Libro de actas del

XXI Congreso Estatal de Astronomía

1 al 4 de mayo de 2014

XXI Congreso Estatal de Astronomía

RAdA

www.xxicea.com

© Los autores.
© Red Andaluza de Astronomía, RAdA, 2014.

"LIBRO DE ACTAS DEL XXI CONGRESO ESTATAL DE ASTRONOMÍA"

Primera Edición: mayo 2014.

ISBN: 978-84-15814-89-4
Depósito legal: GR-856/2014

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Actas del

XXI Congreso Estatal de Astronomía

José A. Garzón Guerrero
Ángel Rafael López Sánchez
(Editores)

Granada, 2014

Índice

Nota de los editores

Parte I Conferencias plenarias

El Universo tras la misión espacial Planck 5
Eduardo Battaner

Historia del cometa ISON: de la nube de Oort hasta su vaporización 11
F. Moreno, F. Pozuelos, J.L. Ortiz, R. Duffard, N. Morales, P. Santos-Sanz, A. Molina P. Yanamandra-Fisher y asociación amateur Cometas-Obs

La misión Gaia 19
Francesca Figueras, Carme Jordi, Xavier Luri, Jordi Torra y equipo Gaia-UB

Astronomía: motor de la humanidad 27
Emilio J. Alfaro

Parte II Investigación Pro-Am: Campos Estelares y Sistema Solar

Ponencias

El listado DOOD de Cielo Profundo 41
Joan Manuel Bullón i Lahuerta

La Nova Del 2013. Seguimiento, resultados y caracterización de filtros fotométricos 49
José Luis Salto González

Descubrimiento y caracterización de estrellas variables 55
Ramon Naves Nogués

El efecto Blazhko en estrellas RR Lyrae 61
José Bosch Bailach, Alejandro Vera, Ángel Flores y Eduardo Calvo

Tres años de observación de variables RR Lyrae 69
Mercè Correa, David Marí, Ramón Moliner y Josep M. Vilalta

Proyecto OAG-CPMWPS 77
Javier Alonso

Veintisiete años de observaciones del subfuor V 1118 Ori 85
José García García

Fotometría visual de estrellas variables 91
Javier Alonso

Nuevo Catálogo Comellas de Estrellas Dobles Visuales 99
Rafael Benavides Palencia, Francisco Manuel Rica Romero, Edgardo Rubén Masa Martín y Juan-Luis González Carballo

Talleres

Astronomía Amateur 5.0 107
Alejandro Sánchez de Miguel

Parte III Instrumentación y software. Observatorios Robóticos y Virtuales

---

Ponencias

Observar estructuras de la Vía Láctea con un presupuesto de 20 euros 115
Alejandro Mendiolagoitia

Observatorio "Giordano Bruno" 121
Antonio Román Reche, Sergio Alonso Burgos y Gustavo Román Reche

CAOBA 129
Miguel Ángel Mallén Valiela

Talleres

Observación robótica con CCDCommander y otras herramientas comerciales de software 137
José Luis Salto González y Ramon Naves Nogués

Desarrollo y Montaje de Dispositivos Astronómicos Usando Hardware y Software Libre 143
Sergio Alonso Burgos, José Miguel López Pérez y Antonio Román Reche

Pósteres

Geometría del viñeteo 149
Alberto Castellón

MaRTA: Maciarol Robotic Telescopes Array 153
José Luis Salto González

Principia, un observatorio astronómico en el corazón de Málaga 157
Sebastián Cardenete García

Elaboración de un programa de visualización y procesado de imágenes astronómicas 159
Francisco Reyes Andrés

Parte IV Contaminación Lumínica. Turismo Astronómico

Ponencias

Astronomía en Navarra 169
Ana H. Zambrano, Fernando Jáuregui, Luis Martorell, Pedro Martorell, Roberto Pidal, Javier Prat y Juan José Salamero

Medida de las fuentes de Contaminación Lumínica desde Satélite 177
Alejandro Sánchez de Miguel, Francisco Ocaña, José Gómez Castaño y Jaime Zamorano

Astroturismo en La Palma: conviviendo con el Universo 183
Juan Antonio González Hernández

Auditorías energéticas y lumínicas del alumbrado exterior y protección del medio nocturno 191
Susana Malón Giménez

Días de Luna 199
María Álvarez Rodríguez

Talleres

SMAROC 205
Juan Fernando Fernández Sánchez, Arturo Barranco Ríos y Juan José Narváez Rueda

Pósteres

Astroturismo en La Palma: conviviendo con el Universo 211
Juan Antonio González Hernández

Parte V Divulgación y Asociacionismo

Ponencias

Objetivos y ventajas de una Federación Astronómica 217
Blanca Troughton Luque

Astronomía Divertida 225
Lydia Freire Ramiro

Talleres

Taller de evolución estelar 229
Pedro Ariza Sánchez

El Cuadrante. La orientación celeste. 235
Mª Ángela del Castillo Alarcos

Pósteres

Acontecimientos astronómicos del 1 al 4 de Mayo 241
Mª Ángela del Castillo Alarcos

Jardín de Astronomía en la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia 243
Ángel Flores, Vicente Pelegero y Ginés Benet

Agrupaciones, Asociaciones, Sociedades de Astronomía y Centros Astronómicos 247
José Espinosa Bandera

Parte VI Aplicaciones Didácticas e Historia

Ponencias

Cartografía Estelar 257
Miguel Ángel Viciana Clemente

La recuperación de información en Astronomía: una propuesta para mejorar la descripción documental de catálogos y atlas de estrellas históricos265
Mª Pilar Alonso Lifante y Celia Chaín Navarro

Alineaciones astronómicas de Altares Rupestres y petroglifos en Alpuente . 273
Ángel Flores

Pósteres

Superbólidos históricos 281
Alejandro Sánchez de Miguel, Francisco Ocaña, C. Tapia, A. Santamaria, A. de Burgos, S. Zamo y C. Lore

Un Sistema Solar en Granada 285
Jesús Carmona Morales

Índice de Autores 289

Nota de los editores

En este libro de actas se presentan algunas de las ponencias, talleres y pósteres que han sido presentados al XXI Congreso Estatal de Astronomía (XXI CEA) celebrado en Granada, del 1 al 4 de mayo de 2014. La estructura de este libro de actas en formato electrónico mantiene la seguida en las sesiones del congreso, diviendo los trabajos en seis bloques temáticos: conferencias plenarias, Investigación Pro-Am (Campos Estelares y Sistema Solar), Instrumentación y software (Observatorios Robóticos y Virtuales), Contaminación Lumínica y Turismo Astronómico, Divulgación y Asociacionismo y Aplicaciones Didácticas e Historia. Para facilitar las labores de búsqueda y lectura de los artículos se ha procurado establecer un sistema de hiperenlaces que conecta todas las referencias dentro de los trabajos, accesibles con tan sólo pinchar en ellos.

Gracias a todos los autores que han colaborado en la realización de este libro y a todos los integrantes de los diferentes comités del XXI CEA por su enorme labor desinteresada que ha hecho posible la realización de este congreso.

Abril 2014

José A. Garzón Guerrero
Editor, RAdA
Comité Local de Organización XXI CEA

Parte I

Conferencias plenarias

El Universo tras la misión espacial Planck

Eduardo Battaner

Universidad de Granada, Dpto. Física Teórica y del Cosmos.
Universidad de Granada, Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional
battaner@ugr.es

Resumen. Se han actualizado los valores de los parámetros que definen nuestro Universo tras la misión Planck de la Agencia Espacial Europea. Entre ellos, los tantos por ciento de materia oscura, energía oscura y materia bariónica, así como sobre la curvatura. El valor nuevo de la constante de Hubble es bastante más bajo de lo que se creía. La misión Planck también ha obtenido interesantes conclusiones sobre etapas más recientes del Universo, especialmente en lo que respecta a los cúmulos de galaxias denominados de Sunyaev-Zeldovich y el efecto de lente gravitacional en el Fondo Cósmico de Microondas (CMB).

Palabras clave: Planck. Fondo Cósmico de Microondas.

1. Introducción

Este año de 2014 se ha producido un acontecimiento singular para la cosmología observacional. La misión Planck de la Agencia Espacial Europea (ESA) ha dado a conocer la mayor parte de sus resultados sobre el Fondo Cósmico de Microondas (CMB, Cosmic Microwave Background). Podemos decir que nuestro conocimiento del Universo ha dado un paso de gigante. Es preciso dar a conocer y actualizar el valor de los parámetros que lo caracterizan, especialmente en foros con una intensa actividad en la divulgación astronómica.

El CMB es una radiación "cuerpo negro", es decir, es una radiación en equilibrio termodinámico. El cuerpo negro se caracteriza por una isotropía (viéndose lo mismo en cualquier dirección) y porque la densidad de energía en función de la frecuencia se ajusta a la curva encontrada por Max Planck que dio lugar al nacimiento de la Mecánica Cuántica. Es un cuerpo negro con una temperatura aproximada de 2,7 Kelvin, por lo que se observa básicamente en ondas milimétricas, en frecuencias del orden de los 100 GHz (giga-herzios). Se emitió cuando el Universo era muy pequeño en tamaño y en edad: Era unas 1100 veces más pequeño que hoy y sólo contaba con unos 380.00 años de edad (téngase presente su edad actual de unos 14 mil millones de años). Es la tercera misión dedicada a esta radiación, siendo las anteriores COBE y WMAP, aunque Planck ha sido muy superior en resolución espacial, en sensibilidad, en número de canales de frecuencia y en polarización.

Para observar esta radiación tan primitiva hay que eliminar otras emisiones de origen mucho más cercano. En particular, hay que eliminar la contribución de

nuestra propia galaxia, que emite mucho en estas longitudes de onda. Hay que eliminar también la llamada "anisotropía dipolar" que se ve en la figura 1. Esta anisotropía está originada por el movimiento de la Vía Láctea, nuestra galaxia, con respecto al CMB. Los fotones observados en la dirección hacia la cual nos movemos parecen venir hacia nosotros causando, por efecto Doppler, un azulamiento. De igual modo, en la dirección diametralmente opuesta observamos un enrojecimiento. Cuando eliminamos también esta anisotropía dipolar y medimos con un error inferior a las cienmilésimas de grado Kelvin, obtenemos la maravillosa figura 2, que nos muestra el Universo muy primitivo, muy próximo al Big-Bang. Esta imagen constituye uno de los logros científicos más importantes de todos los tiempos y se ha hecho ya inmensamente popular.

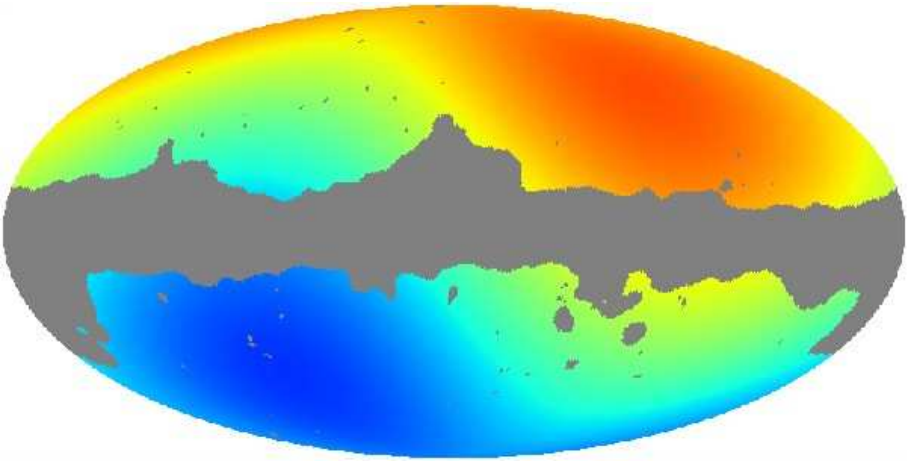


Figura 1. Anisotropía dipolar. La Vía Láctea se mueve hacia la zona más azul, entre las constelaciones de Cráter y Leo.

Lo que nos dice la figura 2 es que cuando medimos con tal precisión el Universo ya no es isótropo, ni su característica de cuepo negro es tan perfecta. Apreciamos manchas azules -temperatura de la radiación ligeramente superior- y manchas rojas -temperatura ligeramente inferior- y además las manchas tienen distintos tamaños. Nos importa la distribución estadística del tamaño de las manchas más que cada mancha en detalle. Esto se consigue obteniendo, a partir de este mapa, lo que se llama "Espectro de Anisotropías Angulares" que se muestra en la figura 3, otro de los grandes hallazgos científicos de todos los tiempos. Para entender la figura 3, digamos que en abscisas se representa el "momento dipolar", l, y en ordenadas la potencia del espectro. Si queremos evitar tecnicismos digamos que en abscisas representamos "tamaño de las manchas" (aunque invertido, las manchas o estructuras más grandes están a la izquierda del diagrama) y en ordenadas aquello que nos informa cuán es de frecuente un tamaño de mancha.

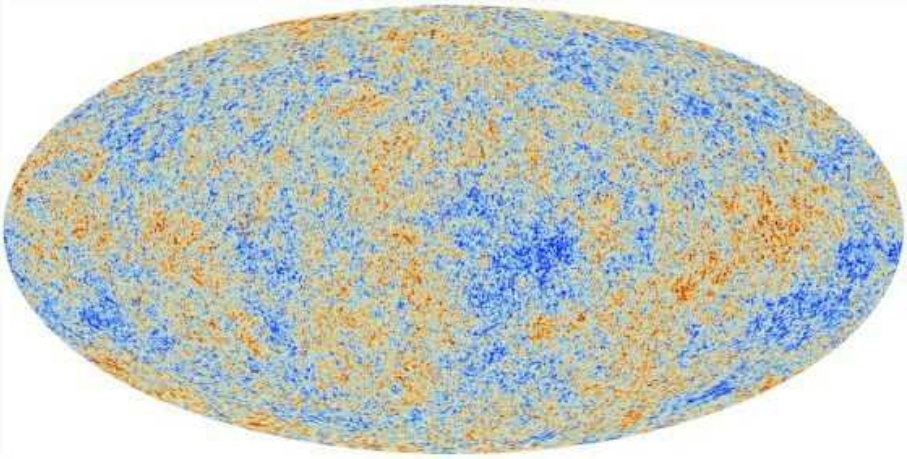


Figura 2. Mapa del CMB, emitido 380.000 años después del Big-Bang.

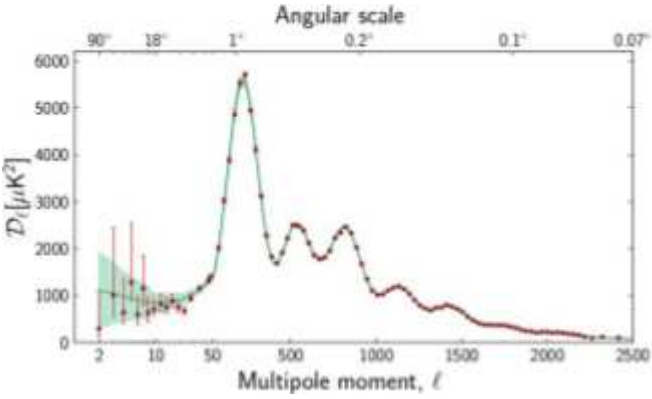


Figura 3. Espectro de Anisotropías Angulares del Fondo Cósmico de Microondas.

La figura 3 es, a primera vista, desconcertante. Casi todas las curvas que representan fenómenos naturales son mucho más simples, con sólo un máximo, a lo sumo con dos. En ella se ven hasta 7 máximos. En esta gráfica hay dos regiones para las que la interpretación es muy diferente. Hay anisotropías mayores de un grado (aproximadamente) y anisotropías menores de un grado. Este ángulo de 1º es importante porque es el tamaño angular visto desde aquí del horizonte relativista entonces. El "horizonte relativista" es una superficie esférica en torno al observador que se expande a la velocidad de la luz. Lo que está más allá del horizonte relativista no puede verse porque la luz no ha tenido tiempo de llegar hasta nosotros.

Puesto que ni la velocidad de propagación causa-efecto puede superar a la velocidad de la luz, según la teoría de la Relatividad, lo que está más allá del horizonte relativista está "desconectado causalmente", no puede tener ninguna

influencia sobre el observador. Cuando se emitió el CMB, este horizonte relativista era muy pequeño y, visto desde aquí, no subtendía más que 1º. Por tanto, las anisotropías mayores de 1º no pueden haber estado producidas por fenómenos físicos. Sin embargo, la región del espectro para ángulos mayores que 1º tienen "señal", su probabilidad no es nula. Esto quiere decir que lo que estamos viendo son "condiciones iniciales", no perturbadas por fenómenos causales posteriores.

Esta región tan interesante se llama región de Sachs-Wolfe. ¿Qué se entiende por "condiciones iniciales"? ¿originadas en el Big-Bang? No exactamente; algo después, en lo que se llama "época de la Inflación", cuando el Universo tenía menos de 10-33 segundos, época en la cuál la expansión del Universo fue extraordinariamente rápida. En esta época se produjeron regiones más densas y regiones menos densas. Hay un resultado relativista que nos dice que una luz emitida en el seno de un campo gravitatorio se enrojece. Las regiones de "sobredensidad" nos aparecerán más rojas que las regiones de "infra-densidad". Por eso observamos diferencias de temperatura en la región de Sachs-Wolfe.

Pero la parte derecha del espectro, para anisotropías angulares de menos de 1°, es también muy interesante. Ahora, estas pequeñas manchas o anisotropías está afectadas por fenómenos causales. Y el fenómeno físico que conecta causalmente las anisotropías es el sonido. A la región derecha del espectro de la figura 3, para ángulos inferiores a 1°, se la denomina ""Región de los Picos Doppler".

¿Cómo es posible que "veamos" el sonido? El sonido consiste en movimientos de expansión y contracción que se propagan ondulatoriamente. Estos pequeños movimientos producen un efecto Doppler que puede registarse con la radiación. Aquellas regiones que, al paso del sonido, corresponden a un movimiento de alejamiento de nosotros, aparecerán más rojas que aquellas regiones que se acercan.

Comparada la figura 3 con el espectro de sonidos familiares, podemos asegurar que este sonido es "música" más que "ruido". En efecto, el ruido tiene un espactro muy simple. En cambio, una nota de violín o una nota de una soprano se caracterizan por una frecuencia fundamental y unos armónicos, es un espectro con varios picos. Precisamente es lo que se observa en el CMB, una curva con nada menos que 7 picos: auténtica música. Vemos sonido; vemos música. Esto puede "sonar" muy raro, pero más lo es si consideramos que esta música se propagó por el medio que constituía el Universo cuando estaba dominado por la radiación, y no por la materia como hoy día. Se trata, pues, del sonido de la luz. Por decirlo de una forma enrevesada, "vemos la música de la luz".

¿Qué conclusiones podemos sacar de esta música? De la misma forma que podemos identificar un instrumento musical que emitió una simple nota, y podemos saber si fue un violoncello o una trompeta, así de este espectro podemos saber cómo es el Universo que así "suena". La identificación del instrumento se basa en el recuerdo y la experiencia, pero esto no nos sirve aquí, no tenemos experiencia previa porque sólo tenemos "este" Universo. Pero tenemos la teoría.

Supongamos que conocemos las leyes que rigen el Universo, su expansión y su enfriamiento y que conocemos cuáles son sus constituyentes. Pero no lo conocemos todo porque hay algunos parámetros libres. Obtenemos una colección de espectros teóricos cada uno correspondiente a un conjunto de parámetros

libres. Por ajuste, podemos saber qué combinación de parámetros reproduce mejor el espectro real obtenido por Planck. Así determinamos cuáles son los parámetros que definen el Universo en el que vivimos.

Limitémonos a decir el valor de aquellos parámetros que más nos afectan en cuanto a la composición del Universo. El resultado se muestra en la figura 4, que marca las diferencias entre lo que se creía antes de Planck y después.

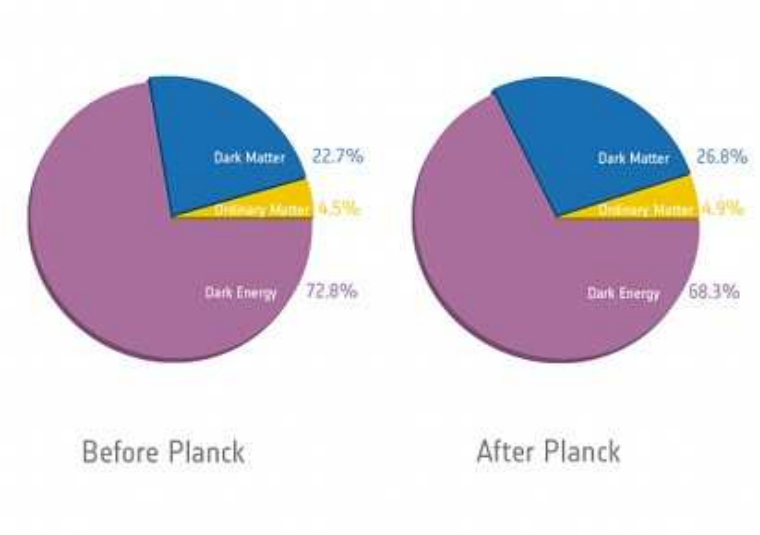


Figura 4. Composición del Universo. Materia oscura, materia ordinaria y energía oscura.

Este es uno de los objetivos básicos que se perseguían con el lanzamiento de Planck: la composición del Universo. Con respecto a lo que se pensaba anteriormente hemos obtenido que hay más materia oscura, menos materia ordinaria (formada por protones y neutrones) y menos energía oscura. La materia oscura es una materia de naturaleza desconocida que no interacciona con los fotones y, por tanto, ni emite ni absorbe, luego ni se ve ni se puede ver, aunque se la puede reconocer por sus efectos gravitatorios. La energía oscura NO es la materia oscura multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado. Tiene naturaleza desconocida y dota al Universo de una facultad expansiva, responsable de la Reaceleración del Universo que parece observarse. Resulta pues que el Universo actual está prácticamente dominado por la energía oscura y que la materia ordinaria, la llamada "materia bariónica" no es más que un 5 % del total. Y aún de ese escaso 5 % no hemos visto más que la mitad. Hay también una materia bariónica visible pero no vista.

Otra diferencia entre la determinación de Planck y la anterior de WMAP es la de la constante de Hubble. La ley de Hubble dice que la velocidad de alejamiento aparente de una galaxia es proporcional a su distancia. La constante

de proporcionalidad es la constante de Hubble. Mientras que WMAP proporcionó $70km/(sMpc)$ Planck ha medido $67km/(sMpc)$, considerablemente menos y con un rango de error menor. La unidad Mpc, megaparsec, corresponde a unos 3×10^{22} metros.

Pero Planck ha obtenido muchos más resultados. Tras la época en la que se emitió el CMB, a $z = 1100$ aproximadamente, el Universo se volvió prácticamente transparente porque era neutro. Es la llamada "era oscura", pero a $z = 10$, aproximadamente, se produjo la llamada época de la Reionización. Esta reionización del Universo fue producida por la radiación ultravioleta de las estrellas jóvenes recién nacidas. Corresponde esta época, pues, a la aparición de las primeras estrellas. Anteriormente no existían las estrellas. De esta época se conocía muy poco antes de Planck, pero esta misión ha proporcionado gran cantidad de datos sobre ella.

Citemos solamente el efecto Sunyaev-Zeldovich. Un cúmulo o un protocúmulo de galaxias contiene un medio intracumular con un sistema muy caliente de electrones libres. Los fotones del CMB interaccionan con ellos, con lo cual la curva del cuerpo negro, la curva de Planck, se deforma. Esto nos permite estudiar cúmulos, incluso algunos cúmulos cuya existencia se desconocía. Véase la figura 5.

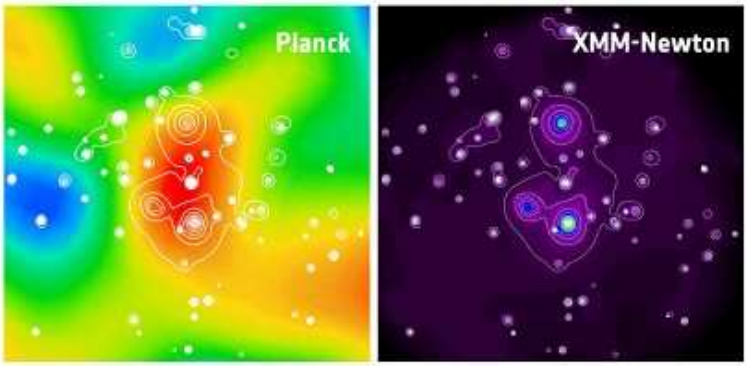


Figura 5. Efecto Sunyaev-Zeldovich. Las isofotas corresponden a la emisión en rayos X.

Referencias

[1] http://www.sciops.esa.int/index.php?project=PLANCK&page=Planck_Published_Papers

Historia del cometa ISON: de la nube de Oort hasta su vaporización

F. Moreno[1], F. Pozuelos[1], J.L. Ortiz[1], R. Duffard[1], N. Morales[1], P. Santos-Sanz[1], A. Molina[1,2], P. Yanamandra-Fisher[3] y asociación amateur *Cometas-Obs*

[1] Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC
[2] Universidad de Granada
[3] Space Science Institute, Boulder
[1]fernando@iaa.es

Resumen. Tras su descubrimiento y determinación de su órbita en Septiembre de 2012, el cometa C/2012 S1 (ISON) apuntaba a ser uno de los cometas más brillantes del siglo, visible a simple vista en las cercanías de su perihelio, incluso a plena luz del día. Sin embargo, su extrema proximidad al Sol, de sólo $2{,}7R_{\odot}$ en el perihelio, provocó su exposición a unas altas temperaturas, suficientes para vaporizar los componentes refractarios típicos del material cometario tales como silicatos y carbón, por lo que sólo sobrevivió una pequeña fracción del mismo. En este trabajo describimos algunas de las observaciones realizadas y un análisis preliminar para explicar los parámetros fundamentales del polvo del cometa en función de su distancia heliocéntrica, hasta su casi completa vaporización poco después del perihelio.

Palabras clave:

1. Introducción

El cometa C/2012 S1 (ISON), descubierto el 21 de Septiembre de 2012 por V. Nevski y A. Novichonok del observatorio International Scientific Optical Network (ISON), fue un cometa de largo periodo, procedente de la nube de Oort, pero con la particularidad de tener una órbita con un paso por el perihelio de sólo $2{,}7R_{\odot}$, es decir, lo que en la terminología cometaria se denomina *sungrazer*. Dadas estas características orbitales y la magnitud medida inicialmente, se esperaba un paso espectacular por el perihelio, con un brillo superior al de la Luna llena. A pesar de algunas predicciones optimistas en cuanto a la supervivencia post-perihelio [1], el cometa se volatilizó casi completamente al acercarse al Sol por las altas temperaturas. A pesar de haber sido un poco decepcionante para el público en general, el interés científico del cometa está intacto: nunca habíamos tenido la oportunidad de observar un *sungrazer* viniendo directamente de la nube de Oort ni de estudiar su evolución, sobre todo en las cercanías del perihelio. El hecho de venir de dicha región remota, a una distancia del orden de 100.000 UA (UA, Unidad Astronómica), implica el contenido de material prístino o po-

co evolucionado desde su génesis, probablemente en las etapas iniciales de la formación del Sistema Solar hace unos 4600 millones de años.

Es bien sabido que los cometas experimentan eyección de gases procedentes de la sublimación (paso directo de hielo a gas) de los hielos de diferentes materiales (sobre todo de H_2O y CO, aunque también de CO_2, NH_3 y CH_4, entre otros [2]). El material refractario, no volátil, del núcleo, compuesto por diversos tipos de silicatos, carbón y ciertas moléculas orgánicas se encuentra empotrado en la matriz de hielos formando en conjunto un conglomerado de roca, hielo y granos de polvo. Los gases procedentes de la sublimación arrastran partículas de polvo, lo que en definitiva da lugar a la cola de polvo, debido a la presión de radiación solar. Por su parte, los gases liberados interaccionan con la radiación solar formándose iones que son transportados en dirección antisolar por el viento solar formando así la llamada cola iónica. Los procesos de sublimación que ocurren en las cercanías del Sol, se deben a sublimación masiva de hielos de agua, mientras que la sublimación del monóxido de carbono domina en distancias más lejanas, superiores a 3 UA, ya que la temperatura de sublimación de hielo de CO es inferior a la del hielo de H_2O.

En este trabajo vamos a describir algunas observaciones de este cometa, así como una interpretación preliminar de algunas imágenes de la cola de polvo sobre la base de un modelo de Monte Carlo que desarrollamos hace ya algunos años. Este modelo sirve para interpretar las imágenes observadas mediante la generación de imágenes sintéticas con unos ciertos parámetros físicos asociados, tales como la función de distribución de las partículas, las velocidades terminales, la tasa de producción de polvo y las posibles asimetrías en la eyección (áreas activas aisladas), todo ello como funciones de la distancia heliocéntrica. El propósito final es caracterizar el polvo del cometa a lo largo de la órbita, y, entre otros parámetros, estimar cuanto material sobrevivió al paso por el perihelio. Para ello contamos con observaciones realizadas tanto desde Tierra como mediante el satélite *SOHO*.

2. Observaciones

Se han realizado observaciones usando diferentes instrumentos en varios telescopios (1.52m y 0.9m del Observatorio de Sierra Nevada, 3.5m, 2.2m y 1.23m del CAHA, además de varios telescopios de menor envergadura). Fundamentalmente se trata de imágenes CCD tomadas a través de filtros rojos tipo Johnson-Cousins. Usamos generalmente filtros rojos para intentar minimizar en lo posible las emisiones gaseosas, que tienen lugar fundamentalmente en las regiones ultravioleta y azul del espectro, aunque obviamente no se consiguen eliminar en su totalidad. En el 2.2m de CAHA se usó también el instrumento CAFOS (Calar Alto Faint Object Spectrograph) en modo polarimétrico para obtener la polarización lineal en la coma interna, y se obtuvieron también algunos espectros con PMAS (Potsdam Multi Aperture Spectrophotometer) en el 3.5m de CAHA. Asimismo, se han descargado imágenes del coronógrafo *LASCO C3*, en los filtros *DeepRed* y *Clear* del satélite *SOHO*, en cuatro épocas diferentes, para tener información del

cometa en las cercanías del perihelio, cuando ya no era posible observarlo desde Tierra. Las imágenes han sido calibradas en unidades de intensidad del disco solar mediante procedimientos estandard. Generalmente se utilizan las imágenes disponibles durante una noche de observación para generar la mediana resultante después de desplazarlas convenientemente según el movimiento propio del objeto.

Por otra parte, hemos contado también con los datos del parámetro $Af\rho$ [3] que nos ha proporcionado amablemente la asociación astronómica amateur *Cometas-Obs*, a través de Esteban Reina y Julio Castellano. Estos datos, obtenidos y reducidos por múltiples observadores a partir de imágenes CCD, son de una enorme utilidad para los modelos de interpretación, ya que permiten disponer de la curva más completa posible del parámetro a lo largo de la órbita, cosa muy difícil de obtener en un observatorio astronómico profesional por falta de periodos extendidos de observación, malas condiciones climáticas, etc. Estos datos cubren un periodo de entre aproximadamente 420 días antes del perihelio hasta unos 5 días antes, aunque con un hueco entre 100 y 200 por falta de visibilidad del objeto.

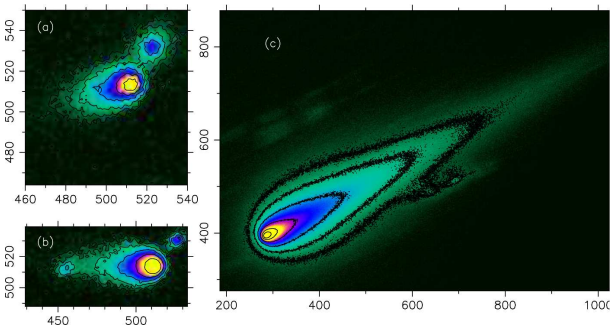


Figura 1. Imágenes de ISON el 14 de febrero (a), 2 de mayo (b) y 11 de octubre de 2013 (c). En esta y en el resto de figuras, el Norte está hacia arriba y el Este, a la izquierda.

La figura 1 presenta dos de las primeras imágenes reducidas que obtuvimos del cometa, en febrero y mayo de 2013, junto a otra del 11 de octubre. Las dos primeras (paneles (a) y (b)), correspondientes a distancias heliocéntricas de $r_h =$ 4,8 y 3.9 UA respectivamente, muestran al cometa plenamente activo, mientras que la tercera (panel (c)), a $r_h = 1{,}4$ UA, muestra un aumento significativo de la actividad consecuencia lógica de su mayor proximidad al Sol. En la figura 2 presentamos el cometa ya plenamente activo en noviembre, concretamente en los dias 13 y 15, fechas inmediatamente antes y después del *outburst* que ocurrió en las primeras horas del 14 de noviembre [4]. Es evidente el aumento espectacular de brillo entre ambas observaciones. En la figura 3 presentamos la imagen del 15 de noviembre procesada con un filtro rotacional de Larson-Sekanina que sirve para enfatizar las estructuras presentes en la coma. Se ven las estructuras en

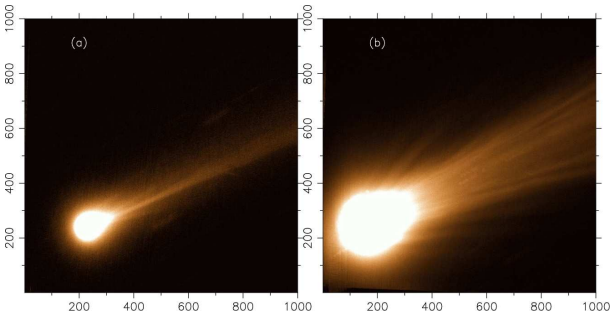


Figura 2. Imágenes de ISON el 13 de noviembre (a) y 15 de noviembre (b) de 2013, justo antes y después del *outburst*.

forma de alas que parecen emerger del núcleo y que algunos autores ligaron a un posible proceso de fragmentación [5]. Las estructuras que se ven en la cola en estas imágenes corresponden en parte a polvo, y en parte a emisión por iones, fundamentalmente de H_2O^+, que es el ion más fácil de detectar en la región roja del espectro en los cometas.

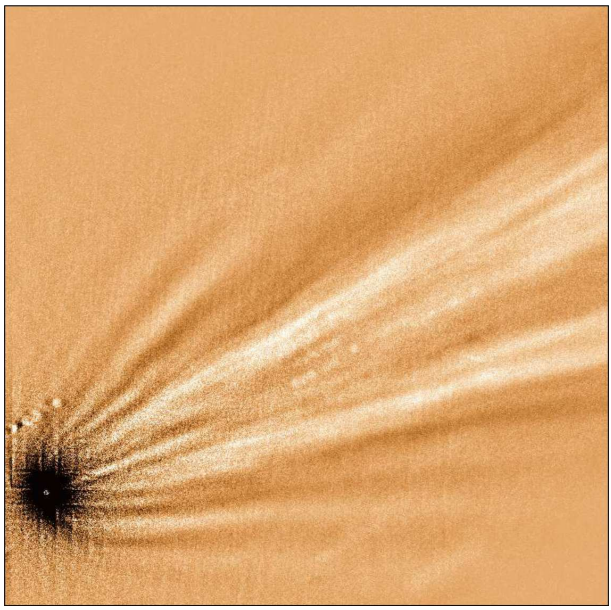


Figura 3. Imagen de ISON del 15 de noviembre procesada con un filtro de Larson-Sekanina para enfatizar las estructuras en forma de alas que parecen emerger del núcleo.

A partir del 20 de Noviembre el cometa dejó de ser observable desde Tierra, pero entró en el campo de visión del satélite *STEREO*, en aparente buen estado, sin mostrar ningún signo de fragmentación evidente. Unos dias después, el

27 de noviembre, el cometa entra en el campo de visión del satélite *SOHO*, ya prácticamente desprovisto de cola iónica, y comienza a experimentar un extraordinario aumento de brillo, a partir de las 16:18 TU de ese dia, a $r_h = 0{,}106$ UA o $22{,}8R_\odot$. Este aumento de brillo, que llega a saturar el detector del instrumento en el filtro *Clear*, llega a alcanzar su máximo aproximadamente a la 06:00 TU del 28 de noviembre, a unos $13R_\odot$ o 0.06 UA. Esta fase podría corresponder a la vaporización de una gran parte del núcleo, ya que en las imágenes posteriores pre- y sobretodo post-perihelio no se aprecia ninguna condensación central que pudiera atribuirse a su presencia. La figura 4 presenta imágenes obtenidas con el coronógrafo *LASCO C3*, donde la primera (a) corresponde al momento de máximo brillo, y la segunda (b) poco antes del perihelio, donde se puede ver la ausencia de condensación central. Las dos imágenes posteriores son post-perihelio, y muestran, además de una disminución de brillo notable, una estructura de dos colas con algún material entre ellas. La última imagen (d) corresponde a los restos del cometa poco antes de abandonar el campo de visión del detector *C3*. Los intentos de detectar el cometa post-perihelio desde Tierra o desde el telescopio espacial *HST* resultaron fallidos, incluso en las condiciones más idóneas de observación cuando la Tierra atravesó el plano orbital del cometa a mediados de enero de 2014.

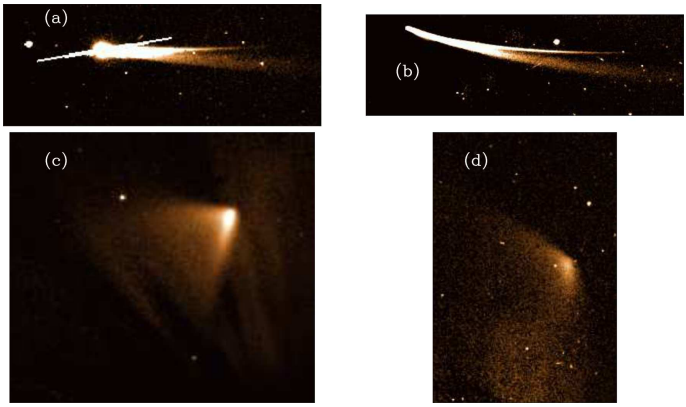


Figura 4. Imágenes de ISON obtenidas por el coronógrafo *LASCO C3* del satélite *SOHO* con filtro *Clear* el 28.02 (a), 28.63 (b), 29.26 (c) y 30.21 (d) de noviembre de 2013.

3. Modelo

Nuestra intención es reproducir la morfología y el brillo observado en las colas de polvo para así inferir las propiedades físicas del polvo. Partimos de la idea de que las colas de polvo se forman por la interacción de la gravedad solar y la presión de radiación sobre las partículas eyectadas del núcleo cometario. En

principio despreciamos, entre otras fuerzas, la gravedad del cometa, lo cual es razonable teniendo en cuenta que el tamaño de los núcleos suele ser del orden de 1 km. El tener en cuenta sólo las fuerzas de gravedad solar y presión de radiación simplifica mucho el problema ya que al tener sentidos opuestos es como considerar que las partículas están sometidas a una fuerza de gravedad reducida. En consecuencia, la trayectoria de las partículas es kepleriana y puede calcularse analíticamente. Las órbitas de las partículas corresponderán a distintas cónicas (elipse, parábola o hipérbola) dependiendo de las condiciones iniciales. El modelo, desarrollado íntegramente en el IAA, es un modelo de Monte Carlo: descrito de una forma muy simplificada, calculamos las órbitas de un número muy elevado de partículas cuya posición en el instante final (la fecha de observación) proyectamos en el plano del cielo. Entonces, con unos ciertos parámetros de scattering de las partículas que estemos considerando, calculamos la contribución al brillo en la cola del cometa en la región de la imagen donde haya caído la partícula.

