

· info.astro ·
**ASTRONOMÍA
DIGITAL**

Número 10, 11 de diciembre de 2002

www.astro-digital.com

Universo caníbal

Astronomía con
QuickCam

PLANETAS X
UNIVERSO ACELERADO
DESCRUBRIR SUPERNOVAS

Guía para autores

Introducción

Todas las personas están invitadas a enviar sus artículos y opiniones a **Astronomía Digital**. Las siguientes instrucciones están pensadas para su envío y procesado en el formato electrónico en el que se genera la revista. Estas son las guías y condiciones generales para la publicación en **Astronomía Digital**, pero quedan sujetas a la opinión de la redacción.

Instrucciones generales

Los artículos han de contener, al menos, las siguientes secciones: Título, resumen, desarrollo y conclusión. Otras secciones posibles son las de referencias bibliográficas y direcciones de interés (e.j. páginas web). El texto debe estar corregido ortográficamente y siguiendo las recomendaciones de puntuación en español. En concreto, los decimales irán indicados con una coma (1,25) y los miles con punto (1.500). Los párrafos deben ir separados por una línea en blanco y las líneas no deben superar los 80 caracteres de longitud.

El formato recomendado de envío es, en orden de preferencia, ASCII, RTF, StarOffice, Word.

Se recomienda incluir la dirección electrónica y postal del autor al final del artículo, para permitir el contacto directo con los lectores.

Las imágenes deben enviarse en formato PNG o JPG. En el artículo debe indicar una nota explicativa para cada una de las imágenes (ej. *Figura 1, venus.png. Venus al amanecer con cámara fotográfica de 50 mm, 20 segundos de exposición*).

Instrucciones de envío

Primero póngase en contacto con alguno de los redactores indicándole la disponibilidad de su artículo enviando un mensaje a digital@astro-digital.com. En caso de interés la redacción le pedirá que envíe a esa misma dirección un mensaje con el texto e imágenes del artículo.

En caso de que no disponga de correo electrónico, puede enviar el disquete por correo tradicional a la siguiente dirección:

Astronomía Digital
Apartado de correos 271
35080 Las Palmas de Gran Canaria (ESPAÑA)

SE PERMITE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE LOS CONTENIDOS DE LA REVISTA PARA USO PERSONAL Y NO LUCRATIVO, CITANDO LA FUENTE. PARA CUALQUIER DUDA O SUGERENCIA PÓNGASE EN CONTACTO CON LA REDACCIÓN MEDIANTE CORREO ELECTRÓNICO EN digital@astro-digital.com. LA REDACCIÓN NO SE HACE RESPONSABLE DE LAS OPINIONES VERTIDAS POR LOS AUTORES Y COLABORADORES.

Índice

Los Planetas X — <i>Javier Armentia</i>	4
Universo caníbal — <i>Rafael Rebolo</i>	6
Un nuevo universo para un nuevo milenio — <i>Pedro J. Hernández</i>	9
Cassini-Huygens: Una misión espacial a Saturno — <i>Gregorio J. Molina Cuberos</i>	14
Cómo descubrir supernovas — <i>Michael Schwartz</i>	18
Cómo crear un club astronómico y no morir en el intento (I) — <i>Jesús Gerardo Rodríguez Flores</i>	23
Observación planetaria con QuickCam — <i>Jesús R. Sánchez</i>	28
Espectrografía con <i>webcam</i> — <i>Francisco A. Violat Bordonau</i>	30
Taller astronómico — Un test a los telescopios Helios 200, <i>José Antonio Soldevilla</i>	35
Tour celeste — El cielo a simple vista o con binoculares, <i>Silvia Díez Smith</i>	36
Guía Digital — Ventanas al cielo, <i>Gabriel Rodríguez Alberich</i>	39

Editorial

Dentro de unos días se cumplirán dos años desde la última vez que me enfrenté al reto de escribir una editorial para *Astronomía Digital* coincidiendo con el aniversario de la desaparición de Carl Sagan. En estos dos años Internet ha echado raíces en la sociedad, y ya no es algo anecdótico, sino un recurso intelectual, social y empresarial importante.

Algo que no ha cambiado desde entonces es que las iniciativas relacionadas con la divulgación científica en español, en Internet, siguen siendo en su mayoría personales. El *boom* bursátil de las nuevas tecnologías ha pasado sin que ello haya supuesto ningún cambio digno de mención en el panorama. A pesar de ello, recientemente el Instituto de Astrofísica de Canarias ha puesto en marcha dos publicaciones en Internet destinadas al público general, *Caos y Ciencia* y *GTC Digital*. Durante este tiempo, además, son varias las asociaciones astronómicas de España y latinoamérica que se animaron a publicar sus boletines en la Red, caso de la revista *Nova* (Grupo Astronómico Omega Centauro) o *Galileo* (Asociación Astronómica de Vizcaya).

Sin embargo, el panorama sigue siendo muy diferente al anglosajón: en Internet, el IAC no apuesta por la Red como lo hace la NASA o la ESA, ni parece haber revista impresa en español que dedique los recursos de manera similar a la de *Sky & Telescope*. La falta de promoción real de la Red en la sociedad, el alto coste de conexión y escasos contenidos en nuestro idioma son algunas de las razones que explican el descenso, por primera vez, del número de internautas españoles durante noviembre de 2002.

Como se constatan en los últimos congresos sobre comunicación de la ciencia, la sociedad demanda información sobre ciencia, salud y tecnología. Desde *Astronomía Digital* renovamos ese compromiso, con la publicación de nuestro número 10, que es, además, el primero que aparece bajo el dominio www.astro-digital.com y los auspicios de info.astro.

Por último, mención especial para todos aquellas personas que durante este tiempo nos han dado ánimos para continuar, al fantástico equipo de redacción (destacando a Gabriel Rodríguez Alberich sin cuya dedicación no hubiera sido posible la aparición de este número) y sobre todo a la colaboración del Planetario de Pamplona.

Buenas noches... de observación, naturalmente.

Víctor R. Ruiz

Astronomía Digital es una iniciativa de info.astro <http://www.infoastro.com/>, con la colaboración del Planetario de Pamplona <http://www.pamplonetario.org/> **Coordinación:** Víctor R. Ruiz (rivr@infoastro.com). **Webmaster:** Gabriel Rodríguez chewie@astro-digital.com, **Editores asociados:** Jesús Gerardo Rodríguez Flores (jesus@astro-digital.com), Silvia Díez Smith (Tour Celeste, astro@cielosur.com), José Antonio Soldevilla (Taller Astronómico, telescop@arrakis.es). Francisco Javier Tapiador (Astronomía y Matemáticas, tapiador@latuv.uva.es). **Redacción:** Paco Centenera (paco@astro-digital.com), Pablo Suárez (pablo@astro-digital.com), Mario Gaitano (mario@astro-digital.com) y Luis Salas (luis@astro-digital.com). *Astronomía Digital* se distribuye libremente en versiones HTML y PDF disponibles en <http://www.astro-digital.com/>.

Planetas X



Javier Armentia | Planetario de Pamplona

Recientemente se ha anunciado el descubrimiento del cuerpo más grande del Sistema Solar desde 1930, un objeto situado en el Cinturón de Kuiper y de tamaño poco menor a Plutón. ¿Estamos a las puertas de descubrir uno o más plutones? ¿Conservará Plutón su estatus de planeta mayor?

En 1930, el astrónomo norteamericano Clyde Tombaugh, que trabajaba en el Observatorio Lowell en Flagstaff, Arizona (EEUU), localizaba un nuevo planeta del Sistema Solar. El cuerpo, que recibiría finalmente el nombre de Plutón, había sido buscado afanosamente por muchos astrónomos, especialmente desde 1905, cuando Percival Lowell, el dueño y constructor del observatorio de Flagstaff, calculó su posición en el cielo, estudiando las variaciones periódicas de la órbita de Neptuno. Era un método impreciso, porque los cálculos, revisados una y otra vez, predecían siempre unas coordenadas en las que, observando cuidadosamente, no aparecía ese esperado planeta X, como se le llamaba. De hecho, pasaron casi 25 años hasta conseguir encontrarlo, y además, resultó ser un cuerpo anómalo: era más pequeño que los otros planetas de la zona exterior del sistema solar, su órbita era más excéntrica y alejada del plano de la eclíptica, por donde, sin alejarse mucho, orbitan todos los demás planetas, y además parecía ser rocoso, mientras que los planetas exteriores (desde Júpiter hasta Neptuno) son más

bien enormes bolas de gas.

El estudio de la órbita del nuevo planeta permitió comprobar pronto que las anomalías en las órbitas de Urano (que habían permitido calcular la existencia de Neptuno y encontrarlo en 1846) y del propio Neptuno no se explicaban bien por Plutón. ¿Habría otro planeta transplutoniaco? Lo cierto es que siendo Plutón extraño (comparado con los otros planetas) bien podrían existir otros cuerpos similares a Plutón, pequeños planetas y otros cuerpos similares a los cometas, restos del material que formó hace unos 4.500 millones de años el Sistema Solar. En 1939, el astrónomo irlandés Kenneth Essex Edgeworth había predicho algo así, aunque fue en 1950 cuando el holandés Jan Hendrik Oort propuso un escenario completo sobre la existencia no de un nuevo planeta, sino de cientos de millones de cuerpos que orbitan en torno al Sol a grandes distancias de nuestra estrella, en torno a 50.000 veces la distancia que separa a nuestro planeta de ella (que es de unos 150 millones de kilómetros, la llamada unidad astronómica).

Esos objetos de la Nube de Oort (como se conoce a esa zona del Sistema Solar), conglomerados de hielo y roca, pueden a veces caer hacia el Sol, en órbitas muy excéntricas. Cuando se acercan al interior, la luz solar es capaz de convertir esos hielos (principalmente agua, dióxido de carbono y metano) en gas, formando una envoltura que rodea el núcleo helado. En esa atmósfera, aparece también polvo disgregado del núcleo rocoso. El viento solar, las partículas que escapan de la corona del Sol, barre parte de ese gas y polvo y forma gigantescas colas de material, que llegan a alcanzar cientos de millones de kilómetros de longitud. Evidentemente, estos objetos del cinturón de Oort que se adentran en el interior del sistema planetario son los conocidos cometas.

En 1951, el astrónomo norteamericano de origen holandés Gerard Peter (o Gierrit Pieter) Kuiper, completó la visión de Oort, incluyendo más cuerpos del sistema solar, que ocuparían una zona cercana a la eclíptica, más allá de la órbita de Neptuno (a unas 30 unidades astronómicas del Sol, y hasta 50, aproximadamente). Con una composición similar a la de los cometas, estos *objetos del cinturón de Kuiper* o, como se les denomina actualmente, KBOs (*Kuiper Belt Objects*), serían restos del material que formó los planetas principales. A partir de 1992 se comenzaron a descubrir cuerpos de este tipo, y actualmente se estima que pueden existir unos 50.000, de los que se conocen algo más de seiscientos.

De hecho, si uno intenta agrupar morfológicamente los cuerpos del Sistema Solar, se debería incluir en la nómina de los KBOs al mismo planeta Plutón, el más grande de los conocidos. Realmente, es la tradición la que hace que sigamos considerando a Plutón un planeta y, posiblemente, el hecho de que parecería degradarlo el convertirlo en el mayor de los cuerpos menores de nuestro Sistema. Cuestión de gustos, evidentemente.

Con una composición similar a la de los cometas, los objetos del cinturón de Kuiper (KBO) serían restos del material que formó los planetas principales

El límite interior de los KBOs se suele colocar en la órbita de Neptuno, aunque hay algunos cuerpos, los llamados *Centauros* que tienen órbitas algo excéntricas e incluso llegan hasta la órbita de Júpiter (como el llamado Quirón, descubierto en 1975). Incluso, algunas lunas de Neptuno, como Tritón, Nereida (ambos descubiertos precisamente por Kuiper) o Phoebe, son realmente KBOs capturados por la gravedad del planeta. Asimismo, Caronte, la luna de Plutón, es otro de los más grandes KBOs. Todos ellos tienen la característica común, que los diferencia de los demás planetas, satélites y asteroides, de tener un importante contenido de hielos: en las regiones externas del Sistema Solar, la luz de nuestra estrella no proporciona energía suficiente para convertir esos hielos en gas. Se trata, por lo tanto, de un material que apenas ha cambiado desde las épocas de formación del Sistema Solar, y su estudio podría aportar interesantes datos sobre

esos momentos de los que no se tiene toda la información. En el fondo, son cometas, enormes, cientos de millones de veces más grandes que el conocido cometa de Halley.

El último objeto incluido en la lista de los KBOs es el 2002 LM60, que tiene un diámetro de 1.300 kilómetros, más o menos la mitad que Plutón. Es, de hecho, el segundo más grande, pero no se descubrió hasta el pasado mes de junio porque, entre otras cosas, es un objeto muy débil. Se encuentra a unos 6.400 millones de kilómetros del Sol y, aunque fue descubierto desde el Observatorio del Monte Palomar, se tuvo que utilizar el Telescopio Espacial Hubble para confirmarlo como planeta: se mueve muy lentamente en el cielo, porque tarda unos 288 años en completar una órbita en torno al Sol.

De Nombre, Quaoar

Los descubridores del 2002 LM60 (que es la referencia provisional del descubrimiento en el catálogo que mantiene la Unión Astronómica Internacional), Michael E. Brown y Chadwick A. Trujillo pertenecen al Instituto Tecnológico de California. Según la tradición, serán ellos los que propongan un nombre definitivo para este KBO, aunque en la nota de prensa que dio a conocer la detección la semana pasada tal preferencia ya había sido expresada. El nombre elegido, Quaoar, corresponde a un dios creador del mundo que bajó del cielo e hizo emerger la Tierra del océano a espaldas de siete gigantes, creando además los animales y los seres humanos. Esto es lo que dicen los indios Tongva, nativos del área donde está desde hace un siglo, el Observatorio de Monte Palomar. Estos nativos, también conocidos por el nombre que les dieron los primeros exploradores españoles del valle que hoy es Los Ángeles, *gabrielinos*, mantienen su Nación para preservar la cultura y el folklore y, curiosamente, las relaciones que han tenido con los astrónomos no han sido siempre buenas, porque las tierras que ocupa el complejo astronómico del Monte Palomar son consideradas sagradas por los Tongva. Ω

Permitida la reproducción total o parcial. Incluso con modificaciones y mejoras al texto. Las únicas condiciones son que figure el nombre del autor primero (Javier Armentia) y de todos los que hayan introducido mejoras. Todas las copias deben llevar esta nota de CopyLeft. En el caso de usos comerciales, por favor, póngase en contacto con el autor.

Javier Armentia
Director del Planetario de Pamplona
javarm@pamplonetario.org
Pamplona, ESPAÑA



UNIVERSO CANIBAL

Rafael Rebolo | Instituto de Astrofísica de Canarias

Un equipo del Instituto de Astrofísica de Canarias observó el pasado año, por primera vez, evidencias de la migración planetaria, constatada en el hecho de que una estrella similar al Sol ha engullido uno de los planetas de su sistema, el primer caso de canibalismo galáctico del que se han obtenido pruebas rotundas. miembro del equipo que descubrió el suceso, Rafael Rebolo, explica en *Astronomía Digital* el alcance científico de este hallazgo planetario.

Otros mundos

Se conocen unas cien estrellas similares al Sol con planetas gigantes a su alrededor. En muchos casos se encuentran en lo que podríamos llamar nuestro vecindario galáctico. El sorprendente ritmo con el que se vienen descubriendo, unas diez al año, y el esfuerzo que varios grupos de astrónomos realizan para extender estas búsquedas, hace pensar que en breve tiempo tendremos una visión precisa de cómo se forman y evolucionan los sistemas planetarios. Por el momento, la técnica que ha permitido demostrar la existencia de planetas alrededor de otras estrellas sólo puede detectar planetas gigantes, como Júpiter o Saturno, en órbitas relativamente cercanas a su estrella central. Esta técnica se basa en medir con alta precisión los cambios de la velocidad de las estrellas que resultan de la atracción gravitatoria que los planetas ejercen sobre ellas. Otras técnicas basadas en in-

terferometría y en fotometría de extraordinaria precisión podrán detectar planetas terrestres.

La primera estrella similar al Sol donde se encontró evidencia de un planeta gigante es 51 Peg. Sorprendió a todos la escasa distancia que la separa de su planeta, pues se encuentra mucho más cerca que Mercurio del Sol. Los astrónomos esperaban que el primer sistema planetario que se descubriera tuviese mayor parecido con el nuestro, que sus planetas gigantes estuviesen en órbitas muy distantes y los planetas de tipo terrestre en órbitas internas. Las ideas ampliamente aceptadas sobre el origen de los planetas como Júpiter, proponen que estos cuerpos se forman a partir de material de un disco proto-planetario en condiciones físicas que sólo se dan a grandes distancias de sus estrellas. El descubrimiento de 51 Peg b (así se denomina el planeta en cuestión), con una separación de su estrella unas cien veces más pequeña, rompió los esquemas de mu-

chos investigadores. Poco tiempo después se descubrieron otros casos de planetas gigantes en órbitas muy cercanas a sus estrellas y hoy son muchos los ejemplos que podemos enumerar.

Los astrónomos esperaban que el primer sistema planetario que se descubriera tuviese mayor parecido con el nuestro

La teoría de formación de planetas ha tenido que incorporar un importante ingrediente: la migración planetaria. Los planetas gigantes se deben formar en regiones distantes pero debe haber procesos que causen la migración hacia sus estrellas. Estas migraciones pueden ser un fenómeno común en otras estrellas, y aunqueafortunadamente no ocurren ahora en nuestro Sistema Solar, también pudieron ocurrir en él hace mucho tiempo.

Interacciones gravitatorias

Se piensa, por ejemplo, que Neptuno ha migrado de su lugar de nacimiento a regiones más externas del Sistema Solar. Los planetas pueden migrar de las regiones donde nacen por múltiples razones, la interacción con otros cuerpos y partículas del mismo sistema planetario es una de las más probables, pero también por interacciones gravitatorias esporádicas con otras estrellas del entorno. Sabemos muy poco acerca de la frecuencia y naturaleza de estos procesos, se piensa que son más frecuentes en las primeras etapas evolutivas, cuando las estrellas y planetas se están formando, pero desconocemos si el proceso se ha dado en alguno de los nuevos sistemas planetarios y con qué frecuencia ha podido ocurrir. Tampoco sabemos cómo puede detenerse un planeta que ha migrado hasta regiones tan próximas a su estrella como las que se observan en muchos casos.

Postulados probables

En el Instituto de Astrofísica de Canarias investigamos los procesos de formación de los planetas gigantes y de enanas marrones. Nuestro descubrimiento el año pasado de cuerpos similares a Júpiter aislados de estrellas en la región de Orión encaja con los escenarios de formación que postulan como probables la eyección y la migración de planetas consecuencia de interacciones gravitatorias de muchos cuerpos en sistemas complejos. En ese contexto, decidimos buscar un posible test que proporcionase base empírica a la migración de los planetas hacia sus estrellas. La hipótesis que decidimos contrastar fue la posible colisión de planetas con sus estrellas como consecuencia de procesos de migración. Aunque pudiera parecer descabellado, no lo es tanto, sabemos que al Sol caen con frecuencia cometas. ¿Cabría esperar alguna alteración química en la superficie de una estrella como el Sol que recibe el impacto de un planeta? La larga experiencia adquirida en el estudio de elementos ligeros como el litio en estrellas,

y especialmente sobre su papel en la identificación y caracterización de enanas marrones, fue esencial para darse cuenta de que el isótopo litio-6 podría ser la pieza clave en el test que buscábamos. Este elemento que se destruye mediante reacciones nucleares en los interiores de estrellas como el Sol pero se preserva intacto en los planetas y enanas marrones de baja masa, podría ofrecer una prueba excepcional de la caída de material planetario a una estrella de tipo solar.

