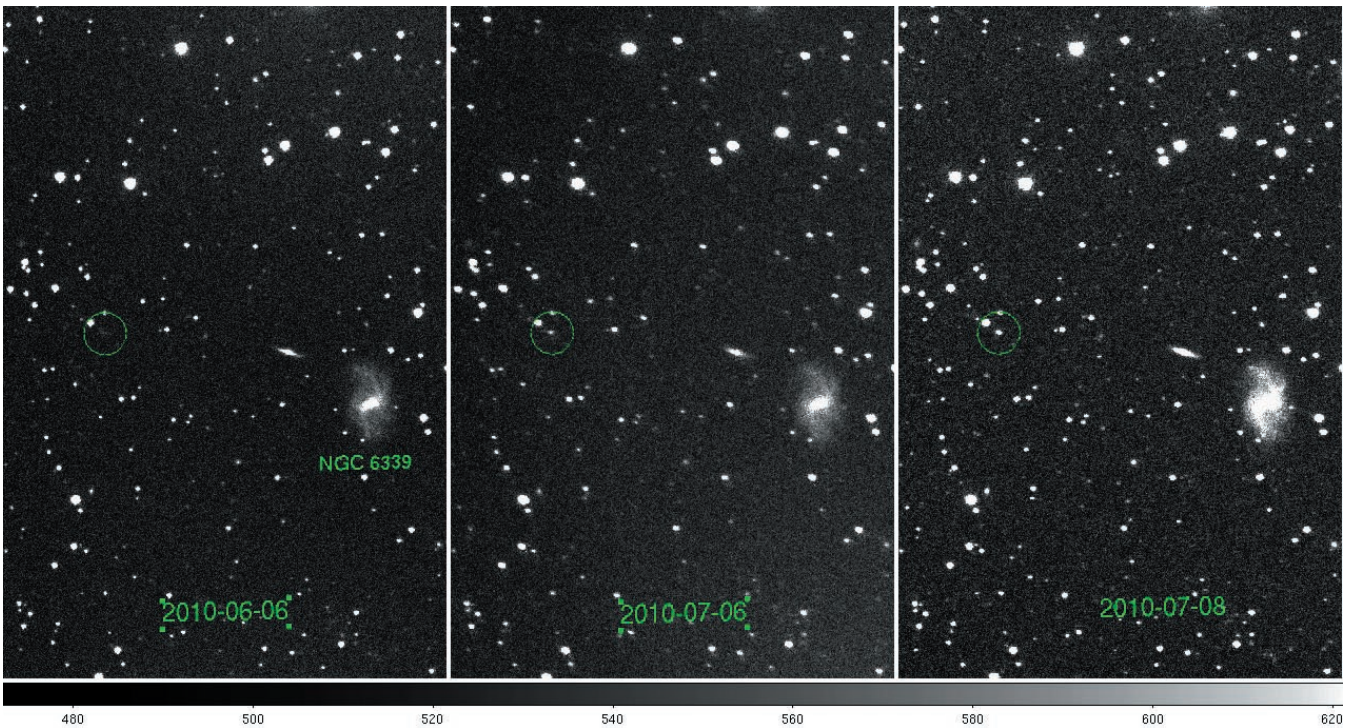

Fig. 8: Secuencia de brillo de la SN PTF10mwb. Autor: Galaxy Zoo Team.