4. Resultados preliminares

Tras un largo análisis de los datos disponibles, y múltiples ejecuciones del modelo llegamos finalmente a una solución satisfactoria con la que podemos representar todas las observaciones, aunque aquí nos vamos a limitar a las realizadas alrededor del perihelio. Sobre las primeras imágenes (figuras 1 y 2) podemos destacar que los modelos de polvo son compatibles con una alta oblicuidad para el eje de rotación (eje de rotación prácticamente paralelo al plano orbital), de acuerdo con los resultados de *HST* [6].

En la figura 5 presentamos un ejemplo de los mejores ajustes encontrados para las imágenes del coronógrafo *LASCO C3* del satélite *SOHO* en el filtro rojo (*DeepRed*), que es que proporciona información directa sobre el polvo. Las observaciones en el filtro *Clear* están fuertemente contaminadas por emisión de sodio [7]. Hay que tener en cuenta que estos resultados son aún preliminares, pero ya apuntan a una vaporización masiva del núcleo antes del perihelio. La masa total de polvo que se calcula a partir del ajuste a la imagen (a) es del orden de 2×10^{11} kg, que correspondería a una esfera de una densidad $\rho = 1000$ kg m^{-3} con un radio de 360 m. El tamaño del núcleo (y su densidad) es algo incierto, aunque las estimaciones realizadas a través de medidas con el telescopio espacial *HST* indican $R < 1$ km. Por tanto, la masa contenida en el polvo de la cola podría llegar a ser un factor muy significativo del núcleo. Las imágenes (b) y (c), indican masas de 2×10^{10} y 7×10^{9} kg respectivamente, mientras que en la última (e) tenemos 4×10^{9} kg, es decir, un factor 50 menor que la primera (a) antes del perihelio. Para la densidad de $\rho = 1000$ kg m^{-3}, todo ese polvo se podría juntar en una esfera de 100 m de radio, que sería lo que finalmente habría sobrevivido. Según el modelo, la actividad cometaria (en gran parte vaporización de material refractario) se ha mantenido justo hasta el perihelio, que es lo que ha provocado la aparición de la cola hacia el este en las imágenes (b) y (c). La cola orientada hacia el sur en (c) y (d) corresponde al resto de las partículas no vaporizadas desde que el cometa se situó a una distancia de unos $20R_{\odot}$.

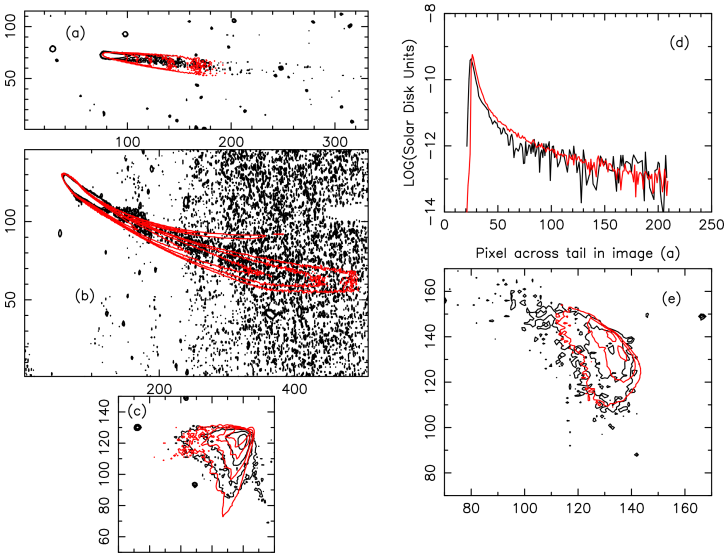


Figura 5. Observaciones con *LASCO C3* de *SOHO* en filtros *DeepRed* (a,b,c) y *Clear* (e) (contornos negros) y modelos (contornos rojos), para las fechas 28.07 (a), 28.62 (b) 29.28 (c), 30.21 (e). El panel (d) muestra un corte a lo largo de la imagen (a), en negro la observación y en rojo, el modelo.

Agradecimientos

Estamos muy agradecidos a Bernhard Fleck por facilitarnos las imágenes del cometa ISON del satélite *SOHO*.

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos AYA2012-39691-C02-01 y AYA2011- 30106-C02-01 (Ministerio de Economía y Competitividad) y FQM-4555 (Junta de Andalucía).

Referencias

[1] Knight, M. and Walsh, K. 2013, Astrophys. J. Lett., 776, 5.
[2] Agúndez, M., Biver, N., Santos-Sanz, P. et al. 2014, Astron. Astrophys., in press.
[3] A'hearn, M.F., Scheicher, D.G., Millis, R.L. et al. 1984, Astron. J., 89, 579.
[4] Biver, N., Agúndez, M., Santos-Sanz, P. et al. 2014, CBET 3711, 2.
[5] Boehnhardt, H., C. Tubiana, N. Oklay and J. B. Vincent 2013, CBET 3715.
[6] Li, J-Y., Kelley, M., Knight, M. et al. 2013, Astrophys. J. Lett., 779, 3.
[7] Knight, M. and Battams, K. 2014, Astrophys. J. Lett., 782, 37.

La misión Gaia
Una máquina de descubrimientos

Francesca Figueras, Carme Jordi, Xavier Luri, Jordi Torra, equipo Gaia-UB

Institut de Ciències del Cosmos, Universitat de Barcelona
cesca@am.ub.es

Resumen. La misión Gaia de la Agencia Europea del Espacio, desarrollada para encontrar las claves del origen y evolución de nuestra Galaxia, nos plantea un antes y un después en la astronomía del siglo XXI. El satélite, lanzado con éxito el pasado 19 de diciembre de 2013, se proyecta como una potente máquina de descubrimientos en astrofísica estelar y un excepcional laboratorio cosmológico. Es fácil imaginar cómo el continuo cartografiado del cielo durante más de cinco años de operación abrirá también nuevas ventanas al estudio de las estrellas variables, los planetas extrasolares y los objetos menores del sistema solar, planteando futuras sinergias con la experiencia desarrollada por la astronomía amateur en estos campos. Es de destacar la importante participación española en la misión desde sus primeras fases de diseño y desarrollo a las actuales tareas de preparación del archivo final de datos.

Palabras clave: Astronomía desde el espacio, astrofísica galáctica.

1. Introducción

El satélite astrométrico Gaia se encuentra actualmente en fase de calibración y comisionado, orbitando alrededor del llamado punto de Lagrange L2, a un millón y medio de kilómetros de Tierra. Las operaciones científicas empezarán en el segundo semestre de 2014. Con la mayor cámara jamás construida para el espacio, Gaia cartografiará mil millones de estrellas de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Identificará y monitoreará centenares de miles de objetos de nuestro Sistema Solar, descubrirá nuevos planetas extrasolares, mandará miles de alertas de nuevas supernovas y censará millones de galaxias y más de medio millón de cuásares. La explotación científica de esta ingente cantidad de datos plantea un reto sin precedentes a la comunidad científica internacional.

La misión ha sido diseñada con un objetivo fundamental, proporcionar las claves para comprender los mecanismos de formación y evolución de nuestra Galaxia, una espiral barrada con una edad superior a los 13 mil millones de años y una masa aproximada de un millón de millones de masas solares; un excelente laboratorio cosmológico donde validar o refutar los actuales modelos de formación de galaxias y, por tanto, de evolución del Universo.

Con el lanzamiento del satélite Hipparcos en 1989, precursor de Gaia, ESA se estableció como líder mundial en el desarrollo de misiones de astrometría desde

el espacio. La construcción de Gaia, con un coste de 740 millones de euros, ha sido liderada por EADS-Astrium y ha involucrado a 300 ingenieros y científicos durante 7 años (74 empresas de 16 países). Estos equipos han trabajado en estrecha colaboración con los más de 400 investigadores europeos responsables del procesado de los datos y la preparación explotación científica de la misión. La participación española en este proyecto supera el 10 % en ambos ámbitos.

2. El satélite

Gaia dispone de dos telescopios idénticos formados, cada uno de ellos, por cuatro espejos rectangulares. Los espejos primarios tienen un tamaño de 1.49 cm $\times$ 0.54 cm. Dos espejos adicionales permiten superponer las imágenes obtenidas en cada campo de visión, separados 106.5 grados, en un único y enorme plano focal, de un tamaño de 100 cm de ancho por 42 cm de alto. La focal del sistema es de 35 m. Un total de 106 detectores CCD de 9 megapíxeles cada uno recogen la señal (ver Figura 1). La información astrométrica es recogida por 62 CCDs y el detector integra dos prismas que se encargan de proporcionar espectros de baja resolución (3-30 nm/pixel) en el azul (BP, 330–680 nm) y el rojo (RP, 650–1050 nm) y un espectrógrafo (RVS) que proporciona resolución R 11000 en la región del doblete del Ca (847–874 nm).

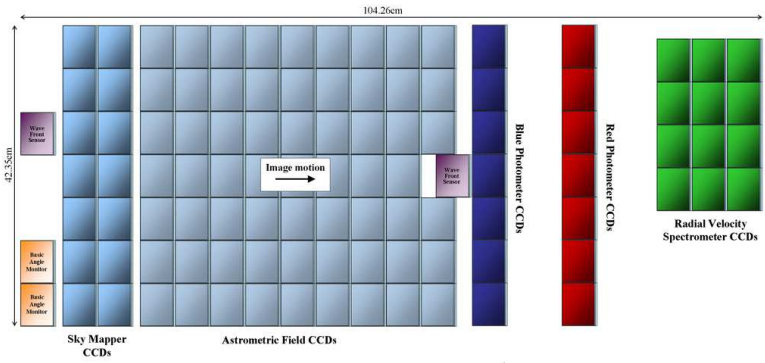


Figura 1. Plano focal de Gaia compuesto por cinco áreas distintas: 1) el sensor de frente de onda (2 CCD), utilizado para medir la calidad óptica de cada telescopio y el monitor para medir la estabilidad del ángulo de base (2 CCD); 2) los dos cartógrafos celestes (Sky maper, 7 CCD cada uno) que detectan los objetos observados por cada telescopio y transmiten los detalles a las siguientes CCD para el seguimiento de los tránsitos; 3) el plano astrométrico (62 CCD); 4) los espectrofotómetros azul (7 CCD) y rojo (7 CCD) y 5) el espectrógrafo de velocidades radiales (12 CCD). Todas las CCD trabajan en modo TDI (Time-Delayed Integration) sincronizando el movimiento de la carga y su lectura al movimiento de barrido del satélite (Fuente: ESA).

Gaia barre el cielo de forma continua. El satélite gira alrededor de su eje con un periodo de unas 6 horas y este eje, a la vez, precesiona formando un ángulo de 45º con la dirección del Sol. En consecuencia, las estrellas cruzan el plano focal (Figura 1) en la dirección de barrido a una velocidad que, a fin de aumentar la señal adquirida, coincide con el ritmo de transferencia de carga en las CCD (modo TDI, *time delayed integration*). Este barrido permitirá observar cada objeto, según su posición respecto al plano de la eclíptica, entre 40 y 220 veces en los cinco años de misión. La alta precisión requerida para las medidas exige que toda la estructura que soporta los elementos ópticos y el plano focal sea extremadamente estable desde el punto de vista mecánico y térmico. La instrumentación está protegida por una tienda térmica y por uno de los elementos distintivos del satélite: el gran parasol. Este tiene más de 10 metros de diámetro y garantiza mantener el interior del satélite a -110 ºC.

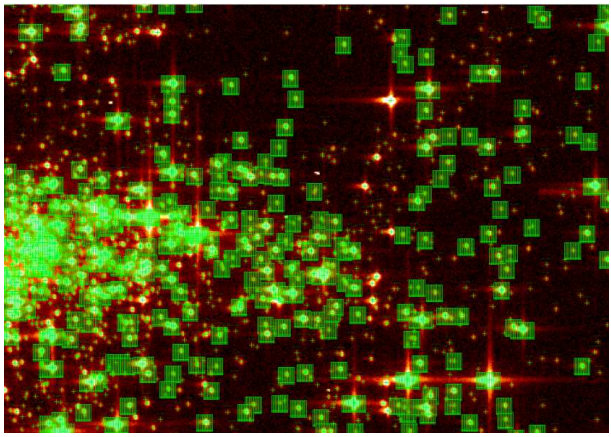


Figura 2. Simulación de una parte de la imagen que obtendrá la CCD AF2 de Gaia del cúmulo masivo R136 en la nebulosa de la Tarántula (nubes de Magallanes). Ha sido generada usando el simulador de imagen GIBIS (DPAC). Se muestra como, incluso en este rico entorno, Gaia es capaz de detectar, observar y bajar a tierra los datos de las estrellas hasta magnitud G=20 [1]. Gaia bajará sólo la información contenida en las ventas verdes que se indican en la imagen (cortesía de J. de Bruijne and G. De Marchi, ESA).

Los instrumentos de Gaia detectan, seleccionan y miden cientos de estrellas por segundo (Figura 2), generando unos 50 Gigabytes de datos cada día de misión. Estos datos se envían a las estaciones de recepción de Cebreros (Madrid), New Norcia (Australia) y Malargüe (Argentina) que los distribuye a los distintos centros de procesado. La reducción de datos es uno de los grandes retos de Gaia. Sólo los datos astrométricos recibidos involucran 1012 medidas individuales para determinar cinco mil millones de incógnitas. La complejidad de este procesado es extrema dado que todos los datos de Gaia están interrelacionados. Así por ejemplo, la fotometría, que nos proporciona los parámetros físicos de los objetos

celestes observados es, a la vez, imprescindible para corregir de cromaticidad y determinar las correctas PSF y LSF (Line Spread Function) que serán usadas para la determinación del centroide de cada una de las imágenes obtenidas. De él se obtiene el tiempo de paso de la estrella por una determinada posición del plano focal. El proceso de reducción de los datos astrométricos, basado en el principio de iteración global, se describe en [2]. Cabe mencionar que la elevada precisión astrométrica requerida – micro-segundos de arco - exige un tratamiento relativista por lo que las propias medidas de Gaia nos servirán para poner a prueba parámetros de la teoría de la Relatividad General. El complejo sistema de tratamiento inicial de los datos que se ejecuta diariamente en ESAC (Madrid) e integra un buen número de algoritmos proporcionados por diversos equipos europeos ha sido responsabilidad de equipo de la Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC). También lo ha sido el desarrollo del simulador de la misión [2], que ha generado decenas de terabytes de datos, sigue siendo usado para la verificación de la cadena de procesado y es una potente herramienta para las tareas de explotación científica.

3. La ciencia que aportará Gaia

Los actuales modelos de síntesis de poblaciones estelares [3] junto con las características nominales de la misión -que establecen las condiciones de observación y los modelos de los errores astrométricos, fotométricos y espectroscópicos[1]- nos permiten caracterizar la población de estrellas que observará Gaia (magnitud límite G=20, ver [4] y [5]). La precisión de unos pocos microsegundos de arco en posición, paralaje trigonométrica y movimientos propios en combinación con los datos de velocidad radial aportados por el instrumento RVS y/o obtenidos en programas espectroscópicos complementarios de observación en tierra nos permitirán caracterizar el espacio 6D (posiciones y velocidades) del 1 % de las estrellas que forman las componentes de la Vía Láctea. Estos datos, en combinación con los datos espectrofotométricos que también aportará el satélite - de los que se derivarán los parámetros atmosféricos y por tanto la composición química, la edad y la masa estelar - permitirán establecer los procesos dinámicos y químicos que rigen los mecanismos de formación y evolución de los discos y halos galácticos. Podemos prever que Gaia establecerá con estos datos un modelo de masa para nuestra galaxia de precisión y complejidad sin precedentes, a la vez que responderá a preguntas clave como cuáles fueron los mecanismos de formación del halo, del disco – delgado y grueso - y de las componentes centrales - bulbo y barra(s). A partir de esta combinación de cinemática, edad y metalicidad, deberemos ser capaces de comprender y precisar aspectos tan básicos como son la naturaleza de los brazos espirales así como los mecanismos que los mantienen [6].

Si bien la misión Hipparcos (ESA, 1989-1992) nos proporcionó el primer mapa 3D de la componente estelar, su precisión astrométrica al mili-segundo de

[1] `http://www.cosmos.esa.int/web/gaia/science-performance`

arco sólo nos permitió mapear nuestro entorno solar más inmediato. Con Gaia podremos evaluar la universalidad (o no) de la función inicial de masa a varios miles a años luz del Sol – función clave para entender la evolución química del universo - y establecer historia de formación estelar de las distintas componentes galácticas, tanto en el disco(s) como en las galaxias satélites. Con Gaia podremos descubrir nuevos satélites y galaxias enanas atrapadas en el halo galáctico y establecer sus propiedades y movimientos ¿Encajaran el número de satélites y sus propiedades con las predicciones que establece el modelo cosmológico estándar? Además, con Gaia, no únicamente podremos determinar un modelo de la distribución de la masa bariónica de nuestra galaxia sino también proponer, a partir de los movimientos estelares medidos, un modelo de distribución de la materia oscura en el halo y en el disco galáctico o, alternativamente, contrastar estos resultados con la validez o desaprobación de teorías alternativas a la gravitación newtoniana. Con Gaia dispondremos de datos astrométricos de precisión para más de medio millón de cuásares que nos permitirán establecer con una precisión sin precedentes la inercialidad del sistema de referencia del catálogo final de la misión.

4. Sinergias entre Gaia y la astronomía amateur

Con una media de 70 observaciones astrométricas y fotométricas por objeto, está previsto que Gaia descubra centenares de miles de nuevos sistemas binarios y múltiples (se espera detectar cerca de 7000 planetas extrasolares) así cómo nuevas e interesantes tipos de estrellas variables. El consorcio de reducción de datos ha establecido un protocolo para, en 24-48 horas después de la observación, hacer públicas alertas de anomalías fotométricas que permitan realizar un seguimiento desde tierra de objetos con comportamiento fotométrico anómalo. Así por ejemplo, se espera que Gaia descubra aproximadamente 6000 nuevas supernovas, un tercio de las cuales podrán ser detectadas antes de alcanzar el máximo [7]. El seguimiento de estos objetos desde tierra va a ser imprescindible para una ambiciosa explotación de los datos aportados por el satélite. Otro claro ejemplo son los miles de Cefeidas y RR Lyrae que Gaia descubrirá y para las cuales aportará una primera curva de luz ([5]). Con ello será posible establecer la dependencia en metalicidad de la relación Periodo-Luminosidad y por tanto de la escala de distancias del Universo. Dentro de nuestro Sistema Solar, Gaia determinará las órbitas, las masas y los periodos de rotación de centenares de miles de asteroides.

Si bien la precisión del orden de los microsegundos no se conseguirá hasta el final de la misión, mucho antes se habrán superado las precisiones astrométricas de misiones precedentes. Con el objetivo de no retrasar la explotación científica, se ha establecido un calendario de publicación de los catálogos de datos científicos desde octubre de 2015 hasta 2022, publicaciones que irán mejorando la precisión y aumentando el número de objetos publicados [8].

5. La aportación española en Gaia

España ha participado en la misión Gaia desde sus inicios y con un papel destacado en el diseño científico y tecnológico de la misión. El primer prototipo de tratamiento de datos y las simulaciones necesarias para ello fueron elaborados bajo contrato con ESA liderado por la empresa española GMV y con la colaboración de la Universidad de Barcelona (UB) y del Centro de Supercomputación de Catalunya (CESCA) (2000-2005). Equipos de la UB, la Universidad de A Coruña y la UNED participan desde su creación en 2005, en el consorcio DPAC (Data Processing and Analyzing Consortia) que incluye alrededor de 400 científicos e ingenieros de 20 países y es responsable del procesado de datos. Actualmente, dentro de este consorcio, expertos de la UB participan en las complejas tareas de calibración en órbita de la misión (Enero-Junio 2014). Más de 100 astrónomos e ingenieros participan en las tareas de desarrollo del archivo final de datos (2013-2022). La importante participación española (cerca del 25 %) en esta tarea incorpora, además de los centros ya mencionados, el INTA-CSIC y grupos de las universidades de Pablo de Olavide, Politécnica de Madrid, Ovido y La Rioja.

La industria española ha tenido un papel relevante en la misión. SENER ha fabricado el parasol desplegable que caracteriza el satélite; Crisa ha elaborado los módulos de electrónica del las CCD; RYMSA ha puesto a punto las antenas de baja ganancia de medida y comando remoto; Mier Comunicaciones ha producido los amplificadores de potencia con control de fase instalados en la antena activa desarrollada por EADS CASA Espacio; el INTA ha realizado campañas de metrología de alta precisión; GMV es responsable de sofisticadas herramientas informáticas; Alter Technology Group ha efectuado la calificación de distintos equipos y Thales Alenia Space España diseñó y desarrolló las unidades electrónicas de distribución de señal de reloj de rubidio que viaja a bordo del satélite.

En marzo de 2010 se creó la Red Española para la explotación científica de Gaia (REG)[2]. Es una red temática abierta a la comunidad astronómica española dedicada al intercambio científico entre investigadores en todas aquellas líneas relacionadas con la explotación científica de los datos que aportará el satélite. Cuenta actualmente con más de 140 miembros de 30 instituciones españolas y trabaja en cinco marcos bien definidos: 1) potenciar la participación de las infraestructuras y equipos de investigación españoles en las tareas de obtención de datos espectroscópicos desde tierra complementarios a la misión, 2) coordinación de las tareas de desarrollo de nuevas herramientas para el tratamiento y explotación de los primeros datos que aportará el satélite, 3) la organización de escuelas y congresos europeos en territorio nacional, 4) la preparación conjunta de las tareas de divulgación científica antes y después del lanzamiento y 5) la participación de los equipos de investigación y centros de supercomputación españoles en las tareas de diseño y desarrollo del archivo de Gaia.

[2] `https://gaia.ub.edu/Twiki/bin/view/RecGaia/`

6. El potencial de Gaia para la divulgación científica

Gaia nos ofrece una visión holística de la astronomía. Por una parte observamos como la misión se cimienta en el principio básico de la paralaje trigonométrica, utilizado por primera vez en 1838 por Friedrich Bessel para determinar la distancia a la estrella 61 Cygni. Por otro, utiliza técnicas fundamentales de fotometría y espectroscopía para la determinación de edades, masas y composición química de las estrellas, un magnífico entorno para divulgar la física estelar. Pero Gaia va más allá. Este proyecto nos permite mejorar la escala de distancia del Universo, establecer el sistema fundamental de referencia, la distribución de materia oscura – si existe –, así como validar parámetros fundamentales de la relatividad general. Esta amplia cobertura es la que la proyecta esta misión como una de los proyectos de vanguardia astronómica y desarrollo tecnológico más idóneos y capacitados para la enseñanza y divulgación de la astronomía en las próximas décadas.

La Agencia Espacial Europea dispone en sus páginas web de diverso material didáctico, como son los Mini-libros de Gaia, traducidos a varios idiomas o la gran cantidad de material multimedia. En las páginas de la REG se puede encontrar el material elaborado por nuestros equipos españoles en el que destaca la exposición "Gaia: mil millones de ojos para mil millones de estrellas", con 6 ejemplares itinerando por centros de enseñanza, bibliotecas y universidades españolas. Con la publicación de los primeros datos de Gaia está previsto ofrecer nuevas aplicaciones aptas para todos los niveles educativos y de la astronomía amateur y profesional, herramientas que permitirán, entre otras, la visualización en 3D de regiones de formación estelar y cúmulos abiertos o la representación de curvas de luz de estrellas variables. El video reportaje "La misión Gaia: participación española", elaborado en España en 2013, explica al público general los aspectos científicos y técnicos de la misión.

Referencias

[1] Jordi, C., et al., "Gaia Broad Band Photometry", 2010, *Astron. Astrophys.* 523, 48.

[2] Torra, J. y equipo UB, "Gaia: the challenge begins", *Highlights of Spanish Astrophys.* VII, Proc. of the X Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA), 2013, p82.

[3] Czekaj, M., Robin, A., Figueras, F., et al. "The Besancon Galaxy model renewed", 2014, *Astron. Astrophys* (in press, arXiv:1402.3257).

[4] Robin, A., Luri, X., Reylé, C. et al., "Gaia Universe model snapshot. A statistical analysis of the expected contents of the Gaia catalogue", 2012, *Astron. Astrophys,* 543, 100

[5] Luri, X., Palmer, M., Arenou, F. et al., "Overview and stellar statistics of the expected Gaia catalogue using the Gaia Object Generator", *Astron. Astrophys*, 2014 (in press)

[6] Roca-Fábrega, S., Valenzuela, O., Figueras, F. et al., "On the galaxy spiral arms' nature as revealed by rotation frequencies", 2013, *MNRAS* 432, 2878
[7] Lukasz Wyrzykowski, "Photometric Science Alerts with Gaia", 2012, arXiv:1210.5007
[8] Torra, J. y equipo Gaia-España, "Gaia empieza su andadura", 2013, *Boletín de la SEA*, N. 27.

Astronomía: motor de la humanidad

Emilio J. Alfaro

Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC
emilio@iaa.es

Resumen. La astronomía es, quizá, la ciencia más antigua del mundo; la primera en organizarse como un cuerpo teórico y en producir catálogos sistemáticos de observaciones. Aunque, en un primer momento, su interpretación descansara más en una visión mágica del universo que en lo que hoy consideramos ciencia, la astronomía ha acompañado al hombre desde el principio de la humanidad, dejando constancia de sí misma en las primeras tablillas cuneiformes y participando como sujeto o predicado en las grandes revoluciones del pensamiento humano. Puede que no haya otra ciencia que tenga tanta responsabilidad en la visión que hoy en día tenemos de nuestra sociedad y de nosotros mismos. Os propongo un paseo histórico, guiados por estas ideas, y una reflexión sobre el papel del astrónomo en la sociedad actual.

Palabras clave: astronomía, ciencia, técnica, sociedad.

1. Introducción

La ciencia y la semántica mantienen una difícil relación. Por un lado los charlatanes utilizan el adjetivo «científico» para calificar cualquiera de sus rentables actividades con el encomiable ánimo de hacerlas aún más rentables, y, por otro, los agentes de evaluación y prospectiva, si esto existiera, tienden a subdividir la ciencia en cajas etiquetadas que según su docto criterio requieren diferentes tratamientos. Ciencia básica y ciencia aplicada estructuran esta primera clasificación. Si esto fuera solo toreo de salón la cosa no tendría más recorrido, pero esta clasificación incide directamente en la forma en que este último año se reparte el escaso dinero asignado a financiar los distintos proyectos presentados al Plan Estatal de I+D. En esta convocatoria se anunciaron dos programas: Programa Estatal de Excelencia (Proyectos I+D) y el Programa Estatal de Retos de la Sociedad (Retos-Investigación). De acuerdo con la convocatoria la astronomía solo podía estar representada en el Programa Estatal de Excelencia, pues no parecía responder a ninguno de los retos actuales de la sociedad española, al menos de los definidos por el Ministerio de Economía y Competitividad para los próximos años. Podemos ser excelentes pero, según el BOE, vivimos de espaldas a la sociedad. ¿Es esto así? ¿Es esto así ahora? ¿Lo ha sido siempre? ¿Es esta la imagen que tiene la sociedad de nuestro trabajo? ¿Es esta la imagen que tenemos nosotros mismos de nuestra ciencia? Una breve respuesta a estas preguntas encabeza este escrito: la astronomía es un motor de la humanidad y

un elemento indispensable del binomio cultura-sociedad. La sociedad y el conocimiento astronómico han ido de la mano desde el principio de la humanidad y en muchas ocasiones este último ha sido la vanguardia de revoluciones culturales y sociales que han conformado el devenir histórico de nuestra especie. En lo que sigue trataré de dar algunos argumentos que apoyan esta idea. Tiempo y Espacio, Ciencia y Técnica y La última frontera resumen los hitos que he seleccionado para pautar el fascinante camino del hombre hacia el conocimiento del universo y su influencia directa en el desarrollo económico, cultural y político de la sociedad.

2. Tiempo y Espacio

Una singularidad del ser humano en relación con otras especies animales es el sentido de trascendencia. Sabemos que somos individuos con un tiempo de vida limitado sobre la faz de la Tierra, lo que ha llevado a la creación de diferentes religiones, múltiples escuelas filosóficas y a intentar conocer con precisión nuestra posición en este mundo, a localizarnos en el espacio y el tiempo, a saber dónde y cuándo estamos. Como individuos este conocimiento puede ser vital para retrasar en lo posible el paso más transcendental, para sobrevivir en un mundo donde el conocimiento del dónde y el cuándo puede evitar que mi camino transcurra por el territorio de algún depredador letal o me alcance la noche sin el resguardo de un refugio seguro. Como sociedad la situación no es muy diferente, la formación y mantenimiento de los primeros imperios requirió la generación de mapas; el establecimiento de rutas comerciales tanto terrestres como marítimas; y un calendario que permitiera ordenar temporalmente los hechos más importantes de la vida política y económica de esa sociedad: el advenimiento y caída de las dinastías, las grandes guerras, la aparición del cometa, los tiempos de la siembra y recolección de los frutos, la llegada de las grandes lluvias o de las temibles sequías, la época de apareamiento y nacimiento del ganado, la crecida de los grandes ríos, etc. La observación de los movimientos celestes proporcionó las primeras respuestas a estas cuestiones. La concatenación del día y la noche, el movimiento lunar con sus bellas y enigmáticas fases, la variación de la duración del día y la pauta del movimiento solar tenían un comportamiento cíclico que permitió establecer tres períodos temporales diferentes, bien conocidos por todos: el día, el mes y el año. Distintas civilizaciones establecieron sus calendarios en función de estos ciclos dando más énfasis al movimiento de uno u otro astro. Las primeras sociedades organizadas confeccionaron sus calendarios sobre la base del período lunar, más fácil de determinar que el período solar anual. Sin embargo la necesidad de asociar un ciclo astronómico a las variaciones estacionales del clima propició el uso del calendario solar. Después de una primera etapa con calendario lunar Egipto adoptó el solar, así como Roma y, por herencia cultural, casi todo el occidente europeo. La Luna sigue rigiendo el calendario musulmán estableciendo el comienzo y final de sus principales fiestas religiosas, aunque antes de la Hégira los pueblos de la península arábiga ordenaran el paso del tiempo por los ciclos combinados del Sol y la Luna, calendario lunisolar [1] al igual que

lo hicieron los hebreos y los chinos. La fecha de la Pascua de Resurrección en la liturgia cristiana se basa todavía en una complicada danza lunisolar que puede recordarse como «el primer domingo después del primer plenilunio, después del equinoccio de primavera.» El hecho de que el período anual no sea múltiplo entero del mes lunar y ninguno, del día, ha complicado la instauración de un calendario único y duradero. Julio César al acceder al consulado encontró un calendario romano caótico y desajustado y abordó el problema estableciendo una nueva definición de año, el año juliano, que constaba de 365 días divididos en 12 meses de entre 29 y 31 días y un método de corrección de la fracción de día perdida cada año, que incluía un día adicional, en febrero, cada cuatro años, el año bisiesto. La verdadera duración del año no es de 365.25 días, como se estimaba en el siglo I AC, sino de 365d 5h 48m 46s, lo que hace que el año juliano sea 11m 14s más largo que el año solar, esto es unos 0.008 días más, de tal manera que gana 1 día cada 125 años. Como consecuencia, en el calendario juliano la fecha del equinoccio de primavera, punto de partida de la determinación de la fecha del Domingo de Pascua, se fue anticipando cada vez más, hasta que en el año 1582 tuvo lugar el 11 de marzo, en vez del día 21 como había sucedido en la época del Concilio de Nicea (año 325) donde se había regulado por primera vez el calendario eclesiástico. Este desajuste llevó al Papa Gregorio XIII, aconsejado por Roger Bacon y por el astrónomo jesuita Cristóbal Clavius, a ordenar que se corrigiera el calendario. A la cuenta de los días según el viejo calendario juliano se le suprimieron diez días, de modo que el día inmediato al 4 de octubre de 1582 sería el día 15 en vez del 5. Además, para evitar el desplazamiento futuro del equinoccio decretó ,que en lo sucesivo, en los años seculares o centurias sólo serían bisiestos aquellos cuyas centenas fueran divisibles por 4 (de esta manera, los años 1900 y 2100 no son bisiestos y sí lo son los años 2000 y 2400). Esta reforma, el calendario gregoriano, se adoptó inmediatamente por todos los países católicos, pero la iglesia griega y la mayor parte de las naciones protestantes rehusaron reconocer la autoridad del Papa. Aunque modificaron el calendario civil en años posteriores no sucedió lo mismo con el religioso. Si el establecimiento de escalas temporales basadas en los ciclos astronómicos ha suscitado tanta controversia llegando incluso a intervenir en la política de las naciones y a utilizarse como arma ideológica en las banderías religiosas, la importancia del dónde no le va a la zaga y la respuesta también vino de los cielos. Los primeros mapas terrestres estaban basados en la posición relativa de accidentes geográficos donde la distancia entre unos y otros se medía por los pasos de hombres y bestias de las caravanas que recorrían las rutas comerciales. La navegación marítima implica otro tipo de conocimiento. Salvo en las travesías de bajura donde los accidentes costeros sirven como puntos de referencia, el mar se convierte en un desierto cuyos únicos hitos vienen dados por la posición de los astros en la esfera celeste: el Sol durante el día y las estrellas en la noche. La posición de un punto sobre la esfera terrestre se fija por dos ángulos: latitud y longitud, medidos respecto a dos círculos máximos: el ecuador y un meridiano de referencia. El hecho de que la bóveda celeste parezca girar alrededor de un eje, uno de cuyos anclajes puede asociarse a la posición de una estrella, permitió establecer una dirección

de referencia y la medida de la latitud terrestre. La estrella Polar nos señala el Norte y el ángulo entre este objeto y el horizonte local nos permite el cálculo de la latitud. De día, la altura máxima del Sol respecto al horizonte, junto con la fecha, nos proporciona la misma información. Ya tenemos la primera coordenada, pero ¿qué pasa con la longitud? La medida de la longitud, la búsqueda del mejor procedimiento para estimar este ángulo, representa una de la mayores aventuras del pensamiento humano y el establecimiento del primer programa científico internacional patrocinado por los Estados. La intensa búsqueda de una solución al problema de la longitud llevó cuatro siglos, implicó a los científicos más granados de diferentes épocas y a las testas coronadas de las principales dinastías europeas. También condujo a la fundación de nuevos observatorios y a otros descubrimientos científicos que cambiaron nuestra visión del universo, entre ellos: las primeras mediciones precisas de la masa de la Tierra, la distancia a las estrellas y la velocidad de la luz. La respuesta vino de una simbiosis de saberes que lleva muchos siglos funcionando: ciencia y técnica. John Harrison, relojero inglés, diseñó un reloj de precisión que permitía llevar la hora exacta desde el puerto de origen hasta cualquier rincón remoto del planeta. La solución al problema de la longitud basada en conocer en todo momento la hora correspondiente al meridiano del puerto de salida no era nueva, y sus fundamentos teóricos ya habían sido postulados, entre otros, por Galileo Galilei, pero la tecnología para poder medir el tiempo con la precisión requerida, en las condiciones tan variables y difíciles de una travesía marítima, solo se consiguió en 1759 con el cronómetro H-4 construido por un genio de la mecánica dotado de una voluntad de hierro [2]. La navegación se hizo más segura y los observatorios astronómicos se encargaron de la edición anual de los almanaques náuticos que facilitaban los datos necesarios para la determinación de las posiciones y rumbos de esa riqueza flotante que representaba la marina mercante de los países europeos. Desde 1792 el Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando sigue publicando el almanaque náutico, aunque hoy sea más bien un elemento didáctico para la formación de futuros marinos que la herramienta imprescindible que fue hasta que los satélites y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas inglesas) lo relegaran al papel de una curiosidad histórica. Sin embargo la trama de los cielos sigue dirigiendo el rumbo de otras naves. Nuestros satélites artificiales y cohetes espaciales utilizan los mapas estelares para determinar su posición y trazar su derrota. Los horizontes se han alejado pero el conocimiento de los cielos sigue siendo la mejor garantía para llegar a buen puerto. Hasta ahora nos hemos referido a cuestiones de índole práctica, a cómo la astronomía ha contribuido a la navegación marítima y espacial, y a la influencia de estos descubrimientos sobre aspectos económicos, culturales y políticos de la sociedad. Pero la astronomía no sólo nos ha proporcionado una manera de conocer dónde y cuándo, de medir ángulos sobre la superficie de la Tierra o posicionar naves en el espacio exterior, sino también una respuesta científica a la propia naturaleza del espacio y el tiempo que pasan entonces de ser una abstracción de la conciencia, una mera convención lingüística, a una realidad objetiva. Las propiedades del espacio-tiempo se entrelazan con la masa para darnos la visión más completa,

hasta el momento, de cómo se formó y cómo evoluciona nuestro universo [3]. Nos hemos interrogado sobre nuestros orígenes y hemos sido capaces de darnos unas respuestas siguiendo el método científico, uniendo ciencia y técnica, y liderando la vanguardia del pensamiento en las grandes revoluciones intelectuales que han jalonado la historia de la humanidad.