El test del litio-6 para migración planetaria y su primer resultado positivo en la estrella HD 82943 que contiene dos planetas gigantes en órbitas bastante excéntricas fue publicado en la revista *Nature*. La presencia de litio-6 en la atmósfera de esta estrella, con una proporción respecto a litio-7 similar a la contenida en los meteoritos del Sistema Solar sugiere que el elemento detectado en la estrella proviene probablemente de uno o más planetas que podrían haber caído a la misma como consecuencia de interacciones gravitatorias con algún otro planeta del sistema o con material protoplanetario. A partir de la cantidad de isótopos de litio medida, se pudo establecer aproximadamente las características del planeta que cayó a la estrella. Se podría haber tratado de un planeta gaseoso con 2 ó 3 veces la masa de Júpiter y una composición química similar a éste, o alternativamente un planeta de tipo terrestre que tuviese una composición química similar a la de los meteoritos del Sistema Solar. Esta estrella posee dos planetas gigantes con órbitas excéntricas, una posible indicación de que pudieron existir complicadas interacciones gravitatorias en el pasado.

Las estrellas como HD 82943, ligeramente más masivas que el Sol, destruyen su contenido inicial de litio-6 muy eficientemente en las primeras etapas evolutivas. Todos los modelos de estructura estelar coinciden en esto. Es un proceso extraordinariamente eficiente que puede tardar unos pocos millones de años y que tiene lugar cuando la estrella es totalmente convectiva. Transcurrida esa etapa inicial la convección y mezcla de material se limita a una zona superficial que no es capaz de alcanzar las temperaturas necesarias para destruir el litio-6, por lo que la ingestión de un planeta puede enriquecer la superficie de la estrella con este isótopo de forma permanente. Es cierto que las mismas estrellas pueden producir litio-6 en sus capas altas como consecuencia de reacciones de astillado ocasionadas por protones y núcleos de helio acelerados en violentos procesos de liberación de energía magnética conocidos como flares.

¿Cabría esperar alguna alteración química en la superficie de una estrella como el Sol que recibe el impacto de un planeta?

La conclusión es que el litio-6 detectado proviene de un agente externo a la estrella. Si como creemos, puede ser resultado de la caída de un planeta, es probable que en otras estrellas de características similares también encontremos este elemento. Para estudiar la significación del resultado en términos estadísticos se ha iniciado un

programa exhaustivo de búsqueda de litio-6 en todas las estrellas que tienen planetas conocidos y como muestra de referencia también se están estudiando estrellas donde no hay planetas gigantes en órbitas internas. Las observaciones de estrellas en el hemisferio sur se están realizando con uno de los telescopios VLT de 8m recientemente inaugurados por el *European Southern Observatory* en Chile.

Abundancias atmosféricas

En el hemisferio Norte se llevan a cabo con el telescopio William Herschel de 4,2 m y en el futuro con el telescopio italiano Galileo de 3,5 m ambos en el Observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma. La caída de planetas a estrellas puede producir anomalías en sus abundancias atmosféricas de otros elementos químicos. Hay evidencias de que el contenido de elementos metálicos en las estrellas con planetas supera al promedio de las estrellas de nuestro entorno. Aunque no es probable que se deba exclusivamente a fenómenos de caída de material planetario como el descrito, estos pueden ser en algunos casos la causa. Este nuevo campo de investigación promete ser muy interesante y quizás aporte importantes claves para entender cómo se forman y evolucionan los sistemas planetarios. Ω

Páginas de Interés.

- Instituto de Astrofísica de Canarias
<http://www.iac.es>

Artículo cortesía de El Semanal de El Mundo.

Rafael Rebolo
Profesor del Centro Superior de Investigaciones Científicas
(CSIC)
Coordinador de Investigación del Instituto de Astrofísica de
Canarias (IAC)
Vicepresidente del Observatorio Septentrional Europeo
(ENO)

Un nuevo universo para un nuevo milenio

Pedro J. Hernández | España

En estos últimos años hemos asistido a un cambio radical en nuestra comprensión de las propiedades geométricas y dinámicas del universo. La cosmología ha pasado de ser un campo esencialmente guiado por la teoría a ser tan dependiente de las observaciones como cualquier rama de la astrofísica. En los próximos párrafos vamos a explicar por qué pensamos que el universo es plano y se expande de manera acelerada y cómo ambos hechos implican la reaparición de una vieja conocida: la constante cosmológica.

Pero decidir entre esas pocas posibilidades no es tarea fácil. El hecho de que el universo se haya decantado por una u otra opción depende de una diferencia en la densidad tan exigua como el equivalente a la masa de un átomo de hidrógeno por cada metro cúbico de espacio.

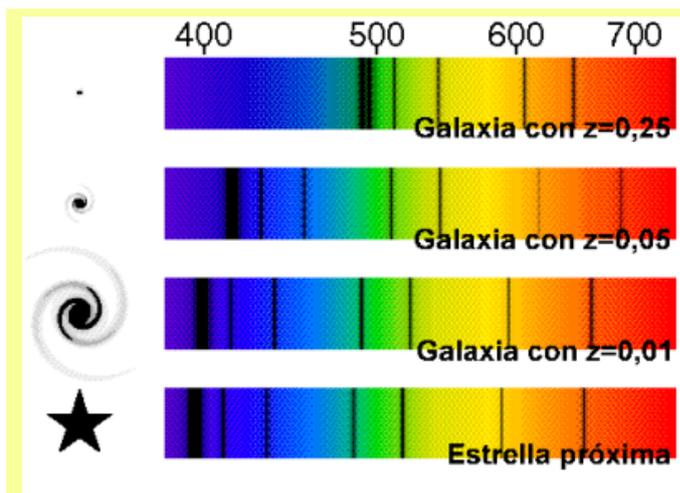
Existen dos posibilidades de enfrentarse a este gran reto observacional: bien estimando la densidad de materia y energía del universo o estudiando el movimiento de objetos distantes. Ambos tipos de mediciones se han llevado a cabo durante muchos años sin obtenerse resultados concluyentes, debido a la incertidumbre intrínseca de los métodos utilizados. Pero en estos últimos años han aparecido dos técnicas observacionales novedosas que nos han llevado a una nueva era donde la precisión en cosmología es posible. La primera es una técnica clásica consistente en el estudio del movimiento de galaxias lejanas, pero utilizando de forma novedosa el brillo de supernovas de tipo Ia como indicador de distancias. La segunda técnica consiste en una medida indirecta de la densidad utilizando las fluctuaciones del fondo cósmico de microondas y sólo ha empezado a dar los primeros resultados significativos en el último año.

¿Por qué es tan difícil decidir en qué tipo de universo vivimos?

El Big Bang nos proporciona una descripción de las propiedades geométricas y dinámicas del universo a cambio de que introduzcamos los valores de tres parámetros básicos: la constante de Hubble, la densidad de materia y la densidad de energía de vacío, más conocida esta última como constante cosmológica. Durante las últimas cuatro décadas se han ido poniendo límites cada vez más estrechos al valor de estas cantidades. Sin embargo, los cosmólogos aún no han podido definir los parámetros con la suficiente precisión como para decidir en qué tipo de Universo nos encontramos. Y en realidad, no es que queden muchas posibilidades diferentes, como vemos en la tabla que se presenta en el cuadro 1 (página siguiente).

Supernovas de tipo Ia y aceleración del universo.

Durante los últimos tres o cuatro años varios grupos han estado usando Supernovas de tipo Ia como candelas estándar. Una candela estándar no es más que una fuente



Desplazamiento al rojo cosmológico (z)

Cuando obtenemos los espectros de galaxias lejanas observamos que las líneas espectrales están desplazadas con respecto a las observadas en los laboratorios terrestres.

Definimos el desplazamiento al rojo z de una línea espectral como la diferencia entre las longitudes de onda observada (l_o) y emitida (l_e) en unidades de la longitud de onda emitida: $1 + z = l_o/l_e$

Las distancias entre galaxias lejanas crecen en la misma proporción de tal forma que se cumple $1 + z = D_o/D_e$, siendo D_o la distancia actual y D_e la distancia en el tiempo en que se emitió la luz.

luminosa cuyo brillo intrínseco es conocido y usado para medir distancias. La enorme utilidad de las supernovas reside en el hecho de ser capaces de rivalizar en brillo con el conjunto de estrellas de su galaxia de origen, y por tanto es una de las pocas formas que tenemos de conocer a qué distancia se encuentran las galaxias más lejanas.

Las supernovas de tipo I son explosiones de enanas blancas situadas en sistemas binarios. La acreción de materia que se produce desde la estrella compañera hace que la enana blanca alcance el límite superior de masa –conocido como límite de Chandrasekhar– donde pierde su estabilidad. Entonces la estrella empieza a colapsar y la compresión propicia la combustión explosiva del carbono que produce una destrucción total de la estrella. La radiación que se emite procede principalmente de la descomposición radiactiva del níquel y el cobalto produci-

Geometría del universo	Contribuciones a la densidad	Dinámica
Plana	Sólo densidad de materia = densidad crítica	Universo en expansión eterna, en continua desaceleración y con tendencia a detenerse en un tiempo infinito
	Densidad de materia + densidad de energía de vacío = densidad crítica	Universo en expansión eterna y en continua aceleración
Curvatura negativa	Densidad de materia algo menor que la densidad crítica	Universo en expansión eterna y en continua desaceleración
	Densidad de materia + densidad de energía de vacío algo menor que la densidad crítica	Universo en expansión eterna y en continua aceleración rápida
Curvatura positiva	Densidad de materia algo mayor que la densidad crítica	Universo con expansión desacelerada y posterior contracción en un tiempo finito
	Densidad de materia + densidad de energía de vacío algo mayor que la densidad crítica	Universo en expansión desacelerada al principio alcanzando una mínima velocidad de expansión que posteriormente empieza a crecer de nuevo hasta convertirse en acelerada.

Cuadro 1: Posibles modelos de universo.

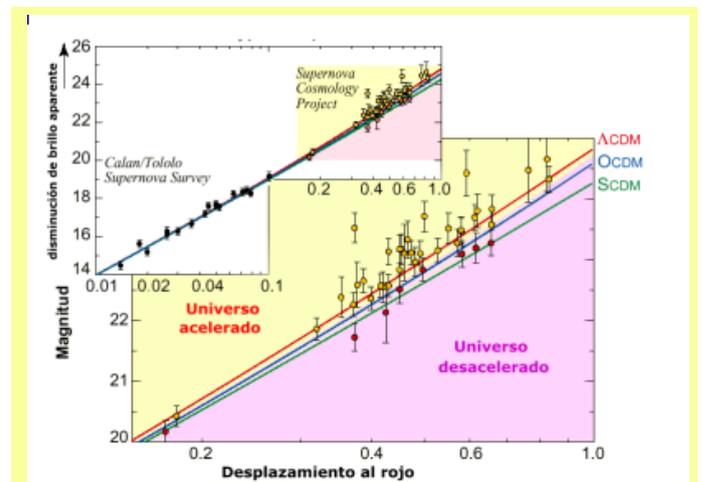
dos en la explosión. El pico de luminosidad de este tipo de supernovas está relacionado con la rapidez de debilitamiento de su brillo. Cuando se aplica esta correlación, la luminosidad relativa de una supernova de tipo Ia puede determinarse dentro de un intervalo de error del 10 al 20%. ¿Podemos así medir distancias extragalácticas relativas con una precisión sin precedentes!

Ahora que podemos comparar distancias entre galaxias lejanas podremos estudiar cómo cambia la velocidad de alejamiento a medida que nos vamos a diferentes épocas del universo. Pero ¿cómo relacionar esta velocidad con la distancia?. El factor clave aquí es el desplazamiento al rojo. Cada modelo de universo conlleva una relación definida entre el desplazamiento al rojo y la distancia. Veamos a continuación cómo podemos entender este hecho básico.

Relación entre el brillo y el desplazamiento al rojo.

En un universo en expansión existen en principio tres efectos a considerar sobre el movimiento de una galaxia. Uno es la inercia de la expansión, que viene caracterizada por el valor de la famosa constante de Hubble. Otro es la tendencia al frenado de la expansión originada por la atracción gravitatoria mutua de toda la masa del universo. El último es un efecto repulsivo debido a la constante cosmológica. Es un fenómeno análogo al que se produce al lanzar una piedra verticalmente hacia arriba. La inercia debida a la velocidad de lanzamiento y la atracción gravitatoria terrestre tienen efectos contrapuestos sobre el movimiento de la piedra (claro que aquí no habría lugar para una constante cosmológica).

Supongamos ahora un universo con tan poca densidad de materia que el efecto inercial de expansión sea el dominante –que constituiría el análogo al caso de una piedra lanzada desde un cuerpo de poca masa como un asteroide–. La tasa de expansión permanecerá muy aproximadamente constante. Siempre que miremos a un objeto



Representación del brillo de supernovas para diferentes desplazamientos al rojo.

La línea superior roja es el resultado que cabría esperar en un universo de densidad crítica dominado por la contribución de la constante cosmológica. La línea central azul corresponde a un universo de baja densidad dominado por materia. La línea inferior en verde corresponde a un universo de densidad crítica dominado por materia.

La energía de vacío.

El principio de incertidumbre de Heisenberg permite la formación de pares virtuales partícula-antipartícula durante breves instantes de tiempo. Este proceso implica que el vacío debe tener una densidad de energía diferente de cero que a veces se denomina “energía del punto cero” ó “energía de vacío”. Existen evidencias experimentales indirectas de la existencia de esta densidad de energía de vacío a través de lo que se conoce como el efecto Casimir. Como en relatividad cualquier contribución energética tiene implicaciones gravitatorias podemos decir que ¡el vacío pesa!.

Pero, ¿cómo puede el vacío pesar algo?!. Si tenemos un pistón “lleno de vacío” y tiramos del émbolo, crearemos más vacío, que por tanto contendrá una mayor “energía de vacío” y que sólo ha podido ser suplida por la fuerza que movió el pistón. En el proceso, la densidad de energía de vacío debe ser por supuesto una constante puesto que no puede depender de ningún parámetro ya que ¡en el vacío no hay nada de lo que pueda depender!. Cuando hacemos el experimento más habitual con un gas en el interior del pistón, baja la presión del gas. En este proceso “bajar la presión” implica enfriamiento y por tanto “disminución de la energía interna del gas”. En el caso del vacío ocurre lo contrario. Tenemos por tanto que calcular la presión del vacío como negativa. En otras palabras, el vacío actúa como una fuerza gravitatoria repulsiva. Esa fuerza gravitatoria repulsiva es lo que se denomina a veces constante cosmológica.

con desplazamiento al rojo $z = 1$ estaremos mirando atrás hasta una época cuando los objetos del universo estaban la mitad de separados que en la actualidad (ver cuadro sobre desplazamiento al rojo). En un universo con una tasa constante de expansión eso significa que una supernova observada con desplazamiento al rojo $z = 1$ habría emitido su luz cuando el universo tuviera la mitad de su edad actual.

Si observáramos la misma supernova pero ahora situada en un universo con mayor densidad de materia, la desaceleración de la expansión por efecto de la atracción gravitatoria implicaría que el universo se estaba expandiendo más rápido en el pasado que en la actualidad. Los objetos en el universo estarían la mitad de separados al desplazamiento al rojo $z = 1$ que lo que están en la actualidad, pero el universo ya no tendría la mitad de su edad, sino algo menos. Al expandirse más rápido en el pasado que en la actualidad, se necesitaría menos tiempo que en el caso con tasa de expansión constante para llegar hasta la separación actual, y por tanto la luz habría viajado durante menos tiempo desde la supernova hasta nosotros. Su distancia aparentaría ser menor y aparecería algo más brillante que en el caso de un universo de baja densidad.

El resultado que han obtenido los grupos de investigadores de supernovas no corresponde a ninguno de los dos casos mencionados en las líneas precedentes. Las supernovas a un determinado desplazamiento al rojo son aún menos brillantes que lo esperado en un universo de

baja densidad. La manera más directa de interpretar este resultado es que el universo está en expansión acelerada. Así, ésta era más lenta en el pasado que en la actualidad, con lo que el universo necesitó más tiempo para alcanzar la separación actual de objetos y por tanto la luz de la supernova ha tardado más tiempo hasta nosotros, lo que implica una mayor distancia aparente y consecuentemente un menor brillo aparente.

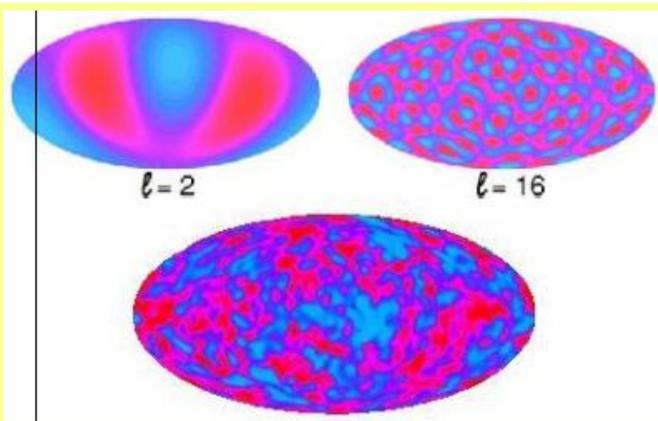
Cabe por supuesto la posibilidad de que ese menor brillo observado sea debido a efectos evolutivos o de interposición de gas y polvo que no se han tenido en consideración. Pero el trabajo observacional de los grupos de supernovas ha sido muy cuidadoso en tener en cuenta todos estos detalles y aún se sigue estudiando la manera en que esos resultados podrían ser engañosos.

¿Una modelo definitivo? Fluctuaciones del fondo cósmico de microondas.

Si fijamos un radiotelescopio lo suficientemente sensible en una dirección particular del cielo podremos sintonizar una señal muy débil con un máximo centrado en una frecuencia de unos 280 GHz que corresponde al rango de las microondas en el espectro electromagnético. Si nuestro radiotelescopio fuera capaz de sintonizar frecuencias cercanas a los 280 GHz, observaríamos que la intensidad de la señal disminuye a ambos lados de una forma particular y sorprendentemente equivalente a la señal que mediríamos a la salida de un pequeño agujero realizado en las paredes perfectamente absorbentes de un objeto hueco (un cuerpo negro) a 2,73 grados por encima del cero absoluto de temperatura. Técnicamente se suele llamar a esta señal fondo cósmico de microondas.

En algún momento la temperatura era tan alta que ni siquiera los átomos podían haber existido como tales, encontrándose los electrones desligados de los núcleos.