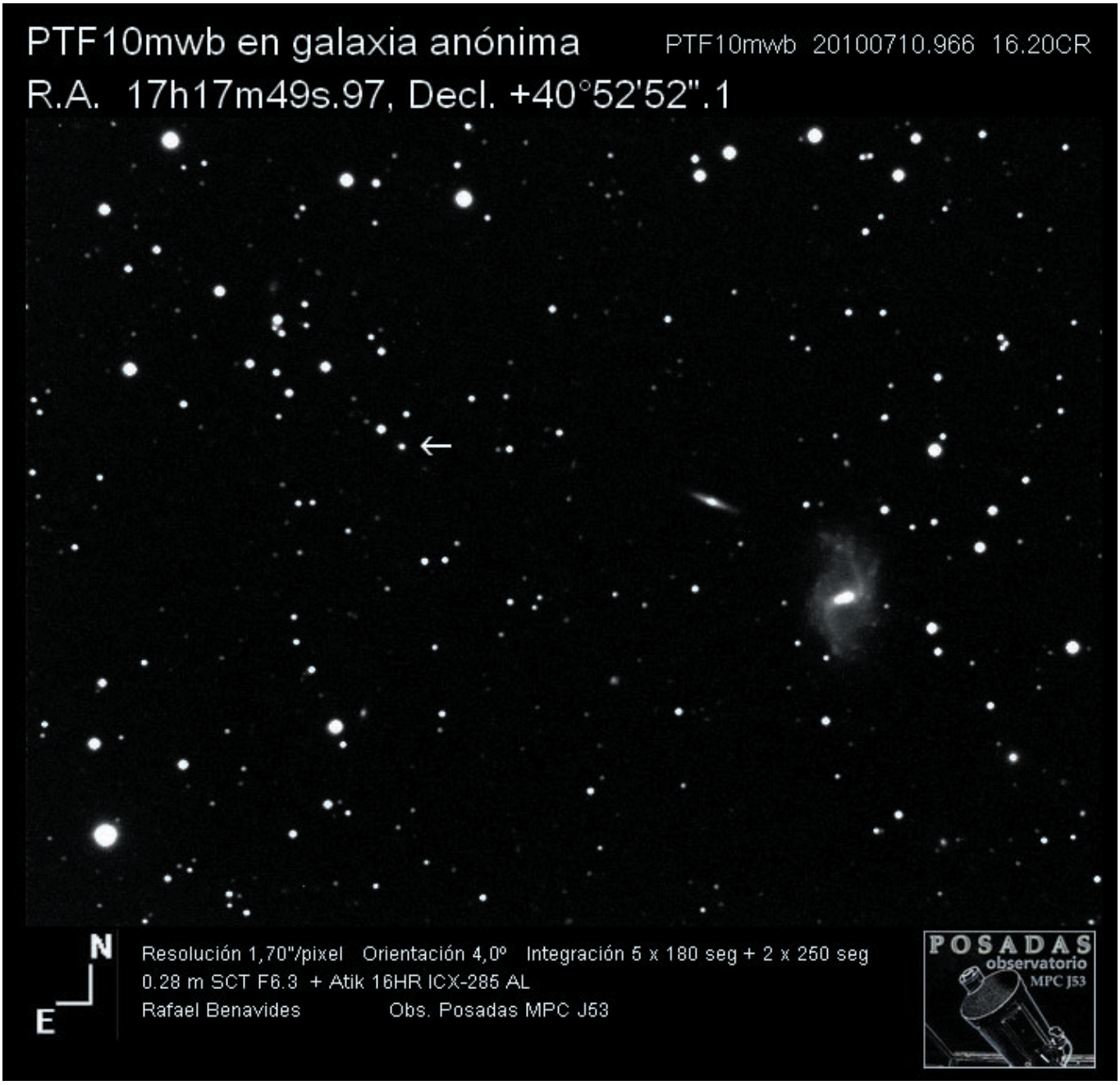

Fig. 9: PTF10mwb en galaxia anónima. Autor: Rafa Benavides. Lugar: Observatorio Posadas, Badajoz (MPC J53). Telescopio: SC 11" F/6.3. Cámara: Atik 16HR ICX-285 AL. Ajustes: 23' de TE y resolución 1.70"/pixel. Fecha: 10/07/2010.

que alcanza la masa crítica o masa de Chandrasekhar ($m \simeq 1.4$ masas solares) que la torna inestable, la cantidad de energía liberada resulta muy similar en todos los casos. Esta característica las convierte en "candelas estándar", es decir, en objetos de luminosidad constante y conocida, lo que permite deducir la distancia a la que se encuentran a partir de la cantidad de luz que llega a la Tierra.