3. Ciencia y Técnica

La medida de ángulos, tiempos e intensidades lumínicas fue el principal objetivo de la observación astronómica hasta la primera mitad del siglo XIX. En 1860 los trabajos de Bunsen y Kirchhoff establecieron las leyes empíricas de la espectroscopía y nos llevaron a la primera teoría de la interacción materia-radiación dando lugar al nacimiento de la astrofísica. Hasta entonces muchas cuestiones nos estaban vetadas, podíamos preguntarnos acerca del movimiento de los astros, calcular posiciones y tiempos y medir variaciones de brillo de objetos celestes, pero la verdadera naturaleza de estos objetos, sus constituyentes principales y sus propiedades físicas intrínsecas eran arcanos que no habían encontrado aún su sibila. El programa científico de la astrofísica se centró entonces en el análisis de la luz en sus diferentes colores, en cómo se distribuye la radiación electromagnética emitida por los objetos celestes en función de su energía (el espectro), en estudiar los espectros de los astros y deducir, por primera vez, su temperatura, densidad, composición química, y otras variables indicativas de los procesos físicos que están ocurriendo en su interior. La luz emitida por estos objetos y recibida por nuestros receptores contiene un mensaje cifrado que tenemos que desentrañar. Este programa científico enunciado de forma tan breve implica dos grandes desarrollos; por un lado necesitamos conocer «todo» el mensaje, es decir, queremos saber la intensidad de la radiación en todo el rango de longitudes de onda de la luz, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio y, por otro, necesitamos los mejores códigos de interpretación que nos permitan desvelar el mensaje de los cielos. El desarrollo de antenas (telescopios + detectores), y el casi continuo avance de la física son los motores básicos del progreso de la astrofísica, y la historia de la astronomía puede estructurarse en torno a la evolución de estos dos elementos básicos. Las antenas utilizadas por el hombre para escrutar los cielos han variado con el tiempo pero debemos distinguir entre los avances realizados en la evolución de la óptica y de los detectores. En la tabla 1 hemos esquematizado el desarrollo histórico de ambos componentes. Es un guion corto donde faltan numerosos e importantes detalles técnicos pero incluye la mayoría de los grandes hitos en el desarrollo de las antenas astronómicas. Hasta principios del siglo XVII el único sistema óptico utilizado por el hombre para estudiar los cielos fue el ojo. El iris, la córnea, el cristalino y el globo ocular forman un sistema óptico de gran adaptabilidad, y la retina, aunque limitada al rango de colores que forman el arco iris, es un estupendo detector con un amplio rango dinámico que nos permite ver objetos a contraluz y disfrutar de la Vía Láctea en las noches sin luna. Sin embargo, desde un punto de vista astronómico, el ojo presenta algunos inconvenientes: el tiempo de exposición no supera la décima

de segundo y nadie excepto el observador puede «ver» la imagen formada en su retina. Así, el hombre solo alcanza a ver las estrellas de la sexta magnitud, y solo puede compartir sus observaciones una vez estas han sido transformadas y elaboradas por su cerebro. La introducción del telescopio como instrumento astronómico desveló una nueva imagen de los cielos que ayudó a la consolidación del modelo copernicano y propició el desarrollo de la astronomía en los siglos posteriores. Pero solo a principio del siglo XX con la aparición de las teorías (restringida y general) de la relatividad y la mecánica cuántica, -el nacimiento de la Nueva Física-, la combinación ciencia-técnica aceleró el desarrollo de la astrofísica modificando la escala de distancias del universo y revolucionando la percepción que tenemos de nosotros mismos y de nuestra posición en el cosmos. Una segunda revolución tuvo lugar después de la segunda guerra mundial. El nacimiento de la exploración espacial permitió colocar los telescopios fuera de la atmósfera y acceder a todo el rango espectral, y la explosión de la física de estado sólido propició la fabricación de ordenadores cada vez más potentes y portátiles, y el desarrollo de nuevos detectores capaces de colectar la luz en todas sus longitudes de onda. El mensaje se recibía cada vez más completo y teníamos mejores herramientas para descifrarlo.

Telescopios (Sistema Óptico)	Detectores
El ojo humano	El ojo humano (retina)
El telescopio óptico (Siglo XVII)	Placa fotográfica (desde los 40 del XIX)
El radiotelescopio (desde ~1930)	Fotómetro fotoeléctrico (desde ~1910)
Telescopios espaciales (desde ~1970	Detectores radio (desde ~1930)
Interferómetros (desde ~1970)	Otras longitudes de onda (desde ~1960)
Telescopios segmentados (desde ~1990)	Detectores lineales, CCD (desde ~1970)

Tabla 1. Principales hitos en el desarrollo de telescopios y detectores.

El ideal de la observación astronómica puede resumirse en una suerte de lema olímpico: «más sensibilidad, más resolución espectral, más resolución espacial y temporal, más campo de visión, más rango dinámico y más rango espectral». La solución más simple pasa por poner telescopios cada vez más grandes en órbita, pero el coste de este programa, llevado a sus últimas consecuencias, no es asumible por ningún país, ni tan siquiera por grandes consorcios estatales. El precio de poner una carga útil en el espacio aumenta exponencialmente con su peso. Sin embargo este desiderátum astronómico es uno de los motores más activos del desarrollo tecnológico y una fuente de riqueza para el país que lidere o participe en esta empresa. Óptica, mecánica, electrónica, informática, criogenia, aeronáutica y un largo etc. de materias necesitan llevarse a la frontera del conocimiento para aportar soluciones que permitan alcanzar los objetivos propuestos sin llevar a la sociedad a la bancarrota. Numerosas técnicas y herramientas de uso común se han diseñado primeramente para volar en un cohete espacial y, por citar un ejemplo, las técnicas médicas de diagnóstico por la imagen se asientan sobre los códigos de reducción de imágenes astronómicas. En los últimos

treinta años la astronomía española ha pasado de ser una pura anécdota, con escasos centros, y escasamente financiados, que proporcionaban un servicio básico a la sociedad, como la hora oficial, la confección de mapas, la publicación del almanaque náutico, etc., a formar parte del selecto club de países con mayor producción (el 8º) y mayor impacto mundial (el 10º) en astronomía. Este rápido desarrollo vino propiciado por la instalación en España de dos grandes observatorios internacionales, Roque de los Muchachos en las Islas Canarias y Calar Alto en Almería, la creación de dos institutos astronómicos IAC e IAA encargados de su explotación, y una política científica diseñada y desarrollada por gobiernos democráticos que si no era completamente satisfactoria al menos no era perniciosa. El diseño y construcción de GTC (Gran Telescopio Canarias) en el Roque de los Muchachos, la entrada de España en el consorcio del Observatorio Europeo Austral (ESO por sus siglas inglesas), la firma de un convenio hispano-alemán para repartir la propiedad y la gestión del observatorio de Calar Alto entre ambos países, y la propia creación de la RIA (Red de Infraestructuras Astronómicas españolas) con el ánimo de coordinar la inversión española en este tipo de infraestructuras, son claros ejemplos de una forma de actuar que nos ha llevado a la situación que gozábamos hasta hace un par de años y que ha dado lugar a un pequeño pero prometedor parque empresarial de alto contenido tecnológico muy bien colocado para abordar mayores empresas. Sin embargo, la política que se está llevando a cabo actualmente con las instalaciones telescópicas de participación española es, cuando menos, errática. Todavía no sabemos a ciencia cierta si seremos parte del consorcio que construirá y explotará el E-ELT (siglas inglesas del Telescopio Europeo Extremadamente Grande), la financiación requerida para mantener al GTC en funcionamiento y con el desarrollo instrumental previsto sufre continuos sobresaltos, y del Observatorio de Calar Alto estamos próximos a decir aquello de, «entre todos lo mataron y él solo se murió.» Parece que cuando algo funciona bien en España es el momento de hundirlo y volver a empezar. Y lo peor es que este sinsentido, este tormento de Sísifo, no está fundado en ningún argumento científico o económico salvo el simplista *mantra* de «no tenemos dinero y hay que recortar.» No sé a qué dioses hemos ofendido. La inversión en instrumentación astronómica, sea terrestre o espacial, genera una ganancia positiva en al menos cuatro aspectos bien diferenciados: una ganancia científica con el acceso a tiempo de observación con instrumentación singular capaz de producir ciencia de vanguardia; una ganancia económica con la contratación de empresas españolas de alta tecnología y sus accesorias; una ganancia industrial basada en el desarrollo de nuevas técnicas y patentes de aplicación directa a la sociedad y su tejido empresarial y, por último, una ganancia política, más intangible pero no menos cierta que las anteriores, que tiene algo que ver con la valoración de nuestro país por la comunidad internacional y su peso específico en los centros de toma de decisiones. En las últimas décadas, España ha trabajado para ser el Observatorio de Europa, ha instalado nuevos telescopios, diseñado y construido una sofisticada instrumentación astronómica y generado un plantel de astrónomos altamente cualificados que están haciendo

astronomía de vanguardia, y este trabajo ha revertido en la sociedad española a través de los cuatro aspectos mencionados anteriormente.

4. La última frontera

El conocimiento astronómico, la teoría de la evolución estelar, pone una cota superior al tiempo de vida de nuestro planeta; como máximo le quedan unos cinco mil millones de años. En ese momento el Sol agotará el hidrógeno central y comenzará a quemar helio, dando lugar a una inestabilidad interna que producirá una disminución de la temperatura en la superficie de la estrella y un aumento considerable de su radio, que llegará hasta más allá de la órbita de Marte. La tierra será una pavesa devorada por un gran incendio y el Sol será una gigante roja. Desconozco si en ese tiempo la especie humana habrá desaparecido del planeta, o si nuestra civilización habrá perecido enterrada en basura, o si esa hecatombe dará lugar al nacimiento de otra civilización con una mayor responsabilidad ética y el conocimiento suficiente como para ofrecer a sus ciudadanos una vida plena y pacífica en la Tierra. No puedo ni quiero adivinar el futuro ni tan siquiera hacer ciencia-ficción. Existen innumerables obras literarias donde se plantea el fin del mundo y la necesidad de salir huyendo para encontrar refugio en otros planetas, estén o no previamente habitados. El autor de una de estas obras recibió el premio Nobel de Literatura en 1974. Harry Martinson escribió en 1956 un poema épico en 103 cantos donde relata el viaje desesperado de un grupo de seres humanos hacia Marte. En este caso la Tierra había quedado inhabitable por una guerra nuclear y Aniara[1] [4], la nave, vaga sin rumbo por el espacio interplanetario en una clara metáfora de la propia humanidad. Martinson era sueco y acabó suicidándose, pero hasta un alegre y confiado latino se da cuenta de la necesidad de tener un plan. Dos son los objetivos primarios de un programa básico de supervivencia: la búsqueda de un hábitat en el cosmos y la manera de llegar a él con el número suficiente de individuos como para asegurar la perpetuación de la especie. La existencia de planetas que orbitan otros soles no fue definitivamente establecida hasta 1995 cuando Michel Mayor y Didier Queloz detectaron variaciones en la velocidad radial de la estrella 51 Pegasi, cuya mejor interpretación pasaba por la presencia de un cuerpo menor, con una masa muy inferior a la de una estrella, que giraba alrededor del centro de masas del sistema. Se lo llamó 51 Pegasi b siguiendo una nomenclatura similar a la de los sistemas binarios. Así dio comienzo una frenética carrera en busca de planetas en otros soles que casi 20 años después ha producido un catálogo con unos dos mil objetos. Existen varios métodos de búsqueda de exoplanetas, pero casi todos ellos están sesgados hacia la detección de gigantes gaseosos similares a Júpiter. Hoy en día, los datos obtenidos nos hacen pensar que la mayoría de las estrellas han poseído en algún momento un sistema planetario y que una gran proporción de ellos ha sobrevivido hasta el presente. No resulta difícil pensar

[1] Próximamente se publicará una traducción española de la obra original.

que, puestos a mudarnos de casa, queramos que la nueva se parezca a la de nuestra infancia, que busquemos un paisaje similar al que conocemos. La diana es un planeta rocoso con agua líquida en la superficie, una órbita poco excéntrica que no genere grandes variaciones de temperatura a lo largo del año, una atmósfera con el oxígeno suficiente y suficientemente diluido para que podamos respirar sin entrar en combustión y, a ser posible, una luna que ayude a estabilizar la dinámica del sistema. Hay exoplanetas, muy pocos, que presentan alguna de estas características, pero no hemos encontrado todavía la Tierra Prometida. Ese es el gran objetivo de la astronomía planetaria para la próxima década y el IAA no es ajeno a este programa de investigación. La caracterización de la atmósfera terrestre y la búsqueda de huellas de nuestra atmósfera en los espectros de exoplanetas resumen los objetivos específicos de nuestra participación en esta aventura. El espectrógrafo CARMENES se ha diseñado con este fin y el telescopio de 3.5 m en el Observatorio de Calar Alto es el colector ideal para su instalación, esta combinación representa un hito tecnológico único (o, al menos, será único por unos cuantos años) para la consecución de estos objetivos, y el éxito del proyecto está asegurado si la incompetencia de algunos gestores y la desidia de todos no lo manda al traste. ¿Cómo llegar hasta el planeta soñado? El 13 de septiembre de 2013, la NASA informó de que la nave Voyager I se encontraba a 19,000 millones de km del sol, unas seis veces la órbita de Neptuno. Ya ha dejado atrás la heliosfera y se ha sumergido en el espacio interestelar y es el objeto creado por el hombre que más se ha alejado de la Tierra. Su velocidad actual es de 17 km/s, superior a la velocidad de escape del sistema solar, lo que indica que ya no volverá a las regiones internas de nuestro sistema planetario. La estrella más cercana al Sol se encuentra situada a 4.3 años luz, forma parte de un sistema triple una de cuyas componentes tiene, al menos, un planeta en órbita. Si suponemos que este planeta cumple las condiciones requeridas para ser nuestro nuevo hogar (el hecho de pertenecer a un sistema triple lo podría invalidar), tardaríamos unos 75,000 años en llegar a él con la velocidad de la nave Voyager I. Resulta evidente que los actuales sistemas de propulsión no proporcionan una solución válida al problema de los viajes interestelares. Los veleros espaciales impulsados por el viento solar parecen ser la mejor propuesta para movernos por el sistema planetario, pero cómo saltar del sistema solar a otras estrellas es el gran reto y varias agencias espaciales ya tienen programas de investigación activos para intentar dar a este problema una respuesta viable que permita diseminar la especie humana por el universo y salvarla de su desaparición.

5. Conclusión

La historia de la astronomía nos ha dejado numerosos ejemplos de su papel como motor intelectual, económico y político de la sociedad. Los cielos han sido siempre la última frontera del hombre y su contemplación, estudio y conquista es consustancial a la naturaleza humana. En casi todas las provincias españolas hay al menos una sociedad astronómica no profesional que, con ilusión y trabajo, mantiene la llama sagrada. No hay ninguna otra materia científica que tenga un

sustrato social tan extenso y bien organizado como la astronomía, prueba de ello es la celebración misma de este congreso. En España, el desarrollo de la astronomía ha estado lleno de sobresaltos y ha alternado épocas de esplendor con otras de decadencia asociadas a la propia historia de la nación. Hasta ahora hemos vivido uno de los períodos más fértiles de la ciencia española, donde la astronomía ha brillado con luz propia. Hay que seguir trabajando para que la llama no se apague y nuestra ciencia siga liderando el desarrollo científico del país. El 24 de julio de 2009 (Año Internacional de la astronomía) *The Guardian* publicó un editorial titulado «Elogio de los astrónomos», que finalizaba diciendo: «Los astrónomos del mundo compiten, cooperan y dialogan entre sí; forman una comunidad global en el sentido más amplio del término y les debemos nuestra comprensión del espacio y del tiempo, de la luz, de la masa, y de la gravedad; en una palabra, todo.» Solo espero que nos hagamos merecedores de este legado.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Carmen Montes, Pepe Vílchez y Enrique Pérez la lectura del manuscrito y sus amigables y acertadas sugerencias, y a los responsables del congreso su invitación a participar en el mismo.

Referencias

[1] David Ewing Duncan, "El Calendario", traducción de María Luz García de la Hoz, 1999, *Editorial Emecé.*

[2] Dava Sobel, "Longitud", traducción de Flora Casas, 1995, *Editorial Anagrama.*

[3] Shahen Hacyan, "Relatividad para principiantes", 2012, *Fondo de Cultura Económica de España*, 3º Edición.

[4] Harry Martinson, "Aniara: An Epic Science Fiction Poem", traducción al inglés de Stephen Klass y Leif Sjöberg, 1998, *Story Line Press.*

Parte II

Investigación Pro-Am: Campos Estelares y Sistema Solar

El listado DOOD de Cielo Profundo
Listado De Otros Objetos Destacables de Cielo Profundo

Joan Manuel Bullón i Lahuerta

Observatorio Astronómico y Meteorológico La Cambra, Aras de los Olmos (Valencia)
cronica_eclipses@yahoo.es

Resumen. La observación de cielo profundo es una de las actividades clásicas de los astrónomos de todos los tiempos, aunque la contaminación lumínica nos limita todo aquello que nos facilitaría enormemente la tecnología con la incorporación de telescopios y monturas automatizadas. Los catálogos por excelencia donde se engloban los diversos objetos de cielo profundo son NGC e IC y como no Messier y Caldwell de entre otros. Saber qué poder observar en cada constelación, es el objetivo de esta ponencia.

Palabras clave: Listado DOOD. Catálogo Messier. Catálogo Caldwell.

1. Introducción

Desde hace más de cinco años, realizo un estudio sistemático de los objetos que se pueden observar por las 88 constelaciones de la bóveda celeste. Para ello empleo un telescopio base de referencia, tipo reflector Newton de 30 cm de abertura y 1500 mm de distancia focal, que me permite captar objetos muy débiles y detallados en 50' de campo aparente, bajo un cielo oscuro en Aras de los Olmos (Valencia), donde a menudo obtengo valores de Magnitud/arcseg^2 próximos a 21.5 en el cenit. También he incorporado para grandes campos un pequeño refractor apocromático (cuatriplete) en paralelo de 65 mm de abertura y 420 mm de distancia focal que me permite abarcar un campo de más de 2° de campo fotográfico. Comencé a visualizar objetos y posteriormente a incorporar una cámara digital modificada sin filtro de infrarrojos, de manera que pudiera utilizar la cámara de fotos como si fuera un ocular más, prescindiendo del clásico dibujo en un parte de observación y diseñando toda una hoja de observación fotográfica con su valoración visual, desembocando a posteriori en una ficha fotográfica. Fue el Catálogo Messier el primero que fotografié y edité gracias a la Agrupación Astronómica de La Safor, Gandia (Valencia) inspirado en el Maratón Messier. Con el paso del tiempo, he comprobado que en la mayoría de campos de observaciones populares, tendemos a observar los mismos objetos basados a menudo en el Catálogo Messier, por lo que decidí ver la posibilidad de contemplar otros objetos destacables en las diferentes constelaciones, llegando a listar todos aquellos objetos catalogados en las bases de datos de los teclados "Go To" que comercialmente existen, siendo los Catálogos NGC e IC una fuente de información muy valiosa, incluso catálogos recientes como el Caldwell. El Catálogo

Caldwell con 109 objetos es un desafío para todo astrónomo novel, pues también incluye objetos solo fotográficos, por lo que sumar la observación de los catálogos Messier y el Caldwell ya nos hace adquirir un buen bagaje observacional para comenzar. Sin embargo, cuando rastreamos las constelaciones y comienzas a utilizar diversos catálogos, como el NGC, IC, Collinder, Dolidze, King, Stick, Trumpler, etc, te das cuenta que existen muchos objetos que pasan desapercibidos por desconocer su existencia, es por ello, que en el presente documento, justifico la posibilidad de obtener un listado de Otros Objetos Destacables de Cielo Profundo, de ahí el título "El listado DOOD de Cielo Profundo".

2. El Listado DOOD de Cielo Profundo

Se trata de una compilación de más de 1500 objetos fácilmente fotografiables con medios no profesionales, de ellos, al menos 500 son visibles con cualquier óptica, de ahí la importancia que cobran a la hora de divulgar lo que podemos observar y fotografiar en cada constelación, sumándose a los objetos Messier y Caldwell, disfrutando de las maravillas del cielo, englobadas en galaxias de morfología diversa, nebulosas de emisión, planetarias, remanentes de supernovas, cúmulos abiertos o globulares, etc. En realidad, cada constelación es un pequeño atlas donde se dan cita buena parte de los objetos indicados, así como multitud de interesantes estrellas dobles, múltiples o variables que no son objeto de este trabajo. Así, reitero que el listado DOOD no es un catálogo, es un complemento a los ya existentes, convirtiéndose en una herramienta donde dar conocimiento de todo lo que podemos observar con instrumentos de modestas aberturas. Insisto de nuevo, en que muchos objetos del listado DOOD son sólo fotográficos, como sucede con algunos del Catálogo Caldwell.

3. Propuesta de colaboración

A diferencia de los catálogos existentes que suelen ser cerrados, el listado DOOD tiene vocación de actualizarse cada año mediante la incorporación de observaciones visuales y fotográficas hasta cerrar la numeración cuando ya no haya nuevas entradas de objetos destacables. Las fotografías suelen tener mucho éxito, pues la mayoría de objetos son brillantes, hasta la 13ª magnitud. Sin embargo, la captación visual es más relativa y difícil, pues dependerá del instrumental empleado, la calidad del cielo y muchas veces de la percepción del observador. Se facilita a continuación una ficha en blanco, así como un tipo de ficha fotográfica y otra visual para quienes deseen aportar observaciones con fotografías incorporadas (figura 1). Las instrucciones de cómo cumplimentar las fichas pueden leerse en la sección 5. En las figuras 2 y 3 tenemos las dos fichas cumplimentadas para que puedan servir de ejemplo. Se aporta una página de las 60 actuales del Listado DOOD, disponible en mi correo. Apreciaremos algunos de los objetos seleccionados con sus características principales (figura 4).

Figura 1.

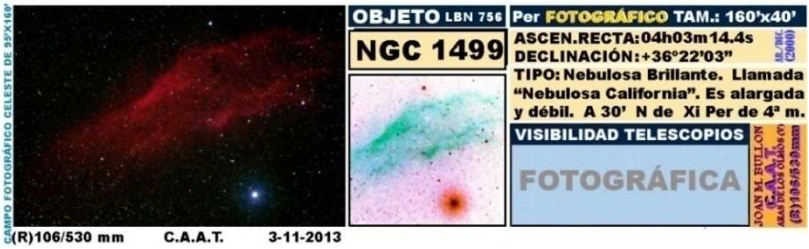


Figura 2.

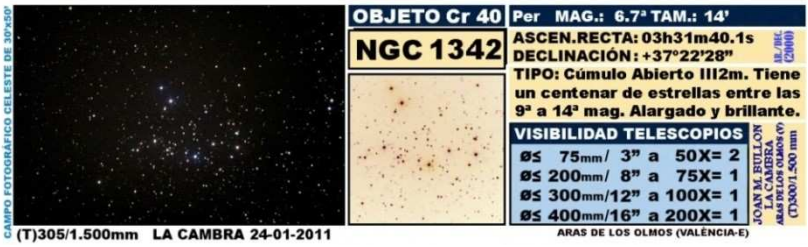


Figura 3.

4. Conclusiones

A medida que el listado DOOD se vaya revisando gracias a las colaboraciones, irá aumentando éste en cantidad de objetos e incluso en valoración de la calidad de vistosidad, sobre todo a nivel fotográfico, aunque el esfuerzo visual debe de ser prioritario a fin de asegurar un contenido importante de objetos al alcance de todos los telescopios. También debemos de sembrar conciencia de que si contaminamos los cielos con un alumbrado público inadecuado, impediremos el disfrute de poder observar la mayoría de los objetos que aparecen en el listado DOOD, incluso de los catálogos Messier y Caldwell, pues no olvidemos, que Messier pudo observar desde el centro de París en el siglo XVIII cuando no existía la contaminación lumínica. Visualizar y fotografiar el cielo profundo es todo un arte, pero debemos estar bien informados de todo lo que hay en cada constelación. La península ibérica y sobre todo las islas Canarias, son un lugar privilegiado

►OBJETO	TIPO DE OBJETO	A. RECTA	DECLI.	TAMAÑO	LISTADOS, NOMBRE Y NOTAS	MAG.	CONSTE.
NGC 2867	Nebulosa Planet.	09h21.4m	-58°19'	12.0"	►CALDWELL 90	9.7	Carina
NGC 3059	Galaxia Esp. Ba.	09h50.2m	-73°55'	3.6'x3.2'	DOOD 110	11.1	Carina
NGC 3114	Cúmulo Abierto	10h02.7m	-60°07'	35.0'	DOOD 111	4.2	Carina
NGC 3136	Galaxia Elíptica	10h05.8m	-67°23'	3.1'x2.1'	DOOD 112	10.7	Carina
IC 2553	Nebulosa Planet.	10h09.4m	-62°37'	9.0"	DOOD 113	10.3	Carina
NGC 3199	Nebulosa	10h17.1m	-57°55'	20.0'x15.0'	DOOD 114: Creciente Austral	foto	Carina
NGC 3211	Nebulosa Planet.	10h17.8m	-62°40'	19.0"	DOOD 115 = PK286-4.1	10.7	Carina
NGC 3247	Cúmulo nebular	10h24.0m	-57°45'	1.1'	DOOD 116: Junto a IC 2581	10.5	Carina
IC 2581	Cúmulo Abierto	10h27.5m	-57°38'	5.0'	DOOD 117: Junto a NGC 3247	4.3	Carina
NGC 3293	Cúmulo Abierto	10h35.8m	-58°14'	4.7'	DOOD 118: Gema	4.7	Carina
NGC 3324	Cúmulo nebular	10h37.3m	-58°40'	5.0'	DOOD 119: También IC 2599	6.7	Carina
IC 2602	Cúmulo Abierto	10h42.9m	-64°24'	100.0'	►C 102: Pléyades del Sur	1.6	Carina
NGC 3372	Nebulosa	10h43.8m	-59°52'	120.0'	►CALDWELL 92: ε Carinae	foto	Carina
Collinder 228	Cúmulo Abierto	10h44.0m	-60°05'	4.4'	DOOD 120	4.7	Carina
Trumpler 15	Cúmulo Abierto	10h44.7m	-59°21'	15.0'	DOOD 121: Octopus cluster	7.0	Carina
Trumpler 16	Cúmulo Abierto	10h45.2m	-59°43'	10.0'	DOOD 122	5.0	Carina
Bochum 11	Cúmulo Abierto	10h47.2m	-60°06'	22.0'	DOOD 123	7.9	Carina
Trumpler 17	Cúmulo Abierto	10h56.4m	-59°12'	8.4'	DOOD 124	8.4	Carina
Bochum 12	Cúmulo Abierto	10h57.3m	-61°44'	10.0'	DOOD 125	9.7	Carina
NGC 3503	Cúmulo nebular	11h01.3m	-59°51'	3.0'	DOOD 126: Próximo a N3532	9.4	Carina
NGC 3532	Cúmulo nebular	11h06.4m	-58°40'	55.0'	►C91: Fiesta de la Luciérnaga	3.0	Carina
N 3576-86	Nebulosa	11h12.1m	-61°18'	20.0'x15.0'	DOOD 127: N3579, 3582, 3584	foto	Carina
Collinder 240	Cúmulo Abierto	11h11.7m	-60°19'	32.0'	DOOD 128	3.9	Carina
NGC 3603	Cúmulo Abierto	11h15.1m	-61°15'	4.0'	DOOD 129	9.1	Carina
IC 2714	Cúmulo Abierto	11h17.3m	-62°43'	15.0'	DOOD 130	8.2	Carina
NGC 7635	Nebulosa	23h20.7m	+61°12'	15.0'	►C 11: Nebulosa Burbuja	foto	Cassiopeia
NGC 7654	Cúmulo Abierto	23h24.2m	+61°35'	13.0'	►M 52: Sal y Pimienta	6.9	Cassiopeia

RECOPILACIÓN DE OBJETOS DE CIELO PROFUNDO. OBSERVATORIO LA CAMBRA. AÑO 2014 Página 7

Figura 4.

para observar la mayor parte de la bóveda celeste. Bajo el horizonte quedan unas cuantas constelaciones que no podemos ver desde nuestras latitudes, por lo que una expedición en el 2015 a Chile, nos permitirá poder fotografiar las constelaciones australes y así poder terminar de fotografiar y visualizar el listado DOOD, de ahí su valoración global para toda la bóveda celeste y sus observadores.

Figura 5. Observatorio La Cambra en Aras de los Olmos (Valencia) a 950 m de altitud en uno de los cielos más oscuros de la península ibérica, donde Joanma Bullón realiza desde hace años el seguimiento de los objetos de cielo profundo, desarrollando el Listado DOOD. Fotografía realizada por Jordi Lopesino para la revista AstronomíA en su nº 130 de abril de 2010.

5. Anexo I: cumplimentación de las fichas de cielo profundo

El listado DOOD se ha estructurado a través de las 88 constelaciones oficiales de la bóveda celeste, de manera que podamos saber lo mejor para observar en cada una de las constelaciones del firmamento identificadas por su número y siglas, aunque con el inconveniente de no estar ordenados por ascensión recta al cambiar de constelación. Todo ello mediante fotos obtenidas con telescopios al alcance del observador medio y dando una valoración de cómo se puede ver cada

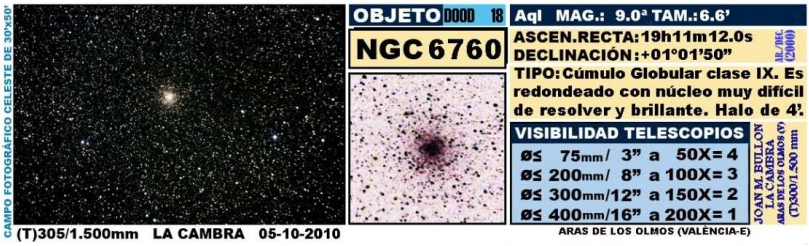


Figura 6.

objeto según la abertura utilizada entre los 75 y los 400 mm, así como del aumento y calidad de los oculares, por supuesto dependiendo también de la época del año y la hora. No hay que olvidar de apuntar los datos en la correspondiente libreta de anotaciones. El contenido de las fichas individuales es muy escueto: en la mitad izquierda, la foto del campo de observación celeste obtenida al foco directo del telescopio y equivalente a una visión a poco aumento con ocular de gran campo, en este caso fotografiado con cámara digital, con pies de fotos que hacen referencia al telescopio u objetivo empleado y el lugar con la fecha de obtención de las fotos. En el medio tenemos la identificación del OBJETO, tomando como base de datos el popular N.G.C. (siglas del "New General Catalogue" en Inglés) y anotaciones cuando procede, de los catálogos Messier, Caldwell e incluso del listado DOOD. Se hace destacar su vista en detalle (invertido y ampliado) para resaltar de cómo lo podríamos dibujar a gran aumento y en el tercio derecha sus características como la magnitud y el tamaño (aspectos estos muy importantes para hacernos una idea aproximada del resultado fotográfico previsible, incluso visualmente), además se dan las coordenadas de ubicación en la bóveda celeste mediante su ASCENSIÓN RECTA y DECLINACIÓN, necesario para los objetos que no estén en la base de datos del telescopio o del ordenador, aunque hoy en día, con los telescopios equipados de sistemas de localización automática, sólo es necesario saber el número de identificación del objeto en alguno de los catálogos más usuales: NGC, Messier, Caldwell, IC, etc. Finalizan las fichas con una somera descripción en el apartado TIPO y por último la valoración de su visión en VISIBILIDAD TELESCOPIOS según abertura y suponiendo que estemos bajo un cielo sin polución lumínica con una magnitud límite estelar (MALE) próxima a la 6ª, como en las zonas alejadas de los cascos urbanos. Siendo esta valoración en orden inverso y subjetiva, es decir 1= MUY BUENA y 5= INVISIBLE, aunque en este último caso lo captemos perfectamente mediante fotografía con el mismo telescopio. Para aquellos objetos de visión excepcional y que ya son fácilmente observables con pequeñas ópticas (prismáticos, catalejos, etc.), les he otorgado la distinción de E= EXCELENTE, aspecto este muy provechoso de cara a saber que objetos mostrar con mayor facilidad. Para aquellos objetos que sólo se pueden registrar fotográficamente o filtros de alto contraste como los UHC, O III, etcétera, se acompaña una ficha similar pero sin indicación de visibilidad. Es conveniente orientar las imágenes con el norte hacia arriba y el este a la izquierda. La planificación de la observación deberá contemplar la posibilidad

de observar las constelaciones cuando atraviesen el meridiano central o de medio día, es decir, en su mayor altura con respecto a nuestro horizonte sur. ¡Leer el decálogo del siguiente anexo!

6. Anexo II: decálogo de obtención de un astrofotografía

1. Puesta a punto del instrumental a utilizar: orientar la montura ecuatorial al norte, instalar telescopio y cámara de foto, etc., tener en orden la maleta fotográfica con sus accesorios, libreta de anotaciones, toma de luz de red o batería. Puede ayudarnos tener un listado recor-datorio del material a utilizar, a fin de no olvidar nada por si nos trasladamos de lugar.
2. Adaptar la cámara al portaoculares a través del anillo "T" o su corrector de coma.
3. Comprobar que la cámara está en el ISO adecuado y en la posición B o en la exposición en segundos que consideremos. A menor ISO menor ruido y menor sensibilidad ¡valorar!
4. Con una estrella brillante o astro luminoso, proceder al enfoque, dejando la estrella bien centrada y que sea coincidente con el telescopio guía y/o buscador. En esta fase podemos utilizar el previsualizador de la cámara e incorporar la máscara Bahtinov de enfoque preciso.
5. Utilizar el disparador inalámbrico para proceder a realizar la foto, asegurarse de que el guiado es apropiado y sin deriva, se puede neutralizar con autoguiado o corrección manual.
6. Realizar el disparo apropiado con alguno de prueba de unos 5 segundos en adelante, pudiendo hacer una sola toma de gran exposición o varias de escasos segundos para posteriormente apilar. No olvidar de aplicar la reducción de ruido mediante una espera de tantos segundos como la exposición realizada, algo equivalente a los "darks" de las cámaras CCD.
7. Cerciorarse del primer resultado: verificación de la identidad del objeto esperado, centrado aproximado, exposición adecuada, posibilidad de paso de satélites que interfieran, etc.
8. Anotar todo ello en la libreta de anotaciones con referencias a la hora y número de foto-grama de entre otros, así como la exposición realizada e incluso la Magnitud/arcsec^2.
9. Descargar las imágenes en el ordenador con referencias precisas a la sesión realizada.
10. Proceder "a posteriori" a su tratamiento mediante programas informáticos apropiados.

Figura 7. Telescopio portátil de 200 mm de abertura a f(4) con montura HEQ5 PRO automática e incorporación en la barra de contrapesas con el sistema DuoScope de un telescopio refractor apocromático de 65 mm para grandes campos. Este sistema portátil de instrumental óptico y fotográfico, permite trasladarse a otros lugares de observación óptimos, como el que tendrá lugar en la expedición astrofotográfica de junio de 2015 en el Desierto de Atacama en Chile.

La Nova Del 2013. Seguimiento, resultados y caracterización de filtros fotométricos

José Luis Salto González

Sociedad Malagueña de Astronomía (SMA)
jlsaltg@gmail.com

Resumen. Esta estrella "nueva"que apareció en la constelación del Águila, el pasado día 14 de agosto de 2013, ha sido seguida hasta la fecha noche a noche desde los observatorios Cal Maciarol mòdul 8 (MPC A02) y Montcabrer (MPC 213) con un paréntesis estacional obligado y otro motivado por las condiciones meteorológicas. Se han efectuado medidas fotométricas en las bandas B, V, R, I. Además, el seguimiento conjunto desde ambos observatorios ha permitido comparar y caracterizar los filtros fotométricos utilizados en cada caso obteniendo medidas finales homologables entre sí.

Palabras clave: fotometría, novas, transients, variables cataclísmicas.

1. Descubrimiento

El 14 de agosto de 2013, Koichi Itagaki, observador japonés cazador de novas, descubre una nueva estrella en la constelación del Águila con un brillo estimado en magnitud 6.8 (medida sin utilización de filtros). El objeto sigue con una rapidísima subida hasta el máximo a ritmo de 2.5 magnitudes por día. Paralelamente, observaciones ópticas y espectroscópicas llevadas a cabo por numerosos/as observadores/as tanto profesionales como aficionados/as, confirman de manera independiente entre sí que se trata de una nova clásica (tipo NA). En menos de un día, la nova es visible sin ayuda óptica (Figura 1). Más tarde, se le asigna la denominación definitiva V339 Del [1].

2. Evolución

La naturaleza de nova clásica de la nueva estrella es confirmada durante su ascenso en brillo por la presencia de algunas líneas de emisión de Hidrógeno presentes habitualmente en este tipo de objetos. Como nova clásica rápida, la Nova Del 2013 respeta casi a la perfección la evolución en los cambios en la curva de luz y espectro de su clase aunque se observan ciertas particularidades. Entre ellas, V339 Del pertenece a una clase de novas rápidas descubiertas recientemente que presentan emisión de rayos gamma tal como confirman observaciones realizadas desde el satélite Fermi el 18 de agosto de 2013 [2].

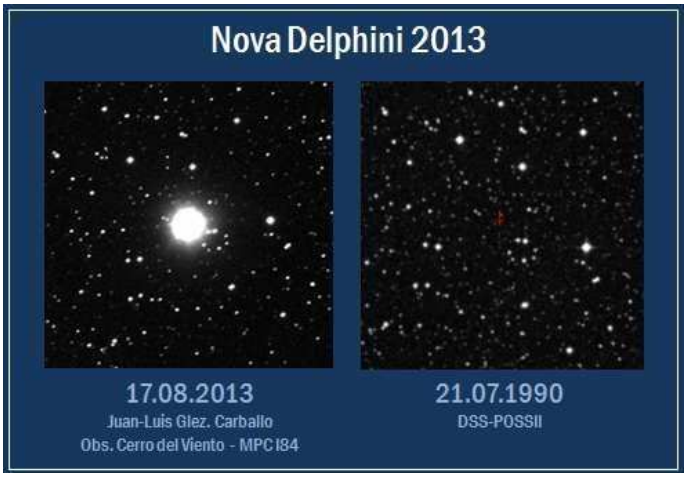


Figura 1. Imagen de V339 Del en el máximo y antes de la erupción (Obssn/DSS).

2.1. Estrella progenitora

Según se puede ver en las observación reportadas por Denisenko et al. (CBET 3628) [3] aparece la estrella progenitor aún quiescente brillando aproximadamente con mag. 17.1 el día 13 de agosto, unas 14 horas antes del comienzo de la fase eruptiva. La nova parece coincidir en posición con la estrella azul USNO B-1 1107-0509795, reportada con mag. 17.20 en B, 17.45 en Rc según las placas de la primera PSS (Palomar Sky Survey) de 7 de julio de 1951 y con magnitud 17.39 en B y 17.74 en Rc en las placas de la segunda PSS tomadas el 18 de julio y el 15 de septiembre de 1990 respectivamente. La estrella progenitora es suficientemente brillante para aparecer también en otras imágenes realizadas para diferentes catálogos. Para poder efectuar un seguimiento fotométrico del progenitor más allá de la presente erupción, debe procederse a la estandarización de las medidas ya existentes [4].

2.2. Fase eruptiva

Como corresponde a cualquier nova clásica, la primera fase de V339 Del comienza con una rápida erupción explosiva que dispara el brillo de la estrella en varios órdenes de magnitud, llegando en este caso a un máximo de brillo al alcanzar mag. 4.46 en V (4.70 en B). En nuestras observaciones, se mide el máximo de brillo entre el 17 (4.83 en V y 5.262 en B) y el 18 de agosto (4.553 en R y 4.241 en I) (Figura 2) aunque existen estimaciones de brillo máximo el 16 de agosto con magnitud 4.3 en V [2].

2.3. Fase de enfriamiento

A partir de esta fecha, la curva de luz comienza una lenta caída mostrando el enfriamiento progresivo de las capas externas de la estrella. Aproximadamente

sobre el 3 de septiembre (día 20) el enfriamiento es suficiente como para poder observar que las líneas de emisión en el espectro pertenecientes al material eyectado predominan en la luminosidad total de la nova. Durante las semanas que siguen, el sistema continúa enfriándose y las líneas de emisión decrecen en brillo de forma más lenta que el fondo contínuo del espectro. En nuestra curva de luz puede verse un enlentecimiento de la caída en brillo (la curva tiene una primera meseta) relacionada con este período (Figura 2). El 19 de septiembre (día 36) se detectan emisión de rayos X de baja energía ("soft X-rays") lo que supone un indicio de que la densidad del gas (capaz de absorber dicha radiación) alrededor de la enana blanca progenitora baja conforme se va disipando lentamente. La emisión detectada de radiación X va creciendo a una tasa sostenida y tranquila al mismo tiempo que el brillo en luz visible decae más rápidamente, lo cual supone que el material eyectado se va disipando y haciéndose más transparente a la radiación emitida por la propia enana blanca.