Sólo el modelo del Big Bang nos da una respuesta simple a la existencia de este fondo de microondas. Si el universo está en expansión, éste tenía que ser más pequeño, más denso y más caliente en el pasado. En algún momento la temperatura era tan alta que ni siquiera los átomos podían haber existido como tales, encontrándose los electrones desligados de los núcleos. En esas condiciones los electrones interaccionan con las partículas de luz (los fotones) de una forma muy eficiente. En otras palabras, la luz estaba en estrecho contacto con la materia alcanzando ambas un equilibrio térmico perfecto. Pero la expansión del universo enfriaba el entorno hasta que alcanzados unos 3000°C los electrones empezaron a combinarse rápidamente con los núcleos formando átomos. En ese momento la luz empezó a viajar libremente, encontrando cada vez menos electrones a su paso. Esa luz sigue entre nosotros, pero la expansión del universo ha tenido como efecto el



Representación de las variaciones del fondo cósmico de microondas.

Las zonas rojas corresponden a zonas ligeramente más calientes y las azules a zonas ligeramente más frías. Se representa la señal pura esperada producida por las ondas acústicas de periodicidad $l = 2$ correspondiente a una escala angular de 90° , de periodicidad $l = 16$, correspondiente a unos 11° y los datos obtenidos por COBE donde supuestamente deben estar la contribución de todos los modos de oscilación.

disminuir drásticamente la frecuencia hasta convertirla en microondas.

En cualquier dirección en la que apuntemos nuestro telescopio veremos lo mismo, o mejor dicho casi lo mismo. En 1992, el satélite COBE de la NASA descubrió que la temperatura equivalente del fondo cósmico de microondas varía ligeramente entre dos puntos del cielo separados angularmente unos pocos grados. Las variaciones de temperatura son extraordinariamente pequeñas, de unas pocas cienmilésimas de grado. Fueron buenas noticias, porque un fondo de microondas sin esas fluctuaciones implicaría un universo demasiado uniforme. Pero sabemos que el universo no puede ser perfectamente uniforme porque actualmente existen estructuras galácticas y grandes vacíos, y esa enorme heterogeneidad del universo presente tendría que tener su marca de fábrica en el universo primigenio.

En la fase de gas caliente en el universo primigenio, las variaciones de la densidad de un lugar a otro se propagarían al modo de ondas acústicas. Esas variaciones se producirían por el hecho de que los fotones de luz tienden a dispersar la materia mientras que ésta tira gravitatoriamente del entorno, produciéndose dos efectos contrapuestos: cuando la densidad disminuye debido a la acción dispersora de los fotones, su presión pierde eficiencia y empieza a ganar el tirón gravitatorio que vuelve a aumentar la densidad en un ciclo que se autoalimenta a sí mismo creando ondas acústicas.

Si pudiéramos estar en aquel ambiente infernal de la creación seríamos capaces de oír un ruido característico de esas ondas acústicas de densidad. Entre todo ese ruido distinguiríamos (con los oídos apropiados claro) una nota particular que destaca entre todas las demás, una longi-

tud de onda que la expansión del universo ha alargado unas 1100 veces de tamaño y que ahora podríamos observar como un máximo de variación de la temperatura del fondo cósmico entre dos regiones del cielo separadas angularmente algo menos de 1° . La razón de la existencia de una frecuencia que destaca sobre las demás está relacionada con el hecho de que los modos de oscilación acústicos no pueden estar coordinados más allá de la distancia que ha viajado la luz desde el comienzo del universo.

Por su puesto que no podemos oír la música de la creación, pero sí al menos representar sus notas. La posición exacta de esa nota destacada depende de la densidad total de materia y energía del universo. Un poco más denso y la escala angular será algo mayor; un poco menos denso y la escala se hará menor.

En noviembre de 1999 llegaban a los medios de comunicación los resultados preliminares del proyecto Boomerang, un globo estratosférico provisto de un pequeño radiotelescopio capaz de medir variaciones de la temperatura del fondo de microondas en escalas de hasta $1/5$ de grado. Los datos de la muestra obtenida, que cubría un 1% del cielo, fueron publicados en la revista *Nature* en abril de 2000. Habían descubierto el rastro dejado por la contribución principal de las ondas acústicas. El denominado técnicamente primer pico Doppler estaba justo donde cabría esperar si la densidad total del universo fuera igual a la densidad crítica; el universo tiene geometría espacial euclídea, o en términos más coloquiales, el universo parece ser plano.

Desde entonces otros grupos han añadido más datos con lo que la forma del primer pico Doppler empieza a delimitarse con cierta claridad.

La sorpresa de la constante cosmológica.

Como hemos visto anteriormente, los resultados de la variación del brillo aparente de supernovas de tipo Ia con el desplazamiento al rojo indicaban que el universo está acelerando la expansión. Al mismo tiempo, las observaciones de las variaciones de la temperatura del fondo cósmico de microondas parecen indicar que la densidad de materia y energía del cosmos es igual a la densidad crítica. Sólo hay una salida compatible con estos dos resultados preliminares y es admitir que la contribución de la constante cosmológica a la densidad de energía del universo es significativa. Este hecho nos deja ante dos de las preguntas más importantes de la física y de la astrofísica actuales:

- ¿Por qué la constante cosmológica es unos 120 órdenes de magnitud menor que lo que predicen las teorías cuánticas de campos?
- ¿Por qué su contribución a la densidad de energía en el universo presente es del mismo orden de magnitud que la densidad de materia?

Nadie tiene una respuesta convincente a ninguna de estas dos preguntas. Quizás, a falta de otras propuestas,



Gregorio J. Molina Cuberos | Instituto de Astrofísica de Andalucía

La nave Cassini-Huygens, la última gran misión de exploración planetaria, después de pasar por las cercanías de Júpiter, se dirige a su objetivo, Saturno, al que llegará en el año 2004. El autor, investigador del IAA e involucrado en la misión, nos explica con detalle qué secretos intentan desvelar los científicos con las sondas Cassini y Huygens.

La Misión.

Cabo Cañaveral, 15 de octubre de 1997. Desde el lanzamiento de los Apolo, a finales de los 60 y principios de los 70, no se veía tanta expectación. El cohete Titán IV/Centaur, el mayor sistema de lanzamiento estadounidense en funcionamiento, estaba en la pista. En su interior se encontraba una de las mayores y más complejas naves espaciales lanzada al espacio interplanetario. Su objetivo, el más ambicioso hasta la fecha: situar a una nave de cinco toneladas y media en la ruta correcta para llegar hasta Saturno, situado a 1.430.000.000 km del Sol (10 UA).

De este modo partió la nave Cassini-Huygens rumbo al sistema de Saturno. Los que no pudimos observar en directo su partida, tuvimos que contentarnos con lo que nos contaban los afortunados que lo presenciaron.

Desde su lanzamiento, Cassini-Huygens ha recibido asistencia gravitacional de Venus en abril de 1998 y junio de 1999, y de la Tierra en agosto 1999. A finales del año 2000 recibió un último empuje gravitacional de Júpiter que le permitirá llegar a Saturno. Tras algo menos de siete años

de vuelo y de recorrer una distancia equivalente a 21 veces la distancia Tierra-Sol, Cassini-Huygens llegará a Saturno en julio de 2004.

Desde su lanzamiento, Cassini-Huygens ha recibido asistencia gravitacional de Venus en abril de 1998 y junio de 1999, y de la Tierra en agosto 1999

Uno de los momentos más complicados que deberá superar tendrá lugar el 6 de diciembre de 2004, cuando la sonda Huygens se separe del orbitador Cassini y parta al encuentro de Titán, en el que está previsto que entre el 27 de noviembre de 2005.

La parte principal del proyecto la forma el vehículo orbital Cassini dedicado a estudiar Saturno, con su atmósfera y magnetosfera, y todos los objetos que lo orbitan como anillos y satélites. La sonda Huygens está destinada enteramente a Titán, el mayor de sus satélites, sobre el que



Figura 1: Lanzamiento de Cassini-Huygens a bordo de un Titan IV/Centaur desde Cabo Cañaveral el 15 de octubre de 1997. Cortesía NASA.

descenderá atravesando su densa atmósfera hasta la superficie. Cassini también servirá de receptor de los datos tomados por Huygens para su posterior envío a la Tierra. La misión Cassini-Huygens llevará a cabo en profundidad la segunda fase de exploración del sistema de Saturno, tras el reconocimiento inicial de las misiones Pioneer 11 y Voyager 1-2. La lista de objetivos científicos de la misión es extensa, pero podemos resumirlos en el estudio de cinco grandes grupos principales:

- Composición general y estado físico de la atmósfera de Saturno.
- Composición química y estado físico de la atmósfera y superficie de Titán.
- Composición química y estado físico de los satélites helados de Saturno.
- Composición química y estado físico de los anillos.
- Estructura y dinámica física de la magnetosfera.

Instrumentos científicos.

Para lograr estos objetivos Cassini-Huygens cuenta con el conjunto de instrumentos científicos más avanzados lanzados nunca al espacio. El más interesante de cara al público general es, sin duda, el *Imaging Science Subsystem* que fotografiará Saturno, los anillos, Titán, los satélites helados y campos de estrellas. Con estas imágenes se podrá estudiar las atmósferas de Saturno y Titán, la

interacción de los anillos con el planeta y satélites, y la superficie y características de todas sus lunas. Otro instrumento óptico es el *Visible and Infrared Mapping Spectrometer* que obtendrá mapas de los anillos y satélites, proporcionando información de la distribución y características químicas de los minerales en su superficie. También servirá para buscar rayos en Saturno y Titán, así como investigar la presencia de volcanes activos en Titán.

Saturno, al igual que Júpiter, emite más energía al exterior que la que recibe del Sol

El *Composite Infrared Spectrometer* medirá las emisiones en infrarrojo de la atmósfera, anillos y satélites. El instrumento podrá determinar perfiles de temperatura y composición de gases en las atmósferas de Saturno y Titán. Estas medidas nos ayudarán a evaluar el calentamiento de la atmósfera de Saturno debido a la radiación solar, y compararlo con el calentamiento producido en el interior del planeta. Saturno, al igual que Júpiter, emite más energía al exterior que la que recibe del Sol. Esta pérdida neta de energía necesita de una fuente interna. Descartadas reacciones de fusión similares a las solares por la insuficiente presión interior de Saturno, la energía debe venir de la compresión y reestructuración de su interior debido a la gravedad.

El *Ultraviolet Imaging Spectrograph* medirá la luz ultravioleta que pasa a través de la atmósfera cuando Saturno se interponga entre el Sol y Cassini. Este experimento permitirá estudiar los cambios en la composición atmosférica dependiendo con la altura, mediante la medida de la intensidad de la luz solar a varios colores. Cada molécula de la atmósfera de Saturno puede ser identificada por su absorción y emisión de luz. Las medidas del espectrómetro ultravioleta pueden ser seguidas con observaciones del Telescopio Espacial Hubble para estudiar conjuntamente las auroras en Saturno.

El *Radar* investigará, entre otras cosas, la superficie de la luna Titán. Su densa atmósfera posee una gruesa capa



Figura 2: Instrumentos a bordo de Cassini. Cortesía NASA.

de aerosoles que impiden observar su superficie, de la que no sabemos siquiera si es sólida o líquida. Con el Radar se podrán trazar mapas del satélite tal y como hizo la nave Magallanes en Venus.

Cassini también realizará experimentos en colaboración con los observatorios en la Tierra. Para ello las antenas de 70 y 34 metros del *Deep Space Network* recibirán las ondas de radio emitidas por Cassini durante las alineaciones Cassini-Saturno-Tierra. Las modificaciones en las ondas al cruzar atmósferas, anillos o lunas permitirán medir parámetros como densidad electrónica, temperatura, presión y vientos de la ionosfera.

Los alrededores de Saturno son un lugar apropiado para la generación de pequeños hielos y partículas de polvo. El impacto de meteoroides en las superficies de anillos y satélites helados extrae partículas del suelo que se pueden escapar fácilmente debido a la baja gravedad. El análisis de la composición y velocidad de este polvo y del proveniente de fuera de Saturno, permite estudiar no sólo la superficie de anillos y satélites, sino que también proporciona información de los objetos impactantes: meteoritos o fragmentos de cometas.

La llegada de Pioneer y Voyager a Saturno nos mostraron imágenes de los anillos desconocidas hasta la fecha, e hicieron renacer las viejas preguntas que todavía siguen sin respuesta: ¿cómo se formaron?, ¿por qué están allí? y sobre todo, ¿por qué siguen? A priori parecen estructuras muy poco estables. El dilema se hizo mayor al saber que el resto de los planetas gigantes (es decir Júpiter, Neptuno y Urano) también tienen anillos o trazas de ellos, si bien son mucho menos espectaculares que los de Saturno.

La técnica observacional más usual con los anillos es la imagen directa. De este modo Voyager descubrió que están formados por múltiples aros concéntricos de distinto grosor, con huecos y escalones. También aparecieron varios satélites en órbitas resonantes que, con su fuerza gravitacional, parecen estabilizar el sistema anular e impedir su dispersión. Estudiando el paso de la luz proveniente de una estrella a través de los anillos, se pueden conseguir resoluciones de hasta 100 metros en la estructura anular. Esto ya lo hizo Voyager y descubrió que la famosa división de Cassini no estaba vacía completamente. Con la llegada de Cassini se dispondrá de mucho más tiempo de observación y de mejores imágenes para intentar resolver alguno de sus misterios.

Huygens y los secretos de Titán.

Cuando en 1908 el astrónomo español Comas Solá intuyó la presencia de una atmósfera en Titán, no se podía imaginar que estaba observando una atmósfera mucho más densa y compleja que la terrestre. Las primeras imágenes de Titán tomadas por Voyager son, desde el punto de vista de un profano, un tanto decepcionantes. No se ven montañas, cráteres o depósitos de lava como en el resto de los satélites, tan sólo un disco anaranjado con alguna diferencia de brillo entre el norte y el sur. Pero, tras analizar las medidas tomadas por otros instrumentos, un pensamiento

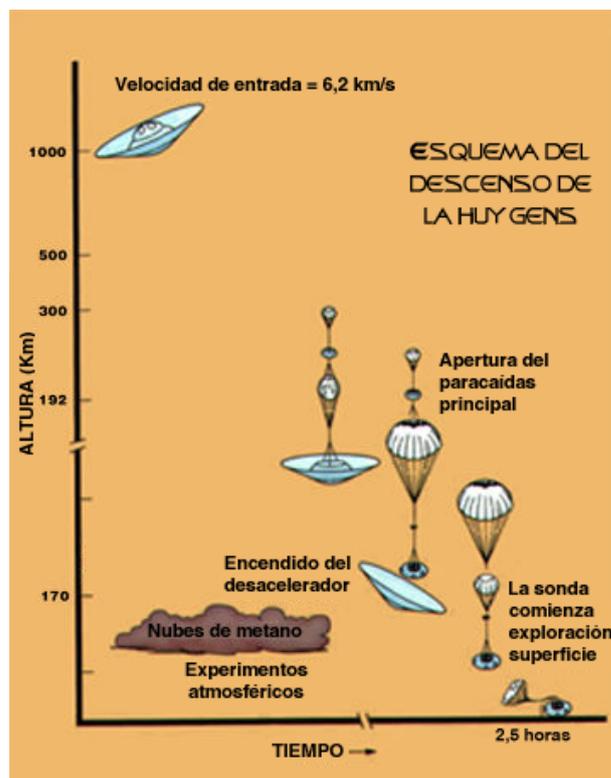


Figura 3: Descenso de Huygens sobre Titán. Cortesía ESA.

cruzó la mente de muchos investigadores: ¡Tenemos que ir allí!

Para ello se pensó dedicarle en exclusiva una sonda. Es la primera vez que se hace esto con un satélite distinto al nuestro. Pero el descenso a través de Titán es bastante más complicado que sobre la Luna. Durante la fase de entrada, su escudo protector frenará la caída desde una velocidad inicial de 6 000 m/s hasta 400 m/s (Match 1,5) en menos de 2 minutos. La fase de descenso se iniciará a 180 km deshaciéndose del escudo protector, gracias al frenado por paracaídas, y tomando las primeras medidas científicas. A unos 50 km las cámaras de abordaje tomarán una panorámica de la superficie y de las nubes de alrededor. Cuando se aproxime al suelo, medirá las emisiones de la superficie. Después de más de dos horas de recogida de datos, Huygens impactará a baja velocidad con la superficie de Titán. Si la sonda sobrevive, lo cual no está garantizado, los instrumentos de abordaje continuarán la toma de datos durante un tiempo total de 3 horas.

El acelerómetro funcionará desde los 1 270 km para dirigir las maniobras de descenso. El resto de los instrumentos atmosféricos medirán a partir de 170 km. Los objetivos científicos de Huygens son:

- Determinar las características físicas de la atmósfera, en particular densidad, presión y temperatura en función de la altura.
- Determinar la concentración de constituyentes atmosféricos, con especial atención a los gases nobles y a la razón isotópica de los elementos más abun-

dantes. Con ello se pretende restringir los escenarios de formación y evolución de Titán y su atmósfera.

- Observar la distribución vertical y horizontal de gases, investigar las moléculas orgánicas complejas; analizar las fuentes de energía de la química atmosférica; modelizar la fotoquímica de la estratosfera; estudiar la formación y composición de aerosoles.
- Medir vientos y temperatura global; investigar la física de nubes, circulación general y efectos estacionales en la atmósfera de Titán; investigar las descargas de rayos.
- Determinar el estado físico, topografía y composición de la superficie; inferir la estructura interna.
- Analizar la alta atmósfera, su ionización, y su papel como fuente de material neutro e ionizado a la atmósfera de Saturno.

Más allá de la misión principal.

Todo este estudio se realizará durante la misión nominal, que finalizará en julio de 2008. Una vez acabado este periodo, todos los objetivos descritos antes han de ser alcanzados. Luego, está por definir la misión extendida. El tiempo de duración de esta segunda fase es muy difícil de estimar. Por tomar un ejemplo, Galileo lleva tres años más de los previstos estudiando Júpiter bajo unas condiciones de radiación mucho más difíciles de las que se esperan en Saturno. Se manejan varias posibilidades para la misión extendida como son un escape de Saturno, disminuir su distancia orbital para estudiar más detalladamente el planeta, transformarla en un satélite de Titán, alterar la rotación orbital o su inclinación para observar desde puntos diferentes...

Es muy difícil predecir los objetivos para la misión extendida. Es muy probable que los descubrimientos de Cassini nos hagan cambiar las prioridades de la misión extendida como ya ocurrió con Galileo.

La aportación española en la misión.

Para llevar a cabo el magno proyecto de investigación que significa la misión Cassini-Huygens se han tenido que unir las agencias espaciales estadounidense y europea, involucrando un total de 16 países. El Departamento del Sistema Solar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) ha participado junto con otras instituciones europeas en el instrumento *Huygens Atmospheric Structure Instrument* (HASI) a bordo de Huygens. HASI fue diseñado para medir las propiedades físicas que caracterizan la atmósfera y superficie de Titán, es decir, temperatura, presión, vientos, turbulencia, rugosidad y permitividad de la superficie, conductividad eléctrica y existencia de rayos.

Como preparación a la llegada de Huygens el IAA ha colaborado en el lanzamiento del HASI a la estratosfera

terrestre por medio de globos, campañas realizadas en León y Sicilia, y estudia la realización de nuevos y más complejos experimentos que involucren al resto de instrumentos de Huygens, futura campaña en la Antártida. Estas experiencias, realizadas en condiciones similares a las del descenso en Titán, nos permiten ajustar los programas de análisis e interpretación de los resultados que en su día produzca HASI.