Este hecho aparentemente irrelevante, hace que actualmente las SNe tengan un papel muy importante en cosmología. Tal es así que las medidas de su brillo en función de su corrimiento al rojo han proporcionado el indicio de que el universo podría expandirse a un ritmo acelerado, aunque lo que realmente se ha observado es que las SNe Ia rompen con la ley de Hubble y eso se podría interpretar de varias maneras, una de ellas sería la del aumento de la aceleración.

Proyectos futuros

Aunque los aficionados siguen todavía realizando algunos descubrimientos de objetos celestes, lo cierto es que la repentina irrupción de los telescopios robóticos y los programas de búsquedas automáticos han relegado prácticamente a un papel casi testimonial nuestra aportación en este campo. Raro es el descubrimiento en el que ya no intervenga alguno de estos programas de búsqueda existentes actualmente en todo el mundo

(LINEAR, Catalina Sky Survey, PTF, etc.), cuando no hace mucho eran los aficionados los que prácticamente copaban todos los grandes descubrimientos.

Y el futuro para los aficionados no es muy halagüeño en ese aspecto. Si hoy es casi imposible realizar alguna aportación relevante, los programas de búsqueda robóticos (Pan-STARRS, LSST, etc.) que se avecinan van a ser aún más ambiciosos si cabe, hasta al punto de que por ejemplo el Large Synoptic Survey Telescope (LSST), que verá su primera luz en 2020, capturará el cielo chileno al completo cada tres noches.

Pero aún así la nueva era robótica de la Astronomía va a seguir necesitando de mano de obra barata (aficionados), especialmente en el análisis y procesado de datos y en el seguimiento de objetos que requieran muchas observaciones por noche (variables cataclísmicas, asteroides potencialmente peligrosos, etc.). Si además seguimos produciendo datos en masa como estamos haciendo en estos momentos, no va a quedar más remedio que recurrir a nosotros para que clasifiquemos, midamos y analicemos los millones de datos que se van a producir al día.

En resumen, estoy convencido de que el futuro de la astronomía amateur y profesional pasa por continuar trabajando conjuntamente a través de los proyectos colaborativos Pro-Am. Paradójicamente, la misma tecnología que nos ha apartado de la primera línea en los descubrimientos, nos puede proporcionar una gran cantidad de trabajo en nuevas parcelas científicas hasta ahora no contempladas. Sin duda, en un futuro no muy lejano los aficionados vamos a tener mucho trabajo organizando y procesando el caos en el que se va convertir la gran cantidad de datos astronómicos que se van a capturar en los próximos años.

Bibliografía

A. M. Smith et al., Galaxy Zoo Supernovae, MNRAS (Septiembre 2010).
Chris Lintott et al., Galaxy Zoo 1: Data Release of Morphological Classifications for nearly 900.000 galaxies, MNRAS (Diciembre 2010).
Kevin Schawinski, Galaxy Zoo and the wisdom of crowds, Sky&Telescope (Noviembre 2011).
R. L. Barone-Nugent et al., Near-infrared observations of type Ia supernovae: The best known standard candle for cosmology, MNRAS (Agosto 2012).
A. Gal-Yam, Super supernovas, Investigación y Ciencia (Agosto 2012).
Pamela Gay, The future of amateur science, Sky&Telescope (April 2013).

Enlaces de interés

http://data.galaxyzoo.org/
http://zoo1.galaxyzoo.org/
http://zoo2.galaxyzoo.org/
http://hubble.galaxyzoo.org/
http://supernova.galaxyzoo.org/
http://www.astronomerstelegram.org/?read=2723
http://adsabs.harvard.edu/abs/2010ATel.2723....1B
http://www.astronomerstelegram.org/?read=2718
http://www.astronomerstelegram.org/?read=2720
http://www.astronomerstelegram.org/?read=1964