2.4. Fase nebular

El 9 de octubre (día 50) se detecta un fuerte incremento en el brillo en rayos X y para el 19 de octubre (día 65) se observa que la pendiente de la curva de luz comienza a aplanarse (figura 2), por lo que probablemente se puede entender que se está observando la superficie de la enana blanca por primera vez desde la erupción y de ella procede tanto la emisión en luz visible como en rayos X. El bajo índice B-V a partir de esa fecha sugiere que se está observando la emisión de un cuerpo negro extremamente caliente (figura 3). El 24 de octubre (día 70), la nova se ha convertido en una fuente muy brillante en rayos X de muy baja energía lo cual indica que el entorno que envuelve a la enana blanca se ha disipado de forma suficiente como para permitir a la estrella de superficie con temperaturas muy altas brillar a través del material eyectado en longitudes de onda correspondientes a rayos X de baja energía. La nova entra desde ese momento en la fase nebular, caracterizada por la aparición de nuevas líneas de emisión representativas de gas caliente y de baja densidad. Estudios espectroscópicos realizados posteriormente por R. M. Wagner et al. usando el telescopio Bok de 2.3m. en Kitt Peak el 20 de octubre (día 66) [6], apuntan que a la vista de la estructura de las líneas de emisión que dominan el espectro, posiblemente la erupción presenta un perfil asimétrico. Por el resto, continua la tendencia de la entrada en la fase nebular de cualquier nova clásica. Se pueden encontrar ya más de 1000 espectros en la base de datos ARAS.

3. Caracterización de filtros fotométricos

En nuestras observaciones seguimos el método habitual descrito en la página web de la AAVSO eligiendo una misma estrella de referencia para asegurar la homogeneidad de las medidas (figura 4) pero aun así, aparecían ciertas diferencias en las mediciones que debían ser corregidas si queríamos que las observaciones

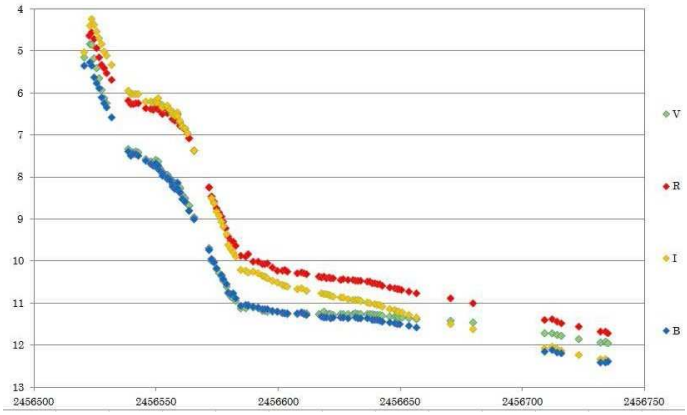


Figura 2. Curva de luz de V339 Del obtenida en las bandas B, V, Rc, Ic.

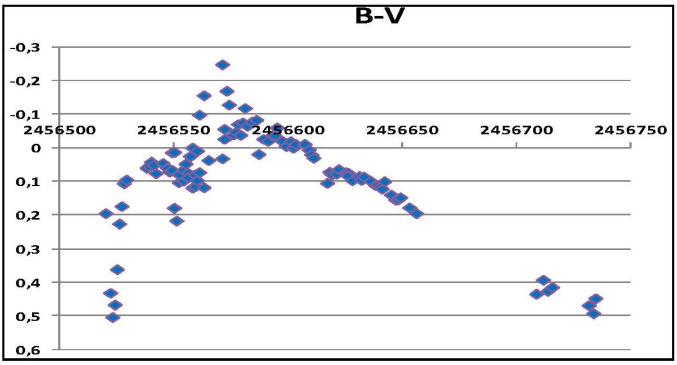


Figura 3. Gráfico del índice B-V de V339 Del.

pudieran ser totalmente homologables a las del resto de observadores. Las discrepancias eran más notables en las medidas con filtro V donde parecía resultar de un brillo mayor en el caso de las observaciones realizadas desde el observatorio Montcabrer. Es por esta razón que Ramon Naves procede a comparar las medidas tomadas desde ambos observatorios para intentar encontrar la razón de la discrepancia. El desarrollo del método seguido queda fuera de la cobertura de este artículo pero se puede encontrar una descripción completa en la página web de Bruce Gary [7][8].

4. Conclusiones

Tanto por el examen de la curva de luz obtenida como por las comunicaciones mantenidas con AAVSO y otros observadores, se comprueba que el seguimiento realizado de la Nova Del 2013 desde los observatorios Montcabrer (Cabrils) y Cal Maciarol mòdul 8 (Àger) es totalmente homologable al general y la información

Figura 4. Imagen con la estrella de comparación elegida por AAVSO (R. Naves).

que se puede extraer está en consonancia con la obtenida integrando observaciones procedentes de todo el mundo y permite sacar conclusiones, como se ha visto, en relación a las diferentes fases del fenómeno. Con la nueva estación y conforme vaya ganando altura en el cielo del hemisferio norte de nuevo a partir de la primavera de 2014, esperamos seguir la lenta caída de brillo de la enana blanca progenitora hasta que vuelva a descansar en el punto de quiescencia y mantener la vigilancia en el futuro por si pudieran ser detectadas nuevas variaciones. Asimismo, la corrección de las discrepancias encontradas en principio en las medidas de los dos observatorios, principalmente en las obtenidas con los filtros V, permitirán en el futuro realizar un trabajo fotométrico estandarizado y de mayor calidad.

Agradecimientos

A Ramón Naves por su inestimable ayuda tanto en la toma de imágenes como en el proceso de datos, por el gran trabajo realizado con el estudio y caracterización de los filtros fotométricos utilizados durante el proceso de seguimiento de V339 Del y muy especialmente por haber metido en este lío de la fotometría, años ha, al autor de este artículo. A Julio Castellano cuyo programa FotoDif (y otros) nos hace la vida más fácil a quienes después de la jornada laboral habitual, tomamos la decisión de complicarnos un poco más la vida intentando aportar nuestro granito de arena a la investigación científica. A la familia Roigé por su interés y apoyo desde hace ya 17 años en toda la labor astronómica llevada a cabo desde el observatorio Cal Maciarol. A María por su extrema paciencia durante la redacción del artículo y su inestimable ayuda en la maquetación. A

Blanca Troughton por animarme siempre a dar un paso más adelante en el mundo de la astronomía. Al resto de personas que me han ayudado a avanzar en la astronomía y especialmente de forma póstuma a Josep Mª Esteve con cuyo equipo comencé y que en parte aún sigue operativo.

Referencias

[1] Matthew Templeton, "Nova Delphini 2013: The story so far". *American Association of Variable Star Observers* (AAVSO), Oct. 30th, 2013, `www.aavso.org/nova-delphini-2013-story-so-far`

[2] Elizabeth Hays et al, "Detection of gamma rays from Nova Delphini 2013", *The Astronomer's Telegram* ATel 5302, 20 August 2013.

[3] U. Munari et al, "After a post-maximum plateau Nova Del 2013 has begun a normal decline", *The Astronomer's Telegram* ATel 5304, 20 August 2013.

[4] Ulisse Munari, Arne Henden, "Photometry of the progenitor of Nova Del 2013 (V339 Del) and calibration of a deep BVRI photometric comparison sequence", `http://arxiv.org/abs/1312.5890v1`, 2013

[5] Julian P. Osborne et al, "Nova Del 2013 (V339 Del) is now a bright super soft x-ray source", *The Astronomer's Telegram* ATel 5505, 24 October 2013.

[6] R. Mark Wagner, "Recent optical spectroscopy of V339 Del 2013", *The Astronomer's Telegram* ATel 5493, 21 October 2013.

[7] Bruce L. Gary, "CCD transformation equations for use with single image (differential) photometry", `http://reductionism.net.seanic.net/CCD_TE/cte.html`,last update: March, 31 2006.

[8] BBruce L. Gary, "All-sky photometry: an iterative procedure", `brucegary.net/AllSky/x.htm#Differential_Photometry`,last update: 2012.07.09.

Descubrimiento y caracterización de estrellas variables

Ramon Naves Nogués[1 2]

[1] Aster- Agrupación Astronómica de Barcelona
[2] Observatorio Montcabrer – MPC 213
ramonnavesnogues@gmail.com

Resumen. Mediante la realización de imágenes CCD consecutivas, de campos estelares poblados de la Vía Láctea, y con la ayuda del software adecuado, en este caso "Fotodif", podemos realizar fotometría de todas las estrellas implicadas en el campo, de manera bastante rápida y fiable. Esto nos permitirá, no sólo realizar curvas de las estrellas variables ya descubiertas, sino muy probablemente descubrir nuevas estrellas variables. Una vez descubiertas deben caracterizarse y reportarse al organismo competente, en este caso la AAVSO.

Palabras clave: Estrellas variables, fotometría, caracterización, AAVSO, fotodif, curvas de luz.

1. Introducción

Hoy en día, con la tecnología CCD, se pueden detectar sin problema los cambios de luz de la mayoría de estrellas variables. Mi primer descubrimiento en el campo de las variables fue en una observación de exoplanetas, detectando la variación de la estrella progenitora de Wasp-33, descubrimiento que se publico en la revista científica Astronomy & Astrophysics [1].

El segundo descubrimiento también fue con la observación de un exoplaneta, en este caso HAT P-17, escogí de estrella de calibración una variable no catalogada, una Delta Scuti con una variación de tan solo 40 milésimas de magnitud y un período de 0,02587 días, es decir su brillo varía cada 37,25 minutos. A partir de estos descubrimientos, y aprovechando las imágenes de campos de exoplanetas, analice las estrellas brillantes de los campos, y después de analizar cientos de curvas encontré una RR Lirae no catalogada, con un período de 0,0336152 días (8,06 horas). Con estos descubrimientos, propuse a al creador de Fotodif (Julio Castellano), algunas modificaciones en el programa para facilitar la búsqueda de estrellas variables.

2. Fotodif

Fotodif es un programa que realiza fotometría diferencial, creado por Julio Castellano básicamente para hacer fotometría diferencial de observaciones

de exoplanetas. Julio Castellano adapto el programa para realizar cálculo de períodos y facilitar la búsqueda de estrellas variables. Fotodif puede descargarse gratuitamente desde:

`http://www.astrosurfcom/orodeno`

A partir de la modificación de fotodif elegí un campo estelar al azar y analicé unas 800 estrellas, descubriendo tres variables eclipsantes subtipo EA, con períodos un poco superiores a un día, lo que obliga a observarlos durante varios días o semanas para cubrir las fases de la curva. Debemos pensar que hay partes de la curva que hoy pueden estar pasando de día, por lo que debemos esperar varios días porque su sincronía con la rotación de la tierra no permita que caiga de noche, esto puede implicar que haya tan solo un día a la semana en la que podamos observar esta parte de la curva y si está nublado tendremos que esperar a la siguiente oportunidad que puede tardar en llegar varios días o incluso semanas (Fig. 1).

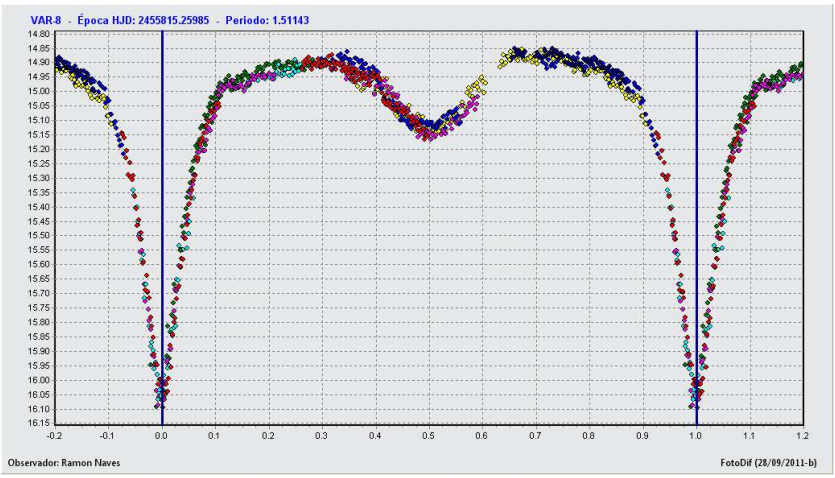


Figura 1. Curva de la variable eclipsante EA (con efecto de reflexión) VSX J01421.5+592217.

3. Caracterización de estrellas variables

Aunque existen multitud de tipos de estrellas variables, me limitaré a recoger los tipos más conocidos por los aficionados, por tratarse de las más frecuentes y observadas.

3.1. Variables pulsantes

Las estrellas pulsantes, se caracterizan por expandir y contraer sus capas superficiales de forma periódica. Este tipo de pulsaciones, puede ser radial (man-

teniendo la esfericidad) y no radial (deformaciones que le hacen apartarse de la esfericidad). Subtipos más frecuentes de variables pulsantes:

Cefeidas Las estrellas cefeidas son variables con pulsaciones radiales de alta luminosidad (clases Ib-II) sus periodos oscilan entre 1 y 135 días con amplitudes que abarcan desde solo algunas centésimas hasta unas 2 mag (las amplitudes son mayores en la banda B que en V). Los tipos espectrales también oscilan siendo de tipo F en el máximo y de tipo G-K en el mínimo, además el tipo espectral es más avanzado cuanto más largo es el período. La curva de velocidad radial es prácticamente un reflejo de la curva de luz, correspondiéndose el máximo de expansión de las capas superficiales con el máximo de brillo.

RR Lyrae Las estrellas variables de tipo RR Lyrae, llamadas así porque el prototipo es RR de la Lyra, son estrellas de tipo espectral A al F que tienen cambios en su radio (pulsaciones radiales) con períodos de 0,2 a 1,2 días y amplitudes (cambios de brillo) de 0,2 a 2 magnitudes (Fig. 2). Son astros intrínsecamente bastante brillantes: su magnitud absoluta es próxima a 0,50 (compárese con la del Sol que es igual a la 4,81). Tradicionalmente se denomina también a las RR Lyrae "cefeidas de corto período" o "variables de cúmulo", por aparecer en gran cantidad en cualquier cúmulo globular. La mayoría de estas estrellas pertenecen a la componente esférica de la Galaxia, aunque también están presentes (en ocasiones más de un centenar) en ciertos cúmulos globulares: sin embargo en otros, como en M13 apenas si se llegan a contar una decena sin que se sepa cuál es el motivo. Las variables de tipo RR Lyrae se utilizan como indicadores de distancias: dado que todas las estrellas de este pertenecientes a un cúmulo globular están situadas en la rama horizontal del diagrama H-R se cree que todas ellas tienen la misma magnitud absoluta, de donde conociendo su magnitud aparente puede deducirse su distancia hasta el Sol.

RRC Las variables de tipo RRc son un subtipo de las RR Lyrae que tienen curvas de luz casi simétricas, a menudo senoidales con períodos de 0,2 a 0,5 días y amplitudes que no rebasan las 0,8 mag (SX UMa).

Delta Scuty Las estrellas variables Delta Scuti o cefeidas enanas son un tipo de de estrellas variables que muestran variaciones en su luminosidad debidas a pulsaciones radiales y no-radiales de su superficie. Las fluctuaciones típicas de brillo son de 0,003 a 0,9 magnitudes en la banda V en períodos de unas pocas horas, aunque la amplitud y el período de las fluctuaciones puede variar mucho. Se pueden considerar cefeidas de baja masa, pero a diferencia de éstas tienen múltiples períodos de pulsación superpuestos, lo que da como resultado una curva de luz compleja. Son estrellas de Población I de la secuencia principal, subgigantes o gigantes, de tipo espectral A0 a F6.

3.2. Variables explosivas o cataclísmicas

Son aquellas que muestran explosiones causadas por reacciones termonucleares. Los subtipos más frecuentes son las Novas: cuando en la explosión están

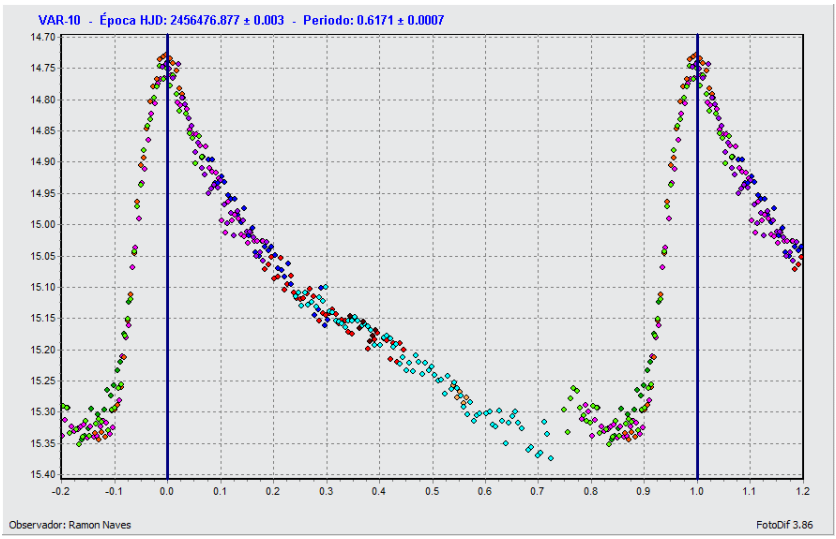


Figura 2. Variable tipo RR Lyrae subtipo RRab descubierta desde el Obs. Montcabrer.

involucradas solo las capas superficiales; y las Supernovas: Cuando en la explosión están involucradas las capas más profundas.

3.3. Variables eclipsantes

Se trata en realidad de sistemas múltiples formados por dos o más estrellas que orbitan sobre su centro de masas común. Si se dan las circunstancias adecuadas de forma que su plano orbital coincida con el ángulo de visión adecuado desde la tierra, podremos observar múltiples eclipses y ocultaciones, que podrán ser totales o parciales dependiendo del tamaño de las estrellas y del ángulo de la órbita respecto al ángulo de visión. Por tanto no son verdaderas variables y las variaciones de brillo son fruto del movimiento orbital y sus respectivos ocultamientos y eclipses. Los subtipos más frecuentes de variables eclipsantes son:

EA Son las variables eclipsantes de tipo β **Per**, denominadas también **algólidas**. Se trata de binarias eclipsantes con componentes esféricas o ligeramente elípticas. Su curva de luz suele tener una parte plana que permite identificar el inicio y el final de los eclipses con suma facilidad. Entre eclipses, el brillo permanece casi constante o únicamente varía ligeramente como consecuencia de efectos de reflexión, de una ligera elipticidad de las componentes o variaciones físicas. El mínimo secundario puede ser muy poco profundo o incluso no ser visible. Los períodos se sitúan dentro de una horquilla muy amplia, de 0,2 a 10.000 días y más; las amplitudes de variación son asimismo muy variadas, pudiendo llegar a ser de varias magnitudes.

EB Son variables eclipsantes del tipo β **Lyrae**, sistemas cuyas componentes son elípticas y cuyas curvas de luz no permiten precisar los instantes de inicio y final de los eclipses como consecuencia de una variación continua del brillo aparente combinado del sistema entre eclipses. El mínimo secundario se observa en todos los casos, siendo su profundidad por regla general, netamente inferior a la del mínimo primario. El criterio que se emplea en el GCVS para diferenciar las EB de las EW es que en las primeras generalmente los eclipses primario y secundario son de distinta profundidad y poseen períodos superiores a 1 día, lo cual no es cierto en todos los casos. Lo habitual es que las componentes sean de tipo espectral poco avanzado (B o A, aunque no son raras la F e incluso pueden ser de tipo M). La amplitud de las variaciones son en general inferiores a 2 mag. Las formas redondeadas de sus curvas de luz se supone son debidas a que una o ambas componentes tienen formas marcadamente elipsoidales.

EW Las variables eclipsantes de tipo W Ursae Majoris son binarias eclipsantes con períodos inferiores a 1 día. Consisten en componentes elipsoidales en contacto originando curvas de luz en las que es imposible especificar los instantes de inicio y final de los eclipses. Las profundidades de los mínimos primario y secundario son iguales o casi iguales. Las amplitudes luminosas son en general inferiores a 0,8 mag. Las estrellas que forman estos sistemas normalmente pertenecen a los tipos espectrales F y G, o más avanzados de la secuencia principal.

ELL Si de por sí ya es difícil la clasificación taxonómica de las curvas de luz de las eclipsantes, a medida que se va extendiendo el uso de las cámaras CCD para la fotometría de variables, cada vez se van descubriendo más eclipsantes de muy baja amplitud de variación. Se trata de sistemas binarios próximos o "cerrados" (closed) que tienen eclipses marginales o ni siquiera esto, sino que las variaciones de luz son debidas exclusivamente al "efecto de reflexión" de las estrellas o a variaciones al mostrarnos mayor o menor área de su superficie (estrellas con forma de elipsoide). Estas binarias de baja amplitud, atendiendo a su aspecto, se las suele catalogar como ELL (elipsoidales) o como EB. Curiosamente es muy raro que se las llegue a catalogar como EW, aunque en realidad debe de haber tantas o más que las de tipo EB (es infrecuente hallar EW que varíen menos de 0,2 magnitudes). En estos casos, un criterio a seguir es el tipo de luminosidad y el período. Si las estrellas pertenecen a la secuencia principal se catalogan como EW y si son subgigantes y gigantes, o bien el período es superior a 0,8-0,9 días, como EB. Pero no sólo existe esta ambigüedad a la hora de determinar si una eclipsante cerrada marginal es una EB o una EW, sino que también se confunden con las elipsoidales. Según Hall (1996), aunque el GCVS considera elipsoidales aquellas binarias en que la variación de luz no excede 0,1 magnitudes, en realidad una elipsoidal puede llegar a variar hasta 0,4 magnitudes. Y añade que "irónicamente, algunas binarias clasificadas como EB realmente ni siquiera llegan a ser eclipsantes...".

4. Envío de medidas fotométricas CCD al AAVSO

En el siguiente enlace encontrareis una explicación de cómo reportar medidas a la American Association of Variable Star Observers – AAVSO:
`http://cometas.sytes.net/AAVSO/aavso.htm`

5. Conclusiones

Con un equipo astronómico mínimo pueden detectarse nuevas estrellas variables no catalogadas, y ayudar a calcular los períodos de otras ya catalogadas.

Agradecimientos

Agradecer a Julio Castellano su infinita paciencia y a Sebastián Otero, de la AAVSO, por sus conocimientos en el mundo de las variables.

Referencias

[1] E. Herrero, J.C. Morales, I. Ribas and R. Naves, "Wasp 33: The first Delta Scuti exoplanet host star", *Astronomy & Astrophysics* 526, L10 (2011).

El efecto Blazhko en estrellas RR Lyrae

Análisis de la modulación en amplitud de la estrella DR Andromedae

José Bosch Bailach[1], Alejandro Vera[1], Ángel Flores[1], Eduardo Calvo[1]

[1]Asociación Valenciana de Astronomía
ava@astroava.org

Resumen. Algunas estrellas pulsantes del tipo cefeidas presentan una modulación en amplitud y en periodo. Esta característica se conoce como efecto Blazhko y debe su nombre al astrónomo ruso Sergey Blazhko quien la detectó por primera vez en 1907 en la estrella RW Draconis. A día de hoy los modelos teóricos de pulsación estelar no han dado aún una justificación teórica del porqué de este fenómeno. Tres son los frentes de investigación: modelos de resonancia no-lineal, efectos magnéticos y variación en los ciclos de convección estelar. En el presente artículo se analiza el efecto Blazhko en la estrella pulsante DR Andromedae mediante técnicas de fotometría relativa en las que se ha podido llegar a la determinación del periodo Blazhko, valor que está en completo acuerdo con los resultados aceptados en la literatura.

Palabras clave: Blazhko, variable, pulsación, RR Lyrae.

1. Introducción

Las estrellas pulsantes RR Lyrae se caracterizan por tener una variación de brillo de entre 0.2 y 2 magnitudes, lo que equivale a una variación de flujo de luz entre el 20 % y el 500 %. Entran dentro de la categoría de variables cefeidas de población II y con un periodo de oscilación entre varias horas y algo más de un día. La estrella RR Lyrae da nombre a todas las de su clase y se caracteriza por tener una masa del orden de 0.65 masas solares, un radio que varía entre 5.1 y 5.6 radios solares (con lo que su densidad es relativamente baja), y una luminosidad que puede alcanzar del orden de 50 veces la de nuestro Sol. Su magnitud visual aparente se encuentra entre 7.06 y 8.12, con un periodo de 13 horas y 36 minutos. Corresponde al tipo espectral A8-F7 con lo que su temperatura es del orden de 6120 K.

Estas estrellas han quemado el hidrógeno de sus núcleos y han evolucionado aparte de la secuencia principal en el diagrama Hertzsprung-Russell (diagrama HR), alcanzado el estado de gigante roja. Las RR Lyrae producen energía a partir de la fusión de helio, con lo que su estadio evolutivo pasa a ser una trayectoria horizontal dentro del diagrama HR.

Aparte de la característica curva de luz de la variables cefeidas, RR Lyrae presenta un comportamiento característico que se conoce como efecto Blazhko.

Este efecto consiste en la modulación periódica en la intensidad de variación y/o la fase, es decir, la diferencia en magnitud entre el máximo y el mínimo no es la misma entre periodos sucesivos sino que esta amplitud oscila a lo largo de los periodos de pulsación. Esta variación es también periódica con lo que podemos determinar el periodo Blazhko. Destacar que la modulación puede darse en la fase, es decir, el momento en el que el patrón de variable cefeida se repite también es oscilante. En algunas estrellas sólo aparece en uno u otro caso y otras presentan ambas. Para la estrella RR Lyrae el periodo Blazhko es de 39.1 días.

2. Teoría básica de la pulsación estelar

Goodricke [1] fue quien descubrió las primeras estrellas variables en 1784 cuando observó la variación de brillo de δ Cephei. No fue hasta 1962 cuando Baker [2] y Kippenhahn publicaron sus primeras simulaciones numéricas de la pulsación estelar. Los modelos teóricos se establecieron a principios del siglo XX con Arthur S. Eddington [3], quien tuvo la idea de suponer que las estrellas pulsantes se comportaban como una máquina térmica que genera energía en su interior y la van desprendiendo de manera pausada. Otra de las ideas importantes fue el suponer que la opacidad de las capas estelares aumentaba con la temperatura, lo cual permitía implementar un mecanismo de regulación térmica.

John Cox [4] presentó una tesis doctoral en la universidad de Indiana en 1955 en la que la pulsación estelar se formulaba mediante procesos no adiabáticos, con lo que se permitía describir otro tipo de mecanismos de pulsación. Vamos a comentar solamente dos ideas que nos permitan comprender la física de la pulsación estelar.

En una estrella tenemos un equilibrio entre la presión hidrostática de las capas de gas y la fuerza gravitatoria generada en su interior que la podemos expresar de la forma

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{G\,M_r\,\rho}{r^2} \tag{1}$$

donde P es la presión a una distancia r medida desde el centro de la estrella, G es la constante de gravitación universal, M_r es la masa de la estrella en función de r y ρ su densidad. La expresión 1 permite obtener la ecuación de un movimiento oscilatorio armónico simple para una única capa, cuyo periodo fundamental de pulsación es de la forma

$$\Pi_0 \sim 4\sqrt{\frac{R^3}{G\,M}} \tag{2}$$

donde R y M son el radio y la masa de la estrella respectivamente. De la ecuación 2 se deduce que en estrellas enanas y masivas el periodo de pulsación es muy corto y es más largo en estrellas grandes y poco masivas. El modelo esbozado someramente aquí es aplicable a varias capas estelares con diferentes masas lo que conduciría a oscilaciones múltiples con frecuencias diferentes. Todo ello

superpuesto da lugar a la curva de luz observable en variables cefeidas estándar. Un análisis de Fourier de las curvas permite dilucidar las diferentes frecuencias presentes en la pulsación estelar al igual que sus amplitudes.

2.1. Modelos teóricos para el efecto Blazhko

Lo expuesto en la sección precedente no explica el efecto Blazhko. Las amplitudes que se obtienen son constantes y no oscilantes con el tiempo. Como ya se ha comentado en el resumen existen a día de hoy tres mecanismos posibles, aunque ninguno satisfactorio, de explicar este fenómeno. Vamos a comentar ligeramente los modelos magnéticos como una de las posibles causas. Todas la estrellas presentan de una u otra forma campos magnéticos que en ocasiones pueden ser muy intensos y los resultados observados en estrellas magnéticas, con variaciones en sus campos similares y del mismo orden que el periodo Blazhko, indujeron a pensar que eran aquéllos los causantes. Shibahashi [5] elaboró un modelo de rotor magnético oblicuo que daba lugar a curvas de luz con modulaciones periódicas. Las estrellas con campos magnéticos oscilantes muestran movimientos no radiales en su superficie. La fuerza de Lorentz producida por el campo magnético variable causa la oscilación del modo, según un modelo postulado por Cousens [6]. Para un dipolo magnético fuera de eje las funciones que describen la simetría de la superficie estelar están deformadas. La rotación estelar de este dipolo causa un cuadrupolo magnético que podría justificar la variación aparente de amplitud del efecto Blazhko. No vamos a entrar en detalles de tipo técnico por motivos de espacio pero todo parece indicar que los multipolos magnéticos pudieran estar detrás de este efecto, aunque el modelo tampoco da cuenta exacta de toda la fenomenología observada.

3. Equipamiento técnico empleado

El equipo necesario para realizar fotometría relativa por comparación está al alcance de un observatorio profesional medianamente equipado. En la Asociación valenciana de astronomía (AVA) el material con que hemos contado para el desarrollo de este estudio ha sido el siguiente:

- Telescopio Meade LX 200 de 16” a f/10
- Cámara CCD Finger Lakes
- Filtros V en el estándar Johnsons-Cousins
- Software fotométrico y de tratamiento de datos

4. Candidatos a estudiar

Una vez establecida la posibilidad de estudiar el efecto Blazhko por parte del equipo de variables de AVA se nos planteó qué candidatas eran las más idóneas. Ello dependía de la estación en la que se observaban, de la ubicación en

el cielo, en horas en las que la masa de aire nos diera buenas medidas del flujo estelar y en el valor del periodo Blazhko a fin de poder hacer un seguimiento lo suficientemente razonable y poder determinar el periodo. La idea inicial era hacerlo con estrellas ya conocidas pero con pocos datos fotométricos registrados en la AAVSO y así tener un método bueno de trabajo aplicable en un futuro a estrellas desconocidas con vistas a ampliar los datos. Tras deliberar con valores procedentes de las bases de datos existentes se optó por la estrella DR Andromedae.

La manera en la que se han obtenido las imágenes es el habitual en astrofografía con CCD. Según la magnitud de la estrella se ha variado la exposición y programado secuencias diferentes. Tras las secuencias se han calibrado todas las imágenes corrigiéndolas con tomas *dark* y *flat*. Luego mediante programas de fotometría diferencial (Fotodif) se ha obtenido una tabla con datos de magnitud y flujos de estrellas de control y comparación junto con los datos de la variable.

4.1. DR Andromedae

Las coordenadas de DR And son AR: 01h 02m 24s y $\delta = 33^{o}$ 57' 03". Es una RR Lyrae del tipo RRab con un periodo de pulsación de 0.563 días y un periodo Blazhko de 57.5 días. La tabla 1 muestra las estrellas de comparación que hemos tomado y su magnitud para el caso de DR And.

Estrella	Magnitud
GSC 2286-613	13,2
GSC 2286-374	12,8
GSC 2286-1147	12,9
GSC 2286-583	12,6
GSC 2286-802	13,3
GSC 2286-1288	14,0

Tabla 1. Estrellas de comparación para DR And.

5. Análisis numérico y tratamiento de datos

El tratamiento de los datos obtenidos se ha hecho primero con hoja de cálculo. Con la tabla de los flujos y hora juliana hemos procedido a determinar las magnitudes instrumentales de las estrellas de referencia y las de comparación con la conocida expresión

$$m_{i_V} = -2{,}5 \times \log(F) \tag{3}$$

donde F es el flujo en cuentas de la estrella. Se han tomado 6 estrellas de referencia con las que poder hacer un ajuste por mínimos cuadrados entre la

magnitud relativa y la magnitud instrumental. Todas las medidas fotométricas se han realizado con el filtro V estándar. En todos los casos los coeficientes de correlación lineal eran del orden de 0.996 lo que garantiza la fiabilidad de los ajustes. Con ese ajuste lineal se ha estimado la magnitud relativa de la estrella variable para cada hora juliana. La tabla generada así con la hoja de cálculo se ha exportado a otro programa de tratamiento de datos, Microcalc Origin, el cual permite hacer unas buenas gráficas de las curvas de luz e incluso hacer tratamiento posterior de los datos. El libro de R. Buchheim [7] es una buena referencia en cuanto a aplicaciones matemáticas enfocadas a la investigación en astronomía.

A fin de poder obtener una serie de datos que nos permitan estimar el periodo Blazhko se ha hecho un seguimiento de DR And durante 45 días. Nos interesa medir la modulación en magnitud así que se ha ajustado el máximo de cada curva de luz a fase cero para poder visualizar así la variación Blazhko. Hemos supuesto que la variación de los máximos es puramente sinusoidal con el tiempo, sin considerar armónicos múltiples. Recordemos que el modelo de rotor magnético expuesto en la sección anterior da cuenta de una modulación armónica simple.

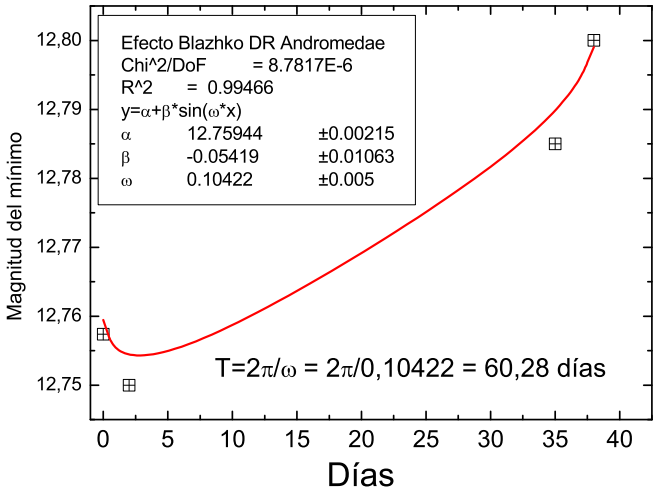


Figura 1. Estimación del periodo Blazhko de DR Andromedae.

La figura 1 muestra los resultados obtenidos para DR And en un periodo de unos 40 días. Los valores mostrados corresponden al mínimo de luminosidad. Se ha hecho un ajuste no lineal a una función del tipo $y = A + B\sin(\omega\, t + \varphi)$. Sin pérdida de generalidad y por lo comentado más arriba, la fase inicial φ se puede tomar nula. Con ello los datos del ajuste nos permiten estimar el valor de la

pulsación, $\omega = 0{,}10422 \pm 0{,}005$ días^{-1}, en las unidades tomadas para el ajuste, con lo que el periodo es

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 60{,}28 \pm 2{,}89 \ \ \mathrm{d} \tag{4}$$

en donde hemos tenido en cuenta el error de ω. Este valor entra dentro del rango oficial de 57,5 días.

Es de destacar el valor del coeficiente de correlación funcional, cuyo valor es de 0,99466, lo cual indica la bondad del ajuste. Se podría argüir que los datos presentados no son muy numerosos y que serían deseables más puntos, lo cual es cierto, pero también hay que darse cuenta que la amplitud de los datos mostrada es la suficiente como para percibir el efecto, y que la estimación, dada también la limitación de tiempo a la hora de observar, es, a nuestro juicio, aceptable.

6. Conclusiones

En el presente estudio hemos podido observar y determinar el efecto Blazhko correspondiente a la modulación en amplitud de estrellas variables pulsantes RR Lyrae. Haciendo un análisis de los flujos de las estrellas problema y comparándolas con varias de brillo fijo y conocido, se ha podido, usando técnicas de tratamiento de datos habituales en aplicaciones de hoja de cálculo, obtener la variación de magnitud relativa en el filtro V según el estandar Johnson-Cousins, en función de la hora juliana, siendo así capaces de trazar una curva de luz muy precisa. Haciendo un seguimiento a lo largo de un periodo dilatado de tiempo se ha podido verificar la variación de los máximos y mínimos de emisión en función del tiempo. Esta modulación posee un carácter armónico simple, lo que permite mediante técnicas de ajuste no lineal obtener la frecuencia correspondiente. Los valores así obtenidos entran perfectamente dentro del rango de los determinados en estudios profesionales, por lo que la técnica expuesta aquí es un método preciso y riguroso al alcance de los astrónomos amateur de analizar la fenomenología propia de estrellas variables RR Lyrae.

De igual manera hemos sido capaces de implementar un método matemático capaz de estimar la calidad fotométrica del cielo. Los ajustes lineales que se han realizado para cada hora juliana han sido acompañados con sus respectivos coeficientes de correlación lineal. Cuando estos coeficientes se desvían de 0.99 podemos afirmar que la estimación de la magnitud no es correcta. Esto se ha podido corroborar con medidas realizadas con la aplicación Fotodif. Se podría incluso hacer un mapeado del cielo tomando unas estrellas de referencia y estudiar la linealidad entre sus magnitudes en un determinado filtro y compararlas con las magnitudes instrumentales.

Agradecimientos

Desde aquí queremos dar las gracias a la Asociación valenciana de astronomía y a varios de sus colaboradores, entre los que cabe citar a Vicente Mas, el apoyo

ofrecido al poder usar el equipo y las instalaciones del Centro Astronómico del Alto Turia (CAAT), sin las cuales este trabajo no hubiera visto la luz.

Referencias

[1] Goodricke, J., *Phil. Trans*, 1786
[2] Baker, N. and Kippenhahn, R., *ZfA*,**54**, 1962
[3] Eddington, A., *MNRAS*, **74**, 1918
[4] Cox, John. *Theory of Stellar Pulsation*, Princeton University, Princeton, 1980
[5] Shibahashi, H., *ASP Conf*,**299**, Ser. 2003
[6] Cousens A., *MNRAS*, **203**, 1171, 1983
[7] Robert Buchheim. *The Sky is Your Laboratory: Advanced Astronomy Projects for Amateurs*, **Springer Praxis Books / Popular Astronomy**, June 2007

Tres años de observación de variables RR Lyrae

Grupo de variables RR Lyrae de la Agrupación Astronómica de Sabadell

Mercè Correa[1 2], David Marí[1], Ramón Moliner[1 2], Josep M. Vilalta[1 2]

[1] Agrupación Astronómica de Sabadell
[2] Grupo GEOS (Groupe Européen d'Observation Stellaire)
mercecorrea@hotmail.com, deivad.ibz@gmail.com, ramon.moliner@gmail.com, josepm.vilalta@hotmail.com

Resumen. Se explica que son las variables tipo RR Lyrae y la importancia de su estudio. Se exponen tres años de observaciones de variables RR Lyrae realizadas desde la Agrupación Astronómica de Sabadell, la experiencia de colaboración Pro-Am con el grupo GEOS y los resultados obtenidos.