La labor de investigación del Instituto de Astrofísica de Andalucía, donde ha colaborado el autor, consiste en desarrollar modelos teóricos previos a la llegada de Cassini-Huygens con vistas a aprovechar al máximo las medidas que se realicen. Más concretamente, se ha estudiado la composición y densidad de iones y electrones en la ionosfera de Titan. Conociendo la concentración de cargas, se puede conocer la conductividad eléctrica en la atmósfera y compararla con la capacidad de HASI para medirla. También se ha analizado las medidas obtenidas con los globos que han servido para estudiar el comportamiento del instrumento en condiciones reales de medida. En la actualidad se está analizando, en colaboración con colegas del *Institut für Weltraumforschung* de Graz (Austria), la posibilidad de que se produzcan rayos en la atmósfera y la capacidad de detectarlos gracias a HASI y a otros instrumentos en Cassini.

Desde un punto de vista español, la misión Cassini-Huygens ha significado un salto cualitativo y cuantitativo en la investigación espacial española al ser la primera vez que un instrumento científico desarrollado y fabricado en España sale de la órbita terrestre. A este proyecto le siguen otros que sin duda ayudarán a aumentar nuestro conocimiento del Sistema Solar.

Conocimiento o desconocimiento del Sistema Solar, según se mire, porque suele ocurrir en ciencia espacial que por cada cuestión que se resuelve, otras dos nuevas se plantean. Ω

Páginas de Interés.

- Instituto de Astrofísica de Andalucía
<http://www.iaa.es>
- Página sobre la Huygens de la ESA
<http://sci.esa.int/huygens/>
- Página sobre la misión Cassini-Huygens de la NASA
<http://www.jpl.nasa.gov/cassini/>

Gregorio J. Molina-Cuberos
Institut für Weltraumforschung
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Graz, AUSTRIA
gregorio.molina-cuberos@oeaw.ac.at
<http://www.iaa.es/~gregorio>

Cómo descubrir

supernovas

Michael Schwartz | Observatorios Tenagra (EEUU)

¿Dónde está la materia oscura del Universo? ¿Es correcta la hipótesis de la inflación del Universo joven? ¿Existe una componente repulsiva de la gravedad? ¿Por qué y cómo precisamente nuestra parte del Universo se mueve hacia el Gran Atractor? Si quieres formar parte de la solución a estas preguntas... ¡lee este artículo!

Introducción.

Hay una forma, tal vez desconocida para muchos aficionados, de *descubrir* la Astronomía: buscar supernovas. Hasta hace poco, los descubrimientos realizados por aficionados se limitaban a algún cometa ocasional, labor a la que muchos grandes observadores se han dedicado con meticulosidad. Menos conocidos son aquellos observadores que se dedican a la búsqueda de nuevas variables cataclísmicas o controlan los estallidos de las conocidas. Por último, sobre todo desde la llegada de las cámaras CCD, los aficionados se han vuelto esenciales para el enorme crecimiento del banco de datos sobre cuerpos menores.

Aunque todos estos estudios tienen un valor tremendo, el descubrimiento de supernovas tiene grandes implicaciones como nuevos indicadores de distancia; son la nueva herramienta que ayudará a los astrónomos a determinar el futuro del Universo. Nunca antes los aficionados habían estado en disposición de contribuir con sus datos de una manera tan directa a resolver las grandes cuestiones planteadas por la cosmología teórica y observacional. Las supernovas pueden ayudar a encontrar respuesta a preguntas fundamentales acerca del origen del Universo.

¿Qué es una supernova (SN)?

A muchos niveles, ésta es aún una cuestión que se debate entre los astrónomos. Lo que está claro es que las supernovas son enormes explosiones que tienen lugar en una estrella individual o en un sistema binario. Son tan brillantes que pueden competir contra el brillo combinado del resto de las estrellas de la galaxia en la que tienen lugar.

De manera general, hay dos tipos principales de SNs. Las SN tipo I se suponen originadas en sistemas binarios. Una enana blanca en órbita alrededor de una compañera mayor y menos densa, puede robar material de ésta si la órbita tiene puntos de suficiente aproximación. Si esto sucede, el resultado es que la enana blanca puede llegar a recoger más material del que su núcleo puede soportar. Entonces, tiene lugar una inmensa implosión en la que una enorme cantidad de materia “rebota” a velocidades cercanas a la de la luz. De una manera más concreta, estas SNs se conocen como tipo Ia.

Una supernova tipo II es similar, salvo que ésta posee el exceso de masa “de nacimiento”, al tratarse de una estrella supermasiva. Al contrario que la mayoría de las estrellas, estos monstruos consumen su material en un periodo de tiempo relativamente corto, millones de años. Cuando el combustible se consume a esta velocidad, la estrella “cae” sobre ella misma, produciendo de nuevo una enorme explosión.



Figura 1: Fresco de Tycho Brahe.

Los dos tipos de implosiones se diferencian, pues, a nivel físico. Las supernovas tipo II emiten más energía que las tipo Ia, pero la mayor parte es en forma de esas criaturas fantasmagóricas que llamamos neutrinos. En una SN tipo Ia hay más energía emitida en forma de luz visible, y por eso son aproximadamente un par de magnitudes más brillantes que las tipo II. Este hecho será importante cuando comentemos cómo descubrir una supernova.

Historia de las supernovas... a la velocidad de la luz.

Los cambios en el firmamento siempre han fascinado a los astrónomos, quizá porque el cielo nocturno ofrece pocos cambios comparado con el mundo que nos rodea. Las novas y supernovas formaban una clase aparte, muy distinta a la aparición de cometas y las relativamente frecuentes lluvias de meteoros. La supernova antigua más famosa es la que explotó en el año 1054 de nuestra era, dando origen a la Nebulosa del Cangrejo M1. Los astrónomos chinos escribieron en profundidad sobre ella y si damos crédito a los petroglifos, los indios americanos también parecen haberla detectado; en la Europa de la edad oscura, sin embargo, todos parecían mantener la mirada fija en el suelo...

La supernova de 1572 fue estudiada por Tycho Brahe, lo que hizo aumentar su renombre. De manera análoga sucedió con la de 1604, estudiada por Johannes Kepler. El primer astrónomo moderno en estudiar de manera intensiva las SNs fue Fritz Zwicky en los años 30. Este famoso astrónomo acuñó el término “supernova” y, hasta la fecha, sigue siendo la persona que ostenta el récord de descubrimientos de SNs en su haber. También es conocido por ser una de las personas más violentas que jamás

hayan trabajado en Monte Palomar y no le importaba hacer flexiones con una sola mano para intimidar a sus colegas.

El reverendo Robert Evans, pionero amateur.

El *Palomar Sky Survey* original y el trabajo de Zwicky fueron las principales fuentes de descubrimiento de SNs, además de algún descubrimiento ocasional por azar mientras algún profesional estudiaba galaxias.

Las posibilidades de que un aficionado descubriese una supernova no se habían considerado, hasta que en 1981 el reverendo Robert Evans dedicó a esta labor su “modesto” reflector de 40 cm. Hoy, sus descubrimientos alcanzan la cifra de 37, y no han sido igualados por ningún otro aficionado. Con la labor del reverendo Evans quedó claro que el descubrimiento de supernovas requería de dos ingredientes fundamentales: Un nivel inigualable de persistencia y habilidad para aprenderse los campos estelares que rodean las galaxias. También buscaba con inteligencia; sabía que no tenía sentido buscar algo en un lugar en el que simplemente no puede encontrarse. Evans buscaba en galaxias cercanas, allí donde sabía que una supernova sería visible en su instrumento. Una elección inteligente de galaxias es un aspecto de la máxima importancia en la búsqueda de supernovas, algo que deben tener en cuenta tanto los aficionados como los profesionales.

Una elección inteligente de galaxias es un aspecto de la máxima importancia en la búsqueda de supernovas

El reverendo Evans trabajó casi exclusivamente desde Australia. Tal vez debido a la baja frecuencia de sus descubrimientos (aproximadamente dos por año) y a la carencia por entonces de comunicaciones por Internet, no tuvo ningún homólogo en el hemisferio norte. Seguramente el esfuerzo conjunto de un puñado de aficionados en ambos hemisferios hubiera permitido un número mucho mayor de descubrimientos a añadir a la base actual de SNs. El éxito de Evans realmente dependía de su dedicación y su paciencia. Literalmente, se necesitan miles de observaciones para encontrar una supernova, y no hay mucha gente dispuesta a eso. Para encontrar SNs hay que saber apreciar la belleza de las ténues nebulosas y de los campos estelares que las rodean. Obviamente, el reverendo Evans tenía esas cualidades y más.

Otros personajes con marcas notables (al menos 10 descubrimientos) son Michael Schwartz –autor de este artículo– y Tim Puckett (Estados Unidos), Mark Armstrong (Reino Unido) y Aoki (Japón).

Magnitudes límites.

Tal como se ha indicado una y otra vez, las CCDs han convertido el telescopio típico de aficionado en un instrumento de investigación. Entre sus virtudes se incluyen

dos cualidades muy apreciadas a la hora de buscar supernovas. La primera es la sensibilidad; mientras que la magnitud límite del reverendo Evans estaba alrededor de la 16, una CCD típica en un telescopio de 25 cm alcanza magnitud 17 en una exposición corta. La segunda ventaja es la cobertura; con tiempos de integración tan cortos, es posible buscar cada vez en más galaxias, y éstas pueden ser más débiles, lo que aumenta las posibilidades de encontrar una SN. Estos parámetros son, en general, la clave del éxito. ¿Cuántas galaxias observas y hasta qué magnitud?

La mayoría de los descubrimientos con CCD realizados por aficionados se encuentran entre las magnitudes 16 y 17

Un gráfico de las magnitudes de las SNs descubiertas por el reverendo Evans muestra que la mayoría se encontraban entre las magnitudes 13,5 y 14,5. Evans siempre procuraba detectar las supernovas en el inicio de su subida de brillo, ya que esta primera parte de su curva de luz es muy valiosa para los astrónomos. Por este motivo, podemos asumir que en general estas magnitudes son las más débiles que Evans podía detectar visualmente. Al otro extremo tenemos las magnitudes de las SNs descubiertas por Zwicky en el primer *Palomar Sky Survey* y otros reconocimientos fotográficos anteriores. Los reconocimientos fotográficos siguen siendo los más profundos, con una magnitud entre 17 y 20 para las SNs descubiertas.

Los aficionados dotados de CCD emplean telescopios que van usualmente desde los 20 cm a los 60 cm. Con estas aberturas y la necesidad de cubrir tantas galaxias como sea posible, la mayoría de los descubrimientos se encuentran entre las magnitudes 16 y 17, más profundo que una búsqueda visual pero menos que los reconocimientos fotográficos del pasado.

La primera máquina caza-supernovas profesional es KAIT (de *Katzman Automated Imaging Telescope*), operado por los profesores W. Li y A. Filipenko (Universidad de California en Berkeley). Este sistema hace uso de un telescopio de 75 cm situado en Mount Hamilton, el hogar del Observatorio de Lick, por lo que a menudo para denominar a este programa se emplean las siglas LOSS (de *Lick Observatory Supernovae Search*). La mayoría de los descubrimientos del LOSS se hallan entre magnitudes 17,5 y 18,5, sensiblemente más débiles que las de los aficionados.

Así que estas son las opciones. Los reconocimientos fotográficos profundos son caros, lo mismo que un telescopio robótico de 75 cm, lo que deja los métodos visual y fotográfico como opciones. Obviamente, la CCD es más útil, sobre todo teniendo en cuenta el progresivo aumento de competencia, pero eso no quiere decir que haya que abandonar las búsquedas visuales. De hecho, el reverendo Evans descubrió recientemente de manera visual la SN2000cj.

Lo mejor al alcance de los aficionados es el modesto SC dotado de una CCD sensible y una montura que apunte

y guíe suficientemente bien. Sobre esto hay muchas consideraciones que quedan fuera del objeto de este artículo. Yo, por ejemplo, literalmente *esperé* hasta la llegada de la Paramount 1100 de Bisque, convencido de que era la única montura que reunía las especificaciones necesarias para que me mereciera la pena realizar un esfuerzo intenso.

Eligiendo Galaxias

Las galaxias tienen que ser seleccionadas de acuerdo a su distancia. Los que se inician en la búsqueda de supernovas con frecuencia cometen un error: eligen las galaxias conforme a su brillo, y asumen que son las más cercanas, por lo que las NGC se convierten en sus objetivos. Aunque esto es por lo general correcto, muchas de las UGC y de otros catálogos son igual de cercanas, pero no tan brillantes. Yo he descubierto SNs en NGC, IC, UGC, MCG, CGCG e incluso en galaxias anónimas.

Las galaxias deben elegirse también de acuerdo a su tipo. Recordemos que las SN tipo Ia necesitan la participación de una enana blanca y su compañera. Las enanas blancas por lo general son estrellas muy viejas, por lo que las SN tipo Ia tienden a aparecer en las viejas poblaciones estelares que se concentran en el núcleo central de las galaxias espirales o en las galaxias espirales. Sin embargo, las SN tipo II, dado que son el resultado de la rápida evolución de estrellas masivas, sólo pueden tener lugar en estrellas donde aún se den brotes de formación estelar. El resultado final es que las espirales pueden originar tanto SNs tipo Ia como II, mientras que las elípticas sólo pueden producir explosiones de tipo Ia. Por eso, si se desea incrementar las posibilidades de descubrir una supernova, es mejor olvidarse de las elípticas. Pero se debe tener en cuenta que esta recomendación es válida sólo para un



Figura 2: Telescopio del proyecto KAIT (*Katzman Automated Imaging Telescope*).

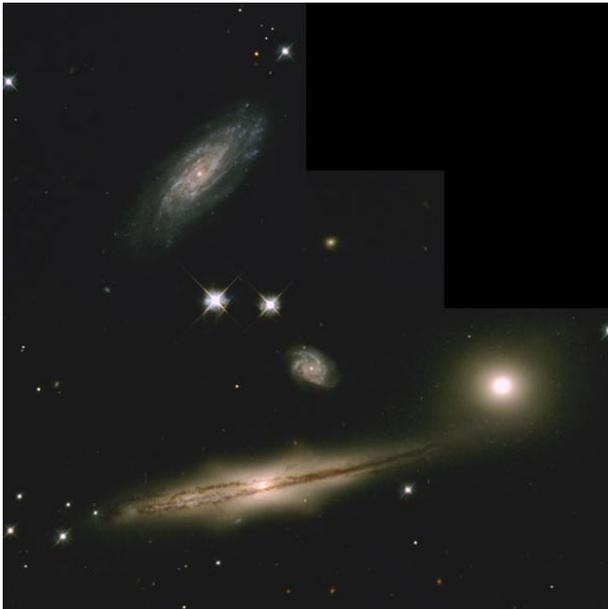


Figura 3: Grupo Compacto Hickson 87, fotografiado por el Telescopio Espacial Hubble. Este grupo de galaxias se orbitan mutuamente. Cortesía STScI.

equipo diseñado para encontrar el mayor número posible de supernovas. Dado que las SN tipo Ia son el único indicador estándar de distancia del que disponemos, y teniendo en cuenta la ausencia de oscurecimiento debido a polvo en las elípticas, a menudo a estas supernovas se convierten en las más valiosas que se pueden encontrar.

Resumiendo.

¿Quieres descubrir una supernova? Entonces presta atención a los siguientes factores:

- No busques donde no puedas encontrar nada. Es muy importante que conozcas la magnitud límite de tu telescopio. No tiene sentido buscar en galaxias donde una SN en su máximo brillo será difícilmente detectable. Deberías obtener diferentes exposiciones de las mismas galaxias para determinar los límites bajo las distintas condiciones de trabajo. También, como hemos comentado, las posibilidades de descubrir una supernova son mayores buscando en galaxias espirales e irregulares. Hay un gran número de catálogos de galaxias que incluyen su velocidad de recesión, y por ende su distancia (empleando la constante de Hubble que deseas). El mejor es el RC3 de Vaucoulers. Se trata de una muestra de galaxias obtenidas a partir de todos los grandes catálogos, en la que podemos usar las velocidades de recesión y el tipo de galaxia para seleccionar los objetivos. Para mi telescopio de 40 cm + CCD elijo como punto de corte la velocidad de 13 000 km/s. Si la velocidad no es conocida (lo que sucede a menudo), incluyo la galaxia en mi lista si su tamaño es mayor de 1

minuto de arco, ya que espero que con ese tamaño existen posibilidades de que la galaxia esté dentro del rango de distancias permitido.

- Busca en tantas galaxias como sea posible. Tu éxito depende del número. Hablando estadísticamente, el número de SNs que puedes descubrir es directamente proporcional al número de galaxias observadas. Obviamente, los telescopios automatizados suponen una gran ventaja para los cazasupernovas. Algunos programas, como la suite de Software Bisque, permiten programar un telescopio automatizado para comenzar al ocaso y finalizar al amanecer, y dormir mientras tanto. Una ventaja tremenda para aquellos que deben levantarse todas las mañanas para ir a trabajar.
- Tus propias imágenes son tu mejor referencia. Puede ser tentador comparar tus imágenes con otras fuentes externas, como el RealSky o atlas fotográficos de galaxias. Aunque esto a veces puede ser útil, las imágenes CCD suelen ser muy distintas. Las nubes de gas brillante, como las regiones HII, pueden tener aspecto estelar en una imagen CCD. En todo caso, tus propias imágenes son la referencia verdadera sobre una posible SN. A pesar de todo, el DSS (*Digital Sky Survey*) es una valiosa fuente de confianza cuando no existe imagen de referencia.
- Pásate por las páginas de Internet o por otras fuentes en las que aparezcan descubrimientos de supernovas con un telescopio como el tuyo. ¿Cómo puedes saber qué aspecto tiene una supernova sin ver las que han descubierto otros?. Este ejercicio, además de esencial, es divertido. También puedes consultar las estimaciones de brillo de la VSNET y la IAU, lo que además te permitirá practicar con los programas astrométricos (para medir la separación de la SN respecto a la galaxia progenitora) y comprobar la exactitud de tus estimaciones de brillo. Es muy fácil cometer errores astrométricos cuando tienes la combinación fatídica de cansancio y excitación.
- Conoce los procedimientos para informar sobre una SN. En este artículo no vamos a comentar los procedimientos para informar de una nueva SN a la IAU, pero sí diremos que es esencial que se presente en el formato exacto y que no contenga más información o menos que la solicitada. Siempre se puede solicitar ayuda de un descubridor avanzado a través de la *International Supernova Network*, en <http://www.supernovae.net>.
- Ten un método estándar para revisar tus imágenes. Recuerda que tus mejores imágenes de referencia son las tuyas. Busca un método fácil de comparación. Los métodos varían con cada persona, desde la simple inspección visual al *blinking*. Puede ser una tarea dura, aunque te permite disfrutar de la belleza de las galaxias. Yo he mirado y disfrutado más de 20 000 galaxias, todas y cada una de ellas



Figura 4: Montura Paramount GT-1100s. Software Bisque.

una verdadera joya. ¡No te olvides de comprobar en el interior del núcleo! La distribución de estrellas en las galaxias hace más probable la aparición de SNs cercanas al núcleo que exteriores. Esto significa que cada imagen debe ser procesada para ver las débiles regiones exteriores, y procesada de nuevo para ver el núcleo. Para esto no son necesarios programas extraordinarios. Tanto las regiones exteriores como el núcleo pueden examinarse simplemente ajustando el brillo y el contraste.

- No te desanimes. Aunque los métodos que hemos revisado en este artículo maximizarán tus posibilidades, seguimos hablando de posibilidades. Los descubrimientos tienen una gran componente de suerte. También puede ser muy desagradable encontrar una SN y luego saber que ya ha sido descubierta. Esto no debería ser preocupante, porque querría decir que tu sistema de búsqueda optimizada funciona. Nadie podrá negar el hecho de que descubriste una, solo que ¡no fuiste el primero! En mi búsqueda aparece una SN cada 1 400 imágenes aproximadamente. De nuevo, esto son estadísticas. He llegado a descubrir tres SNs en tres semanas, y he pasado cuatro meses sin descubrimientos. Simplemente sigue los consejos de este artículo, prepara un plan y ponlo en marcha. Encontrarás una SN si tu equipo satisface los requisitos.

Hay otros asuntos acerca de la búsqueda de SNs con mucho más profundos que esta breve introducción. En-

tre ellos tenemos la escala de imagen (segundos de arco por pixel), que parece ser foco de luchas incluso fuera del campo de las SNs. Otros se centran en cómo aumentar la magnitud límite con un mal seguimiento, es decir, la determinación del tiempo óptimo de exposición para un seguimiento determinado. Estoy abierto a vuestras preguntas, y espero ver más y más aficionados engrosando las listas de cazadores de supernovas con éxito.

Soy consciente de que este artículo es demasiado breve para responder muchas cuestiones y proporcionar información completa sobre cómo descubrir supernovas. Por eso os animo a que contactéis conmigo en mbs@tenagraobservatories.com Ω

Páginas de interés.

- Red de Variables y Supernovas (VSNET)
<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/>
- *Digital Sky Survey*
<http://archive.stsci.edu/dss/>
- Software Bisque <http://www.bisque.com/>

Michael Schwartz es Director de los Observatorios Tenagra (<http://www.tenagraobservatories.com>), un proyecto privado con instalaciones en Oregón y Arizona (EEUU) dedicado a la búsqueda y estudio de supernovas, búsqueda de cuerpos menores y estudio de variables. En el momento de escribir este artículo, Schwartz cuenta con 17 supernovas descubiertas desde 1997.

Astronomía Digital agradece a Michael Schwartz el permiso para publicar en español su artículo. Texto traducido por Francisco Centenera.



Cómo crear un club astronómico y no morir en el intento (I)

Jesús Gerardo Rodríguez Flores | Sociedad Astronómica de la Laguna, A.C. (México)

La astronomía es una afición en ocasiones cara y poco popular. Pero ello es tremendamente engañoso. El gran problema es que los aficionados están aislados unos de otros dentro de la marea social. En ocasiones en esta afición nos sentimos como Robinson Crusoe, solos y con pocas probabilidades de encontrar a un semejante. Para solucionar este estado, los aficionados actualmente buscan destacar y hacerse notar con la intención de que la unión de los aficionados marque la diferencia.

El inicio de un sueño.

No soy ningún gurú en cuanto a la formación de sociedades astronómicas. Pero he sido testigo presencial de la creación y desarrollo de mi club astronómico. También he tenido la oportunidad de entrar en contacto con innumerables clubes astronómicos de México y me he enterado de sus logros, sus creaciones, sus cismas e incluso de sus disoluciones. En todas hay circunstancias comunes y el conocimiento de las mismas puede ahorrarle abrumadoras experiencias a los grupos astronómicos más jóvenes.

¿Quieres formar un club astronómico en tu comunidad? ¡Fabuloso! La tarea no será fácil, pero tampoco imposible. El primer consejo que te podría dar es la paciencia. Estudia primero las posibilidades y tu entorno. En ellas descubrirás algunos puntos que pueden ser útiles en fomentar tu afición. Te recomiendo que primeramente hagas los siguientes:

- Localiza a otros aficionados a la astronomía en tu comunidad.
- Investiga si ya existe algún club o asociación astronómica en tu ciudad.
- Ubica a los institutos de promoción de la cultura, museos de ciencias, planetarios o centros culturales.
- Localiza a personalidades publicas que divulgan la astronomía.

Estos puntos anteriormente citados son indispensables. Por un lado seguramente conocerás alguna persona que en determinado grado comparte tu gusto por la astronomía. De igual manera tus amigos y parientes seguramente sabrán de otros individuos que tienen la misma afición, cosa

que tu desconocías. Es increíble las cosas que podemos averiguar con solo consultar a la gente. Usando este método de “preguntando se llega a Roma”, no solamente ubicarás a tres o cinco aficionados, sino que podrías averiguar si existe algún club astronómico. Los clubes de astronomía por lo regular tienen sus sedes en planetarios, museos de ciencias o centros culturales. ¡Búscalos! ¿Y eso para qué? Bueno, si ya existe un club astronómico, a lo mejor ya no tiene caso *reinventar la rueda*. ¿Para qué iniciar otro club astronómico cuando podemos afiliarnos a uno ya existente? Por supuesto hay que involucrarse en el club y ver si realmente es lo que buscamos. Lamentablemente existen sociedades astronómicas muy cerradas o elitistas que no admiten a cualquier interesado, o peor aún son clubes que son manejados por algún autócrata presidente que nunca pide parecer a los socios y permanece en el puesto por toda la eternidad sin esperanzas de renovación. En esos casos te daré la razón: es necesario crear un nuevo club.

¿Para qué iniciar otro club astronómico cuando podemos afiliarnos a uno ya existente?

Para crear un club astronómico no estás solo. Los aficionados que anteriormente ubicaste pueden ser colaboradores esenciales para llevar a cabo tu proyecto. Eso sí, si quieres que el sueño cristalice, tu deberás liderar el proyecto, pues siempre hará falta un líder para materializar el sueño. Si tu buscas que alguien más lo realice en tu lugar, tal vez nunca encuentres a esa persona emprendedora.

Una vez tengas convencidos a tus compañeros de afición

será importante contactar con las directivas de los institutos de promoción cultural, museos de ciencias, planetarios o centros culturales. Por lo regular los directores de estas instituciones buscan constantemente actividades culturales que se puedan desarrollar en sus centros. Si tu llegas a ofrecerles actividades de divulgación astronómica como conferencias, talleres u observaciones astronómicas no se podrán resistir a la oferta. Organízate con los directivos culturales para que ellos pongan su local y la promoción, y ustedes se pueden encargar de la actividad.

La promoción

Estamos a punto de publicitar nuestra intención de formar un club astronómico.

Y ahora la tan temida pregunta: ¿alguno de ustedes se anima a dar una conferencia de astronomía? ¡Glup! Soy consciente que no cualquiera se considera apto para realizar una exposición, sobre todo ante un público que podría ser numeroso. Si alguno de ustedes se considera lo suficientemente preparado y no tiene miedo al *pánico escénico* entonces adelante. En caso contrario deberán buscar alternativas.

Una de ellas es que la actividad se reduzca a una observación astronómica. ¡La gente sueña con observar el cosmos por un telescopio! Escojan una fecha propicia para que la gente observe cosas interesantes en el cielo. Observen objetos interesantes para el público como la Nebulosa de Orión, Saturno o la Luna. Esto los dejara cautivados. Tomen sus precauciones, y antes de la observación orienten al público sobre como observar y como tratar a los telescopios. ¡Nunca pierdas de vista tus instrumentos! La gente por lo regular desconoce la delicadeza y el uso de estos aparatos, y no te gustaría que te los estropearan.

La segunda opción, que no excluye a la primera, es contactar con algún divulgador científico, astrónomo o conferencista de temas astronómicos que se anime a presentar una conferencia. Si dicha personalidad es bastante reconocida entre el público, esto te asegurara una gran asistencia. Hasta aquí, ya tenemos organizada la activi-



Figura 1: Es importante localizar otras compañeros de afición

dad. Pero falta un factor de la cual dependerá el numero de asistentes: la publicidad.

¡La gente sueña con observar el cosmos por un telescopio!

Para promocionar nuestra actividad, deberemos darla a conocer a tanto medio de comunicación tengamos a la mano. Es probable que el instituto cultural donde vas a hacer la actividad ya tenga los contactos adecuados con los medios de difusión. Elabora un boletín de prensa (también llamado *gacetilla*) donde convoques al público en general a asistir al evento, especifica fecha, hora y lugar, así como titulo y sinopsis de la actividad, sin olvidar el curriculum del conferencista. Y de paso comenta que la actividad tiene como objetivo el formar un club astronómico. Proporciona suficientes copias de la gacetilla el centro cultural, si puedes elabora algunos carteles que puedas poner en lugares públicos.

Un par de consejos que conviene expresar con respecto a la difusión:

- No te confíes en la difusión del centro cultural, tú también muévete.
- Envía los boletines de prensa con varios días de anticipación.
- Incluye en la gacetilla teléfonos y correo electrónico para mayor información.

Efectivamente, nunca te confíes a que el Centro Cultural se encargara de la promoción. Muchas veces son tantas las actividades que les ocupan, que no tienes la certeza de que le den prioridad en la difusión de tu evento. Además nunca falta la secretaria que en su flojera *olvida* enviar la gacetilla a los medios de comunicación. De preferencia pide a los encargados de difusión que te proporcionen una copia de su agenda de medios. Obtén el teléfono, correo electrónico, fax y nombre de contacto en los medios para que tu personalmente puedas enviar, en esta y otras ocasiones, directamente las gacetillas. No es necesario que gastes dinero en pagar algún anuncio en diarios o en radio para promover tu actividad. Por lo regular los medios como una labor social dan a conocer las actividades culturales de la localidad sin que a ti te cueste un centavo.

Una precaución adicional es enviar con suficiente anticipación tu gacetilla, para asegurarte que sea difundida. A los periódicos es conveniente que envíes tu boletín de prensa cuando menos con tres días de anticipación, para los medios electrónicos con dos días de anticipación será más que suficiente. Recuerda siempre especificar en atención a quién va dirigida la gacetilla. De no indicar a que reportero o redactor va destinado, la gacetilla terminaría extraviándose en el departamento de redacción.

Siempre es conveniente que agregues a la gacetilla nombres, teléfonos y direcciones de correo electrónico donde se pueda obtener mas información sobre el evento. Aclara cuales teléfonos son para información a los medios de comunicación, y cuales para el público en general.



Figura 2: Las conferencias públicas son un manera atractiva y efectiva de atraer socios

El evento de convocatoria

El día del evento se aproxima. Es el momento de pulir algunos detalles. Una recomendación es ir verificando que en la sede del evento este todo preparado. ¿Tienes listo el proyector, la pantalla, el equipo de sonido? Algo importante también es revisar que vayas a contar con suficientes sillas para los asistentes. Si piensas realizar una observación astronómica, revisa en simuladores y en efemérides que los objetos que piensas observar serán visibles en fecha y hora del evento. Asegúrate que el sitio tenga buena visibilidad, que el horizonte esté lo suficiente despejado y que el alumbrado pueda ser apagado durante la observación.

Un buen punto es no solo confiar la asistencia en exclusiva a la convocatoria pública. Invita a tus amigos, parientes y a aquellas personas que sabes que tienen un interés, aunque sea superficial, por la astronomía. También conviene invitar a profesores de ciencias naturales, directores de instituciones académicas o museos, a científicos u otros conferencistas destacados. Este tipo de distinguidas personalidades no solamente puedan verse interesados en participar en tu sociedad astronómica, sino que además llegan a ser *imanes* para atraer a más miembros potenciales.

Invita a tus amigos, parientes y a aquellas personas que sabes que tienen un interés, aunque sea superficial, por la astronomía

No olvides enviar invitaciones personalizadas a tus contactos en los medios de comunicación. Por lo regular es difícil que asistan a todo el evento, pero eventualmente envían a reporteros gráficos para obtener fotografías del conferencista y de los asistentes. Acuérdate de escribir posteriormente una reseña de la actividad para que la envíes a los medios, de esa forma la gente que no haya asistido podrá enterarse en los medios sobre el alcance de tu evento, y esté a la expectativa de las posteriores actividades que tu club organice.

Durante nuestro evento, informaremos de nuestra intención de formar un club de astronomía. Para reafirmar esta intención y motivar el reclutamiento de interesados es conveniente que redactes alguna convocatoria escrita donde especifiques los objetivos del club y además agregues un formulario para que la gente interesada proporcione sus datos para un posterior contacto. Tu y tus compañeros deberán estar muy activos aclarando las inquietudes de los asistentes a la conclusión del evento. El trato personal con aquellas personas que muestren interés será la diferencia para un buen reclutamiento.

El siguiente paso

Antes de la conclusión del evento no olvides mencionar en que fecha será la siguiente actividad de tu club astronómico. Trata de desarrollar el evento durante los próximos quince días. Dejar más tiempo provocaría que el interés se apagara. Si es posible, en la papelería que distribuiste entre los asistentes de tu primer evento incluye la convocatoria para tu siguiente actividad. Esta segunda actividad será principalmente una informativa sobre tu club y un convivio para que los interesados se conozcan y puedan analizar las ventajas de formar parte de un grupo astronómico. Para la siguiente junta es crucial que notifiqués nuevamente a todos los interesados, ya sea por teléfono o correo electrónico. También envía una gaceta a los medios. Si te publicaron la del primer evento, es muy probable que también te publiquen ésta.

Llegar a la junta informativa será el punto más delicado de nuestro objetivo. Si lo desarrollas con éxito es casi seguro que tu sociedad astronómica progresará. Si no sabes desenvolverte y expresar tus ideas, el plan de un grupo astronómico fracasará rotundamente. Por lo mismo debes prepararte hasta el último detalle. ¿Que hacer entonces?

- Reúnete previamente con tus compañeros de planes y avancen en los puntos vitales del club.
- Defínanse los cargos administrativos y ramas directivas.
- Ponte en contacto con grupos astronómicos en otras entidades y solicítale ayuda.
- Consigue unos estatutos de alguna otra sociedad astronómica.
- Coordínate con la sede cultural donde realizarás tus eventos.

Es importante que previo a la junta informativa te reúnas con tus compañeros. Comprométanse entre ustedes en tomar responsabilidades y puestos estratégicos. Si ustedes como pilares de la idea no trabajan intensamente en el proyecto, nadie lo hará por ustedes. Para esta reunión previa bien pueden invitar a algunos de los interesados de quienes se pueda establecer una comprobada seriedad y compromiso hacia el proyecto.

Es importante que contactes con otros grupos astronómicos existentes en otras entidades para conocer su estructura administrativa, el tipo de actividades que desarrollan y que tanta disponibilidad tiene para realizar actividades en conjunto con ustedes. Consigue copia de los estatutos de alguna de estas instituciones para que sepas como es internamente su organización y como deberán ser los estatutos de tu naciente sociedad. Los estatutos te darán una idea de los reglamentos que deben regir a la sociedad, así como las ventajas y obligaciones legales que tendrá tu club ante las autoridades públicas.

Ahora un punto vital es la estructura de nuestro club. Por lo regular los grupos astronómicos tienen una directiva administrativa y una directiva operativa. Como directiva administrativa se encuentran los siguientes puestos:

- Presidente.
- Vicepresidente.
- Secretario General.
- Tesorero.
- Primer Vocal, y
- Segundo Vocal.

Obviaré en esta ocasión que desempeñan cada uno de ellos.

La directiva operativa son puestos especiales cuya función es definir las responsabilidades de las diversas actividades que necesitan desarrollarse en nuestra sociedad astronómica. Algunas de las ramas directivas que podría sugerir son las siguientes:

- Relaciones Públicas.
- Divulgación.
- Difusión Interna.



Figura 3: Mesa directiva de la Sociedad Astronómica de La Laguna (México)

- Taller de óptica y observación.
- Escuela de Astronomía.
- Biblioteca y Multimedia.

Por supuesto, pueden ser más ramas directivas, dependiendo de las necesidades de nuestro grupo. La rama de relaciones públicas se encargará del trato, negociación y acuerdos con otras instituciones y autoridades. La rama de divulgación tiene a su cargo la difusión de la ciencia astronómica ante los medios de comunicación y también puede encargarse de las conferencias y eventos de nuestro grupo. A diferencia de estas primeras ramas, difusión interna se encargara de los comunicados que la administración o alguna otra rama quiera hacer llegar a los miembros. El taller de óptica y observación es vital, pues se encargará de organizar las observaciones astronómicas, los campamentos así como de los cursos de creación y reparación de telescopios. La escuela de astronomía se encarga de todos los cursos de iniciación, los materiales didácticos y demás medios que permitan la continua actualización de los socios. Biblioteca y multimedia es una rama al servicio de los socios pues la intención es catalogar y administrar el préstamo de libros, revistas, vídeos y contenidos informáticos que posea nuestra asociación.

Algunas instituciones incluso podrían darte un local o una instalación permanente

De momento dejemos en ese punto a nuestra organización interna.

Un paso importante para nuestro desempeño es que, antes de nuestra junta formativa, ya tengas un acuerdo con la directiva cultural que te va a apoyar en los eventos que en un futuro pienses realizar. Reúnete con la directiva del centro cultural o museo de ciencias donde realizarás tu actividad y asegúrate que haya disposición para facilitarte las instalaciones para las actividades por venir. Algunas de estas instituciones incluso podrían darte un local o una instalación permanente. Otra opción es que lo veas con las autoridades publicas de tu localidad para ver que facilidades te pueden dar en alguna instalación pública.

Con todas estas ideas aclaradas, preséntate a la junta formativa. Te recomiendo que invites a todos los asistentes a presentarse, y dar a conocer sus inquietudes y experiencias previas en la astronomía, así como información sobre sus actividades laborales. Con este método no solamente se conocerán mejor entre ustedes, sino conoceremos el potencial de cada uno de los miembros potenciales de nuestro club.

Tu sueño hecho realidad.

Presenta claramente tus ideas al grupo. Aclara el objetivo del club y el compromiso social que éste tendrá ante la comunidad.

El objetivo de nuestro club es ser un sitio de encuentro de los aficionados a la astronomía y ciencias afines para ampliar nuestro conocimiento y disfrute de la misma.

Nuestro compromiso social es la divulgación de la astronomía y la ciencia en general entre el público.

Organiza la mesa administrativa de la sociedad astronómica. Es probable que tú y tus compañeros de idea deban tomar algunos de los cargos de mayor responsabilidad y cabildear entre los asistentes la ocupación de los puestos menores, así como de las titularidades de cada una de las ramas operativas. La mesa directiva que de allí surja deberá permanecer en su cargo preferentemente durante un año mientras el grupo adquiere consistencia y los miembros empiezan a conocerse. Posteriormente habrá la posibilidad de que otras planillas tomen el relevo mediante una elección democrática. En este punto ya podemos hablar de elegir un nombre para el grupo así como algún logotipo o eslogan que lo identifique entre la comunidad.

Toda actividad requiere un presupuesto, y este dinero debe surgir de algún lado. No tengas miedo a poner cuotas de inscripción o membresías mensuales. Una frase celebre dice que “lo que no cuesta nunca se aprecia lo suficiente”. Por ello es necesario que todos los socios tengan una obligación monetaria con nuestra asociación. Coordina con la tesorería cuales serán las cuotas que tengan que pagar los interesados a formar parte de tu club astronómico. Recuerda dar facilidades o descuentos a los jóvenes estudiantes y a los niños, pues ellos siempre mostrarán mucha disponibilidad, pero económicamente no gozan de las facilidades económicas de un adulto.