Palabras clave: Variables, RR Lyrae, Agrupación Astronómica de Sabadell, GEOS.

1. Las RR Lyrae: un tipo especial de variables pulsantes

Dentro de las estrellas variables intrínsecas se encuentra un subgrupo denominado pulsantes, y dentro de las pulsantes figuran las RR Lyrae. En el General Catalogue of Variable Stars (GCVS) se definen las RR Lyrae como "estrellas de clase A-F que pulsan radialmente con períodos en un rango de 0.2-1.2 días y unas amplitudes que varían de 0.2 a 2 magnitudes en V" [1]. Según la forma de la curva de luz, las variables tipo RR Lyrae se clasifican en dos tipos:

- **Tipo RRab** Curvas de luz asimétricas, con una rama ascendente rápida y una descendente más lenta. Sus períodos oscilan entre 0.3 y 1.3 días, y sus amplitudes varían entre 0.5 y 2.0 magnitudes. Alrededor del 90 % de las RR Lyrae detectadas son del tipo ab. En la figura 1 puede verse una típica curva de una variable tipo ab.
- **Tipo RRc** Variables con una curva de luz casi simétrica, muchas veces prácticamente sinusoidal, con períodos de 0.2 a 0.5 días y amplitudes inferiores a 0.8 magnitudes. Aproximadamente un 9 % pertenecen a este tipo. El grupo RR Lyrae de la Agrupación Astronómica de Sabadell sólo ha observado una variable de este tipo, BK Uma, pero sin obtener el máximo. En la figura 2 se presenta un grupo de curvas de esta clase.

Las variables RR Lyrae son estrellas que ya han entrado en la fase de fusión de los núcleos de Helio, han abandonado pues la secuencia principal y se sitúan en la rama horizontal del diagrama de Hertzprung-Russell (Fig. 3) y dentro de la banda de inestabilidad. Al estar limitadas dentro de la banda de inestabilidad

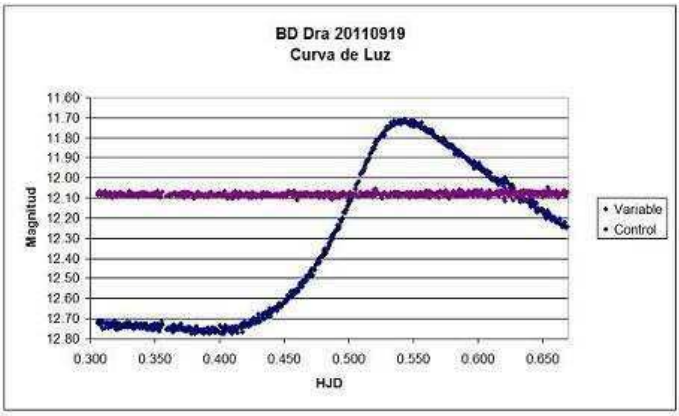


Figura 1. Tipo ab - Curva de luz de BD Dra en V obtenida con el telescopio de la Agrupación Astronómica de Sabadell: Newton 0.5 m f/4 cámara SBIG ST8XME.

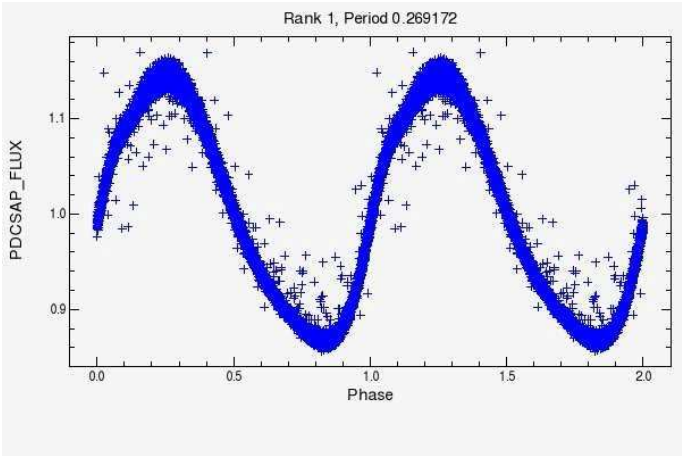


Figura 2. Tipo c - Curvas de luz de KIC5520878 obtenida con el telescopio Kepler.

su temperatura queda entre 5500 K y 7500 K aproximadamente, El estrecho rango de temperaturas de la banda de inestabilidad corresponde a aquellas temperaturas en las que se puede mantener un grado de ionización parcial capaz de mantener las pulsaciones en régimen estable y con la zona de ionización situada a la profundidad adecuada.

2. La importancia del estudio de las RR Lyrae

Se pueden citar tres razones que avalan la importancia del estudio de estas variables.

1. Se pueden utilizar como candelas estándar para determinar distancias.

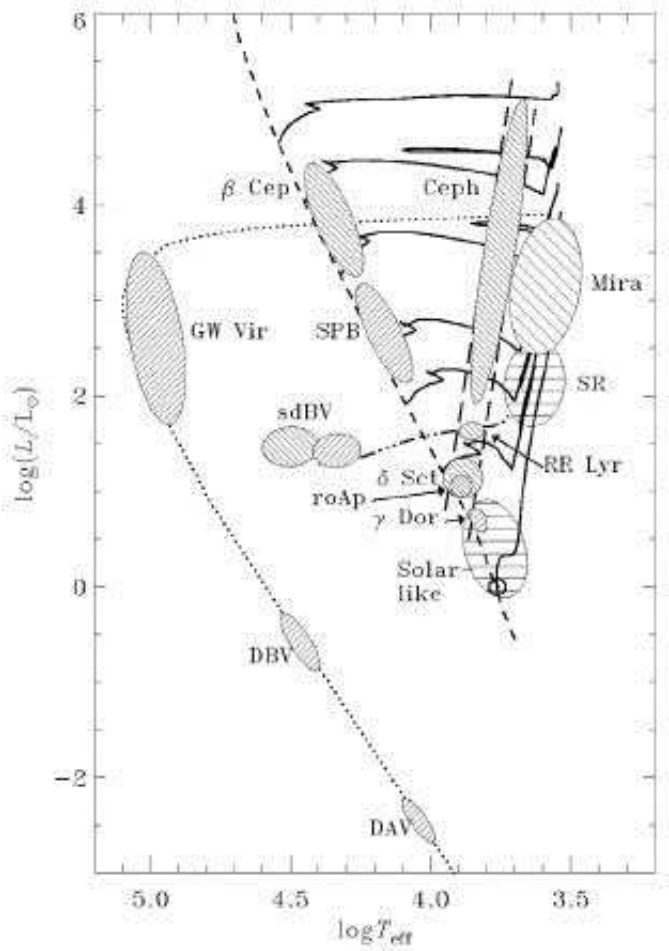


Figura 3. Diagrama Hertzprung-Russell (Kolenberg,K. JAAVSO Volume 40, 2012).

2. Suministran información de la composición química (He y elementos pesados) en el halo y el disco de nuestra galaxia.
3. Son objetos de comprobación de muchos trabajos teóricos acerca de la estructura, hidrodinámica y evolución estelar.

3. Colaboración Pro-Am con GEOS

El grupo RR Lyrae de la Agrupación Astronómica de Sabadell participa desde el año 2008 en un programa de colaboración "Pro-Am"(Profesional-Amateur) con el grupo GEOS (Groupe Européen d'Observation Stellaire). El grupo GEOS,

fundado en 1974, está formado por astrónomos amateurs y profesionales, observadores de estrellas variables de diferentes países como Francia, Bélgica, Italia, Alemania, Suiza y España. El principal objetivo del grupo es la observación de estrellas variables y el procesado de sus datos con finalidad de investigación científica. Un apartado importante del grupo GEOS es el dedicado a la observación de variables del tipo RR Lyrae. Este programa se basa en la observación y fotometría diferencial con CCD de estrellas variables pulsantes del tipo RR Lyrae, que han sido poco estudiadas hasta ahora y que, además, se sospecha que pueden presentar el llamado efecto Blazhko. Las pulsaciones de estas estrellas son en general bastante regulares. Algunas, sin embargo, llevan un segundo ritmo superpuesto y oscilan con una amplitud y período que se aparta aparentemente de la norma. Este fenómeno se conoce como efecto Blazhko y no se sabe aún la astrofísica inherente a este proceso.

Este proyecto de GEOS consta de dos tipos de observaciones:

1. El registro de los máximos de brillo de estrellas RR Lyrae de magnitud inferior a 12,5. Para ello se utilizan los telescopios automáticos TAROT. Uno de ellos se encuentra ubicado en Europa, en Calern. Y otro ubicado en el Observatorio La Silla en Chile.
2. El estudio detallado de estrellas RR Lyrae menos estudiadas, y de magnitud entre 12 a 15. Esta parte del proyecto se realiza con las observaciones de los astrónomos aficionados con telescopios de 20 a 60 cm. de diámetro y cámaras CCD. Es en este estudio en el que participamos desde 3 observatorios:
   - El observatorio de la Agrupación en Sabadell.
   - El observatorio de la Agrupación situado en el recinto del Montsec.
   - El observatorio Çelobert al Montsec", propiedad del socio y miembro del grupo, Ramón Moliner en el recinto del Montsec.

4. Metodología

Las observaciones en Sabadell se realizan con el telescopio de 0,50 metros del observatorio de la Agrupación, en su configuración Newton, a f/4. La cámara CCD empleada es una SBIG ST-8XME (1.530x1.020 píxeles cuadrados de 9 micras de lado). Junto a la cámara se dispone de una rueda porta-filtros equipada con filtros fotométricos (sistema Johnsons-Cousins). La cámara se opera mediante el programa Astroart4. El filtro empleado mayoritariamente es el V, pero también se realizan observaciones con secuencia en los tres filtros B, V y R.

El observatorio de la Agrupación en el Montsec está dotado con un telescopio de 0,5 m de apertura, de distancia focal de 4,5 m, f/9. Es del tipo Cassegrain con dos focos Nasmith, provistos de desrotadores. La montura es altazimutal informatizada. Con software de control basado en Java, operable a pie de telescopio, por control remoto y robotizado. También dispone de la misma cámara CCD.

Para cada fotometría se toman el máximo de imágenes posibles, con una exposición que varía entre 30 a 80 segundos, dependiendo de la señal / ruido

obtenida en cada sesión. Para efectuar la reducción de las imágenes se toman 15 imágenes "flats" y sus correspondientes "darks", así como 15 "darks" para las imágenes de la variable. La corrección de corriente de oscuridad y de respuesta del detector de las imágenes se realiza mediante el programa Astroart4. El análisis fotométrico (fotometria diferencial), se realiza indistintamente con los programas FotoDif, de Julio Castellano o bien el programa AIP4Win, de Richard Berry. Josep Maria Vilalta ha desarrollado para el grupo tres programas propios que nos permiten realizar:

1. Un cálculo automatizado de las efemérides para cada noche de observación y cada telescopio.
2. Cálculo automatizado del máximo y del O-C, mediante ajuste de un polinomio de grado tres.
3. Cálculo automatizado del máximo y del O-C, mediante "smoothing splines".

5. Resultados

En las observaciones realizadas en los tres últimos años, durante el periodo que va desde Enero 2010 a 15 de Marzo de 2014, se han observado 57 variables y se han captado 139 máximos de un total de 204 observaciones (Tabla 1).

- **BD Dra** De todas estas observaciones cabe destacar nuestra contribución con las fotometrías de la variable BD Dra, que han sido utilizadas por Jean Francois Le Borgne et al. en su artículo "The all-sky Geos RR lyr survey with the Tarot telescopes: analysis of the blazhko effect", publicado en la revista The Astronomical Journal 2. El análisis de 44 antiguas fotografías y máximos visuales no mostraba ninguna señal de periodicidad que fuera significativa. En cambio, el análisis en el dominio de la frecuencia de 136 máximos obtenidos con CCD entre 2005 y 2011 ha mostrado una periodicidad de 24,11 días tanto, en O-C como en Vmax. Puede verse en la figura 4 en los gráficos de la parte superior izquierda. Y los gráficos de la parte inferior izquierda muestran una amplitud en O- C de 0,043 días y de 0,40 unidades de magnitud en Vmax. El efecto Blazhko se aprecia perfectamente en las curvas de luz, parte superior derecha, agrupadas en un diagrama de fase y con un periodo fundamental de P0 = 0,58900964 ± 0,00000010 días. También se han observado tripletes alrededor de f0 y armónicos hasta 7f0. En cambio no se pudo investigar la existencia de quíntuples ya que estos picos de frecuencia no destacaban de una forma clara por encima del nivel de ruido, estimado en 0,003mag.
- **ET Cep** Fue observada por el telescopio Tarot desde el año 2005 al 2007 y al no presentar desviaciones no continuó su observación. Nuestras 22 observaciones desde el año 2010 hasta hoy, mostraron un cambio en el comportamiento de esta variable que la ha convertido en un nuevo objetivo a seguir (figura 5).
- **OX Her** Se ha realizado un seguimiento intensivo, durante un mes, no detectándose un efecto Blazhko de período corto (figura 5).
- **CD Del** Se hace seguimiento para comprobar si hay algún cambio en su comportamiento (figura 6).

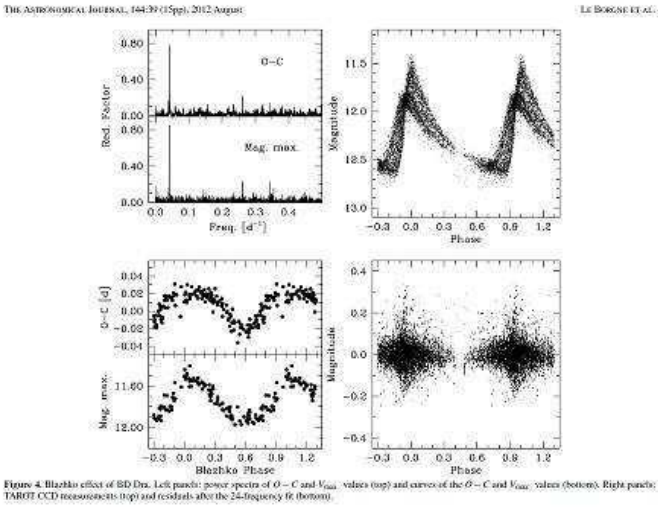


Figura 4. Efecto Blazhko en BD Dra 2.

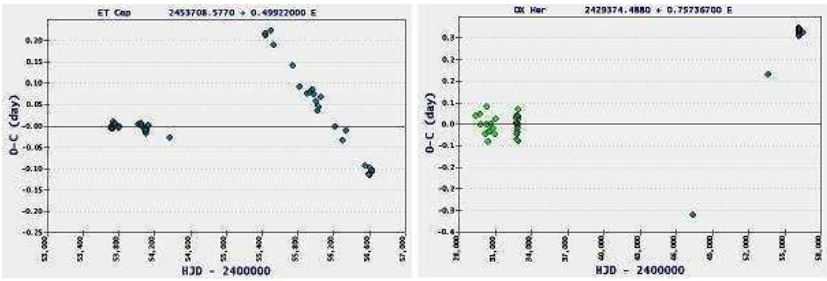


Figura 5. Gráficos O-C de ET Cep (izquierda) y OX Her (derecha) (J. F. LeBorgne).

- **DE And** Se realizaron 4 observaciones con máximo, dos de ellas con los 3 filtros (B, V, R). Son las primeras observaciones después de 13 años (figura 6).
- **BM Del** Observamos un máximo después de 46 años sin ser observada (figura 7).
- **DY And** Observamos nueve máximos y continúa siendo una variable sospechosa de tener efecto Blazhco (figura 7).

6. Conclusiones

Este trabajo y los resultados obtenidos muestran la validez de la colaboración Pro-Am. Os invitamos a todos los interesados en variables a realizar alguna de estas observaciones y reportar los resultados al grupo GEOS para ampliar su

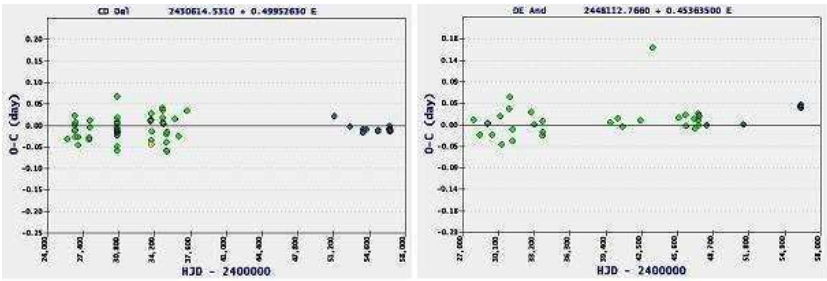


Figura 6. Gráficos O-C de CD Del (izquierda) y DE And (derecha) (J. F. LeBorgne).

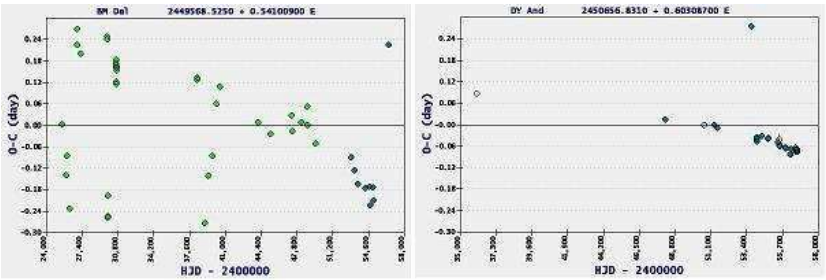


Figura 7. Gráficos O-C de BM Del (izquierda) y DY And (derecha) (J. F. LeBorgne).

base de datos que actualmente cuenta con 3380 estrellas y más de 50000 máximos observados.

Agradecimientos

A todos los observadores que en diferentes momentos han colaborado con el Grupo de variables RR Lyrae de la Agrupación Astronómica de Sabadell. Al Grupo GEOS y especialmente a dos de sus miembros: Juan Fabregat que nos propuso esta colaboración y a Jean Francois Le Borgne coordinador del grupo.

Referencias

[1] Horace A. Smith, "RR Lyrae Stars", *Cambridge Astrophysics Series* – Cambridge, 1995, 1st edition, 156 p.

[2] J.-F. Le Borgne, A. Klotz, E. Poretti, M. Boër, N. Butterworth, M. Dumont, S. Dvorak, F.J. Hambsch, F. Hund, F. Kugel, J. Vandenbroere, and J. M. Vilalta, "The all-sky Geos RR lyr survey with the Tarot telescopes: analysis of the blazhko effect", 144:39 (15pp), 2012 August.

	Estrella	Tipo	Mg en el min. (V)	Mg en el max. (V)	Nº observaciones sin máximo	nº de observaciones con máximos	nº de observaciones totales
1	AH Boo	RRab	14.20	12.80	0	1	1
2	AK Gem	RRab	14.70 (B)	13.60	5	3	8
3	AP UMa	RRab	14.20 (p)	13.60	1	0	1
4	BD Dra	RRab	13.11	12.02	0	10	10
5	BF Com	RRab	15.10 (B)	13.40	1	1	2
6	BF UMa	RRab	13.60 (p)	12.00	0	3	3
7	BK And	RRab	13.43	12.40	0	5	5
8	BK Del	RRab	14.60 (p)	13.00	0	1	1
9	BK UMa	RRc	13.50 (p)	12.80	2	0	2
10	BM Del	RRab	14.80 (p)	13.80	1	1	2
11	BU Cam	RRab	15.50 (p)	13.10	3	6	9
12	BS Com	RRab	13.60 (p)	12.40	0	1	1
13	CD Del	RRab	14.40 (p)	13.00	1	9	10
14	CG Lyr	RRrab	14.10 (p)	12.90	3	5	8
15	CI Ari	RRrab	13.60	12.20	0	3	3
16	CK UMa	RRrab	14.10 (p)	13.40	3	0	3
17	CN Tau	RRrab	13.70 (p)	13.10	1	0	1
18	CU Com	RRrab	13.60 (B)	13.10	2	0	2
19	CV Tau	RR	14.60 (p)	13.60	1	0	1
20	DE And	RRrab	14.15	13.40	0	8	8
21	DI Lyr	RRrab	14.50 (p)	13.00	1	2	3
22	DY And	RRrab	13.57	12.73	2	9	11
23	ES Peg	RRrab	13.50	12.00	2	0	2
24	EI Cep	RR	14.50 (p)	13.50	1	21	22
25	EU CVn	RRab	13.58 (*)	12.93	0	2	2
26	FI Psc	RRab	13.90	12.70	0	1	1
27	GSC 308-146	No data	No data	No data	2	1	3
28	GY Peg	RRab	13.40 (p)	12.20	0	1	1
29	IV Cyg	RRab	14.70 (p)	13.40	1	0	1
30	IY Tau	RRab	14.30 (p)	13.80	2	3	5
31	IZ Lyr	RRab	14.60	13.70	0	1	1
32	KN Lyr	RRab	14.10	13.50	0	1	1
33	KM Lyr	RRab	13.90	12.80	1	0	1
34	MW Lyr	RRab	14.00 (p)	12.50	3	0	3
35	NSVS 611150	No data	No data	No data	2	0	2
36	NU Aur	RRab	14.90 (p)	13.20	1	3	4
37	OX Her	RRab	13.85	12.88	3	8	11
38	SZ CVn	RRab	13.73 (B)	12.70	0	2	2
39	TU Ari	RRab	14.80	13.63	2	2	4
40	TU Per	RRab	13.05	11.94	1	7	8
41	TY CVn	RRab	13.90 (p)	12.60	0	1	1
42	UU UMa	RRab	14.00	13.00	1	1	2
43	V1124 Her	RRab	13.20 (*)	12.10	2	0	2
44	V1240 Cyg	RRab	14.40 (p)	13.20	1	1	2
45	V1664 Cyg	RRab	15.40	13.70	0	2	2
46	V1820 Ori	RRab	13.40	12.50	1	1	2
47	V2644 Cyg	No data	No data	No data	3	0	3
48	V348 UMa	RRab	14.12 (*)	13.40	2	1	3
49	V353 UMa	RRab	13.85 (*)	12.82	2	0	2
50	V388 Vir	RRab	13.10	12.00	0	4	4
51	V548 And	RRab	13.26 (*)	12.79	1	1	2
52	V568 Cas	RR	14.00 (p)	13.10	1	2	3
53	V575 Aur	RRab	14.4 (R)	12.33	1	2	3
54	V708 And	RRab	13.40 (C)	12.40	1	0	1
55	VY CrB	RRab	15.10 (B)	13.70	0	1	1
56	VY Lmi	RRab	13.95	12.85	1	2	3
57	VZ CrB	RRab	16.10	14.70	1	0	1
5	**TOTAL**				**65**	**1**	**20**

Tabla 1. Resumen de las observaciones de variables tipo RR Lyrae, realizadas por el Grupo de variables RR Lyrae de la Agrupación Astronómica de Sabadell (Enero 2010 a Marzo 2014).

Proyecto OAG-CPMWPS

Javier Alonso[1,2]

[1] A.A. Sabadell
[2] A.A. Sierra de la Demanda
javier.alonso@ua.es

Resumen. Se trata de la presentación de un proyecto de colaboración pro-am para la búsqueda de nuevos sistemas binarios en el plano ecuatorial de la Vía Láctea. El proyecto está coordinado en su parte amateur por el Observatorio Astronómico de El Garraf y en su parte profesional astrofísicos del Observatorio Virtual Español y el Centro de Astrobiología. Usando los datos del Observatorio Virtual se están buscando compañeras de alto movimiento propio común comparando dos épocas separadas de media unos 50 años. La charla trataría de explicar en qué consiste este proyecto y presentar los resultados, oficiales ya en su primera parte (1725 nuevos pares descubiertos) y terminando la revisión de la segunda.

Palabras clave: Estrellas Dobles, Movimiento propio común, Observatorio Virtual.

1. Introducción

Aunque se piensa que ya algunos astrónomos antiguos sospechaban la existencia del *movimiento propio* de las estrellas el primero en darse cuenta realmente fue Halley. En 1718 mientras intentaba medir paralajes de estrellas para determinar sus distancias, se dio cuenta de que la posición de ciertas estrellas en el catálogo de Flamsted como Sirio, Arturo y Aldebarán estaban desplazadas más de medio grado respecto de las medidas tabuladas por Hiparco en su Almagesto (s. II a.C.)

A finales del siglo XVIII Herschel mientras trabajaba en la determinación de paralajes estelares descubrió las *estrellas dobles* en sentido moderno. Encontró algunas estrellas que se movían en torno a un centro de masas común (binarias orbitales) y otras que se movían compartiendo la misma trayectoria por el cielo (binarias de *movimiento propio común*). Posteriormente muchos han sido los que han estudiado sistemáticamente el movimiento propio de las estrellas confeccionando diversos catálogos. Estos catálogos son una colección de estrellas cercanas, puesto que cuanto más cercana es la estrella más apreciable se hará su movimiento. Los primeros catálogos de movimiento propio son de principios del siglo pasado. El astrónomo alemán Max Wolf desde Heidelberg y el estadounidense Ross desde Yerkes, elaboran sus catálogos con algo más de un millar de estrellas cada uno.

El primer gran *catálogo de movimientos propios comunes* (CPM por sus siglas en inglés) corresponde a Burnham, quien a principios del siglo XX incluyó 360

pares de CPM en su *Catálogo General de Estrellas Dobles*. Más adelante Giclas en su catálogo de estrellas dobles incluye 197 pares, pero va a ser Luyten el autor más prolífico. En una serie de catálogos que todavía hoy son referencia (L, LFT, LTT, NLTT y LPM) estudia el movimiento propio de más de 60000 estrellas, de las que 6170 resultaron ser binarias de CPM.

El *Observatorio Virtual* (VO) ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad a la hora de buscar estrellas dobles con CMP. Se trata de un proyecto internacional que pretende trasladar los datos científicos astronómicos procedentes tanto de misiones espaciales como terrestres a internet, de manera que cualquier persona pueda acceder a ellos. Para lograr y asegurar el buen funcionamiento del VO existe una asociación científica internacional que se encarga de su mantenimiento y actualización: la IVOA. con divisiones en distintos países. En España tenemos el SVO (S*panish Virtual Observatory*) gestionado por el INTA. Muy importante es el *Aladin Sky Atlas*, una aplicación para el VO desarrollada por el CDS francés (*Centre de Données astronomiques de Strasbourg*) que, a modo de portal, nos permite descargar y trabajar con todos estos recursos que atesora el VO (imágenes, datos, catálogos...).

2. Origen y evolución del Proyecto

El *Observatorio Astronómico del Garraf* (OAG) se crea en 1997 a 35 km de la ciudad de Barcelona, en el parque natural que le da nombre. De la mano de Tòfol Tobal y Xavier Miret, dos de los principales doblistas del panorama estatal, el OAG se embarca en una serie de proyectos pro-am como la revisión del célebre *Catálogo de Estrellas Dobles Visuales* de *J. L. Comellas* (mediante medias micrométricas) o la recuperación de estrellas dobles "perdidas" del catálogo WDS y la búsqueda de compañeras de estrellas *Luyten* (ambos con el uso del Observatorio Virtual).

A finales de 2008, tras finalizar el proyecto Luyten y con la experiencia adquirida, se plantea un desafío más ambicioso: el *OAG-CPMWPS*, acrónimo del inglés "OAG – Common Proper Motion Wide Pairs Survey" (Censo de pares amplios con movimiento propio común). Como se puede deducir del título se trata de encontrar nuevas estrellas dobles (incluso triples en algún caso) a partir de la observación de movimientos propios compartidos durante varias décadas. En otras palabras: dos (o más) estrellas que en los últimos 30-40 años se hayan desplazado por el cielo de la misma manera es muy probable, prácticamente seguro, que se traten de sistemas ligados físicamente. De este modo comparando los movimientos propios de las estrellas podremos descubrir nuevos pares que han pasado desapercibidos en otras búsquedas diferentes. Dada la envergadura del proyecto, la gran cantidad de cielo que revisar, se presentó en 2009 en la XXI Convención de Observadores de la A. A. Sabadell (con la colaboración de Carles Schnabel como nexo entre ambas organizaciones) para difundir el proyecto y conseguir la colaboración de más observadores. A la par que se iban obteniendo los primeros resultados se han ido publicando en revistas especializadas así como su envío al Observatorio Naval de EEUU, que tras las oportunas revisiones, ha

Equipo Amateur	Coordinación general	T. Tobal (OAG)
	Medidas astrométricas y revisión de los sectores	X. Miret (OAG)
	Soporte informático y compilación de la base de datos	I. Novalbos (OAG) y J. A. Santos (OAG)
	Equipo de investigación	J. A. Genebriera (Observatorio de Tacande, La Palma) y C. Schnabel (AAS)
Equipo Profesional	Análisis astrofísico y soporte del SVO	D. Valls (OPM-CNRS), J. A. Caballero (CAB, INTA-CSIC) y E. Solano (CAB, INTA-CSIC)
	Colaborador	B. González (CAB, INTA-CSIC)

Tabla 1. Organizadores del Proyecto OAG-CPMWPS.

ido incluyendo los nuevos pares en el *Catálogo de Estrellas Dobles de Washington* (WDS) referencia mundial en esta materia. En la tabla 2 se muestran los principales momentos del proyecto.

Fecha	*Autor*	*Descripción*
Jul 2009	Miret X. & Tobal T.	Circular nº 17 de la Sección de Estrellas Dobles de la Webb Society
Dic 2009	Tobal T.	XXI Convención de Observadores de la A.A. Sabadell
Feb 2010	Miret X. & Tobal T.	I Reunión de trabajo OAG-CPMWPS
Jul 2010	Miret X. & Tobal T.	Circular nº 18 de la Sección de Estrellas Dobles de la Webb Society
Jul 2010	Miret X. & Tobal T.	II Reunión de trabajo OAG-CPMWPS
Oct 2010	Miret X. & Tobal T.	II Encuentro internacional pro-am de observadores de estrellas dobles
May 2011	Miret X., Tobal T. et al.	Circular nº 19 de la Sección de Estrellas Dobles de la Webb Society
Nov 2011	Miret X. & Novalbos I.	XXII Convención de Observadores de la A. A. Sabadell
Ene 2012	Novalbos I., Miret X. et al.	El Observador de Estrellas Dobles nº 8

Tabla 2. Principales reuniones (celebradas en la sede de la A. A. Sabadell) y publicaciones de los miembros del Proyecto.

3. Características del Proyecto y metodología

Las dos principales características del OAG-CPMWPS son, por un lado, que es un proyecto visual y por otro, que es un proyecto sistemático. Emulando a los profesionales de principios del siglo XX nos vamos a dedicar a comparar "a ojo" dos placas (digitalizadas) de la misma región del cielo en dos épocas distintas para ver si hay variaciones apreciables en las posiciones de las estrellas. Antes se hacía con sofisticados "*Comparadores de parpadeo*": aparatos que alternaban rápidamente las dos placas produciendo un efecto de intermitencia o parpadeo en aquellos puntos donde la estrella se había movido. Hoy nos ayudamos de la informática, más concretamente del Observatorio Virtual.

Cuando decimos que el estudio es sistemático nos estamos refiriendo a que se va a estudiar una región entera del cielo: la franja ecuatorial, 20° por encima (declinación norte) y otros tanto por debajo (dec. sur) como se puede apreciar en la Fig. 1.

SURVEY SECTORS : SEPTEMBER 2013

DEC	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	+20º	DEC
Obs	XMI	XMI	XMI	XMI ABL	ABL	ABL	ABL	ABL	ABL	ABL	ABL	NMI ABL	ABL	EMM	NVL	PRO HER	ABL	RIB	JMA JMI	RIB	JMI	ABL	ABL	ABL	Obs
AR	00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	AR
DEC	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	-20º	DEC
Obs	RIB	ALO	ABL	ABL	GAR	ABL OLV	NVL	ARR	ABL	JVA ABL	ABL	ABL	ABL	TOB	DCS	ABL	ALO	EMM	COR RIB	ALO	JMA	ABL	ABL	ABL	Obs

Figura 1. Status actual del Proyecto. El color naranja corresponde a sectores ya analizados y con datos publicados; el amarillo claro, a sectores acabados (búsqueda) pero pedientes de la revisión de los pares encontrados, mientras que en amarillo "oro" se encuentran aquellos sectores que todavía están sin acabar. Más información en la web: `http://www.oagarraf.net/`.

Se ha dividido la región ecuatorial en 48 sectores, como se puede ver, de 1h en AR por 20° en declinación. Cada sector se asigna a un observador que procede a examinarlo en busca de posibles nuevos pares. En Aladin vamos a trabajar con imágenes de un tamaño de 15'×15'. Por tanto, por cada minuto en ascensión recta tenemos 20° de declinación y para cubrir un grado necesitamos 4 imágenes de 15'. Como cada sector es de una hora esto se repetirá 60 veces. Resumiendo: en cada sector tenemos 4×20×60 imágenes que revisar, o sea, en total ¡¡4800!! Vemos que por muy automatizado que esté el Proyecto requiere de mucha dedicación.

Abrimos Aladin y lo primero que hacemos es cargar las imágenes *POSS1* y *POSS2* de la región que vamos a examinar. Son las placas digitalizadas de las dos épocas del *Palomar Observatory Sky Survey*, separadas unos 40 años. Hacemos ahora una imagen RGB con las dos imágenes POSS asignando a cada una un color. Las estrellas que no se han movido coinciden en ambas placas por lo que aparecen como un único punto en la imagen RGB. Sin embargo aquellas estrellas con un movimiento propio apreciable aparecen como dos puntos de color diferente

en la composición RGB (Fig. 2 izqda). Cuando detectemos dos estrellas que se han movido de la misma manera tendremos un candidato a sistema binario. En nuestro caso para facilitar la búsqueda visual nos quedaremos con todos aquellos pares con un movimiento propio común igual o mayor a 50 milisegundos de arco al año (mas/a). Una vez que hemos encontrado un candidato, para no

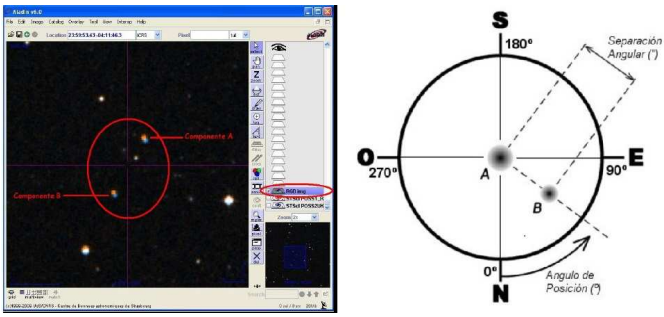


Figura 2. Izda: Composición RGB en Aladín donde podemos observar los pares con movimiento propio común – Dcha: Coordenadas polares características de un sistema binario.

trabajar luego a lo tonto, antes que nada tenemos que cargar el WDS para comprobar que efectivamente es un par nuevo y no está ya catalogado. En este caso procederemos a caracterizar nuestro par. Cargamos también los catálogos *USNO-B1*, del que obtendremos la astrometría de cada estrella (coordenadas y movimientos propios) y *NOMAD1*, de donde cogemos la fotometría. Para acabar nos queda medir las coordenadas polares habituales en un sistema binario (Fig. 2 dcha): la separación angular (ρ, en segundos de arco) y el ángulo de posición (Θ, en grados, medidos desde el norte hacia el este). Estos valores los obtenemos fácilmente usando la herramienta "dist" de Aladin, al pinchar sobre la estrella primaria y arrastrar el cursor hasta la secundaria.

Todos estos pasos se han descrito lo más brevemente posible para explicar el concepto general del proyecto. Para una información más detallada, consultar el tutorial colgado en la web del OAG: `http://www.oagarraf.net/`.

4. Resultados

Los resultados de la primera mitad del proyecto (00h-11h de ascensión recta) se publicaron a mediados de 2012, incluyéndose en el WDS 1725 *nuevos sistemas*. Además, alguno de los pares descubiertos se encuentran en los límites para constituir auténticos sistemas físicos [1], lo que ha originado un interés en la parte profesional que está ultimando un par de artículos científicos en revistas de alto impacto.

En la actualidad se está acabando la prospección de los últimos sectores y se ha empezado la revisión de los primeros resultados obtenidos en esta segunda

tanda. En los próximos meses se espera finalizar el proyecto y publicar los resultados que faltan (12h-23h). La idea es, una vez publicado el proyecto entero, dar a conocer el catálogo en un encuentro internacional en Barcelona, que en su momento será anunciado a la comunidad.

Observador	*Cód. WDS*	*N*		*Observador*	*Cód. WDS*	*N*
Alonso, J.	JAL	62		Galera, T.	OAG2012k	5
Alonso, L.	OAG2012l	3		Miret, N.	OAG2012c	24
Arredondo, E.	OAG2012e	30		Miret, X.	XMI	220
Bernal, A.	ABN	1146		Novalbos, I.	NVL	79
Bernal, M	MBL	4		Oliva, A.	OAG2012m	3
Castellà, D.	OAG2012a/g	35		Ribe, L. I.	RIB	56
Correa, M.	OAG2012f	17		Rojo, J.	OAG2012g	4
Esteban, F.	OAG2012h	5		Tamayo, A. M.	OAG2012d	11
Fábregas, C.	OAG2012b/i	11		Tobal, T.	TBL	1
Franc, N.	OAG2012j	3		Valero, J.	OAG2012i	6

Tabla 3. Resultados definitivos de la primera parte del Proyecto – Número de pares descubiertos (N) por observador, con su código WDS, ya incluidos en el Catálogo de Estrellas Dobles de Washington.

5. Conclusiones

Trabajando de manera organizada y sistemática, coordinados y ayudados por profesionales, los astrónomos amateur hemos conseguido aportar en la primera mitad del proyecto OAG-CPMWPS 1725 nuevos pares a las bases de datos internacionales que, además de la satisfacción personal que ello conlleva, ayudarán a los profesionales en futuras investigaciones.

En especial, es en el campo de la binaridad y la formación y evolución de sistemas binarios donde más útil es nuestra aportación. Entre los pares descubiertos se encuentran algunos de los más separados conocidos hasta la fecha (del orden de miles de UA) llegando hasta el límite que separa lo que consideramos estrellas dobles muy spearadas y grupos estelares cinemáticos. Sobre esta cuestión ya hay un artículo profesional enviado a MNRAS (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*) una de las revistas astronómicas con más impacto: "*The most fragile common proper-motion stars pairs in the solar neighbourhood*".

Agradecimientos

Quería dar las gracias a todas las personas que de un modo u otro están involucradas en el Proyecto por el tiempo y el trabajo que han dedicado y que

tan buenos resultados están permitiendo obtener. También quería agradecer a la coordinación, *Tòfol*, *Xavier* e *Ignacio*, por brindarme la posibilidad de participar en el Proyecto y por la paciencia que han demostrado estos años.

Referencias

[1] `http://www.oagarraf.net/`. La página web del Observatorio del Garraf posee toda la documentación sobre el proyecto en el menú de la izquierda (tanto en "*OAG-CPM Wide Pairs Survey*" como en "*Research Papers & Publications*") así como la primera parte del Catálogo GWP (*Garraf Wide Pairs*) con los 1725 nuevos pares.