Posteriormente deberás planear en legalizar ante la autoridad pública tu agrupación. Asesórate sobre los trámites que deben cumplir para que tu asociación tenga personalidad jurídica. Por ejemplo en México toda asociación requiere un permiso como asociación ante la Secretaría de Relaciones Exteriores, así como registrar ante notario público y en el registro público los estatutos constitutivos de nuestra asociación. Obvio que todo esto cuesta tiempo y dinero.

Nuestro compromiso social es la divulgación de la astronomía y la ciencia en general entre el público.

Logrados estos puntos ya estamos constituidos y listos para realizar nuestras actividades. Calendariza las actividades que realizarás, tanto públicas como privadas. Organiza con la escuela de astronomía un curso de astronomía básica tan pronto como sea posible y arráncate con tus demás compañeros a disfrutar y publicitar tu afición astronómica.

Tu sueño se ha convertido en realidad.

Y vivieron felices para siempre...

Lamentablemente la historia de las sociedades astronómicas dista mucho de ser como los cuentos de hadas. Aquí so-

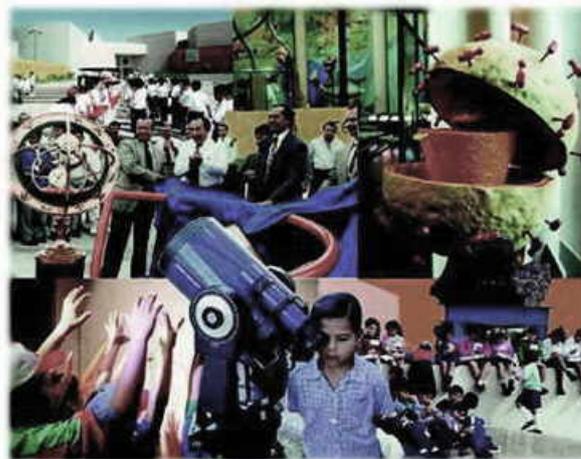


Figura 4: Tu sueño hecho realidad.

lo hay principios exitosos, lo que el futuro les depare dependerá de lo bien que dirijan a su grupo. Pueden perdurar por décadas o siglos, o al cabo de pocos meses o años desintegrarse por muy diversos motivos. Se puede escribir una guía entera de lo que debe hacerse y lo que debe evitarse en una sociedad astronómica.

Pero esas recomendaciones serán parte de nuestra próxima colaboración. Ω

Jesús Gerardo Rodríguez Flores
Editor asociado, Astronomía Digital
jgerardo@prodigy.net.mx
<http://www.astrored.net/megacosmos>
Sociedad Astronómica de la Laguna
México



Observación planetaria con QuickCam

Jesús R. Sánchez | Córdoba (España)

Es un hecho evidente: ya no es necesario tener una sofisticada cámara CCD para obtener imágenes telescópicas de calidad. Las modestas webcams pueden ser adaptadas con facilidad para ello.

Introducción

Tras un repaso a la documentación sobre astrocam vemos que los modelos más interesantes del mercado actual son la *QuickCam VC* de Logitech y la *Philips Vesta Pro*.

En mi caso he podido probar dos unidades de *QuickCam VC*. Primero el modelo con conexión paralelo, y la que uso habitualmente con conexión USB. La velocidad de transferencia y la calidad de imagen es similar en ambos conectores, pero el modelo USB es más práctico por su sencillez de conexión y porque deja libre el solicitado puerto paralelo.

Adaptación.

Hay diversas formas de hacerlo. Por ejemplo hay autores que desmontan completamente la parte electrónica y la montan en un nuevo soporte más compatible con la mecánica del telescopio.

Por mi parte he preferido lo más sencillo: desmontar la parte óptica y añadir un tubo de 31,7 mm. de diámetro para usar la cámara como un ocular estándar. Debido a su bajo peso creo que es la opción más cómoda.

La velocidad de transferencia y la calidad de imagen es similar en ambos conectores, pero el modelo USB es más práctico por su sencillez de conexión

Tras sacar la cámara de su embalaje podemos optar por probarla primero en su estado original ó como en mi caso pasar directamente a desmontarla. Es algo difícil ya que su forma esférica y la ausencia de tornillos exteriores requieren un poco de habilidad con un pequeño destornillador (de relojero) que debe ser insertado en los tres orificios que hay en la junta que divide la carcasa exterior. Se trata de soltar unos clip de plástico (que están ocultos) haciendo presión y palanca suavemente con la punta

del destornillador y a la vez intentando separar las dos partes. Es muy probable romper alguno de ellos en lugar de liberarlo, pero no importa porque luego todo encaja sin problemas. No debemos penetrar más de 1 cm a ciegas porque hay peligro de dañar la placa electrónica.

Una vez separados los dos hemisferios nos fijamos bien en la disposición de los elementos para volver a insertarlos luego. Hay que sacar el objetivo desenroscándolo de su alojamiento. Entonces podemos ver el filtro de infrarrojos que afortunadamente en esta cámara es independiente y nos permite seguir usándolo sin óptica original. Detrás del filtro se aprecia el diminuto chip CCD.

Es importante comprobar que el filtro esté muy limpio pero no es tarea fácil. Si la cámara es nueva no debe haber problema pero si al obtener imágenes se observan motas de polvo groseras conviene proceder a su limpieza ya que una vez terminada la adaptación será difícil volver a desmontar la cámara. Si podemos mantener limpio el filtro no será necesario recurrir al uso de *flat* para limpiar la imagen electrónicamente.

Entonces podemos proceder a insertar de nuevo la placa electrónica, la pieza con la rosca para trípode y el cable. Se unen las dos partes de la carcasa a presión.

Por último hay que disponer de un tubo de 31,7 mm. de diámetro que puede conseguirse de un ocular desechado ó en su defecto de un tubo de PVC ó de un envase de película fotográfica. Debido al bajo peso de la cámara puede unirse el tubo a la carcasa de la cámara simplemente pegándolo con cianocrilato (*Super Glue 3*). Durante el secado mantener la presión de las piezas y vigilar que quede bien centrado. La unión es muy firme pero tiene el inconveniente de que es algo engorroso aunque no difícil volver a abrir la cámara de nuevo.

Utilización.

El manejo es mucho más sencillo que una CCD estándar. Sin embargo hay que señalar la importancia de dominar los conceptos y técnicas relativas al uso de una cámara

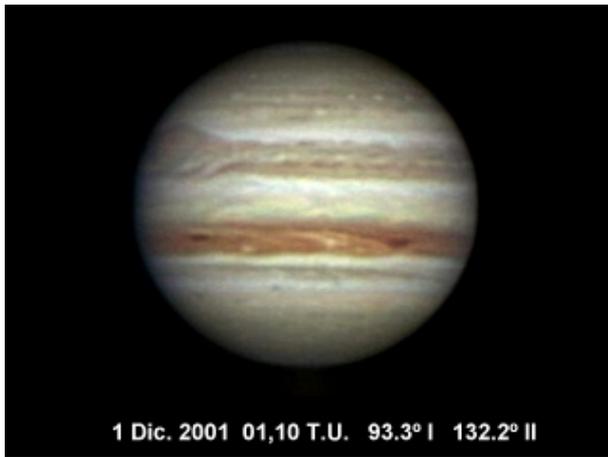


Figura 1: Júpiter con QuickCam VC de Logitech y Celestron 11" con montura Losmandy G-11. Cortesía Jesús R. Sánchez.

CCD para dominar completamente este tipo de cámaras que por modestas no dejan de compartir las propiedades con los modelos más sofisticados. El software es muy intuitivo y lo mejor es que contamos con imagen *en directo*. El enfoque y encuadre se pueden hacer rápidamente visualizando la imagen casi igual que mirando por el ocular. A continuación hay que ajustar la exposición, brillo y contraste con las opciones manuales del programa ya que los ajustes automáticos no son satisfactorios para imágenes planetarias.

En este aspecto radica la mayor dificultad que podemos encontrar. Mientras que el software de CCD nos orienta con el histograma, aquí la exposición hay que calcularla *a ojo* según el aspecto de la imagen, que puede ser difícil de apreciar, sobre todo si la pantalla es de un ordenador portátil. También contamos con varios parámetros que si bien nos ayudan a perfilar mejor la imagen, resultan difíciles de apreciar en el momento de la toma: El contraste, el brillo, la saturación de color y el balance de color. La cámara es muy sensible y admite tomar imágenes planetarias de calidad incluso con telescopios de 150 mm. ó menos. Hay que ajustar la potencia de forma similar que con una CCD para conseguir que la resolución máxima del telescopio sea proporcional al tamaño y distribución de la matriz de píxeles. No es necesario el uso de *dark* ya que el ruido térmico no es visible con los ajustes habituales de la imagen en exposiciones cortas.

Hay que aprovechar los momentos de menor agitación atmosférica y se puede obtener casi una imagen por segundo

La mayor virtud es que con el software de *Quickcam* es muy fácil obtener muchas imágenes, incluso se puede programar para tomarlas automáticamente. Hay que aprovechar por tanto los momentos de menor agitación atmosférica y se puede obtener casi una por segundo. Posteriormente

visualizamos rápidamente la serie y eliminamos las que no son aceptables.

Procesamiento.

Las imágenes que proporciona la *Quickcam VC* son en color de 24 bits pero su calidad no es equiparable a la de una CCD en blanco y negro que presenta un rango tonal mucho más rico y aprovechable. Con frecuencia presentan un cierto ruido electrónico con interferencias coloreadas y además no es fácil conseguir la exposición y contraste óptimos.

Las imágenes que proporciona la Quickcam VC son en color de 24 bits pero su calidad no es equiparable a la de una CCD en blanco y negro

Sin embargo todo ello podemos compensarlo gracias a la integración de múltiples imágenes. La suma mediante software de un cierto número de ellas tomadas en un intervalo de tiempo corto nos permite eliminar las irregularidades y obtener una imagen de gran calidad que puede luego ser fácilmente realizada. Según la calidad del cielo podemos conseguir una serie de hasta 20 ó 30 tomas buenas en 2 ó 3 minutos. A continuación se hace la suma de imágenes que puede hacerse con distinto software. En línea comercial tenemos *Maxim DL* ó *Quantum image*. En versiones *freeware* tenemos *Astrostack* ó *Vega*. Se puede consultar la página de *astrocam* para mayor referencia. Tras esta integración tenemos una imagen con notable detalle y gradación de tonos que puede ser realizada por los mismos programas ó con un paquete de tratamiento de imagen estándar. En este aspecto usaremos las herramientas de *unsharp mask* y *deconvolution* según el programa disponible. Mi opinión personal al respecto es usar ambas herramientas con moderación hasta conseguir un aspecto realzado pero lo más natural posible. Los resultados espectaculares sólo se pueden conseguir cuando la serie de imágenes directas es de muy alta calidad.

Por último deseo exponer mi deseo de compartir experiencias con otros observadores que decidan practicar estas técnicas para intercambiar detalles de interés. Ω

Jesús R. Sánchez
stareye@arrakis.es
<http://www.arrakis.es/~stareye>
Sevilla (ESPAÑA)

Espectrografía con webcam

Francisco A. Violat Bordonau | Asesores Astronómicos Cacereños

Es posible iniciarse en el tema de espectroscopía (si sólo estudiamos visualmente los espectros) o espectrografía (si los capturamos y mostramos en alguna superficie, como en una fotografía o un monitor) sin mucho esfuerzo ni tampoco grandes gastos: no se van a lograr resultados muy profesionales pero sí didácticos, sobre todo si lo que buscamos es iniciarnos (e iniciar a los demás) en este fascinante, divertido e interesante campo a medio camino de la Física Atómica y la Química.

Introducción.

En el número 124 (marzo de 1995) de la conocida revista *Tribuna de Astronomía* publiqué mi primer trabajo sobre espectrografía, resultado de intensas investigaciones y observaciones desde mediados de 1994; al adquirir recientemente una *webcam* encontré el momento de mejorar, ampliar, actualizar estos trabajos y presentar nuevos resultados más avanzados y espectaculares.

Para ello es fundamental emplear un espectroscopio que puede ser comprado (precio mínimo: 26 000 pesetas; los modelos más sencillos a base de prismas de la marca *Carl Zeiss*) o construyendo uno con un prisma de vidrio óptico (no lo aconsejo por la baja calidad de los resultados, aunque si se dispone de un prisma se puede intentar) o con una red de difracción; en el mercado es posible encontrar redes baratas bajo la apariencia de filtros fotográficos de *efectos especiales*: un buen ejemplo es el filtro francés *Cosmos B40*, que se suele emplear bastante en la fotografía de bodas o comuniones pues ofrece una imagen del sujeto con pequeños espectros (*arco iris*) en las luces brillantes capturadas en la toma; este filtro fotográfico (que cuesta unas 4000 pesetas) es realmente una red de difracción con un bajo número de líneas por mm, que permite tanto fotografiar escenas cotidianas (sin gran merma de su calidad) como descomponer la luz de cualquier fuente luminosa ofreciendo un pequeño espectro de primer orden (estrecho aunque luminoso), un espectro de segundo orden (mayor aunque más débil) y en fuentes de luz brillantes un espectro de tercer orden aún más débil aunque con amplitud y resolución algo mayor.

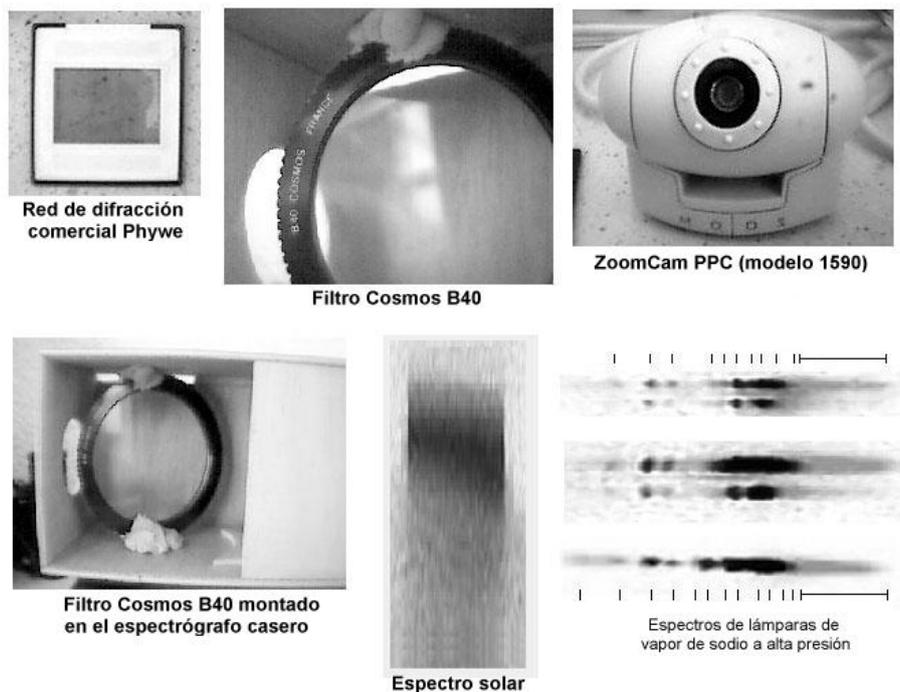
Redes de difracción.

Para los no iniciados, una red de difracción es una lámina de vidrio (o plástico en los modelos más asequibles) en la cual se han grabado con técnicas especiales (punta de diamante) gran número de líneas paralelas: cuando un haz de luz lo atraviesa una parte de ella no es afectada (orden 0), otra parte se dispersa sólo un poco (primer orden), otra parte se desvía bastante más (segundo orden), etc... de este modo aparece una imagen de la fuente luminosa original (orden 0), un espectro estrecho luminoso (orden 1), otro más ancho pero menos luminoso (orden 2), etc... Por lo general en los modelos sencillos el espectro de orden 3 se empieza a solapar con el de orden 2, de modo que pese a ser más amplio es ya menos válido en la zona

violeta, que es la que se solapa con la roja del espectro de orden inferior. También : en este caso basta mirar en él la luz reflejada por la fuente luminosa para que apreciemos un espectro bastante rudimentario, pero que todavía nos puede dar una ligera idea de las líneas o bandas que contiene; si el espectro obtenido no es demasiado nítido lo que podemos hacer es tapar la fuente luminosa con una cartulina oscura dejando escapar sólo una fina rendija de luz: ahora las líneas aparecen más nítidas. Con este sencillo y barato dispositivo (cualquier CD-ROM sirve: tanto uno virgen como uno ya escrito) podemos comprobar que con algo de maña y cuidado llegamos a resolver el doblete amarillo del vapor de mercurio en un tubo fluorescente: ambas líneas están separadas por sólo 2,1 nanómetros.

Una red de difracción es una lámina de vidrio o plástico en la cual se han grabado gran número de líneas paralelas. Es factible sustituir una red de difracción por un CD-ROM

Cualquier fuente de luz (por ejemplo una lámpara de bajo consumo) vista a través del filtro ofrece varias imágenes coloreadas que pueden ser adyacentes sin solución de continuidad (espectro continuo: por ejemplo, la llama de una vela) o imágenes separadas por espacios vacíos en los cuales no hay emisión de luz: corresponden a cada una de las líneas y bandas de emisión de la fuente de luz (el que se produzcan líneas o bandas depende de si los que se excitan para producir luz son átomos -líneas- o moléculas -bandas- o incluso si la presión del gas es alta, pues en este caso las líneas se enchanchan hasta parecer bandas). Si a través de la red observamos una lámpara incandescente sólo veremos un espectro continuo homogéneo (es decir, todos los colores del arco iris sin que falte ninguno ni exista discontinuidad entre ellos): es el espectro continuo de emisión típico de las fuentes a altas temperaturas (llama de una vela, el Sol, cualquier estrella o una bombilla incandescente común y corriente). Sin embargo un fluorescente típico -que contiene vapor de mercurio- presenta además del espectro continuo (que es debido al fósforo que lo recubre interiormente) cuatro finas líneas de emisión de no demasiada intensidad (violeta, verde y dos amarillas muy juntas), de modo que el conjunto nos proporciona una luz fría de color luz blanca.



El espectrógrafo.

Para construir un espectrógrafo es preciso saber de qué partes está formado y cómo funciona cada una de ellas; vamos a verlo detenidamente.

En primer lugar tenemos la rendija, que tiene como misión mostrar nítidamente las líneas: de lo contrario éstas son borrones de color; lo mismo ocurre si la rendija es más ancha de 1-2 mm; puede hacerse con el filo de dos cuchillas nuevas encaradas dejando entre ellas una separación igual o inferior a 1 mm: cuanto más juntas estén más limpio (pero más débil, dado que penetrará menos luz) será el espectro obtenido y por el contrario cuanto más ancha más borrosas serán las líneas y bandas obtenidas. También puede fabricarse tan grande como se desee recortándola del fino metal -aluminio- de una lata de refrescos cualquiera: en este caso podremos emplear redes de difracción tan amplias como encontremos en el mercado, y no nos vemos obligados a fabricar rendijas de sólo 4 cm de longitud -la dimensión típica de una cuchilla de afeitar-.

El elemento dispersor de la luz puede ser un prisma óptico o una red de difracción

El elemento dispersor de la luz puede ser un prisma óptico de buena calidad (que proporciona espectros de inferior calidad, salvo que utilicemos dos o tres de ellos unidos) o una red de difracción como el citado filtro fotográfico *Cosmos B40* o incluso una auténtica red comercial: en el mercado podemos adquirir una de 570 líneas/mm por unas 5000 pesetas en la empresa *Phywe España*, de Madrid (Teléfono +34 91 613.51.55, Fax: +34 91 613.50.62); a simple vista parece una simple diapositi-

va fotográfica prácticamente transparente aunque al mirar a través de ella cualquier fuente de luz -por ejemplo una lámpara de vapor de mercurio- nos ofrece un espectro rudimentario: aparecen así varias imágenes coloreadas adyacentes de la lámpara, cada una de las cuales corresponde a una línea simple, un doblete o incluso bandas de emisión; moviendo un poco el ojo podemos apreciar sin problemas el espectro de segundo orden.

Podemos construir un sencillo espectrógrafo con una caja de cartón o madera contrachapada de 30-40 mm de anchura, 30-40 de altura y 150-200 mm de longitud; en la parte delantera se instala la rendija y se fija con pegamento: podemos idear un sistema para ampliar/reducir la anchura de la rendija con un tornillo de paso fino y un resorte o bien dejar la rendija con una anchura fija, como yo siempre he hecho (1 mm de anchura o menos basta para obtener espectros con líneas nítidas). En el extremo opuesto a la rendija se instala la red de difracción y se fija al marco de madera o cartón; si empleamos el filtro fotográfico hemos de girar éste un cierto ángulo, tanto mayor cuanto mayor queramos que sea la dispersión conseguida: podemos montar el filtro sobre un soporte giratorio y calibrar su ángulo observando una fuente luminosa de espectro no continuo (no sirve una lámpara de incandescencia), por ejemplo una lámpara de bajo consumo (muy recomendable) o un fluorescente (menos recomendable, pero todavía válido): primero ponemos el filtro paralelo a nuestros ojos, luego miramos el espectro formado y vamos girando el filtro hasta que el espectro aparezca ancho y nítido en su máxima calidad: en ese momento fijamos el filtro con pegamento (el *blu-tack* es ideal por su limpieza) para que no se mueva de posición. Si usamos una red de difracción comercial esta técnica no es precisa: basta con instalar la red paralela a los ojos para que miran-

do a través suyo y ladeando un poco la vista apreciemos el espectro de primer orden sin problemas o incluso el de segundo orden algo más débil: el de tercer orden sólo se aprecia en cuerpos brillantes y parcialmente solapado con el de segundo orden (el espectro ofrece el color violeta próximo a la rendija y el rojo más lejano de la misma).

Ahora no tenemos más que apuntar con el espectrógrafo una lámpara de bajo consumo, acercar la *webcam*, ajustar el control de brillo y contraste y el enfoque de la misma (a veces es preciso acercar mucho la *webcam* al espectrógrafo: de lo contrario la luz se debilita) hasta que en el monitor aparezcan las líneas: en ese momento ya tenemos el aparato listo para trabajar en sus primeras experiencias. No es difícil empezar a obtener espectrogramas: 3-4 minutos bastan para obtenerlos, aunque éstos deben grabarse en disco para procesarlos después (acentuar la ganancia, el contraste, el brillo, invertir los colores, ampliarlos a base de *estirarlos*, etc...) y estudiarlos cómodamente. Muy útil es un *estiramiento* digital en sentido vertical, que nos convierte los *puntos gordos* en líneas, más fáciles de identificar, medir, comparar, etc... y que no altera en lo más mínimo el espectro original.

Obteniendo espectros.

Dada la pequeña abertura de la rendija (ya que no hemos empleado ningún sistema óptico para recolectar luz) sólo podremos observar espectrogramas de cuerpos brillantes tales como lámparas de incandescencia (espectro continuo), lámpara de bajo consumo (espectro de emisión con líneas y bandas), fluorescente (espectro de emisión de líneas, por ejemplo las del mercurio), el Sol (espectro continuo con líneas de absorción), el fósforo de monitores de TV (espectro casi continuo, salvo en la parte roja donde el fósforo empleado presenta líneas de no emisión),

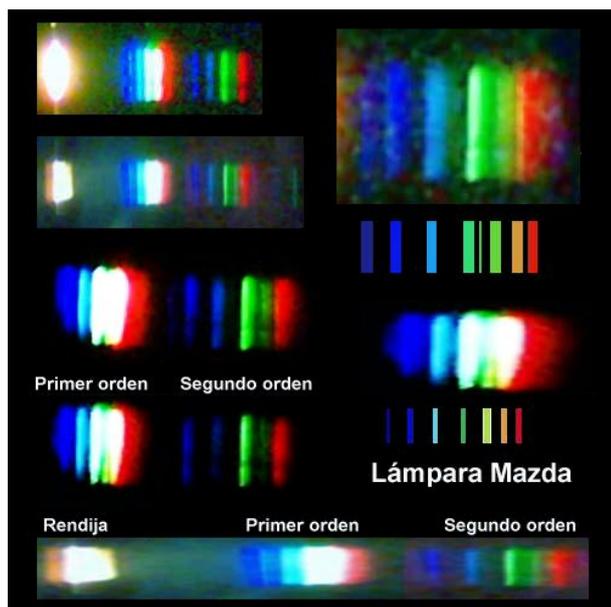


Figura 1: Espectros obtenidos de una lámpara.

la lámparita de argón que contiene la luz nocturna de los niños (o el pilotito de algunos pulsadores de la luz) y otros muchos con un poco de cuidado e imaginación. Aquellos que desde su casa puedan ver tubos de descarga de gases de los rótulos publicitarios comprobarán que éstos emiten líneas totalmente diferentes los unos a los otros: es debido a que unos utilizan helio, otros argón, otros vapor de mercurio o de sodio, etc... dependiendo del color que se desee emitir con el mismo.

Los rótulos publicitarios emiten líneas totalmente diferentes los unos a los otros

Con un espectrógrafo casero basado en una red de difracción comercial (570 líneas/mm) el autor obtiene sin problemas espectros de baja resolución en de lámparas, fluorescentes, luces del alumbrado público (mercurio y sodio mayoritariamente) e incluso el solar de absorción: en este último caso la finura de las líneas y el excesivo brillo del continuo coloreado dificulta obtener resultados tan impactantes y rápidos como con lámparas domésticas, pero con un poco de cuidado y ajustando la ganancia, el contraste y el color de la *webcam* se pueden apreciar las líneas más intensas (oscuras en este caso): las del hidrógeno (en el violeta y el rojo), la del sodio (en el color amarillo: este doblete es difícil, salvo que el poder dispersor sea grande), así como algunas en el color rojo extremo debidas al hidrógeno y vapor de agua atmosférico.

No es fácil acoplar el espectrógrafo al ocular del telescopio, por lo cual tampoco es fácil observar espectros de cuerpos celestes tales como la Luna (un espectro similar al solar, ya que es simple luz solar reflejada), el de Venus o el de alguna brillante estrella... no obstante, cuidando el montaje y ajustando la ganancia de la *webcam* al máximo sería factible obtener, en principio, los espectros de las brillantes estrellas Sirio, Vega o Arturo con algunas de sus principales líneas espectrales. De momento no los he obtenido, aunque estoy en ello.

El espectro más espectacular es, sin duda, el de una lámpara doméstica de bajo consumo: visualmente la luz que emite tiene un tono agradable, cálido, entre blanca y crema; con la ayuda del espectrógrafo comprobamos que este fenómeno se produce porque la dos líneas de emisión más brillantes son verde y roja las cuales (por síntesis de color) dan amarillo; si añadimos una banda anaranjada (formada por una media docena de finas líneas muy apretadas) y un trío de líneas algo más débiles (una azul cielo, otra azul más oscuro y una violeta) podemos imaginar el resultado: blanco casi melocotón... El espectro obtenido por la *webcam* es muy pobre si lo comparamos con el que visualmente soy capaz de registrar: en la mejor de mis imágenes digitales apenas si puedo contar 7-8 líneas en el espectro de segundo orden (a la izquierda del todo la rendija, en el centro el espectro de primer orden y a la derecha espectro de segundo orden con líneas y bandas) que es el más amplio y definido: una violeta, una añil, otra azul cielo, una verde muy intensa, una banda anaranjada débil (formada por varias líneas muy próximas mal resueltas) y una roja intensa; visualmente la verde se des-

dobra en dos, en la zona anaranjada aparecen hasta seis y en el color rojo no menos de cinco de diferentes brillos, anchuras y posiciones.

Si apunto con el espectrógrafo a un led verde claro (el del propio monitor me sirve) compruebo que es un espectro continuo similar al de una lámpara de incandescencia, en el cual no hay líneas ni bandas de emisión: sólo un arco iris que va desde el violeta profundo (a la izquierda) hasta el rojo profundo (a la derecha) pasando por el añil, azul, verde, amarillo y naranja.

Sin embargo una lámpara naranja de alumbrado nocturno es otra cosa: dado que la luz corresponde al vapor de sodio (a alta presión) el espectrograma obtenido no es continuo, sino de emisión con líneas; aparecen así diferentes imágenes de la lámpara cada una de las cuales dibuja una línea de emisión; para comprobarlo monto delante del objetivo de la cámara la red de difracción y ajusto el enfoque a infinito, apuntando acto seguido a una de las farolas que veo desde casa situadas a unos 25-30 metros de distancia: compruebo que en el monitor aparecen claramente imágenes de la lámpara de color violeta, añil, azul, verde profundo, verde claro, amarillo, naranja y rojo además de un continuo algo más débil en la zona anaranjada y rojiza que no logro resolver; éstas son las 8-10 principales líneas de emisión de la lámpara de vapor de sodio, aunque visualmente son bastante más. Curiosamente en la zona de emisión del vapor de sodio (amarillo) aparece una línea de absorción muy marcada, quizá debido a una auto-absorción...

“Cuando necesito obtener espectrogramas de resolución media tengo que utilizar ya el espectro de segundo orden”

Si ahora apunto a otra farola de luz blanco-verdosa, que corresponde el vapor de mercurio, compruebo que sólo aparecen tres imágenes nítidas de la bombilla: una verdosa-azulada, otra verde y otra roja (en realidad visualmente tanto la verde como la roja son dos imágenes muy próximas, lo cual indica que se trata de un doblete: dos líneas bastante cercanas casi fundidas) cuya luz conjunta sería blanca con ligeros tintes azulado-verdosos debido al desigual brillo de las líneas que lo componen; no aparecen bandas (supongo que debidas a la baja presión del gas) ni líneas en otros colores o, al menos con este sistema tan rudimentario, yo no las aprecio. Al apuntar a una lámpara más próxima (unos 25 m) veo e incluso resuelvo un fino doblete en el amarillo (cuyas líneas están separadas por 2,1 nm), a la vez que el número de líneas en el rojo aumenta (sin embargo el mercurio no emite en el rojo: probablemente se deban a algún tipo de fósforo empleado para enriquecer la zona roja de su espectro).

Espectrogramas con resolución.

Cuando necesito obtener espectrogramas de resolución media tengo que utilizar ya el espectro de segundo orden: esto me proporciona imágenes con mayor resolución,

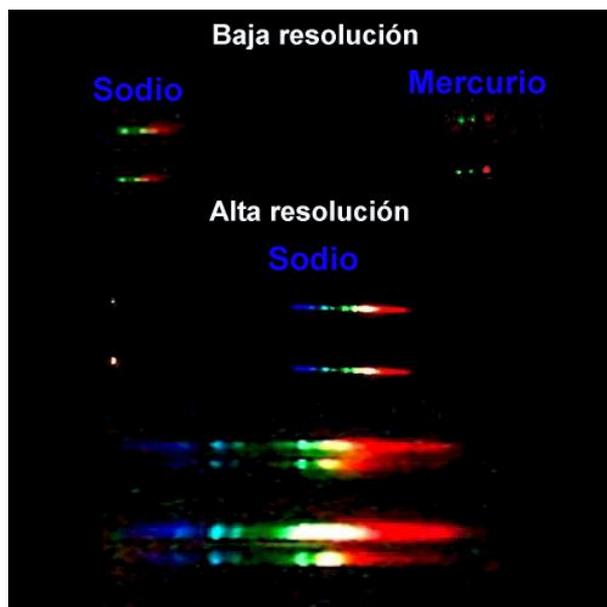


Figura 2: Comparativa de espectros tomados con la *webcam* a diferentes resoluciones.

un espectro más amplio pero, lamentablemente, bastante más débil; esta técnica sólo es aplicable en las lámparas que brillan bastante por estar próximas y no se puede utilizar en todas las lámparas de alumbrado nocturno visibles desde mi casa. Con esta montaje he podido comprobar que algunas líneas simples son en realidad dobletes, así como llegar a intuir algunas débiles líneas más que por su debilidad sólo son presuntas candidatas. Utilizando el espectro de segundo orden la luz solar -o incluso la del cielo, en zonas cercanas al sol- es capaz de ofrecerme 10-20 líneas oscuras sobre un continuo coloreado, a la vez que la línea del sodio queda resuelta si la anchura de la rendija no es elevada: en este caso puedo ver dos finísimas líneas muy juntas (en realidad una dista de la otra sólo 0,597 nm).

Para obtener espectrograma de alta resolución y buena calidad -siempre dentro de mis posibilidades- utilizo un sistema óptico que me amplifique la imagen del objeto luminoso a la vez que me captura más luz: en mi caso utilizo unos gemelos de 8 aumentos (cuyo objetivo mide 21 mm de diámetro: el tamaño justo para ser cubierto completamente por la red) instalado sólidamente sobre el tubo óptico del telescopio; éste me sirve de mero soporte sólido y no interviene para nada en el espectro; una vez fijados los gemelos sobre el tubo con blu-tack (especie de masilla sintética azul empleada para colgar de la pared carteles pequeños) instalo delante de uno de los objetivos la red de difracción y la aseguro también al tubo del telescopio con blu-tack; moviendo el telescopio apunto a la lámpara de sodio y enfoco ahora la misma con el mando de enfoque de los gemelos hasta verla nítida. Al mover el conjunto óptico lentamente hacia el cenit (empleando la montura del telescopio) puedo estudiar el brillante espectro de primer orden sin problemas, con una buena resolución y limpieza; asegurando ahora la *webcam* al oc-

ular de los gemelos (pegándolo con *blu-tack* al telescopio) capturo las líneas con toda facilidad.

Mis últimas experiencias están encaminadas a unir la *webcam* a los prismáticos primero y al telescopio después para apuntar a los astros más brillantes del firmamento (Luna, Venus, Arturo): lo mismo con un poco de suerte puedo mostrar en un artículo futuro las principales líneas de absorción de algunas estrellas o planetas o incluso del cometa *LINEAR*... Espero que así sea y pronto pueda elaborar un nuevo artículo con espectaculares imágenes a todo color.

Por último, ¿cuál es el poder resolutivo del sistema?; en teoría este no debe ser muy elevado dado que no usamos una red demasiado profesional, el sistema óptico no es de primera calidad ni los ajustes en los elementos son finos. Podemos determinarlo de modo aproximado si observamos el espectro de una lámpara de vapor de mercurio: en ella aparecen 6 líneas muy definidas, de las cuales cuatro son dobletes; en efecto, en la zona violeta aparece un doblete (404,7 y 407,8 nm) separados por 3,1 nanómetros mientras que en la zona amarilla aparece otro doblete (577,0 y 579,1 nm) separados por sólo 2,1 nanómetros. Pues bien, incluso a simple vista (empleando el espectro de primer orden) aprecio claramente ambos dobletes; con la *webcam* es fácil resolverle empleando unos gemelos de 8 aumentos delante de los cuales instalo la red de difracción: puedo alcanzar así una resolución de 0,22 nm/pixel en aquellas lámparas más cercanas. La *prueba de fuego* sería poder desdoblarse el doblete del sodio (589,592 nm y 589,695 nm) cuyas líneas están separadas por sólo 0,103 nm; para ello necesito un montaje especial que me hago del siguiente modo: en un folio de papel fuerte pego una lámina de papel de aluminio y en ella recorto, con infinito cuidado, una rendija de 30 mm de longitud con una anchura de 1 mm. Ahora no tengo más que examinar la luz solar con la red disminuyendo la luz recibida al examinarla a través de la rendija: empleando el espectro de primer orden veo casi una docena de finas líneas y aprecio una *línea gorda* en la zona del doblete del sodio, mientras que ésta queda perfectamente resuelta (¡dos finas líneas muy pegaditas!) con el de segundo orden; el espectro solar me muestra una buena cantidad de finas líneas en la zona verde (debido al magnesio) así como el azul, sin olvidar una línea en la zona roja debida al hidrógeno. Ω

Francisco A. Violat
pacoviolat@retemail.es
Asesores Astronómicos Cacerseños
Apartado 409
10080 Cáceres (ESPAÑA)

Un test a los telescopios Helios 200

José Antonio Soldevilla | Catalana de Telescopios

Aprovechando que los planetas empezaban a ser visibles tras un prolongado período de sequía pudimos probar el T200 f/5. Para *calentar* motores, y mientras Júpiter y Saturno se escapan de las copas de los árboles, enfocamos los objetos de cielo profundo que la Luna creciente dejaba entrever.

Por allí arriba estaban M13, M27, M57 y alguno más. Por supuesto, a pocos aumentos no es posible afirmar nada acerca de la calidad óptica, pero lo cierto es que apantallando para librarnos de la molesta Luna M13 aparece completamente resuelto, y que las estrellas aparecen definidas y nítidas.

Una somera prueba sobre la doble-doble de Lira muestra que el aparato no tiene ningún problema para mostrar un pasillo negro entre las estrellas separadas un poco más de 2". Eso permite deducir que la resolución fácilmente estará sobre la teórica 0,8". Un examen detallado de una estrella de magnitud media a altos aumentos (ocular de 8mm. más barlow; 250x) muestra una imagen limpia, sin brillos extraños, rodeada por 3 o 4 anillos concéntricos de difracción, con una imagen intra y extrafoco prácticamente igual. Muestra, puestos a ser minuciosos, una cierta tendencia a la triangulación en los discos de Airy, lo que indica que el primario está ligeramente tensionado por las pestañas que lo aguantan. Lo más evidente, sin embargo, es que la montura necesita motores para habérselas con un telescopio de este diámetro. Quizás la montura aguante, pues es prácticamente igual que la SuperPolaris de Vixen (hay detalles que me parecen mejores que la de Vixen), pero está pidiendo a gritos la motorización para no tener que tocar los mandos continuamente. No entiendo porqué todos los fabricantes dedican sus esfuerzos a los tubos ópticos y dejan de lado las partes mecánicas. Quizás si este telescopio fuese un telescopio de cielo profundo como su relación focal parece anunciar, el conjunto resultaría excelente. Pero un telescopio de 20 cm. que es capaz de rendir por encima de la media y que soporta 250x cómodamente (y podría haber subido algo) pide a gritos una montura de la misma calidad que su óptica. Supongo que debe ser el resultado de un estudio de mercado, que como en cualquier análisis de este tipo, tiende a despreciar los picos. Una pena... De cualquier forma, montado fijo y con sus motores, mejor en una columna, este aparato debe rendir muy bien.

Por fin, Júpiter se dejó ver y ahí ya pude echar mano de mi experiencia. Me faltaba un filtro que atenuara su brillo, pero nos podemos hacer una idea del telescopio que estamos usando viendo que muestra claramente los discos de los cuatro satélites galileanos (sin detalles, por supuesto). A esos aumentos, Júpiter muestra unas zonas

tropicales plagadas de detalles, pero el deslumbramiento molesta tanto que damos un saltito a Saturno. Este no deslumbra! Saturno se ve increíble. La óptica debe tener un pulido muy profundo, pues uno de los problemas de la observación de este planeta es la falta de contraste de los detalles, y aquí se ven muchos... Es una de las mejores imágenes de Saturno que he visto.