Veintisiete años de observaciones del subfuor V 1118 Ori

José García García[1,2]

[1] Sociedad Malagueña de Astronomía
[2] Sociedad Española de Astronomía

Resumen. Las estrellas denominadas EX Orionis o también subfuors son objetos presecuencia principal. Pertenecen al tipo de las T Tauri y en ocasiones, muestran subidas de brillo de cuatro a cinco magnitudes a partir del mínimo.De los candidatos a pertenecer a este grupo, nosotros elegimos el objeto variable denominado V 1118 Ori el cual, es el protagonista de nuestro estudio.En la década de los ochenta, cuando empezamos las observaciones, no existían datos observacionales que pudieran establecer de forma clara el comportamiento de estos objetos. Por lo tanto, nuestro objetivo primordial fué poder determinar de una forma clara el comportamiento fotométrico de V 1118 y ver si presentaba un parecido convincente con el prototipo de estos objetos la estrella EX Lup.

Palabras clave: subfuor, ex ors, v 1118 ori.

1. Introducción

EX Lup es el prototipo de una serie de estrellas variables eruptivas de presecuencia principal. Está situada en una zona de formación estelar correspondiente a la constelación del mismo nombre. De forma general, siempre se encuentran por debajo del rango de preaumento pero ocasionalmente, experimentan subidas de brillo que pueden llegar hasta las cinco magnitudes. El término subfuor, es consecuencia de un cierto paralelismo con el comportamiento de otro tipo de variables eruptivas, conocidas como variables FU Orionis. El comportamiento fotométrico de EX Lup está bien definido (Herbig, 2007) se caracteriza por una rápida subida, del orden de cuatro o cinco magnitudes y una bajada hasta el rango de preaumento que puede durar hasta año y medio. Por supuesto, estas subidas no son en absoluto predecibles y lo son menos aún en intensidad y duración.

Cuando estos objetos se encuentran en el mínimo, muestran espectros similares a las es trellas T Tauri clásicas (CTTS) y son semejantes a las de tipo espectral M. También se ha detectado la línea correspondiente al Li, siendo esto, una clara evidencia de la juventud de estos objetos. En la actualidad, el modelo más aceptado para explicar los bruscos cambios de brillo en estos objetos es el modelo de acreción de material procedente del disco circunestelar.

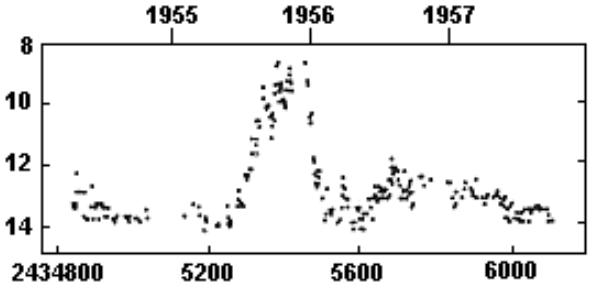


Figura 1. Curva EX Lup.

2. Observaciones

La mayoría de las observaciones se han llevado a cabo, con un telescopio Schmidt-Cassegrain de 28 cm de abertura equipado con ccd y filtro V de Johnson en Sevilla. En determinadas ocasiones, se han utilizado el telescopio IAC 80 perteneciente al IAC y el telescopio Schmidt de 26" perteneciente al Instituto de Astrofísica, Optica y Electrónica (INAOE) en México. Se aplicó el método de fotometría diferencial con las correspondientes estrellas chequeo y comparación de los catálogos de A.D. Andrews y Parenago.

3. Discusion

La estrella variable eruptiva V 1118 Ori, está situada en el complejo de Orión a unos 13' al suroeste del Trapecio y normalmente, se encuentra sobre una magnitud Mv 17.20 ó 17.30 siendo éste el rango de preaumento más común. En 1983, R.Chanal captó una imagen de esta estrella y le asignó una Mv=13.50, a partir de ahí la estrella pasó a denominarse estrella de Chanal. Posteriormente, se vió que la estrella ya aparecía en tomas realizadas por L.Rosino en el año 1962. Examinando datos de años anteriores, pudimos comprobar que los años 1939, 1956 y 1961 (Rosino y Cian) la estrella había experimentado una serie de erupciones que no habían sido tomadas en cuenta. De todas formas, con los datos que teníamos en la década de los ochenta, era imposible establecer su comportamiento fotométrico y mucho menos, intuir algún tipo de periodo o actividad predecible. Las observaciones se han efectuado en cuatro periodos bien diferenciados si bien, los tres últimos han sido los más importantes ya que nos han permitido poder establecer con seguridad el comportamiento del objeto y por consiguiente, su correcta clasificación.

- Periodo 1993-1995. En este periodo, las observaciones que efectuamos fueron incompletas aunque sí muy reveladoras. Observamos como la estrella, aparece en el máximo en enero de 1993 con una magnitud de 14.70 y tarda en llegar al rango de preaumento casi dos años y medio (figura 3).

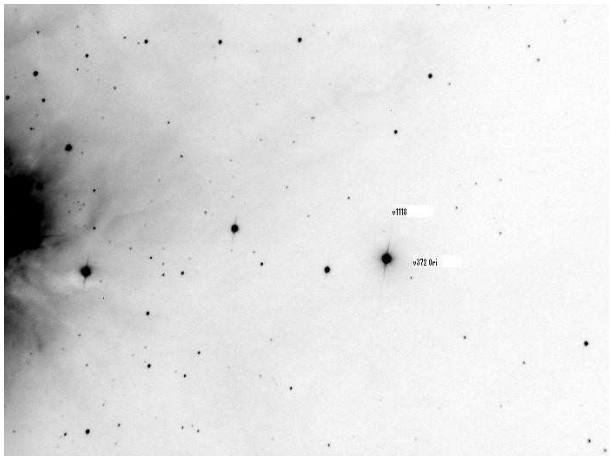


Figura 2. Zona de V 1118 ori 13x13 minutos de arco, con la variable V 372 Ori.

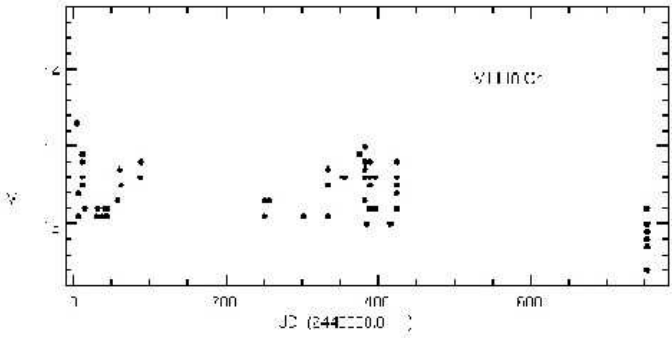


Figura 3. Se muestran diferentes observaciones sin una escala completa.

- Periodo 1995-2000. Es la primera vez, que logramos registrar el proceso completo. Podemos apreciar como la estrella llegaba al mínimo en octubre de 1996 con una magnitud Mv=17.61. A continuación, empieza la erupción y llega al máximo en octubre de 1997 con una magnitud Mv=14.30. Posteriormente, empieza el decaimiento hasta enero del 2000. Vemos como la amplitud de la subida es de más de tres magnitudes, tarda un año en llegar al máximo y alcanza el rango de preaumento en dos años y medio (figura 4).
- Periodo 2003-2006. Por segunda vez, logramos registrar el proceso completo. Además las observaciones fueron más cuantiosas y seguidas lo cual, nos permitió realizar una cobertura más amplia del evento. Sobre octubre de 2004, la estrella brillaba sobre la magnitud Mv=16.70; en cinco meses es decir, en marzo de 2005 alcanza el máximo con una magnitud Mv=13.50; podemos apreciar como la estrella, permanece en el máximo brillo casi siete meses y casi un año después, está en fase de decaimiento con una magnitud Mv=15.30. Vemos como el aumento alcanza más de tres magnitudes (figura 5),

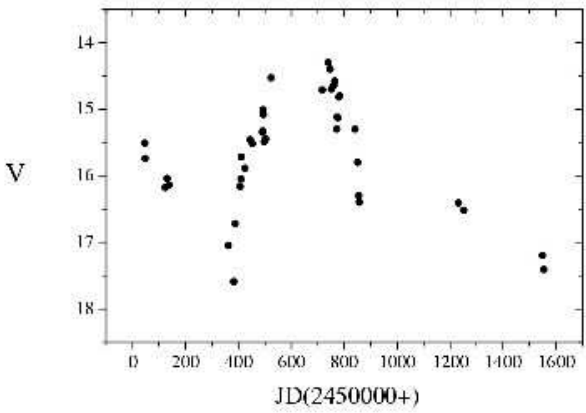


Figura 4. Curva de luz del periodo 1995-2000.

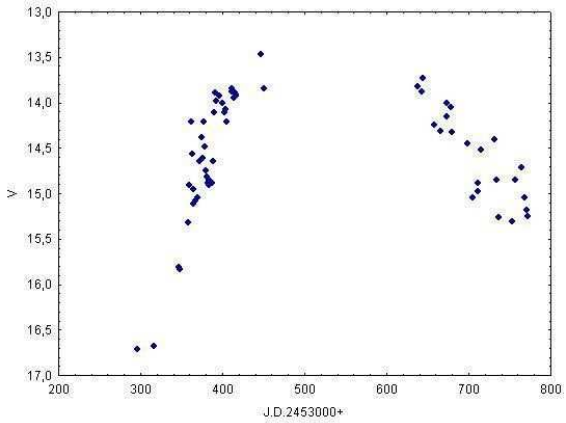


Figura 5. Curva de luz del periodo 2003-2006.Los datos de marzo corresponden al IAC.

- Periodo 2007-2008. En este periodo, la actividad decrece notablemente; sobre septiembre de 2007 la estrella muestra una magnitud Mv=17.40, entra en erupción y llega al máximo en enero de 2008 con una magnitud Mv=15.30. A partir de ahí, empieza un rápido e inusual decaimiento llegando a la magnitud Mv=16.11 en febrero de 2008. En la actualidad, la estrella se situa sobre Mv=17.20 (figura 6):

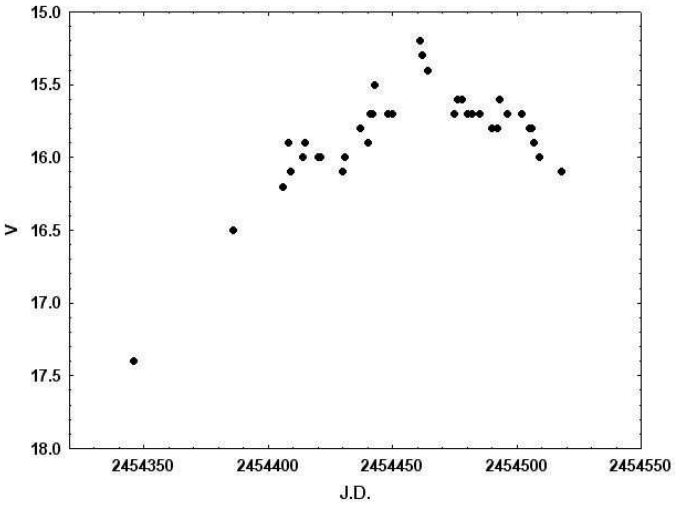


Figura 6. Curva de luz del periodo 2007-2008.

4. Conclusiones

Considerando que el comportamiento de V 1118 Ori tiene un evidente parecido con el comportamiento de la estrella prototipo, podemos concluir que v 1118 Ori pertenece al grupo de objetos denominados EXor o subfuor lo cual, era el principal objetivo de nuestro trabajo. El mecanismo que produce las erupciones tipo EXor es similar al que se produce en las estrellas tipo Fuor, aunque la intensidad y la duración de las erupciones son distintas. ¿Son mecanismos distintos o es un mismo proceso que ocurre en las distintas etapas de este tipo de estrellas antes de llegar a la secuencia principal? Esta última cuestión, sigue siendo desconocida pero sucesivas campañas de observación de estos objetos incluyendo espectrografía apoyada por fotometría, ayudarán a resolver tan importante cuestión. Por último, G.Herbig en uno de sus últimos artículos (AJ 135 2008 637) define a V 1118 Ori como un objeto EXor.

Referencias

[1] G.Herbig , "EX Lupi: History and Spectroscopy", *AJ*,133:2679-2683,2007 June.
[2] García García J.,Mampaso,A.Parsamian E.,1995,IBVS,4268.
[3] Garcia García J.,Parsamian,E.S.,2000,IBVS,4925
[4] García García,J.,Parsamian,E.S. 2006,IBVS,5691
[5] García García,J.,Parsamian,E.S. 2008,IBVS,5829

Fotometría visual de estrellas variables

Javier Alonso[1,2]

[1] A.A. Sabadell
[2] A.A. Sierra de la Demanda
javier.alonso@ua.es

Resumen. El cielo nocturno está lleno de estrellas y parece siempre el mismo. A pesar de esta calma aparente, muchas de las estrellas que vemos no brillan siempre de la misma manera. Trataremos de explicar el origen de estas variaciones así como presentar los principales tipos de variables. Ya con unos simples prismáticos, y a veces incluso a simple vista, sin necesidad de electrónica ni grandes medios, se pueden observar variables muy interesantes y estudiar su curva de luz. Se mostrarán algunos de los resultados obtenidos, principalmente variables de largo periodo (semirregulares y miras) junto con otras campañas puntuales como epsilon aurigae o la más reciente Nova Delphinus 2013

Palabras clave: estrellas variables, Argelander, Miras, Semirregulares, RV Tau.

1. Introducción

Al mirar al cielo, sobretodo si lo hacemos de manera muy esporádica, da la sensación de estar observando algo tranquilo y estático, sin grandes cambios. Cuando lo conocemos un poco mejor ya percibimos cambios: las posiciones de los planetas, la visibilidad de las distintas constelaciones a lo largo del año... etc. Si nos fijamos un poco más nos daremos cuenta de que muchas estrellas no tienen un brillo fijo, como parecería normal, sino que éste varía de muchas maneras: son las estrellas variables.

Aunque parece ser que en la Antigüedad ya se sospechaba de la variabilidad de algunas estrellas brillantes como *Mira* o *Algol*, la primera estrella variable de la que tenemos constancia (por lo menos en Europa) es Mira, en realidad Omicron Ceti. Durante 1596 el astrónomo alemán *David Fabricius* usó esta estrella como referencia para comparar posiciones mientras observaba Mercurio y se dio cuenta de que ésta aumentaba un poco de brillo y luego desaparecía por lo que pensó que se trataba de una nova. Hasta 1609 cuando la volvió a observar no se dio cuenta de que realmente era realmente una estrella. Algo más tarde la observarían también otros astrónomos, entre ellos *Hevelius*, que se quedó asombrado y en su *Historiola Mirae Stellae* (1662) la bautizó con el nombre con el que aún la conocemos hoy: Mira, maravillosa en latín.

A nivel personal, me enganché a las variables durante mi estancia de erasmus. No podía llevarme el telescopio fuera y opté por algo más transportable: unos prismáticos 10x50. Por aquel entonces Xavier Bros coordinaba la sección

de variables en la A. A. Sabadell y proponía la observación de algunas de las variables más brillantes, asequibles en su mayoría con unos simples prismáticos [1].

El objetivo de esta charla no es otro que animar y dar a conocer este campo de la observación astronómica que, en mi opinión, está un poco abandonado en la actualidad.

2. Tipos de variables

Hay dos grandes tipos de estrellas variables. Aquellas en que la variación de brillo se debe a cambios físicos en la estructura de la estrella (variables *Intrínsecas*) y otras (*Extrínsecas*) en las que no. En el primer caso el origen de estos cambios se debe a inestabilidades que se producen en estrellas evolucionadas que han abandonado la secuencia principal y en sistemas binarios donde hay interacción entre sus miembros. En el caso de las variables Extrínsecas los cambios son originados por un efecto de perspectiva.

En la tabla 1 se expone de manera simplificada la clasificación actual, de acuerdo con la 4ª edición del *Catálogo General de Estrellas Variables* [2]. Dentro de cada clase hay una gran variedad de criterios que complica mucho la clasificación.

Dentro de las Pulsantes encontramos la mayoría de las variables más conocidas: RR Lyr, Cefeidas y las que a mí personalmente más me interesan: Miras, Semirregulares y RV Tau. A diferencia de las primeras, en general, estas últimas presentan mayores variaciones de brillo y también mayores periodos, por lo que saliendo una vez a la semana se pueden seguir cómodamente. Más adelante se profundizará un poco más.

3. Fotometría visual: Método de Argelander

Para poder confeccionar la *curva de luz* de la variable que estamos observando y estudiar evolución es necesario que calculemos su magnitud. Para ello tendremos que estimar la magnitud de la variable comparando su brillo con el de otras estrellas cercanas de magnitud estándar (no variable) conocidas. Estas estrellas aparecen en cartas especiales de observación de variables, como las que proporciona AAVSO [3].

Las comparaciones las haremos usando el método de los grados, introducido en torno 1840 por el astrónomo prusiano *F. Argelander*. El funcionamiento es muy sencillo y promediando diversas comparaciones podemos obtener precisiones mejores que una décima de magnitud. Se trata de coger una estrella de referencia más brillante (A) que la variable y elegir el grado que indica la diferencia de brillo entre las dos estrellas de acuerdo con el criterio que aparece en la tabla 2.

A continuación repetimos el proceso, ahora con una estrella menos brillante (B) que la variable y ambos valores los llevamos a la siguiente expresión:

TIPOS	SUB TIPOS	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Eruptivas (antiguas Irregulares)	19	Variación irregular debida a fenómenos eruptivos (en la corona o en la cromosfera) acompañados de pérdida de masa	R CrB, S Dor, FU Ori
Pulsantes	33	Fluctuaciones periódicas o semirregulares. Presentan contracciones y expansiones de su superficie (radiales o no) pudiendo cambiar de forma, no siempre esférica	RRLyr, δ Cep, o Cet,
Rotacionales	7	Brillo no uniforme debido a formas elipsoidales o a la presencia de manchas (asociadas al campo magnético)	BY Dra, FK Com
Cataclísmicas (antiguas Eruptivas)	14	Explosiones termonucleares (en superficie o en el interior) y caída de material rico en H sobre un disco de acreción. Suelen ser sistemas binarios cerrados	Novas, Supernovas SS Cyg, Z Cam
Eclipsantes	18	Variaciones de luz debida a los eclipses producidos en sistemas binarios cuyo plano orbital coincide con nuestra línea de visión	β Per, β Lyr,
Rayos X	10	Fuentes de rayos X ópticamente variables, en sistemas binarios donde hay caída de material hacia una estrella de neutrones, enana blanca o agujero negro	V1343 Aql, HZ Her
Otras	-	Resto de variables conocidas que no se pueden clasificar de las otras maneras, en su mayoría son objetos extragalácticos (cuásares variables)	BL Lac, 3C 279

Tabla 1. Clasificación de las estrellas variables.

$$m_V = m_A + \frac{a}{a+b}(m_B - m_A) \tag{1}$$

donde m_V es la magnitud de la variable que estamos buscando, m_A y m_B son las magnitudes de las estrellas de referencia y a y b son los grados estimados en la comparación.

Aunque la elección de estos grados puede ser algo subjetivo el método funciona muy bien y está muy extendido entre los observadores. Para optimizar su uso deberíamos tener en cuenta varias indicaciones:

- Aunque es algo obvio, lo primero que tendremos que hacer es asegurarnos de haber identificado correctamente tanto la variable como las estrellas de referencia (importante en variables que observemos por primera vez, especialmente si son débiles).
- Conviene elegir estrellas de referencia lo más parecidas a la variable para evitar utilizar los grados más altos ($0{,}5^m < m_A – m_B < 1{,}0^m$).
- Las comparaciones de brillo tienen que ser rápidas y alternativas para evitar en estrellas rojas los efectos Purkinje o Galissot, por los cuales estas estrellas al observarlas prolongadamente parecen aumentar o disminuir su brillo respectivamente.

GRADO	DESCRIPCIÓN
1	Se dice que A es más brillante que V en 1 grado cuando ambas estrellas parecen de igual brillo al primer golpe de vista, pero, después de un atento examen, parece, salvo raros instantes, que A es ligeramentemás brillante que V
2	Se dice que A es más brillante que V en 2 grados cuando ambas estrellas parecen de igual luminosidad aparente a la primera ojeada, pero, rápidamente y sin vacilación, observamos que A es más brillante
3	Puede decirse que A es más brillante que V en 3 grados cuando desde el primer momento se percibe una ligera diferencia de brillo entre ambos astros
4	A es más brillante que V en 4 grados cuando hay una notable diferencia de brillo entre A y V.
5	Se escribe cuando se observa una verdadera desproporción entre ambas estrellas

Tabla 2. Grados para la estimación de la magnitud en el método de Argelander.

- Es aconsejable situar en el centro de nuestro campo de visión de manera alternativa tanto la variable como la estrella de comparación para evitar un error de posición, ya que el ojo no es igualmente sensible en todo el campo de visión.
- Es aconsejable usar varias estrellas de referencia y obtener distintos resultados para promediarlos posteriormente.

Aunque, para el observador que quiera empezar a observar estrellas variables, a primera vista pueda parecer algo complicado cuando se adquiere un poco de práctica es un método rápido y fiable.

4. Resultados

En la actualidad estoy observando una treintena de variables en su gran mayoría miras aunque también hay unas pocas semirregulares y RV Tau. Utilizo unos prismáticos grandes 12×90 por lo que además necesito un trípode adecuado para estabilizar la imagen. En cielos oscuros puedo llegar a la 11ª magnitud aunque en cielos peores con llegar a la 9-10 mag me conformo. A este modesto equipo hay que añadirle un frontal, una libreta y las cartas de cada variable, como se puede ver todo ello fácilmente transportable, con la idea de salir una vez a la semana lo más rápido y cómodo posible.

A continuación voy a comentar los tipos de variables que suelo observar:

- *Miras* (M): como ya se comentó en la introducción deben su nombre a omicron ceti. Se trata de estrellas de masa solar o algo superior que se encuentran en la fase de AGB (rama asintótica gigante) donde la estrella después de quemar el H y el He de su núcleo va expandiéndose y perdiendo sus capas más externas camino de convertirse en una nebulosa planetaria. Son gigantes frías de tipos

espectrales K y M. Observacionalmente tienen periodos, bastante regulares, entre 80 y 1000 días con un rango de variabilidad entre 2.5 y 11. Al ser regulares se puede confeccionar una curva de luz en fase, mostrando lo que sería un periodo típico. Como muestra, se incluyen en las figuras un par de curvas de luz que ilustran lo dicho.

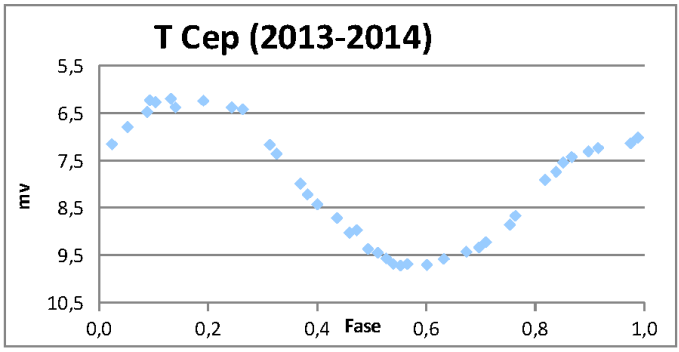


Figura 1. Curva de luz (en fase) de T Cep.

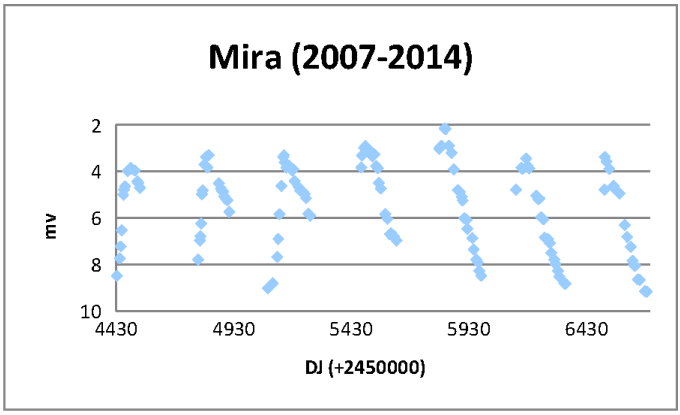


Figura 2. Curva de luz de Mira, donde se pueden observar 7 periodos en unos 7 años (no están enteros ni 2007 ni 2014), con un rango de más de 6 magnitudes.

- *Semirregulares* (SR): son gigantes o supergigantes de tipos espectrales intermedios o tardíos que muestran cierta periodicidad en sus curvas de luz. Los periodos se encuentran comprendidos entre 20 y 2000 días y la variabilidad puede variar entre centésimas de magnitud y una o dos magnitudes. De los varios subtipos que hay me interesan las de tipo SRa y SRb, ambos con variaciones de brillo menores a 2,5 magnitudes. Las SRa muestran un comportamiento muy parecido a las Miras, muy regulares con periodos mayores a 35

días, mientras que las SRb son más irregulares, con periodos de más de 20 días.

- *RV Tau* (RV): son supergigantes que pulsan radialmente variando su tipo espectral de tipo F-G en el máximo a K-M durante el mínimo. Presentan periodos entre 30 y 150 días y alternan mínimos primarios y secundarios, con una variación de brillo total de 3-4 magnitudes. Hay dos subtipos: RVa (la magnitud media es más o menos constante) y RVb (hay cambios periódicos, 600-1500 días, en la magnitud media).

En la tabla 3 se muestran los datos de algunas de las variables más características de cada tipo, cuyas curvas de luz se han mostrado en la charla. Además

Variable	*Tipo*	*Periodo (d)*	*Rango (V)*
T Cep	M	388,14	5,20 – 11,30
Mira	M	331,96	2,00 – 10,10
χ Cyg	M	408,05	3,30– 14,20
R Sct	RVA	146,50	4,20 – 8,6
U Mon	RVB	91,32	5,45 -7,67
AC Her	RVA	75,29	6,85 – 9,00
Z UMa	SRB	195,60	6,20 – 9,40
X Mon	SRB	155,80	6,80 – 10,20
V CVn	SRA	191,89	6,52 – 8,56
R CrB	RCB	--	5,71 – 15,20
ε Aur	EA / GS	9892	2,92 – 3,83

Tabla 3. Características de algunas de las variables observadas (datos de la base de datos de AAVSO).

de variables de largo periodo también observo alguna otra de las que, aunque en la charla se han tocado, no daré aquí más información para no alargarme. Entre ellas cabe citar R CrB [4] una eruptiva que en la actualidad está pasando por su mayor "irregularidad", ϵ Aur [5] una estrella embebida en un disco de polvo que cada 20 años es eclipsada por éste o alguna nova, como la del año pasado en el delfín [6], de quien otro compañero ha presentado una ponencia.

5. Conclusiones

La observación visual de estrellas variables nos ofrece la satisfacción personal de seguir y comprobar los cambios de muchas estrellas. Es un contacto real y

directo a pie de prismáticos (u ocular si usamos un telescopio) donde mientras localizamos la variable podemos disfrutar, además, de gran cantidad de objetos de cielo profundo que de otra forma nos pasarían desapercibidos.

También podemos ayudar científicamente con nuestras observaciones ya que los amateur aportamos muchos datos, y de manera continuada, que los profesionales no pueden realizar, especialmente con estrellas brillantes que saturan fácilmente los detectores CCD. Los periodos de las variables "regulares" no son constantes y merece la pena ir siguiéndolos durante mucho tiempo para ver si se producen o no cambios, conocimiento que a los profesionales les puede venir bien a la hora de comprobar sus modelos de evolución estelar con estrellas reales.

Referencias

[1] A. A. Sabadell, "Información de la A. A. Sabadell para la observación de estrellas variables", `https://www.astrosabadell.org/php/pdf/en/instruc_variables.pdf`.
[2] Samus et al., "General Catalogue o Variable Stars", *2009yCat...102025S*.
[3] Web de la AAVSO (American Association of Variable Stars Observers), coordinador mundial en la observación de estrellas variables donde se puede encontrar todo el material necesario para preparar las observaciones, `http://www.aavso.org/`.
[4] J. Alonso, "Alarma en la Corona Boreal", *AstronomíA*, 2007, 100, 40.
[5] J. Alonso, "Desvelando los misterios de ϵ Aur", *AstronomíA*, 2012, 156, 40.
[6] J. Alonso, "Nova Delphini 2013", *AstronomíA*, 2013, 172, 66.

Nuevo Catálogo Comellas de Estrellas Dobles Visuales

Edición Especial XXV Aniversario

Rafael Benavides Palencia[1], Francisco Manuel Rica Romero[2], Edgardo Rubén Masa Martín[3], Juan-Luis González Carballo[4]

[1] Agrupación Astronómica de Córdoba
[2] Agrupación Astronómica de Mérida, Badajoz
[3] Sociedad Astronómica Syrma, Valladolid
[4] Foro Extremeño de Astronomía (FEXDA)
rafaelbenpal@gmail.com, frica0@gmail.com, ermasa.dsa@gmail.com, struve1@gmail.com

Resumen. Con motivo del 25 aniversario de la publicación del *Catálogo de Estrellas Dobles Visuales* de D. José Luis Comellas hemos vuelto a editar tan emblemática obra, esta vez en versión digital, ampliada y mejorada para que sirva de referencia y guía a los nuevos amateurs que ahora se inician en esta especialidad y a los observadores de siempre que quieran seguir disfrutando de nuestras queridas estrellas dobles.

Palabras clave: estrellas: binarias: general, estrellas: binarias: visual, catálogos

1. Introducción

La afición de José Luis Comellas por las estrellas dobles viene de lejos. Siendo muy joven, y tras haber fraguado un verdadero interés por los cielos en los años anteriores, tuvo la fortuna de que su padre le regalara un anteojo de 60 mm. Con él revisó todas las estrellas dobles que le eran asequibles a su instrumental y que aparecían recogidas en los libros del divulgador francés C. Flammarion. La posibilidad de obtener datos propios a partir de sus observaciones le fascinó. A partir de ese momento, y sin dejar de cultivar casi todas las facetas de la Astronomía, José Luis Comellas sintió una especial devoción por estos delicados astros. Un acontecimiento vino a redundar en ese interés. Ocurrió en sus años como estudiante universitario en Santiago de Compostela. A pesar de estar matriculado en la Facultad de Filosofía y Letras no dudó en acudir a la Facultad de Ciencias de aquella universidad para presentarse ante el profesor Ramón M.ª Aller quien, no en vano, se había convertido en una referencia en el estudio de las estrellas dobles. Con él llegó, incluso, a trabajar durante unos memorables meses de su vida y pudo adquirir, de primera mano, conocimientos y técnicas que le convirtieron en un verdadero experto en el tema. Una vez que su carrera profesional como historiador estaba firmemente consolidada retomó su pasión por los cielos.

Y las dobles volvieron a centrar buena parte de sus horas de observación. Poco a poco las fichas que iba creando con anotaciones sobre sus queridas estrellas dobles se iban multiplicando. Tanto que, paulatinamente, iban conformando un verdadero catálogo que era necesario sistematizar.

Como miembro de la Agrupación Astronómica de Sabadell, propuso la publicación de las estrellas que había observado en los años previos. Para ello había empleado un modesto, pero de excelente calidad óptica, refractor de 7,5 cm *Polarex Unitron* con una focal de 1200 mm. Todas las medidas fueron elaboradas mediante un micrómetro de fabricación casera. Y así fue como el trabajo de tantas noches quedó recogido en un número monográfico de la revista de la Agrupación Astronómica de Sabadell: *Astrum* (n.º 27, agosto de 1973). Abarcaba las estrellas observadas desde octubre de 1970 hasta enero de 1973, nada menos que casi 1200 pares. En 1974 se producen grandes cambios: la construcción de su observatorio "Alcor" en la localidad de Mairena del Alcor posibilitó una mayor comodidad para la observación astronómica. Y ella permitió desarrollar su afición con mayor frecuencia. Era necesario un nuevo equipo. Fiel al excelente rendimiento de los refractores de *Unitron*, adquirió uno mayor de 102 mm (provisto de montura ecuatorial, seguimiento automático y círculos graduados). Esa época memorable incrementó exponencialmente sus resultados como observador, llegando a reunir miles de fichas con precisas anotaciones sobre estrellas dobles. Había llegado el momento de actualizar el catálogo anterior y elaboró uno nuevo que lo superaba con creces. En 1980 dio a conocer, de forma artesanal y con una circulación muy restringida, un nuevo catálogo mecanografiado en el que se describían 3564 sistemas dobles. Este trabajo constituye hoy un verdadero incunable para el observador de estrellas dobles, un verdadero documento histórico. Las descripciones que Comellas hace de los pares, acompañando a los inevitables datos numéricos, de las sensaciones visuales que producen son, ya desde aquel momento, casi pura poesía y han sido destacados por otros observadores en muchas ocasiones.

Aquel trabajo merecía un soporte más digno y fue la extinta editorial madrileña Equipo Sirius (editora de la casi recién aparecida *Tribuna de Astronomía*, precursora de la actual *AstronomíA*) [1] la que encargó al maestro sevillano una nueva edición de la obra. Para ello Comellas actualizó datos, los revisó y añadió otros cientos más hasta llegar a los 5114 pares que aparecen en la edición definitiva de su *Catálogo de Estrellas Dobles Visuales* [2]. Por aquel entonces, para ser fieles a la verdad, se adolecía de un gran vacío en el número de adeptos a esta disciplina. Existía capacidad pero faltaba tradición; aun a pesar de que las contribuciones amateurs a esta rama de la astronomía pueden llegar a ser muy importantes y muy valoradas por los profesionales. Haciendo un poco de balance retrospectivo es fácil comprobar que la publicación del *Catálogo de Estrellas Dobles Visuales* marcó un punto de inflexión y de ruptura con esa situación. Inmediatamente se constituyó como el germen que posibilitaría un cambio radical. Podemos afirmar que la Astronomía de Estrellas Dobles ha ido prosperando, paulatinamente, de manera ininterrumpida y creciente, hasta alcanzar un alto nivel de calidad y prestigio, no solamente aquí, sino fuera de nuestras fronte-

ras. Todos los que nos dedicamos ahora al estudio de las estrellas dobles hemos usado el catálogo de Comellas con asiduidad. En verdad, era prácticamente la única referencia disponible para contrastar nuestras observaciones. El acceso a otros catálogos de referencia era un asunto complicado. Los listados de dobles para aficionados eran escasos y las pocas guías de iniciación a la astronomía que incluían relaciones de estos astros, se limitaban a enumerar pares abiertos y brillantes que, de ninguna manera, podían servir para programar observaciones sistemáticas serias. Los astrónomos aficionados, aquejados de una irremediable cojera en cuanto al material de referencia, nos vimos de súbito sustentados por una firme muleta con la que iniciar la andadura. Por fin se disponía de material fresco y actualizado, además de otra ventaja única en su género: cada vez que desdoblábamos un nuevo par, el mismísimo José Luis Comellas nos susurraba al oído un montón de sugerentes comentarios redactados con un estilo exquisito, llano, familiar, de amigo a amigo. "*Delicadísima pareja oro pálido; Difícil, delicada; Muy fina; Componente A rosada suave; Débil pareja de gemelas grises; Precioso efecto...*". Sus palabras animaban a continuar observando un ratito más; estimulaban. Sus impresiones informaban pero, aún más, formaban. Todo un lujo a nuestro alcance. Se han cumplido recientemente 25 años desde la revolución.

2. La gestación del nuevo catálogo

En junio de 2004 Rafael Benavides acepta la propuesta de la Editorial Equipo Sirius para actualizar el catálogo de estrellas dobles, ya que la obra había quedado algo desfasada en algunos aspectos y necesitaba una revisión. La idea era ofrecer los datos más veraces y actualizados, sin por ello prescindir del inmenso e incalculable trabajo con todas las medidas que realizó Comellas durante tantas noches de observación, así como de conservar sus valiosísimos comentarios. En aquella época, casi diez años atrás, Internet no estaba tan extendido ni era tan usual hacer uso de todos los catálogos e información contenida en la red como lo es ahora. Tras seis meses de titánico trabajo, consultando datos y contrastando las medidas de cada uno de los sistemas dobles, Benavides entregó el nuevo trabajo a la editorial. Desgraciadamente hubo problemas de maquetación debido al formato de la tabla Excel donde se contenía y el nuevo compendio nunca vio la luz. En diferentes etapas se fueron uniendo al proyecto nuevos colaboradores (Francisco Rica, Edgardo R. Masa y Juan-Luis González Carballo) que con sus aportaciones ayudaron a completar y dar forma a aquel catálogo original escrito en una sencilla tabla Excel. Diferentes tentativas hubo de relanzar el proyecto después de aquella primera ocasión. La primera fue después del homenaje que se le dio a D. José Luis en marzo de 2008 en Sevilla. Gracias a la coordinación de Francisco Rica, un nutrido y entusiasta grupo de aficionados se encargó de reactualizar el catálogo, principalmente los sistemas orbitales que son los que siempre pueden quedar algo desfasados. De forma paralela se escribió el pormenorizado cuerpo de texto explicativo que debería acompañar al catálogo en sí. Desgraciadamente, tampoco pudo ser y el trabajo quedó guardado, una vez más, en el disco duro del ordenador. Finalmente, a mediados de 2013, Francisco

Rica vuelve a coordinar una nueva revisión con la ayuda de otro selecto equipo de voluntarios y se redacta la versión definitiva del texto. El esfuerzo común de todos los que han colaborado en cada una de las diferentes etapas ha permitido que el proyecto sea hoy una realidad.

3. Publicación, presentación y estadísticas

El Nuevo *Catálogo Comellas de Estrellas Dobles Visuales* [3] ha sido publicado y editado por el equipo editorial de la revista especializada *El Observador de Estrellas Dobles (OED)* [4] (número 12, enero de 2014), con la idea de presentar la obra a la comunidad astronómica a través de un medio de gran difusión. Paralelamente, los autores han desarrollado una página web exclusiva para complementar el lanzamiento del catálogo (Figura 1). Al estar implementado en formato digital puede ser descargado libre y gratuitamente desde este sitio de Internet, donde, además, se ofrece abundantísima información y material gráfico inédito de todo lo relativo al catálogo original y su historia, y por supuesto, la documentación que acompaña a la versión moderna.

Figura 1. Captura de pantalla de la web donde se aloja el nuevo catálogo.

El cuerpo principal del catálogo consta de 6122 pares, por lo que el montante total de sistemas añadidos a la versión anterior asciende a 1008. Durante el proceso de exploración que hemos realizado se encontraron muchas parejas que por sus características astrométricas y fotométricas eran dignas de ser incluidas. Posiblemente, estas nuevas dobles pasaron desapercibidas para Comellas o, quizá y más probablemente, figuraban en el catálogo *IDS* (*Index Catalogue of Visual Double Stars*) [5] con magnitudes más débiles de las que tenían en realidad. Si los pares no observados directamente por Comellas fueron seleccionados en base a que sus magnitudes fueran asequibles a un instrumento de 10 cm, esos con magnitudes infravaloradas habrían quedado fuera del rango de inclusión. Muchas de las incluidas por Comellas en el catálogo y no observadas directamente por él tienen magnitudes 11 o más débiles. Como criterio de inclusión hemos decidido añadir todas aquellas parejas interesantes que aparecían en los rastreos y más brillantes que la magnitud 10,5. De esta manera aseguramos que sigan siendo observables con el mismo instrumental. En la siguiente relación se dan cifras para los principales tipos de dobles catalogadas; los porcentajes correspondientes a estas cantidades se muestran en la Figura 2:

- Dobles Físicas o candidatas a serlo: 1717
- Dobles Fijas o candidatas a serlo: 2095
- Dobles Ópticas o candidatas a serlo:1599
- Dobles Orbitales:193
- Dobles de naturaleza indeterminada: 518

Figura 2. Tipología y abundancia de las dobles catalogadas.