He dejado la impresión mecánica para el final. Llama poderosamente la atención el buscador de 50mm. igual al que utiliza Meade, pero con sólo dos tornillos de colimación a 90° y un pistón con un muelle sustituyendo al tercero. La mejora en la facilidad de centrado es impresionante!

El portaocular también merece un comentario: es de cremallera y de un diámetro capaz para 2". parece claro que el diseñador pensó que iba a ser un instrumento fotográfico y lo dotó de un portaocular más que generoso en diámetro para que no produjese viñeteado. De hecho, el portaocular acaba en una rosca de M42x0,75, donde se acoplan los anillos T. Como pega, podría ser más lento, pues a altos aumentos a veces te pasas y debes volver atrás, pero eso es común a todas las cremalleras.

Resumiendo. Me parece un buen telescopio. Motorizado y (¡ay!) con una montura más sólida, quizás la EQ-4, que le permita soportar un guía, y demás accesorios con seguridad, es un aparato como para no acabárselo.

PD: Releyendo estas impresiones, podría parecer que el conjunto no es aceptable. A ver, es tan sólido como un T200 en cualquier monturita comercial, sea SuperPolaris, GreatPolaris o Carton. Y todos conocemos alguien que tiene un 200 (¡y con el tubo de PVC!) sobre una montura de estas. Y que está contento con el conjunto. Simplemente, quizás yo sea más exigente con la solidez porque es lo que he conocido en los telescopios que he ido manejando. No me parece mala actitud de partida. por pedir... Ω

José Antonio Soldevilla
Editor asociado, Astronomía Digital
info@catalanadetelescopios.com
<http://www.catalanadetelescopios.com/>
Cataluña, España

El cielo a simple vista o con binoculares

Silvia Diez Smith | Cielo Sur

Para quien gusta de la observación del cielo, no hay obstáculo si de instrumental hablamos. El primer instrumento del que hemos sido dotados, son nuestros ojos. Con ellos podemos aprender a observar multitud de objetos, pero para aprovechar al máximo esta posibilidad, debemos tener en cuenta algunos detalles.

Nos vamos a referir a aquellos objetos que podemos visualizar tanto a simple vista como con binoculares. Conviengamos como primera medida, que nuestros ojos tienen una capacidad de captar objetos luminosos limitada.

Primer instrumento de observación: Los ojos, su estructura

Para sacar el mayor provecho de nuestras observaciones, creo conveniente entrar en algunos detalles.

El conocimiento de este instrumento que la naturaleza nos ha provisto, nuestros ojos, les aseguro que es tan necesario, como conocer los binoculares o un telescopio, es increíble, que desconozcamos la estructura de los mismos, cuya perfección, aún no ha podido el hombre igualar con ninguno de los adelantos tecnológicos que ha creado.

El funcionamiento del ojo, para comprenderlo mejor, podemos compararlo con el de una cámara fotográfica, ya que la misma, simula a éste órgano y los elementos que lo componen.

Si miramos en un espejo nuestros ojos, veremos que los mismos tienen una abertura oscura y redonda, que es la pupila, ella es la que juega el papel de diafragma.

Cuando la cantidad de luz que penetra en los ojos es muy intensa, se disminuye el diámetro de la pupila. Pero cuando nos encontramos en la oscuridad, la pupila se dilata para poder recibir así la mayor cantidad de luz posible.

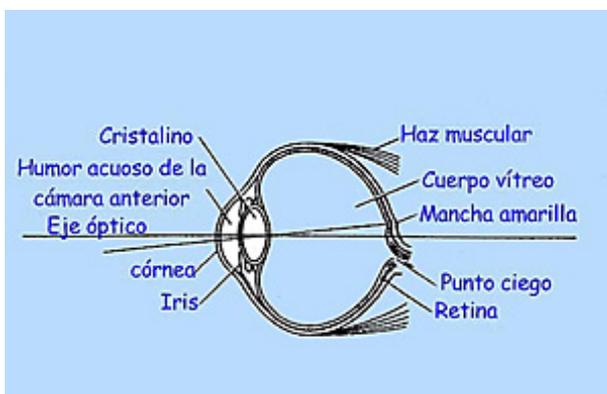


Figura 1: Estructura del ojo. Cortesía Silvia Smith.



Figura 2: Luego de una puesta de Sol, luz atenuada, donde los tonos comienzan a perder su coloración. Cortesía Silvia Smith.

Se considera que cuando recibimos la luz diurna normal, el diámetro de la pupila es de aproximadamente 5 mm, en cambio, durante la noche, este diámetro aumenta para poder percibir mejor los objetos en la oscuridad, pudiendo llegar hasta 6 o 7 mm, según el ojo de cada uno.

En la composición del ojo, tenemos en el centro lo que se llama el punto ciego, este punto, es completamente insensible a la luz, pero toda la parte que lo rodea de la retina, tiene unas células nerviosas sumamente sensibles a la luz. Estas células son de dos tipos: conos y bastoncitos.

¿Por qué vemos mejor con la vista lateral los objetos más débiles del cielo nocturno?

Con los conos podemos diferenciar los colores, pero los bastoncitos, son más sensibles a la luz.

Cuando por ejemplo cae la tarde, y la luz es más tenue, fíjense que los objetos parecen perder la coloración, ya que la iluminación, al ser débil, no influye sobre los conos, y aquí comienzan su gran actuación los bastoncitos, ya que como dije antes, estos, son los más sensibles a la luz.

Ahora, ¿por qué vemos mejor con la vista lateral los objetos más débiles del cielo nocturno? Es porque en la parte frontal de la pupila, prevalecen los conos, que son menos sensibles a la luz, y alrededor, prevalecen los bastoncitos, capaces de captar mayor cantidad de luz. Es por eso, que cuando queremos capturar un objeto muy débil, se dice la famosa frase: “observen con el rabillo del ojo”, esta, es a grueso modo la explicación, o sea, para capturar con nuestros ojos un objeto o estrella muy débil en el cielo, no debemos mirar directamente, sino, utilizar el

rabillo del ojo, donde tenemos distribuidos más ricamente los bastoncitos, que son quienes capturan mayor cantidad de luz.

Preparar los ojos para observar

Si estamos dentro de una habitación iluminada antes de salir a observar, tengase en cuenta, que el ojo tarda en acomodarse a la oscuridad entre 20 y 30 minutos, para así poder captar la mayor cantidad de luz posible de los objetos estelares. Quién no ha apagado la luz en la noche al acostarse, y la oscuridad es total, diríamos un verdadero manto negro, vemos a medida que pasan los minutos, si mantenemos los ojos abiertos, primero *bul-tos*, pequeñas diferencias entre luces y sombras, al irse acomodando el ojo a la oscuridad, los objetos que nos rodean se vuelven más y más claros, hasta suele suceder, que nos levantamos molestos porque por alguna rendija de la ventana se cuele la luz exterior.

El ojo humano normal, puede captar 6.000 estrellas con muy buen cielo

Esto sucede por lo dicho anteriormente, la pupila se dilata, y captamos mayor cantidad de luz.

Para obtener el mejor rendimiento de nuestra vista, lo primero, es tratar de permanecer en el lugar de observación, unos 30 minutos antes, evitando cualquier clase de luz que pueda hacer que nuestra pupila se achique. Antes de comenzar, debemos tener a mano todos los elementos que vayamos a utilizar, para no ingresar al interior de la casa y encender luces, o al automóvil, o una linterna de luz blanca, todos estos elementos, harán inútil el ejercicio anterior, por la sencilla razón, que al recibir luz, la pupila que ya había logrado su máxima dilatación, se volverá a reducir, y nuevamente tendremos que volver a permanecer a oscuras unos 30 minutos para lograr el máximo rendimiento de nuestros ojos. Si necesitamos encender una luz para observar un mapa, o hacer una anotación, encendamos una pequeña linterna roja, esta puede consistir desde una pequeña linterna que ya viene preparada para estos efectos, o un simple *ojo de gato* de los utilizados para transitar en bicicleta, o una linterna común a la que se le coloque un papel tipo celofán rojo y cubrir con el, la entrada de luz.

¿Cuántas estrellas podemos ver?

Según los cálculos, en todo el firmamento, el ojo humano normal, puede captar 6.000 estrellas con muy buen cielo, que no pasen de magnitud 6, pues ese es el límite considerado aceptable hasta el que puede llegar el ojo común, aunque existen casos de excepción a los que con cielos extraordinarios, personas muy bien dotadas, pueden distinguir estrellas débiles de magnitud 8.

En el Hemisferio Sur, solo tenemos a la vista 4.500 estrellas de magnitud 6.



Figura 3: Binoculares de 9x63 sobre trípode. Cortesía Silvia Smith.

Con binoculares, aún los más modestos, estas posibilidades, se multiplican extraordinariamente.

Nuestros cielos sureños

Sobre los binoculares, ya he comentado en la nota anterior (*Astronomía Digital* 9, pág. 33), que por más modestos que estos sean, nos darán muchas satisfacciones. Si no los poseemos y pensamos adquirir unos, la medida satisfactoria sería unos 7x50 (7, la cantidad de aumentos, y 50, los milímetros del diámetro). Con ellos estaremos más que felices. Recuerden siempre, que mayores aumentos, no significa ver mejor. Los binoculares siempre deben guardar una buena relación entre la cantidad de aumentos que posee y el campo que abarca, no es aconsejable mucho aumento y poco campo, por la sencilla razón de que al tener poco campo, no tendremos imágenes brillantes, y lo peor, es que las imágenes se hacen inestables, ya que la cantidad de los aumentos no se corresponden con un campo reducido.

Los binoculares siempre deben guardar una buena relación entre la cantidad de aumentos que posee y el campo que abarca

Si poseen binoculares algo mayores, o les es difícil mantenerlos para tener una imagen estable, es necesario soportarlos sobre un trípode, si no lo tenemos, siempre hay algún método casero a mano para salvar el inconveniente, un palo en T afirmado en tierra, nos será útil (yo, lo he hecho cuando no tenía a mano un trípode, con un simple secador de piso).

Un buen libro que contenga cartas celestes, como por ejemplo la *Guía de Campo para las Estrellas y los Planetas* de Menzel, que sirve tanto para el hemisferio norte como para el sur, es un excelente apoyo para ubicar los objetos, así como obtener la descripción de los más interesantes.

Es sumamente útil, y no caro, un planisferio

Pero también, es sumamente útil, y no caro, un planisferio como el que muestra la imagen superior, que rota y podemos ubicar, día, mes y hora que deseemos, así, nos mostrará la porción aproximada del cielo que tendremos a la vista esa noche para poder observar. Este tipo de planisferios, vienen para el hemisferio norte y para el hemisferio sur, cuidado con eso al adquirirlo, deben solicitar uno que se corresponda con su ubicación.

Para poder comprender estos pequeños planisferios, aquellos que nunca los han utilizado, les recomiendo un simple ejercicio: sitúense en posición horizontal, tomen el planisferio y coloquenlo a la altura de sus cabezas, eso, les permitirá comprender mejor, pues estamos acostumbrados a ver las cartas *planas* y nos olvidamos que el cielo, no es un plano, es una bóveda que nos recubre. Esta simple acción, les permitirá imaginar cómo se ve el cielo realmente sobre sus cabezas.

Para los que observen con binoculares, recuerden, una vez concluida la observación, no les coloquen las tapas, pues la humedad o tanto el frío como el calor, provocarán condensación sobre la superficie óptica, esto, provocará hongos, que con el tiempo, pueden llegar a no ser

posible limpiarlos cuando los lleven a su casa de confianza para este menester, ya que al pasar mucho tiempo, el hongo se *come* el vidrio, lo marca. Es preferible dejarlos destapados hasta que se ambienten al lugar donde van a guardarse. Un poco de polvillo sobre su superficie, les aseguro no les dañará, con una simple pelotilla de goma de esas que se adquieren en las farmacias, podrán echar aire sobre ella y subsanar el problema. Ω

Silvia Díez Smith
Editora asociada, Astronomía Digital
astro@cielosur.com
<http://www.cielosur.com>
Argentina

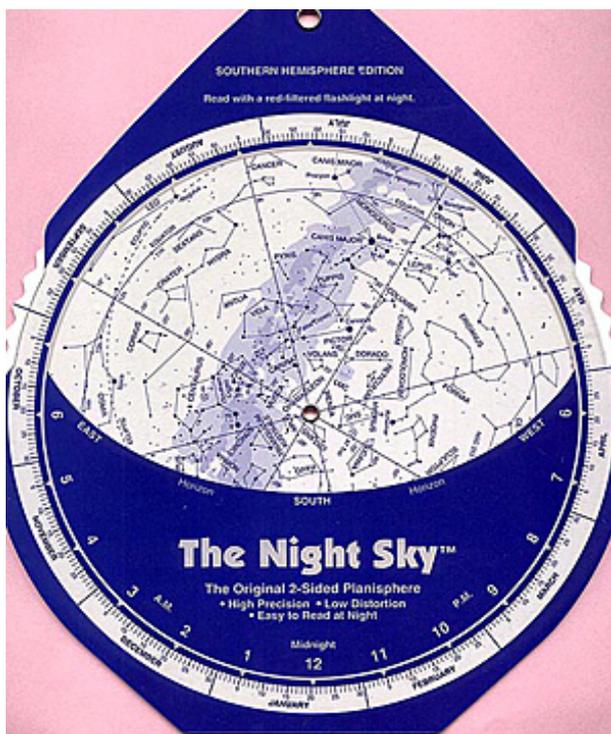


Figura 4: Este es un planisferio para el hemisferio sur, tiene dos caras, una, nos muestra el cielo como si estuviéramos parados observando hacia el norte (en este momento la posterior), la otra, que es la que presento en esta imagen, nos muestra, qué podemos observar si estamos parados observando hacia el sur, el día 20 de febrero a las 10 PM tiempo local (1:00 TU) en Buenos Aires. Cortesía Silvia Smith.



Ventanas al cielo

Gabriel Rodríguez Alberich | Una visita a la Red

Este mes daremos un paseo por las distintas (y escasas) publicaciones electrónicas en español relacionadas con la astronomía que, como Astronomía Digital, se pueden encontrar por la Red.

Stellarium

Una de las sorpresas que me he llevado este año ha sido el descubrimiento, por referencias de un amigo, del programa Stellarium. No es habitual ver software libre con tanta calidad visual.

Stellarium es un planetario fotorrealista que pretende mostrar el cielo tal y como se vería a simple vista en desde

un lugar real. Funciona en Linux, Windows y MacOS X, y para poder disfrutar bien de él se hace imprescindible una tarjeta gráfica aceleradora de OpenGL, pues la bóveda celeste es literalmente una bóveda y se hace uso intensivo del 3D.

Stellarium no se priva a la hora de conseguir realismo: se muestra un paisaje con niebla en el horizonte, las estrellas titilan, cada una en su color natural, se aprecia la Vía Láctea, e incluso puede observarse un amanecer o un atardecer.

Al arrancarlo, no sólo llama la atención su calidad gráfica, sino su sencillez de manejo. Bastan los cursores para moverse por todo el cielo. Viene dotado de un menú desde

el que se pueden realizar todas las funciones del programa: activar las cuadrículas ecuatoriales o azimutales, las constelaciones, los nombres, etc. Stellarium muestra 120.000 estrellas del catálogo Hipparcos, 40 objetos Messier, los planetas, el Sol y la Luna. Una característica notable es que se puede hacer zoom de los planetas y los objetos del espacio profundo para simular lo que se vería con un pequeño telescopio o unos prismáticos. En el caso de los planetas interiores y la Luna, puede apreciarse también la fase.

Entre la lista de características que el programador, Fabien Chereau, pretende implementar en el futuro, caben destacar dos que llaman mucho la atención. La recreación de lluvias de meteoros y la representación de paisajes reales obtenidos a partir de mapas de alturas mundiales de acceso libre en Internet.

Este programa está pensado más para ofrecer espectáculo que como instrumento científico. Aunque no sirva para realizar predicciones fiables, su atractivo visual lo hace muy adecuado para aprender a orientarse en el cielo y acercar la astronomía de observación a la gente, especialmente a los niños.

Direcciones de interés:

- Stellarium
<http://stellarium.free.fr/>

Del Caos al Cosmos

Bajo este nombre (antes Pléyades), la Asociación de Astrónomos Aficionados de la Universidad Complutense de Madrid (ASA AF) publica su boletín (¿anual?). El boletín se reparte en papel en la puerta de la facultad de física, pero en afán de que sus contenidos lleguen a mayor audiencia, la ASA AF se vale de Internet para difundir una versión digital en formato PDF, cosa que a los internautas nos viene de perlas.

En este boletín se anuncian las actividades a realizar por la asociación para ese año, además de los resultados obtenidos por los grupos de trabajo en estudios anteriores.

Pero los contenidos de "Del Caos al Cosmos" no se quedan en lo meramente interno al grupo, sino que constituyen toda una revista de astronomía con artículos de divulgación, relatos de ciencia-ficción, anuncios de charlas y conferencias en Madrid, artículos de astronomía práctica y entrevistas a físicos investigadores y docentes.

Entre los temas tratados en el último número se pueden destacar los agujeros negros, la observación de manchas solares, la polémica del cambio de milenio y una interesante entrevista a Eduardo Salvador Solé, catedrático de astrofísica de la Universidad de Barcelona.

El texto de la revista está ataviado con imágenes a color que hacen más agradable su lectura.

Direcciones de interés:

- Asociación de Astrónomos Aficionados de la Universidad Complutense de Madrid
<http://www.asaaf.org>

Revista IAA

Desde hace un tiempo (junio de 2000), el Instituto de Astrofísica de Andalucía nos viene regalando a los internautas cada cuatro meses una joya de magazine: la revista IAA (Información y Actualidad Astronómica).

Esta revista, de la que hasta la fecha han aparecido tres números, está disponible en formato PDF y también en HTML (en realidad son imágenes capturadas del PDF).

Como es de suponer, la temática principal de esta publicación es la astrofísica y algo de cosmología. Pero que nadie se alarme. Los contenidos de la IAA están escritos en clave de divulgación y carecen de tecnicismos y de (tan temidas) fórmulas matemáticas, por lo que está dirigida al público en general. Los amantes de estas ciencias tienen en esta revista una lectura obligada.

En celebración de su 25 aniversario, y dentro de su política de divulgación de la astronomía, el IAA organizó el pasado noviembre unas Jornadas de Puertas Abiertas, en las que el instituto abrió sus puertas al público durante dos días. El último número de la revista (febrero de 2001), que lleva en su portada el lema "25 años del IAA", cuenta en un artículo los detalles de este acontecimiento.

Entre el resto de contenidos de este número se incluyen artículos sobre nebulosas planetarias, chorros relativistas galácticos y radiación de fondo. Además cabe destacar una entrevista con Catherine Cesarsky, la directora general del Observatorio Europeo Austral (ESO).

El diseño de la revista es de apreciar, pues está bastante cuidado e incluye numerosas imágenes de gran belleza y vistosidad. Ω

Direcciones de interés:

- Revista del IAA
<http://www.iaa.es/revista.html>

Gabriel Rodríguez Alberich
Editor asociado, Astronomía Digital
chewie@astro-digital.com
<http://chewie.blogalia.com/>

·info.astro·

ASTRONOMÍA DIGITAL