¿Qué mejoras ofrece el catálogo respecto a aquella primera versión escrita por D. José Luis Comellas? Quizá el aspecto más diferenciado con respecto al catálogo original es que ahora el manejo de los datos se realiza de manera enteramente

informatizada, característica que aporta dinamismo, rapidez y versatilidad a las consultas. Recordemos que la obra se entrega en formato Excel, por lo que el entorno de la base de datos del catálogo será tremendamente popular y amigable para el usuario. En el aspecto de la actualización de datos hemos hecho un gran esfuerzo para modernizar las magnitudes V de cada una de las estrellas gracias a los datos de las misiones *Hipparcos* y *Tycho*, [6] mucho más precisos que aquellos procedentes del IDS. Del mismo modo, los parámetros theta y rho de cada sistema (ángulo de posición y distancia angular) fueron también actualizados, prestando especial atención a la evolución de cada pareja y eliminando aquellos datos que resultaran incongruentes. Para ello, se consultó profusamente la versión online del catálogo WDS [7] disponible en aquel entonces (2004), así como la versión de 1996, con menor número de medidas y de sistemas. Esta versión, más antigua, tenía la gran ventaja de contener en muchos casos como última medida la realizada por las misiones *Hipparcos* y/o *Tycho* en 1991, de una altísima precisión y que fundamentalmente fueron nuestra referencia principal. Así se lograba una cobertura por lo general de 4 medidas en épocas diferentes para cada una de las estrellas dobles, permitiendo seguir su evolución y al mismo tiempo valorar y descartar en su caso, aquellas medidas que no se ajustaran a la tendencia observada, aunque fuesen las más actuales y modernas. Para conseguir que el catálogo tenga validez por muchas décadas, se ha consignado en la sección Notas la evolución de muchos sistemas, añadiendo alguna de estas medidas históricas. Así, por una simple extrapolación, podemos deducir qué aspecto tendrán en cualquier época que observemos.

Como es lógico, hemos prestado gran atención a los sistemas orbitales, que suelen ser los más interesantes, ofreciendo efemérides por lo general hasta el año 2030, además de otros datos astrofísicos de especial interés como el espectro de cada una de las estrellas.

Agradecimientos

La elaboración de un compendio de estas características requiere tiempo, dedicación, esfuerzo, grandes dosis de ilusión y algo muy importante: cooperación, trabajo en equipo. Afortunadamente, fueron muchos los compañeros que desde un primer momento se ofrecieron a colaborar y se volcaron en las ingratas tareas de revisión y actualización de datos. Han trascurrido varios años desde el inicio del proyecto y diversas han sido las causas por las que el remozado catálogo que presentamos no pudo hacerse público en las fechas que habíamos previsto. Como consecuencia de estas demoras y tras retomar el compromiso, hubo necesidad de acometer nuevas actualizaciones sobre el trabajo ya hecho; principalmente, en lo que respecta a la puesta al día de las efemérides de todos aquellos pares orbitales cuyos parámetros habían sido objeto de revisión y mejora durante este tiempo. La respuesta a estos llamamientos requiriendo ayuda fue inmediata, copiosa y positiva. Los autores quieren expresar su agradecimiento al selecto grupo de colaboradores que participaron en las primeras etapas de la revisión de este catálogo. Pensamos que es de justicia reconocer sus valiosas aportaciones y dar

sus nombres para que quede constancia de su altruista contribución: Cándido Gómez, Israel Pérez de Tudela, José Antonio Pleguezuelo, Juan Jordano, Leonor Ana Hernández, Marcy Malavasi, Pablo Luque y Rafael Castillo. De igual forma, nuestro más alto reconocimiento a todos los copartícipes de estos últimos meses: Aurelio Alcalde, Cándido Gómez, Carlos Krawczenko, Eduardo de Mesa, Francisco Soldán, Ignacio Novalbos, Jaime Oviedo y Miguel L. Marcos. Gracias también a Víctor R. Ruiz por permitirnos alojar el catálogo descargable en el servidor de Infoastro [8]. La mayor parte de las fotografías usadas en la web del nuevo catálogo provienen de la colección particular de Juan Jordano que, amablemente, las ha puesto a nuestra disposición.

Referencias

[1] Revista AstronomíA, `http://www.astronomia-mag.com/shop/index.php`.
[2] José Luis Comellas, "Catálogo de Estrellas Dobles Visuales", *Equipo Sirius*, S.A. ISBN 978-84-86639-10-5, 1988.
[3] Nuevo Catálogo Comellas de Estrellas Dobles Visuales, `https://sites.google.com/site/nuevocatalogocomellas/home`.
[4] Revista El Observador de Estrellas Dobles (OED), `http://elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com`.
[5] Jeffers, H. M., van den Bos, W. H., Greeby, F. M, "Index Catalogue of Visual Double Stars, 1961.0", Pub. of the Lick Observatory, 21, 1963.
[6] ESA, 1997, "The Hipparcos and Tycho Catalogues", ESA SP-1200.
[7] "Washington Double Star Catalog", http://ad.usno.navy.mil/wds/wdstext.html.
[8] Portal *Infoastro*, http://www.infoastro.com/

Astronomía Amateur 5.0

Alejandro Sánchez de Miguel[1 2 3]

[1] Dep. Astrofísica y CC. De la Atmósfera UCM
[2] Agrupación Astronómica de Madrid
[3] Asociación de Astrónomos Aficionados – Universidad Complutense (ASAAF-UCM)
alejsasan@ucm.es

Resumen. La ciencia ciudadana es algo novedoso en otras ciencias, no en astronomía. Sin embargo, la generalización de esta práctica, ha hecho que se potencien las iniciativas de astronomía amateur. Ahora para hacer astronomía amateur no es necesario disponer de un costoso equipamiento. Solo los ojos del voluntario e internet.

Palabras clave: contaminación lumínica.

1. Introducción

La astronomía amateur ha sido practicada casi desde el comienzo de la astronomía, ya que hasta la aparición de los sacerdotes babilónicos no había profesionales de la misma. Siempre ha habido astrónomos amateur en todas las épocas, si bien su manera de contribuir al conocimiento astronómico ha ido cambiando con el tiempo. Antes del siglo XX solo los afortunados con dinero o profesiones liberales pudientes podían afrontar el coste del material necesario para poder realizar observaciones relevantes. Durante el siglo XX, esto medios y la socialización de la ciencia hicieron posible que los astrónomos amateur pudieran realizar contribuciones de manera visual como la detección de supernovas o descubrimientos de cometas de manera mucho más eficiente, pero seguía siendo necesarios o disponer de un buen material o un lugar de observación privilegiado. A finales del siglo XX y principios del XXI, con la llegada de las cámaras digitales, el abaratamiento de los equipos y la llegada de internet, fue mucho más fácil y barato realizar contribuciones a la ciencia como imágenes planetarias de alta resolución, útiles para los científicos planetarios. Sin embargo, se seguían necesitando materiales propios para realizar dicha contribución. El incremento de la penetración de internet, el éxito de algunos programas como Galaxyzoo y la concienciación por parte de las administraciones y algunos científicos, ha hecho que se empiece a apreciar la importancia de la nueva "ciencia ciudadana" que es la vieja astronomía amateur, pero en este caso de manera distribuida. En la actualidad existen miles de proyectos de ciencia ciudadana y la experiencia pionera de la astronomía amateur es un plus dentro de esta nueva corriente, en la que los ciudadanos, pueden desde aportar su dinero, sus recursos materiales, su cerebro o sus ideas de manera proactiva para la mejora de la ciencia sin ser profesionales en el campo. Ahora todos podemos ser astrónomos amateur reali-

zando pequeñas contribuciones relevantes sin precisar de más instrumentos que nuestros ojos y un ordenador. En este taller haremos un repaso rápido a algunas iniciativas relacionadas con la astronomía.

2. Proyectos de Zoouniverse

La plataforma Zoouniverse [5] surgió a raíz del éxito sin precedentes del proyecto Galaxyzoo [1].

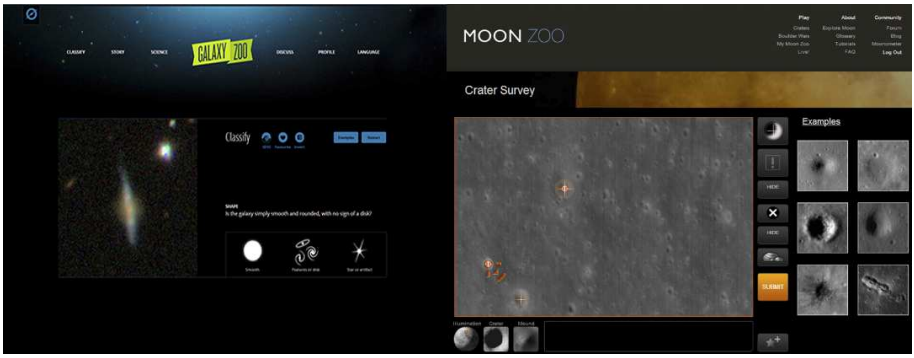


Figura 1. Izq.: El proyecto Galaxyzoo consistía en realizar una simple clasificación visual de galaxias. Der.: El proyecto MoonZoo permite ayudar a clasificar cráteres lunares.

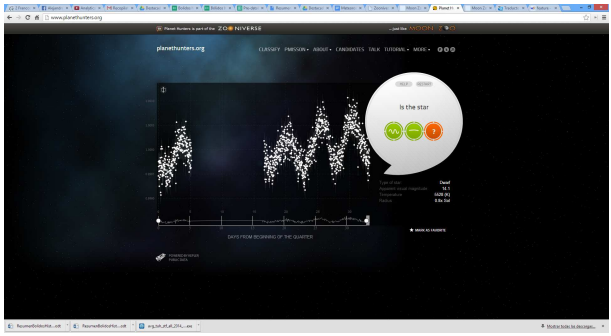


Figura 2. El proyecto PlanetHunters permite localizar planetas por el método de tránsitos.

3. Proyecto Dark Skies Night ISS

El uso de las imágenes de la ISS ha sido postulado por los investigadores de la Universidad Complutense [2], sin embargo la dificultad de acceso al archivo de la NASA ha hecho que este grupo en colaboración con Daniel Lombraña están creando un proyecto de ciencia ciudadana para la clasificación de las mismas [3].

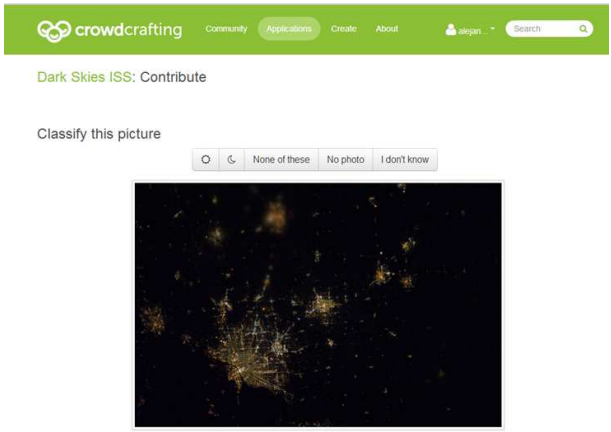


Figura 3. Proyecto para la clasificación del archive de imágenes de la estación Espacial internacional.

4. Programa de recuperación de Asteroides Cercanos a la Tierra (SVO)

El Observatorio Virtual español tiene un programa de ciencia ciudadana en que los astrónomos amateur que lo deseen pueden ayudar a la identificación de asteroides y sus medidas ayudan a mejorar las orbitas de estos peligrosos asteroides. Los participantes son reconocidos como coautores de los boletines MPC enviados [4].

5. Programas de medida de la Contaminación Lumínica (GlobeAtNight, IACO, Loss of the Night, NIXNOX, Star Counts...)

De todos los programas de ciencia ciudadana, los más abundantes son los de medida de la contaminación lumínica. Existen numerosos proyectos para la

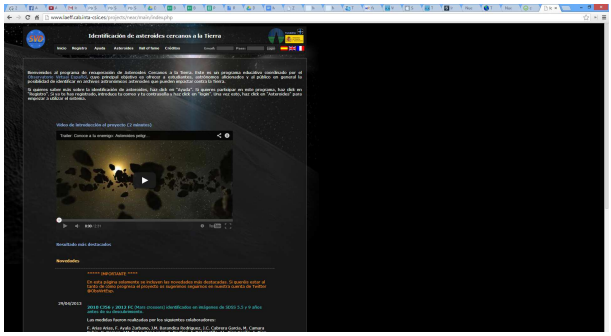


Figura 4. Página web del programa de recuperación de Asteroides Cercanos a la Tierra [6].

medida de la misma usando las observaciones de voluntarios. Los más populares a nivel internacional son GlobeAtNight [8] y StarCounts [7]. A nivel del estado español, el programa más popular en IACO [9]. Aunque, recientemente dos aplicaciones móviles "Perdida de la Noche" o "Loss of the Night" [11] y el Dark Sky meter [12] están haciendo que el procedimiento de medida sea más estandarizado y controlado. Por otro lado, la Sociedad Española de Astronomía ha promovido el proyecto NIXNOX [14], en que agrupaciones astronómicas de toda España han contribuido con sus medidas usando un dispositivo SQM [13]. De los anteriores, Globe at Night es el más productivo con una publicación en la revista de libre acceso de Nature [15].

6. Conclusiones

Actualmente la Astronomía Amateur y se ha beneficiado de la generalización de los proyectos de ciencia ciudadana y existen numerosos proyectos en los que poder colaborar. Parte de la ciencia profesional, se beneficia a sí de la cooperación de ciudadanos e impulsa con nuevos recursos ciencia puntera con publicaciones de prestigio.

Referencias

[1] Lintott, C. J., Schawinski, K., Slosar, A., Land, K., Bamford, S., Thomas, D., Vandenberg, J., "Galaxy Zoo: morphologies derived from visual inspection of galaxies from the Sloan Digital Sky Survey". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 389(3), 1179-1189, 2008.

[2] Zamorano, J., de Miguel, A. S., Pascual, S., Castaño, J. G., Ramírez, P., Challupner, P. "ISS nocturnal images as a scientific tool against Light Pollution". *LICA report*, April 2011.

[3] Sánchez de Miguel, A., Castaño, J. G, Zamorano, J., "Image classification of night time images detected from the International Space Station". *Citizen Cyberscience Summit*: Feb 20 - 22, 2014 London.
[4] Ivezic, Z., Alejandro Martinez, S., Antoranz Fernandez, D., Aranzabe, A., Arques Perpiñan, J. R., Baamonde Alvarez, S., Sixto Perez, A. J. Minor Planet Observations (645 Apache Point–Sloan Digital Sky Survey). Minor Planet Circulars, 76347, 2011.
[5] Web oficial de Zoouniverse: `https://www.zooniverse.org/`
[6] Web oficial de del Programa de recuperación de asteroides cercanos a la tierra: `http://www.laeff.cab.inta-csic.es/projects/near/main/`
[7] Web oficial de Star Counts: `http://www.windows2universe.org/citizen_science/starcount/index.html`
[8] Web oficial de Globe at Night: `http://www.globeatnight.org/`
[9] Web official de IACO: `http://iaco.es/`
[10] Web oficial NIXNOX: `http://www.sea-astronomia.es/drupal/nixnox`
[11] Web oficial de Loss of the Night App: `http://lossofthenight.blogspot.com.es/`
[12] Web oficial de Dark Sky meter: `http://www.darkskymeter.com/`
[13] Cinzano, P. (2005). "Night sky photometry with sky quality meter". ISTIL Int. Rep, 9.
[14] Zamorano Calvo, J., Sánchez de Miguel, A., Martínez Delgado, D., Alfaro Navarro, E. "Proyecto NixNox disfrutando de los cielos estrellados de España". Astronomía, (142), 36-42, 2011.
[15] Kyba, C. C., Wagner, J. M., Kuechly, H. U., Walker, C. E., Elvidge, C. D., Falchi, F., Holker, F. "Citizen science provides valuable data for monitoring global night sky luminance". Scientific reports, 3, 2013.

Parte III

Instrumentación y software. Observatorios Robóticos y Virtuales

Observar estructuras de la Vía Láctea con un presupuesto de 20 euros

Alejandro Mendiolagoitia

Agrup. Astronómica de Madrid

Resumen. Como contrapunto a los destacadísimos trabajos que sin duda se presentarán durante el Congreso, pretendo mostrar la posibilidad de observar las estructuras de la Vía Láctea con 20 Euros de presupuesto. De esta manera se puede atender la necesidad de asistentes cuyo nivel no sea demasiado alto y para las que estos destacados trabajos puedan ser menos comprensibles.

1. Introducción

La exposición del lema arriba referenciado pretende significar un contrapunto a los magníficos trabajos presentados durante el XXI Congreso Estatal de Astronomía. El nivel del astrónomo vocacional en España ha alcanzado niveles muy altos, por lo que se dan cada vez más casos en los que trabajos realizados por astrónomos vocacionales que se equiparan en calidad y dedicación a aquellos llevados a cabo por instituciones y sus profesionales, salvando las distancias habidas por medios y presupuestos. Tanta es la calidad ofrecida por el mundo amateur español que desde la vertiente profesional de la Astronomía y Astrofísica se recurre con cada vez mayor frecuencia a los datos aportados por numerosos observatorios de no profesionales. La colaboración Pro-Am sigue su curso creciente, reconociéndose por la parte primera el enorme potencial de la vertiente vocacional, conllevando ello al desarrollo *in crescendo* de "ciencia ciudadana" en la que la parte profesional pone el instrumental y la recolección de datos y la parte vocacional pone el "procesado". La astronomía vocacional tiene un peso cada vez mayor en la investigación científica. Lo expuesto no sería posible sin una especialización profunda de los astrónomos vocacionales para poder aportar datos útiles para la Ciencia. Tanta especialización en cambio no debe hacer perder la noción del observador aficionado de que con muy poco se pueden observar hasta estructuras de nuestra propia galaxia. La propuesta de la exposición es utilizar el conocimiento, sí, pero no el que permite el desarrollo de observatorios privados hasta niveles de aportación a la Ciencia, sino el conocimiento aportado por medios, instituciones y astrofísicos profesionales y que afortunadamente son puestos al alcance del ciudadano interesado en lo que hay "más arriba del horizonte".

2. La Vía Láctea, ésa gran desconocida. ¿O no?

Vivimos embutidos en una galaxia cuya verdadera naturaleza ha permanecido oculta al saber la Humanidad una enorme parte de su corta existencia. Si ha tenido presencia en la mente humana, ha sido debido a que su lechoso aspecto en el firmamento nocturno llamó la atención de nuestros ancestros y por tanto fue incluido en los mitos y leyendas de las diferentes culturas y civilizaciones que han poblado la Tierra con el devenir de los tiempos. No fue hasta la incorporación del telescopio como instrumento de apoyo en la observación de la bóveda celeste que el Ser Humano se percató de la verdadera naturaleza de la Vía Láctea.

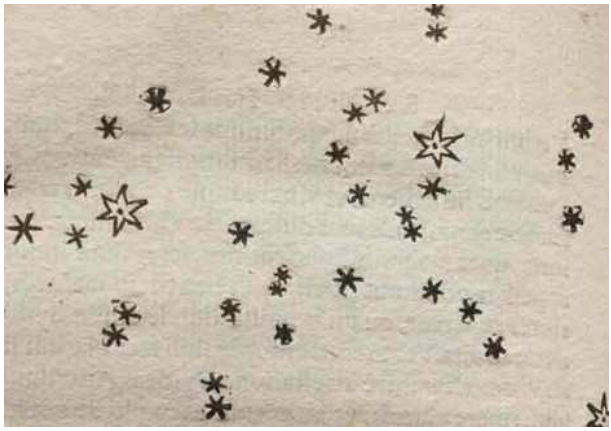


Figura 1. Dibujo de Galileo Galilei sobre una zona de la Vía Láctea vista al telescopio que muestra su composición por estrellas, lo que a ojo desnudo no se percibe. Crédito. Astro-Virginia.edu.

Galileo primero y muchos otros después comprobaron que en realidad la banda lechosa está compuesta por miríadas de estrellas tan lejanas que escapan a la resolución del ojo desnudo (Fig. 1). Dada la poca anchura de la banda lechosa desde el principio estuvo claro que la galaxia local está compuesta por un disco. Sin embargo no hubo estudios concluyentes sobre su verdadera estructura hasta que William Herschel promulgó en 1785 su propio resultado, con el Sol y sus planetas en el centro (Fig. 2).

Aún así, hasta que en 1918 Harlow Shapley estudió la distribución de los cúmulos globulares en la esfera celeste no se fue consciente de que en el centro de la ciudad de estrellas que es la galaxia no están situados el Sol y la Tierra. Shapley descubrió que los cúmulos globulares orbitan alrededor de la galaxia y que la gran mayoría de ellos se encuentra en las proximidades de la constelación de Sagitario, por lo que – estimó – allí debe residir el centro galáctico (Fig. 3). También calculó la distancia del sistema solar a ese centro, sacando nuestro vecindario galáctico del centro de la galaxia, que era la concepción que se tenía en su tiempo.

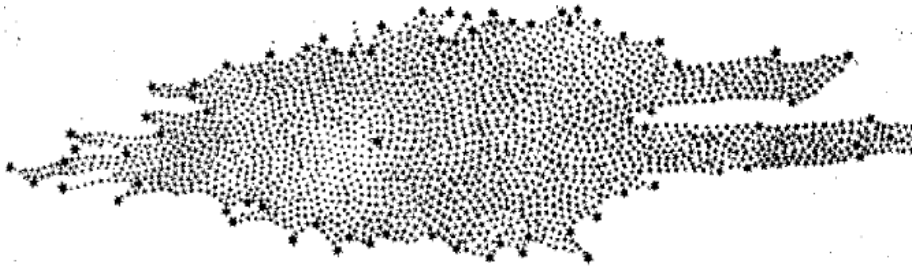


Figura 2. Dibujo de William Herschel sobre la estructura de la Vía Láctea basado en su conteo de estrellas en el firmamento. Crédito. Astro-Virginia.edu.

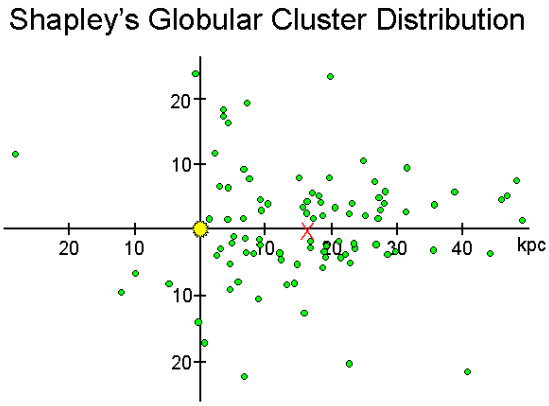


Figura 3. Esquema de Harlow Shapley sobre la distancia de los cúmulos globulares a la Tierra y su conclusión sobre donde se encontraría el centro del sistema galáctico de la Vía Láctea (marcado por una "X"). Crédito. Astro-Virginia.edu.

Posteriores observaciones y estudios metódicos indicaron que nuestra galaxia debe ser una espiral, con varios brazos acorde a la distribución y distancias de las estrellas. Comparando estos datos con las imágenes de millones de otras galaxias espirales se llegaron a conclusiones sobre el conjunto que permiten superar la "infranqueable" barrera de polvo que oscurece sobre todo en el plano galáctico. "Infranqueable" fue la barrera hasta que la Humanidad aprendió a volar y a escapar de la atmósfera terrestre. Con la perrita Laika y Yuri Alexéievich Gagarin como ilustres pioneros, y -finalmente- con una pléyade de satélites se logró realizar observaciones en todo tipo de longitudes de onda. Logro que podría compararse con que por fin se pudo ver el mundo en color.

Una de esas radiaciones, la infrarroja, permite ver a través del polvo que todo lo oscurece (Figs. 4 y 5). Gracias a ello se descubrió una barra central, un

enorme agujero negro supermasivo y un largo etc.. . Otros estudios en ondas milimétricas y submilimétricas permiten trazar mapas de distribución de gas y polvo interestelar para completar y complementar otros estudios anteriores,... creando paradójicamente más confusión que resolución.

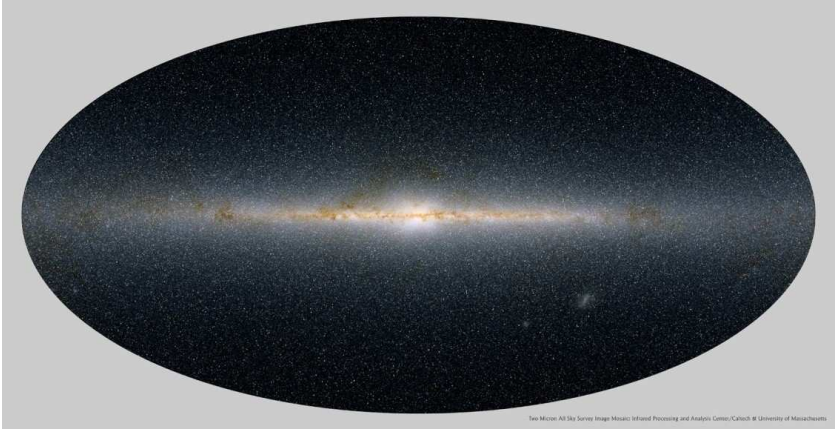


Figura 4. Panorámica de la Vía Láctea en infrarrojo cercano. Las bandas de polvo empiezan a ser transparentes. Crédito. NASA.

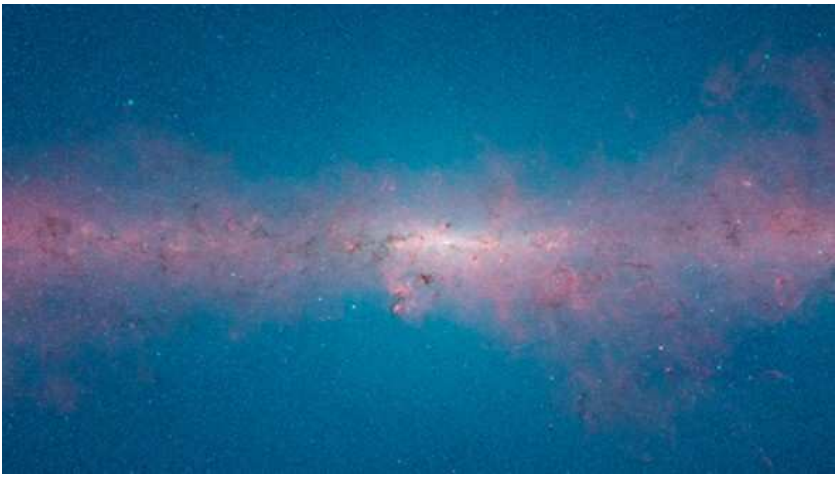


Figura 5. Detalle del núcleo de la Vía Láctea en infrarrojo lejano, al que las nubes de polvo son casi del todo transparentes y permiten el estudio del complejo centro galáctico. Crédito. NASA.

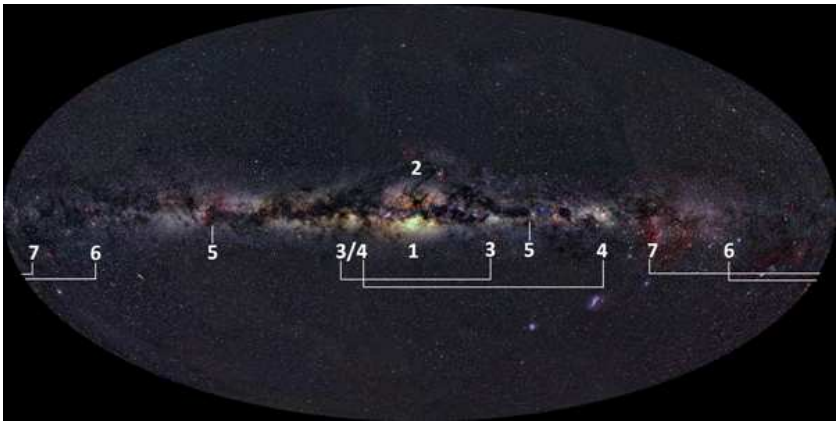
Y ello deriva actualmente en una división entre la comunidad científica que piensa que hay dos brazos espirales mayores y los que opinan que hay cuatro.

También hay bastante confusión para el neófito a la hora de la nomenclatura de los mismos pues un brazo espiral puede recibir hasta cuatro formas diferentes de ser denominado.

3. Y todo ello se puede observar con un instrumental de 20 euros

En la presentación se mostrarán a modo de ejemplo algunos de estos nombres, empleándose finalmente uno por cada brazo espiral. También se mostrarán cuales son las estructuras de la Vía Láctea y, lo que es más importante para el fin de la intervención en el XXI Congreso, se enseñará cual es su posición en el firmamento, donde están las "fronteras", en qué dirección nos movemos y -en ese sentido- se tratará de responder al famoso "de dónde venimos y hacia dónde vamos". En la imagen inferior:

1. Nube estelar Sagituario
2. Núcleo galáctico
3. Brazo Norma o Scutum-Centauro. Emerge en la nube estelar de Norma y se aleja en curva en la nube estelar de Scutum
4. Brazo Sagitario-Carina. Emerge en la zona de Eta Carinae y se curva en la nube estelar de Scutum. Quizá se funda allí con el brazo de Norma.
5. Gran grieta; parte más interna del brazo local. Se ven las nubes de polvo a contraluz de estrellas de fondo.
6. Estructura local. Brazo de Orión-Cygnus. Nuestra corriente estelar viene de la zona de Canis Minor y termina entre Perseo y el comienzo de la Gran grieta. Hacia allí se dirige el Sol; concretamente hacia las proximidades de la posición actual de Pi Herculi.
7. Brazo de Perseo. Emerge cerca de Omicron Puppis y se esconde tras el brazo local detrás de Auriga.



Asimismo se pretenderá dar indicaciones sobre la distinción entre una estructura y otra, indicando la posición de algunos de los objetos más conocidos por los aficionados en cada una de ellas, no ya en términos de la ubicación en una constelación, sino de su posición real en las distintas estructuras de la Vía Láctea. Esta información aportada pretende alcanzar la idea inicial de clarificar a los observadores presentes en el XXI Congreso hacia dónde están mirando en la galaxia cuando dirigen su mirada a la bóveda celeste; concretamente a la banda lechosa que la cruza de un extremo a otro. Todos los objetos que se utilizarán para la ubicación espacial del observador a la hora de observar podrán ser vistos con unos sencillos prismáticos, fáciles de adquirir en supermercados por ofertas de 20 Euros, que es el presupuesto propuesto. Y es que no hace falta más que algo del conocimiento sobre lo de "ahí arriba" para observar y maravillarse con las estructuras de nuestra galaxia: la Vía Láctea.

Observatorio "Giordano Bruno"
Haciendo móvil un telescopio de gran abertura

Antonio Román Reche[1,2], Sergio Alonso Burgos[2,3], Gustavo Román Reche

[1] Dpto. Psicología Experimental, Universidad de Granada
[2] Sociedad Astronómica Granadina
[3] Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada
reche@ugr.es, zerjioi@ugr.es, grreche@gmail.com

Resumen. Un telescopio Newton de gran abertura es una excelente herramienta para la observación visual. No solo nos ofrece una vista excepcional de los objetos más clásicos sino que nos permite detectar otros cuerpos inaccesibles desde instrumentos de menor potencia. Sin embargo, un telescopio de estas características (incluso motorizado) ofrece serios retos cuando se quiere utilizar con fines científicos o simplemente en la obtención de imágenes CCD. Algunos aspectos como conseguir un seguimiento preciso, minimizar el efecto negativo del seeing y del viento a estas focales, la aclimatación de un espejo grande, la necesidad de una perfecta colimación, la complejidad del montaje (escaleras, multitud de cables, energía, etc.), hacen que muchos aficionados poseedores de este tipo de instrumentos no los puedan explotar al máximo. En esta ponencia se describe todo el conjunto de adaptaciones que se le han realizado a un newtoniano de 63 cm a f4.5 con el fin de convertirlo en una plataforma móvil competente en la captura de imágenes con interés científico. La movilidad del observatorio resulta especialmente interesante para eventos que solo pueden ser observados en determinadas localizaciones. Por último, se comentarán los primeros resultados obtenidos.

Palabras clave: Telescopio, Móvil, Transneptuniano (TNO)

1. Introducción

A lo largo de su historia, la astronomía ha tenido múltiples revoluciones: desde el heliocentrismo de Copérnico, el establecimiento de las leyes que rigen el universo de Newton o el descubrimiento más reciente por parte de Hubble de un universo en expansión. Sin ánimo de comparar estas revoluciones entre sí, la astronomía en general ha experimentado en la ultima década una auténtica revolución de la mano de la astronomía no profesional o amateur. Cada vez está más generalizado el uso de cámaras CCDs muy sensibles y filtros que nos permiten captar determinadas longitudes de onda y mejorar las imágenes que obtenemos. Las monturas también han evolucionado en modelos capaces de buscar automáticamente cualquier objeto de una extensa base de datos. Por otro lado, cada vez se fabrican ópticas de mayor calidad y a precios cada vez más ase-

quibles. Tampoco podemos olvidar la incorporación más reciente de accesorios como ópticas activas, desarrollo de software libre, etc.

En definitiva, la astronomía no profesional cada vez tiene más acceso a aquello que hace solo unos poco años era una novedad en el ámbito profesional. Precisamente este acceso generalizado de tecnología a un gran número de personas ha supuesto en nuestra opinión la última revolución de la astronomía. El mundo profesional siempre contará con los mejores y más grandes telescopios así como la tecnología más actual, pero todo ello en cantidad limitada. Por el contrario, miles de telescopios de la comunidad amateur, aunque menos potentes, existen distribuidos por todo el mundo y lo que es aun más importante, no están limitados a una localización concreta. Esa es precisamente la fortaleza de la astronomía no profesional: su gran número y su movilidad. El universo es un lugar enorme, donde siempre están ocurriendo fenómenos y que no siempre son visibles desde cualquier lugar. La existencia de esta gran red de pequeños telescopios es la responsable de que se cubran determinados eventos muchas veces imposibles de captar desde observatorios fijos de mayor tamaño.

Sin embargo, muchos de los fenómenos que interesa cubrir están fuera del rango de abertura entre los que suelen estar los telescopios amateur y solo pueden ser detectados por telescopios de gran potencia. Esto nos lleva a que ambas fortalezas de cada colectivo (gran potencia frente a gran número y movilidad) no se encuentren frecuentemente unidas.

El objetivo central de este proyecto es unir en un mismo instrumento la mayor potencia de un telescopio de una apertura considerable sin perder la movilidad tan útil en determinadas áreas de la astronomía como son las ocultaciones por objetos transneptunianos (TNOs).

2. Características básicas del telescopio y mejoras de la configuración

El componente principal del observatorio consiste en un telescopio newton de 63 cm de espejo primario y 3 metros de focal (f4.9) de la marca Obsession [1]. La compra se realizó en 2005 después de una visita dos años antes a la fabrica situada en Wisconsin (EE.UU.). La configuración original del fabricante para este instrumento es en una montura altazimutal Dobson controlada por Servocat [2] y Argonavis [3]. La estructura del telescopio está fabricada en su mayor parte en madera y aluminio y ofrece junto a su electrónica una precisión más que satisfactoria para la observación visual.

Para la realización de este proyecto se ha partido por un lado de instrumentación comercial así como de otros mecanismos que han sido fabricados por los autores para cubrir necesidades concretas por la dificultad de encontrar dicho material en el mercado. La adaptación de cada uno de ellos ha sido un proceso largo que ha surgido casi siempre como solución a diferentes problemas que han aparecido en cada salida de observación, haciendo verdadero el dicho “la necesidad crea el órgano”. Seguidamente, comentamos las principales adaptaciones realizadas.

2.1. Montura ecuatorial

Cuando el objetivo de nuestro observatorio es la fotografía mediante CCD, la configuración altazimutal original de este instrumento no es la más idónea. Al hecho de que la montura de madera no tiene la precisión que pueda tener una ecuatorial fabricada en metal, se une la necesidad de usar un rotador de campo. Por esta razón, se adquirió una plataforma ecuatorial Osypowsky [4]. Este tipo de monturas, como todas las ecuatoriales, permiten hacer el seguimiento moviendo un solo eje y ofrecen una precisión equiparable a las mejores monturas ecuatoriales alemanas del mercado. Una de sus principales ventajas es que no necesita contrapesar el telescopio (como sí ocurre en el modelo alemán), lo que aligera el conjunto y ofrece una gran estabilidad manteniendo la precisión aún en telescopios que rondan los 100 kg de peso. Como contrapartida, no ofrecen un giro continuo y es necesario volver a una posición de recarga cada 80 minutos de seguimiento. Por otro lado, su electrónica se puede configurar para movimiento sidéreo o lunar.

2.2. Plataforma Móvil o Rover

Montar este telescopio sobre una montura ecuatorial mejora notablemente sus posibilidades pero complica en la misma proporción su trasporte y manejo. Para evitar tener que desmontar en cada observación el antiguo eje de azimut y subir todo el conjunto sobre la plataforma ecuatorial (actividad para la que eran necesarias de 2 a 3 personas), se decidió la construcción de una plataforma móvil o rover que nos permitiera subir o bajar del vehículo de trasporte todo el conjunto unido (telescopio y montura) así como desplazarlo fácilmente en el suelo y posarlo de una forma segura y sin esfuerzo en el lugar de observación (figura 1).

Figura 1. Rover con el telescopio desmontado bajando del vehículo de transporte

2.3. Mesa de Control

Una parte muy importante de un observatorio es el lugar desde el cual se controlan todos los mecanismos implicados en la observación: desde dirigir el telescopio al objetivo, pequeños movimientos de corrección, enfoque, control de las cámaras, ruedas porta filtros, óptica activa (OA) y un largo etc. En este caso, el propio rover, una vez que se ha posado el telescopio en el lugar adecuado, se coloca junto a este y despliega una mesa donde poder colocar los ordenadores portátiles que realizarán esas funciones de control. Además se dispone de una repisa con huecos para dejar de forma segura el material que no se usa en esos momentos (oculares, cámaras, filtros, etc) (figura 2). Opcionalmente la mesa puede cubrirse con una lona para evitar que el brillo de las pantallas afecte la observación así como para minimizar los efectos de la humedad y frío sobre la electrónica.

Figura 2. Telescopio montado junto con el rover con la mesa de control desplegada

2.4. Cordón Umbilical

Dado que el portaocular de este telescopio puede llegar a encontrarse a 3 metros y medio de altura cuando se apunta al cenit, es necesario unir todos los dispositivos electrónicos (CCD, ruedas, calefactores antihumedad, OA...) con los ordenadores situados abajo. Son muy numerosos los cables que conectan ambas partes y, para evitar accidentes, se ha optado por canalizar todos ellos a través de un único cordón de mayor grosor. De esta forma evitamos accidentes muy comunes cuando se camina en torno al telescopio en condiciones de poca luz.

2.5. Refrigeración y Calefacción de los Espejos

Tener un espejo grande es sin duda una ventaja para detectar objetos muy débiles, pero tiene asociados otros problemas. Uno de ellos es el mayor tiempo de aclimatación que necesita un espejo de 32 kg y más de 5 cm de espesor para alcanzar la temperatura ambiente. La sustitución del ventilador original por uno de mayor tamaño permite tener el telescopio aclimatado en media hora, reduciendo cuatro veces el tiempo necesario sin ventilación forzada. Así mismo, está previsto dotar a ambos espejos y el telrad de un sistema de calefacción para evitar condensación en las noches de más humedad.

2.6. Óptica Activa

Una vez más, el gran tamaño de este telescopio, que sin duda es una ventaja en la detección de objetos débiles, se vuelve en contra cuando sopla viento debido a que no está protegido por una cúpula como ocurre en los observatorios fijos. Una leve brisa o un mal seeing, hace que su efecto negativo se vea aumentado debido a que trabajamos a una focal nativa de más de 3 metros. Para controlar este factor, se ha adquirido recientemente un sistema de óptica activa (tip/tilt) de Starlight [5] que estamos en proceso de adaptar para su uso en el observatorio. El uso de autoguiado con correcciones desde la montura no es viable debido a la inercia que presenta todo el conjunto. Por esta razón, es más efectiva una OA ya que actúa mucho más cerca del sensor CCD y porque además es un dispositivo con muy poca inercia permitiendo correcciones rápidas sin necesidad de mover toda la masa del telescopio.

2.7. Anclaje a Puntos Fijos en el Suelo

La gran focal de este instrumento nos obliga a hacer una alineación a la Polar más precisa que con instrumentos más pequeños. Para ello, se utiliza el software EQAlign [6] que permite una buena alineación tras unos 30 o 40 minutos. Para acortar al máximo este tiempo, necesitamos colocar el telescopio al inicio de la sesión de observación lo más aproximado a la posición correcta. Para ello, se han clavado en el suelo en el lugar de observación más habitual unas piezas metálicas que encajan perfectamente con las patas de la montura y que nos indican la posición correcta medida en observaciones anteriores. De este modo, solo necesitamos hacer correcciones con EQAlign unos 10 minutos. Además, estas piezas de referencia nos permiten comenzar el proceso incluso de día y tener el conjunto prácticamente bien orientado para afinar posteriormente cuando ya sean visibles las primeras estrellas. Esto es especialmente útil cuando el fenómeno a observar ocurre muy poco después de la puesta de sol.

3. Coste Total del Proyecto

Después de describir el conjunto del telescopio y de sus mejoras, se hace necesario hablar del coste. Aunque no podemos decir que todo el material y

adaptaciones tengan un coste bajo, si queremos hacer notar que podría ser asequible a mucha más gente de la que podría pensarse en un principio. Según la tarifa de los fabricantes para el año 2014, el coste del telescopio es de 11000€ y la montura ecuatorial 3000€. A esto hay que añadir unos 5000€ en cámaras, OA, y material diverso para la construcción del rover. Un precio aproximado total -que variaría según las opciones personales añadidas como oculares, filtros, etc.- oscilaría entre 19000€-20000€. Como nota comparativa, si exploramos el mercado del automóvil, vemos que es el precio actual de un modelo de gama media. Un cantidad apreciable sin duda pero asequible a gran parte de la población.

4. Poniendo el Observatorio a Prueba. Captura de Siete TNOs en Dos Noches Consecutivas

Dado que el trabajo principal al que vamos a dedicar este instrumento es a la caracterización de objetos transneptunianos, decidimos que una buena prueba de fuego para todo el conjunto sería la captura del mayor numero de estos objetos en dos noches consecutivas para detectar el leve movimiento aparente de los mismos. Esto delataría cualquier fallo del observatorio, incluyéndonos a nosotros como parte de él.

Tras una cuidadosa selección de los objetos disponibles, elegimos 7 que eran visibles esas noches. Al atardecer, nos encontrábamos con **Salacia** en un borde del cuadrado de Pegaso. Después le siguieron **Eris** en Cetus, **Sedna** en Tauro. A media noche **Varuna** en la constelación de Géminis, **Orcus** en Sextante, **Makemake** en Coma Berenices y casi amaneciendo, pudimos capturar en Bootes a **Haumea**.

Este trabajo nos ha permitido afinar la configuración pero sobre todo ordenar cada una de las acciones necesarias en un protocolo que minimizará los errores en futuras observaciones. Los resultados de esta observación se pueden consultar en [7].

5. ¿Quién Era Giordano Bruno?

Aunque nombrar un observatorio no es ciertamente necesario para que lleve a cabo su labor, no deja de ser una parte importante buscar una denominación que pueda ser usada para referirse fácilmente a él.

No nos fue difícil encontrar un nombre que cumpliera no solo con la simple función de denominar algo sino que al mismo tiempo sirviera de homenaje a una de las muchas personalidades que han contribuido con sus ideas y propuestas (y en este caso incluso con su vida) al avance de la astronomía. Tenemos que ser conscientes de que el estado actual de las cosas siempre se sustenta en lo que hicieron otros anteriormente. No partimos de cero en ciencia, y creemos justo y merecido denominar a este observatorio móvil con el nombre de Giordano Bruno.

Pero ¿quién era Giordano Bruno?. De forma muy sucinta [8], Giordano Bruno nació en Nola muy cerca de Nápoles y como aportación central en la astronomía

destaca su propuesta acerca de la pluralidad de sistemas solares, cada uno de ellos con sus mundos. Además, apoyó el heliocentrismo de Copérnico y mantuvo la idea de un universo infinito y que los astros que lo forman se encuentran en movimiento. Estas ideas incomodaron a la Iglesia Católica de la época. En 1600, fue acusado y sentenciado a la hoguera por herejía.

Siendo la gran mayoría de sus ideas válidas en la actualidad, esta es nuestra forma de agradecer su aportación científica.

6. Conclusiones y Proyectos Futuros

Este es un proyecto reciente y como tal no ha tenido tiempo de producir aún grandes resultados. Nuestro principal objetivo ha sido conseguir hacer fácilmente transportable un telescopio comercial de gran abertura y que esa movilidad no sea a costa de perder comodidad o precisión en su manejo. A corto y medio plazo seguiremos observando en las próximas predicciones de ocultaciones de estrellas por TNOs y al mismo tiempo puliremos todos aquellos imprevistos que puedan surgir en esas observaciones. Por último mencionar que estamos trabajando para que todo el control de los dispositivos electrónicos funcionen bajo un marco común: un sistema operativo más estable (GNU/linux), así como otros componentes de software y hardware libre [9].

Agradecimientos

Queremos agradecer a *José Luis Ortiz* del IAA sus consejos y ayuda para trabajar en este campo tan complejo de los objetos transneptunianos, así como por el préstamo de diverso material astronómico para llevar a cabo estas observaciones.

Referencias

[1] Obsession Telescopes: `http://www.obsessiontelescope.com`
[2] Servocat: `http://www.stellarcat.com`
[3] Argonavis: `http://www.wildcard-innovations.com.au`
[4] Osypowsky Equatorial Platforms: `http://www.equatorialplatforms.com`
[5] SXV-AO-LF "Active Optics": `http://www.sxccd.com/sxv-ao-lf`
[6] EQAlign: `http://eqalign.net`
[7] Maratón TNO: `http://laazotea.org/es/maratonTNO`
[8] Giordano Bruno en la Wikipedia: `http://es.wikipedia.org/wiki/Giordano_Bruno`
[9] S. Alonso, J.M. López y A. Román. *Desarrollo y Montaje de Dispositivos Astronómicos Usando Hardware y Software Libre.* XXI Congreso Estatal de Astronomía, Granada (España), 2014 (en prensa).

CAOBA
Control Automático de Observatorio Astronómico

Miguel Ángel Mallén Valiela

El Astrónomo Errante, www.astroerrante.com
mamallen@astroerrante.es

Resumen. CAOBA es un conjunto de programas que permiten la operación automática y desatendida de un observatorio astronómico con alto grado de precisión y eficiencia, manteniendo en todo momento la seguridad y control sobre el mismo.

Palabras clave: observatorio, automático, remoto, CCD.

1. Introducción

En muchas ocasiones las obligaciones diarias impiden a los astrónomos aficionados realizar observaciones astronómicas. La solución parece sencilla: que lo haga nuestro equipo por nosotros. CAOBA (Control Automático de OBservatorio Astronómico) es un software específicamente desarrollado para realizar observación astronómica con CCD sin necesidad de nuestra intervención y sin tenernos que preocupar por nada. Simplemente le daremos una lista de objetivos a cubrir y CAOBA se ocupará del resto.

Figura 1. Logotipo de CAOBA.

CAOBA decidirá cada noche si se dan las condiciones meteorológicas apropiadas para realizar la observación. Si es así, pondrá el equipo en marcha, elegirá el objetivo más adecuado para ese momento, lo centrará, lo enfocará, calibrará e iniciará el autoguiado y realizará las tomas necesarias. Mientras se sigan cumpliendo las condiciones mínimas establecidas, seleccionará otro objetivo, y otro,

y otro,... hasta que finalice la sesión de observación, momento en el que cerrará el observatorio, realizará las tomas auxiliares y desconectará los equipos. Todo en automático, sin nuestra intervención. CAOBA pone especial atención en la seguridad. Nos avisará, con mensajes a nuestro teléfono móvil de los eventos importantes (inicio, apagado,...) o si algo va mal. Podremos realizar un seguimiento del sistema desde el móvil o a través de web, incluyendo añadir, editar y/o eliminar objetivos, cancelar las operaciones, chequear el estado del sistema,... y descargarnos las tomas realizadas. CAOBA está construido sobre software libre, librerías y aplicaciones gratuitas y software propio. No se ha usado en su desarrollo ningún software comercial. CAOBA es la mejor forma de sacarle todo el partido a nuestro equipo. Tenemos a nuestra disposición todas las noches de condiciones favorables para realizar observaciones, sin necesidad de desplazarnos a nuestro observatorio, sin necesidad de dedicarnos a realizar tareas tediosas y repetitivas. CAOBA lo hace por nosotros.

2. Posicionamiento

Para la realización de tomas fotográficas orientadas a la astronomía existe un buen puñado de interesantes piezas de software. Algunas son gratuitas y otras comerciales con precios muy dispares, algunos muy elevados. Todas ellas realizan tareas más o menos automáticas sin ninguna de ellas llegar a una automatización total de las tareas a realizar. Normalmente se necesita la presencia del astrónomo para conjuntar estas tareas y realizarlas de una forma secuencial y en muchos casos repetitiva. Algunas aplicaciones se sirven de guiones secuenciales, sin posibilidad de adaptación a las condiciones cambiantes del entorno. Todo ello representa una importante carga de trabajo y la necesidad presencial del astrónomo manejando y controlando el equipo. Ninguna de ellas cumple con los requerimientos de un observatorio remoto automático. A falta de herramientas más completas, actualmente muchos astrónomos aficionados se conectan a sus sistemas de manera remota y los manejan de forma similar a la presencial, con los importantes inconvenientes de no ver su equipo y desconocer su estado, de usar velocidades de conexión lentas en lugares apartados, de instalar sistemas de seguridad del equipo rudimentarios y poco eficaces,...

2.1. Productos existentes

Hasta la fecha, nos consta que los siguientes programas están disponibles:

- MaxIm DL. `http://www.cyanogen.com/maxim_main.php`. Es el software por excelencia para la captura de imágenes. No es un software de control total. Es un software hecho a la antigua, con nula usabilidad y difícil de aprender el manejo. Se puede controlar vía COM y por lo tanto se pueden realizar scripts sobre él. Por ello ha sido muy usado como software base para otros desarrollos. Su coste va desde los 199$ a los 665$, si bien las versiones económicas no tienen posibilidades necesarias para la automatización, por lo que empezaríamos a hablar a partir de 399$.

- CCDSoft. Competidor directo de MaxIm DL. Descontinuado por Software Bisque.
- CCD Commander. `http://ccdcommander.com/`. Software de automatización. Realiza secuencias de trabajo para una noche. Necesita MaxIm DL o CCDSoft. Su precio es de 99$.
- ACP Observatory Control Software. `http://acp.dc3.com/index2.html`. Es el software de control remoto de observatorios más completo. El mayor problema que presenta es su elevado precio –de 695$ a ¡5000$!– con un mínimo de 895$ para el control remoto y 1350$ si queremos hacer planes de observación. A esto hay que sumarle que usa MaxinDL como base de control y Starry Night o TheSky como planetarios para realizar los planes.
- Open Observatory Control System. `https://sites.google.com/a/observatorycontrol.com/oocs/`. Iniciativa particular para el control que incluye software y hardware. Como su nombre indica es software libre y está disponible tanto el código como los esquemas del hardware.
- Remote Telescope System - 2nd version. `http://www.rts2.org/`. Sistema desarrollado en Linux bajo protocolo INDI. Buena iniciativa. Su mayor problema es la falta de drivers para Linux.
- APT. Astro Photography Tool. `http://www.ideiki.com/astro/Default.aspx`. Conjunto de utilidades para la realización de las tareas del astrofotógrafo. Es un buen producto con ideas originales. Incluye las cámaras DSLR Canon en la versión gratuita y control por ASCOM en la de pago (12,70€). Aunque soporta la ejecución de scripts, no incluye posibilidad de control remoto o automático.

Otras piezas de software realizan tareas específicas, como PHD para el autoguiado o FocusMax para el enfoque.

3. Autonomía y automatización

Como hemos visto, el control remoto de los observatorios astronómicos no se encuentra solucionado completamente por el software existente. Las soluciones parciales hacen complejas las tares y requieren de la presencia del astrónomo aficionado, en situ o en remoto, controlando el sistema, haciendo que el uso de los equipos se limite al tiempo disponible por el astrónomo que los utilice. Una solución adecuada sería la automatización total de las tareas de captura, incluyendo la puesta en marcha, el control de los dispositivos y la monitorización los sistemas de seguridad, sin necesidad de intervención por parte del astrónomo, el cual estaría en todo momento informado de la actividad del observatorio y siempre manteniendo el control sobre el mismo. Sería además conveniente un alto grado de inteligencia del sistema de control que permita optimizar los tiempos y realizar las tomas en las mejores condiciones. Para hallar una solución conveniente, las premisas básicas sobre la que nos apoyaremos para la definición de CAOBA son:

Autónomo y automático. El observatorio debe funcionar por si mismo sin actuación de un operador. Esta es la principal funcionalidad del sistema, la automatización de las tareas y la autonomía para realizarlas.

Seguridad. La seguridad impera sobre cualquier otra consideración. Sería impensable la operación desatendida de un observatorio sin que se pueda garantizar un mínimo de seguridad en la operación. El observatorio debe disponer de diferentes dispositivos físicos como sistemas de alimentación ininterrumpida y monitorización continua del estado del observatorio y de las condiciones de trabajo (meteorología, suministro eléctrico,...). Estos sistemas serán monitorizados por el software pero en última instancia serán independientes del mismo para prevenir un fallo total en el sistema y que, al menos, el observatorio quede cerrado, preservando los equipos.

Precisión. De nada sirve tener un sistema, por muy automático y autónomo que sea, que no realice las tareas encomendadas con la precisión requerida. La precisión debe estar limitada por las características de los equipos físicos, nunca por limitaciones en el software, que deberá adaptarse al equipo y a sus diferentes configuraciones.

Máxima efectividad. Evitaremos en lo posible los tiempos muertos que consuman recursos innecesarios. Normalmente los observatorios remotos se encuentran alimentados por sistemas de baterías que se recargan con placas solares. Realizar el mayor número de tareas con el consumo mínimo de energía es fundamental.

4. Arquitectura Software

CAOBA consta de tres piezas de software: los programas instalados en el ordenador del observatorio, el software del servidor web y el software de seguimiento y control para dispositivos móviles.

4.1. El observatorio

Dentro del observatorio se plantean varios componentes software con tareas bien definidas, independizando las mismas y dándole flexibilidad. De esta forma se permite su uso en muy diferentes entornos. Se ha desarrollado íntegramente en el lenguaje C# (Visual Studio Net 2010).

Gestión del Observatorio. Gestiona todo el equipo físico. Incorpora el control de los equipos astronómicos y la monitorización de los equipos de seguridad. Realizará las tareas encomendadas a un operador de telescopio en un observatorio profesional. Está basado en el estándar ASCOM. Se han usado para su desarrollo software libre, librerías y aplicaciones gratuitas y software propio. Como software de terceros cabe destacar PHD v2 para el guiado, ELBRUS para la resolución de placas y CSharpFITS v1.1 para el trabajo con ficheros de imagen FITS.

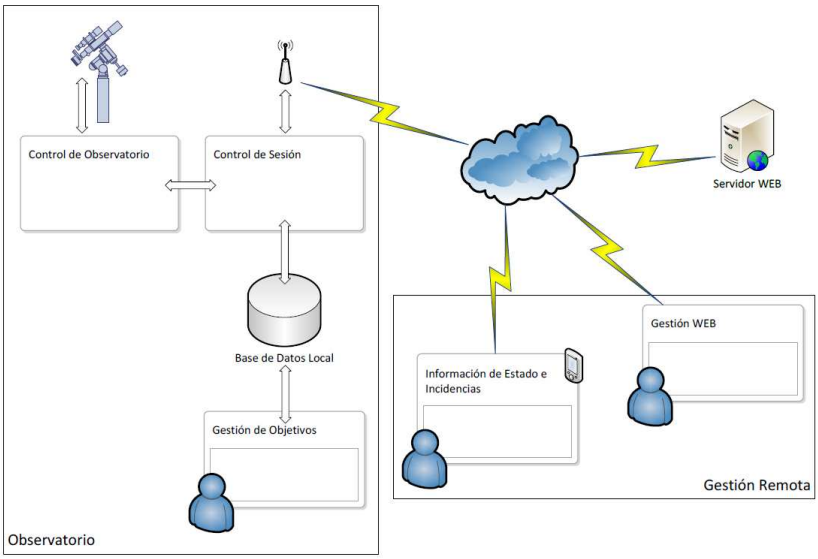


Figura 2. Arquitectura Software.

Control de Sesión. Establece las acciones a realizar y envía las órdenes a la Gestión del Observatorio, la cual le tendrá informado en todo momento de su estado. El Control de Sesión será el encargado se emular a un comité de asignación de tiempos, eligiendo la toma más adecuada a realizar en cada momento. Tendrá en cuenta aspectos tales como la cercanía al meridiano (máxima altura), la necesidad de realizar las tomas en momentos determinados para eventos astronómicos puntuales –como paso de cometas y asteroides, tránsitos, ocultaciones,... –, la repeticiones a realizar y la periodicidad de las mismas –por ejemplo, para el seguimiento de curvas de luz de estrellas variables, cometas y supernovas–, la distancia mínima a la Luna y la fase de la misma, la altura sobre el horizonte, etc.

Gestión de objetivos. Permite al astrónomo la definición de los objetivos a cubrir y gestión de los resultado obtenidos. Siguiendo con nuestra analogía, aquí es donde los astrónomos presentarían sus propuestas de observación y obtendrían sus resultados después de realizadas.

4.2. El Servidor WEB

El software del servidor permite comunicar el observatorio con el usuario remoto, recogiendo los mensajes de estado del observatorio y enviándolos a los programas de gestión remota. De igual forma, recoge los comandos del usuario remoto y los envía al observatorio. La principal característica de esta comunicación ha de ser la economía de recursos, tanto en tiempo como en volumen de datos. Este requerimiento es debido a la precariedad de las líneas de comunicación existentes en la mayoría de los observatorios, situados en zonas rurales lejos

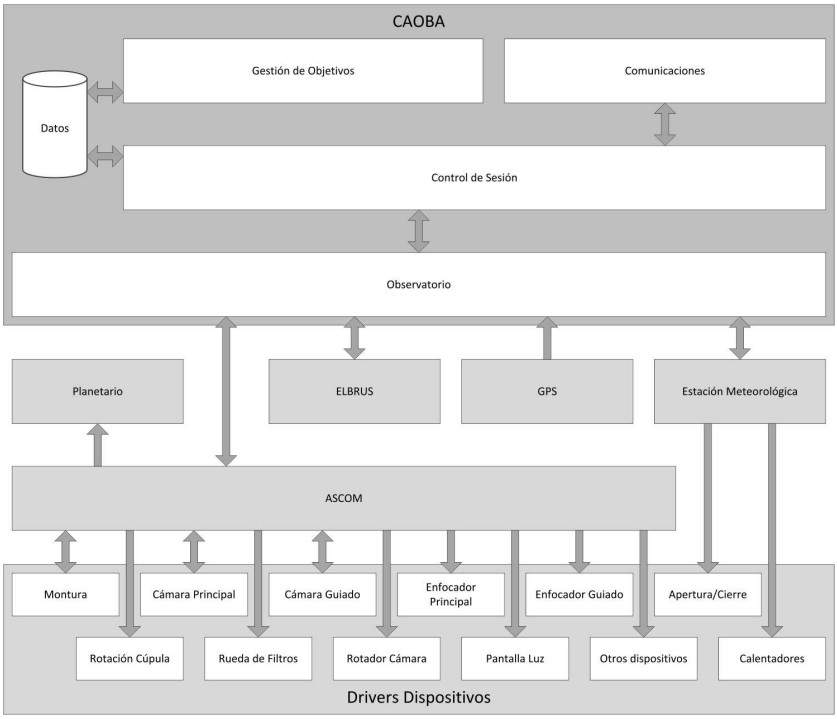


Figura 3. Componentes software del observatorio.

de la contaminación lumínica de grandes ciudades y poblaciones. Los mensajes se codificarán para ser lo más cortos posibles y se reducirá la cantidad de los mismos. Se han planteado diferentes niveles de mensajes para que sea el usuario el que decida la cantidad de tráfico que soporte su sistema permitiéndole un conocimiento del estado del observatorio adecuado:

1. Mensajes Críticos. Incluye los mensajes de error del sistema que requieran una intervención rápida del usuario, como la imposibilidad de cerrar el observatorio, el fallo de las comunicaciones y por tanto el desconocimiento del estado del observatorio,...
2. Mensajes de Información Básicos. Son mensajes que permiten conocer el estado del observatorio y de las operaciones que impliquen actividades críticas para la seguridad del observatorio, como el inicio y la finalización de las sesiones y la apertura y cierre del observatorio. Este debiera ser el nivel predeterminado.
3. Mensajes de Información Avanzados. Nos informan del estado completo del observatorio y de todas sus operaciones de forma detallada, incluyendo la preparación del equipo, la realización de tomas, actividad y estado de cada cámara, de la montura,...

4. Mensajes de depuración. Son mensajes muy detallados de la actividad interna del software. Deben usarse únicamente en caso de detectarse incidencias en el sistema con el objeto de encontrar sus causas.

Adicionalmente se permitirá o denegará el envío y recepción de las tomas realizadas. Esta opción consumirá gran cantidad de recursos de comunicación por lo que deberá limitarse su uso. En cualquier caso las tomas se enviarán comprimidas y, por supuesto, sin pérdida de calidad. El servidor web también alojará todo el sistema de gestión vía web, no siendo necesaria la instalación de ningún software adicional en el ordenador del usuario. Fundamentalmente será una réplica del Gestor de Objetivos del observatorio, un receptor de los mensajes y un sistema de control.

4.3. Gestión Móvil

Informa al astrónomo de las condiciones y estado de trabajo del observatorio en su teléfono móvil, en todo momento y de forma cómoda, incluso cuando no se encuentre delante de un ordenador conectado a internet, convirtiéndose así en el medio fundamental de comunicación de los mensajes críticos. Permitirá el control básico del observatorio, con órdenes globales como el cese de las actividades y cierre del observatorio, nueva orden de activación o un informe completo del estado del observatorio, muy útil en el caso de mensajes críticos.

5. Conclusiones

La aplicación de las nuevas tecnologías y de un software adecuado como CAOBA, permitirán a los astrónomos aficionados obtener el máximo rendimiento de su equipo, empleando el tiempo que hasta ahora se dedicaba a la captura de las imágenes en otras tareas como el procesamiento y estudio de las mismas. Invitamos a todos aquellos astrónomos que lo deseen a realizar nuevas aportaciones con ideas, críticas, nuevos desarrollos,... y a probar y depurar el sistema CAOBA.

Observación robótica con CCDCommander y otras herramientas comerciales de software

José Luis Salto González[1], Ramon Naves Nogués[2]

[1] Sociedad Malagueña de Astronomía (SMA)
[2] Agrupació Astronòmica de Barcelona (Àster)
jlsaltg@gmail.com, ramonavesnogues@gmail.com

Resumen. En este documento se expone el desarrollo de una sesión robótica de observación desde la planificación a la conclusión. Se presenta un protocolo para intentar garantizar el éxito de la sesión utilizando herramientas de software comercial y libre capaces de ser controladas por el programa CCDCommander, uno de los productos planificadores para observación astronómica más robustos y potentes actualmente para S.O. Windows a un fracción del coste de otros programarios existentes en el mercado. Estandarizar protocolos y herramientas además es de gran importancia a la hora de poder establecer colaboración entre observadores como es nuestro caso.

Palabras clave: herramientas: software.

1. Introducción

En la actividad astronómica observacional remota, en el caso que nos ocupa, pero extensible a cualquier otra en que se plantee la actuación de distintos elementos mecánicos y electrónicos de forma desasistida, hay dos aspectos fundamentales. Por un lado, la seguridad y por otro, la planificación. El primero para intentar minimizar los riesgos de desajuste o fallo de todo o parte del maquinario, aunque no hay sistema infalible totalmente como lo demuestra nuestra experiencia a lo largo de años de observación remota y robótica. El segundo intenta optimizar los recursos disponibles de equipamiento y tiempo en aras de la obtención de la mayor cantidad de datos posible y que éstos sean a su vez de la mayor calidad.

2. Descripción de las herramientas de software y hardware

En nuestros observatorios, Cal Maciarol mòdul 8 y Montcabrer, realizamos nuestras observaciones astronómicas utilizando un conjunto de programario comercial de un coste relativamente bajo o gratuito ejecutado en el sistema operativo Windows. Que sea comercial asegura en principio que pueda ser implementado en múltiples tipos de equipo sin necesidad de los costosos procesos de

adaptación que suelen requerir las herramientas a medida. Lo mismo se puede decir del hecho de que corran bajo Windows, el sistema operativo más extendido actualmente. Sobre el coste, poco hay que decir aparte de que siempre es un factor determinante en cualquier elección, a menos que se posea una fuente importante de ingresos y aún así siempre hay que apostar por la eficiencia, también la económica.

En Montcabrer el observatorio está en la propia casa del observador Ramon Naves. En el caso de Cal Maciarol mòdul 8, el observatorio está a más de 500 km. de distancia del domicilio del observador. Los procedimientos son básicamente los mismos aunque el tratamiento de los posibles problemas es muy distinto. En cualquier caso, todo el sistema ha de ser robusto si pretendemos dormir tranquilamente mientras el equipo trabaja suavemente obteniendo datos. A continuación se efectúa una breve descripción del programario y maquinario más relevante utilizado.

2.1. The Sky 6. Programa planetario [1]

Para poder iniciar el proceso de planificación de una sesión de observación e incluso en caso de operación presencial para poder tener una idea real de donde está apuntando nuestro conjunto óptico y efectuar las correcciones oportunas si fuere necesario, es imprescindible un buen programa planetario. Hemos elegido TheSky6 por ser perfectamente acoplable al resto de herramientas utilizadas.

2.2. MaxImDL 5 [2]

Programa con gran cantidad de funcionalidades pero básicamente en nuestro caso se utiliza para la captura y reducción de imágenes para su posterior análisis. Soporta múltiples modelos de cámaras CCD y DSLR.

2.3. FocusMax + Robofocus [3][4]

FocusMax constituye uno de los mejores hallazgos en la historia de nuestra progresión a la observación robótica. Con este programa gratuito se consigue enfocar automáticamente incluso con el enfocador digital acoplado directamente al botón de enfoque de un telescopio Schmidt/Cassegrain. Robofocus es el programa nativo del enfocador de igual nombre.

2.4. Elbrus [5]

Este programa desarrollado por Alfonso Pulido marcó un antes y un después en la observación remota. Su función es reconocer el campo del cual se ha tomado una imagen y sincronizar las coordenadas por lo que en todo momento sabemos donde apunta nuestro telescopio. La versión actual utilizada se encuentra integrada en un script para CCDCommander desarrollado por Fernando Limón [6] que permite corregir el error de apuntamiento del telescopio al desplazarse éste entre zonas del cielo.

2.5. CCDCommander [7]

El centro neurálgico de la observación robótica. Un excelente planificador de funciones muy potentes, perfectamente integrado con todos los programas anteriores y capaz de soportar por tanto multitud de telescopios, cámaras CCD y DSLR. Tiene prestaciones que no tienen nada que envidiar a otros programas mucho más costosos y además su autor mantiene una lista de correo-e muy activa donde responde a las consultas, resuelve la mayor parte de los problemas e incluso recoge las sugerencias de los usuarios para futuras versiones.

2.6. AAGCloudwatcher [8]

Detector con sensores de humedad, lluvia, nubes y luz ambiente. Además del propio dispositivo, incorpora un programa servidor y otro cliente que puede estar instalado en múltiples ordenadores. Se integra perfectamente en CCDCommander.

3. Planificación

En nuestro caso el protocolo de planificación de la observación se puede agrupar en los siguientes pasos:

- Definir la lista de objetos a ser observados con un orden lógico dependiendo de las horas efectivas de oscuridad según la época del año, fase de la Luna, etc. Comenzamos siempre por aquellos que bajen de una altura útil predefinida por el oeste. Dicha altura vendrá dada por la pared del observatorio y las posibles obstrucciones en el horizonte en cada posición. El programa planetario puede ser de mucha utilidad al dar una visión general del cielo y la posición de los objetos con el paso de las horas.
- Consultar previsión meteorológica para conocer si las condiciones locales serán aceptables para poder efectuar las observaciones. El principio de prudencia debe imperar ya que, si bien el software puede cambiar de objeto, esperar mejores condiciones o finalizar la sesión de observación y tenemos las herramientas de hardware necesarias para que el software tome estas decisiones a través de sus mediciones, no debemos olvidar que estamos ante una sesión totalmente desasistida y que en cualquier momento puede sobrevenir un problema que en otras circunstancias puede ser trivial y en ésta puede resultar en catástrofe.
- Programar los comandos de CCDCommander a ejecutar, teniendo previsión de los filtros a utilizar, si se usa o no autoguía y teniendo la precaución de poder reintentar las rutinas en caso de problema puntual además de limitar los tiempos dedicados a cada objeto para que llegado el límite se produzca el "salto.ªl siguiente. Proceder así con cada uno de ellos hasta programar el final de la sesión que consistirá en aparcamiento de telescopio y enfriamiento lento y desconexión de la cámara CCD.

- Es posible también programar alertas por correo electrónico que informen de posibles incidencias o simplemente del final de la rutina de observación. Es conveniente tener el teléfono móvil abierto para recibir esas alertas y actuar en consecuencia. Contamos con una cámara IP que permite controlar visualmente el interior del observatorio. En la experiencia de 8 años de observación remota es posible asegurar que ha ocurrido de todo o casi.
- Hasta aquí el proceso de planificación que puede realizarse directamente conectados al ordenador remoto o bien en un ordenador local donde tengamos acceso a CCDCommander y a la información facilitada por nuestros instrumentos meteorológicos. Es útil también tener acceso local a TheSky 6. El script de CCDCommander es exportable por lo que simplemente podemos escribirlo y depurarlo en un pc local y copiarlo en el remoto para su ejecución.
- Llegada la hora de ponerlo todo en marcha, toca conectar con el observatorio vía acoplador web en nuestro caso, herramienta muy habitual en domótica, que es controlado desde un navegador (Firefox, IE, Chrome...). Desde la página del acoplador, se da corriente a todos los elementos eléctricos del observatorio.
- Una vez en marcha el pc del observatorio, se conecta con una herramienta gratuita de control remoto (Team Viewer en nuestro caso [9]) y se procede al arranque de las herramientas de programario que controlarán todo el proceso. Desde CCDCommander se puede programar que la rutina quede en espera hasta una hora determinada en que se considere que las condiciones son ya las necesarias.
- Finalmente, el proceso de los datos dependiendo de la naturaleza de la sesión, podrá ser realizado de forma automática durante la propia observación o bien las imágenes serán almacenadas en el propio pc remoto con copia de seguridad en el microcomputador Raspberry Pi que efectúa las funciones de servidor ftp desde donde serán enviadas para su análisis.posterior.

4. Agradecimientos

A Ramon Naves por su incansable labor divulgativa y ayuda constante aportando su experiencia a todos los observadores que hemos entrado en el mundo de la observación remota y robótica, además de su participación directa en el proceso de accesibilidad remota de los observatorios Cal Maciarol mòdul 8 y mòdul 5 además del suyo propio. A la familia Roigé de Cal Maciarol sin quienes no tendríamos la oportunidad de poder haber instalado un observatorio accesible remotamente situado en un lugar privilegiado para la observación astronómica como el *Parc Astronòmic del Montsec* y por su apoyo constante, colaboración en el mantenimiento y ayuda en alguna que otra emergencia fuera de protocolo; aparte de regalarnos su amistad y colocar una "g" delante de la palabra "astronomía" con lo que las sesiones presenciales en la *masia* durante los períodos alrededor de las fases de luna nueva resultan aún más imprescindibles. A Arnau Salto por compartir su música en más de una noche de observación remota presencial.

Referencias

[1] TheSky 6, *Sofware Bisque Inc*, www.bisque.com.
[2] MaxImDL 5, *Diffraction Limited*, www.cyanogen.com.
[3] FocusMax, *Steve Brady y Larry Weber*, www.focusmax.org.
[4] Robofocus, *Technical Innovations*, www.robofocus.com.
[5] Elbrus, *Alfonso Pulido*, www.astrosurf.com/pulgar/elbrus/elbrussp.htm.
[6] Script de Elbrus en CCDCommander, *Fernando Limón*, www.ea4su.org/utilidades/CCDC-ELBRUS.html.
[7] CCDCommander, *Matt Thomas*, ccdcommander.com.
[8] AAGCloudWatcher, *AAGWare Alberto Peres Gomes*, www.aagware.eu.
[9] TeamViewer, *TeamViewer*, www.teamviewer.com.

Desarrollo y Montaje de Dispositivos Astronómicos Usando Hardware y Software Libre

Sergio Alonso Burgos[1 2], José Miguel López Pérez[3], Antonio Román Reche[2]

[1] Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada.
[2] Sociedad Astronómica Granadina.
[3] Grado en Informática, Universidad de Granada.
zerjioi@ugr.es, josemlp.montefrio@gmail.com, reche@ugr.es

Resumen. El taller tiene como finalidad mostrar de una manera práctica como es sencillo, con unos conocimientos básicos de electrónica e informática, crear ciertos dispositivos de utilidad en la práctica de la astronomía utilizando componentes hardware libres (como Arduino o Raspberry Pi) y software libre (como INDI) y a un coste inferior a soluciones comerciales. Ejemplos de estos dispositivos son enfocadores electrónicos, ruedas portafiltros motorizadas, tapas automáticas, controladoras de luces, etc. Además, dado que este tipo de proyectos ofrecen sus especificaciones de manera libre (usualmente en Internet) evitaremos problemas de compatibilidad (entre distintos sistemas operativos, por ejemplo). Además ganaremos en flexibilidad al poder adaptar los dispositivos exactamente a las necesidades concretas que tengamos en nuestro observatorio.

Palabras clave: Software libre, hardware libre, dispositivos astronómicos, INDI

1. Introducción

Hoy en día la astronomía amateur está sufriendo una revolución importante al tener disponible un juego de herramientas tecnológicas muy potentes que hasta hace poco tiempo solo estaban disponibles para los profesionales (y hace algo más de tiempo ni siquiera a ellos). Este hecho queda evidenciado en la creciente colaboración Pro-Am que, en el caso de la astronomía y astrofísica, cobra un papel más relevante que en el de otras ciencias aplicadas [1, 2].

Numerosos fabricantes han aparecido o actualizado la gama de productos que venden para este nuevo nicho de mercado (y en algunos casos empresas fundadas por amateurs [3]): desde nuevas cámaras y CCDs, hasta enfocadores, ópticas activas, ruedas portafiltros, cúpulas, tapas, estaciones meteorológicas y un largo etc.

Sin embargo, la creciente disponbilidad de tantos nuevos productos, que es algo claramente beneficioso, tiene algunas contrapartidas que es conveniente tener en cuenta. Una de las más importantes que podemos resaltar es la dificultad

de adaptación de dichos dispositivos comerciales a las cracterísticas particulares de cada equipo y observador. De hecho, este problema no es nuevo y los profesionales ya están tomando cartas en el asunto estableciendo algunos estándares y encuentros al respecto [4].

Este problema de la interoperatividad de los dispositivos podría solucionarse en gran medida si los fabricantes:

- Utilizaran estándares abiertos en la comunicación con sus dispositivos.
- Hicieran claras y libres las especificaciones de sus productos, tanto a nivel hardware como a nivel software y de comunicaciones.

Sin embargo, por temas usualmente mercantiles (patentes, secretismo para evitar "copias", control ferreo de los productos para capturar a los clientes) en muchas ocasiones los usuarios no tenemos información suficiente sobre los dispositivos que adquirimos para poder adaptarlos y aplicarlos a nuestras necesidades concretas.

Por estos motivos, y para evitar los mencionados problemas, algunos astrónomos amateur están planteando el diseño y construcción de dispositivos de utilidad astronómica usando hardware y software libres.

1.1. Hardware y Software Libre

El movimiento del *software libre* tiene su origen en los años 80. Algunos especialistas en informática toman conciencia de la importancia creciente de esta disciplina (en esos años la informática al alcance de cualquiera era ya una realidad) y comienzan a considerar que algunas de las prácticas que se estaban llevando a cabo por parte de los fabricantes de programas de ordenador no eran éticamente correctas. El software libre se define como aquel software que cumple las siguientes libertades [5]:

- **Libertad 0:** la de usar el programa, con cualquier propósito.
- **Libertad 1:** la de estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a tus necesidades.
- **Libertad 2:** la libertad de distribuir copias del programa, con lo cual puedes ayudar a tu prójimo.
- **Libertad 3:** la libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

Por otro lado, también existe un movimiento de *hardware libre* similar al del software libre. Sin embargo, debido a la naturaleza física del hardware, las 4 libertades anteriormente mencionadas no pueden aplicarse directamente. En principio, lo que pretende el hardware libre es que los diseños y especificaciones de los dispositivos estén disponibles y con unas garantías y libertades similares a las del software libre.

2. Recursos Disponibles

Gracias a las posibilidades de publicar, difundir y compartir recursos de Internet en general y la World Wide Web en particular existen numerosos recursos de hardware y software libre que pueden ser (y son) directamente utilizables para construir dispositivos astronómicos. En los siguientes apartados se comentan brevemente algunos de ellos.

2.1. Hardware Libre: Arduino y Raspberry Pi

Arduino[6] es una plataforma de prototipado electrónico que cuenta con elementos de hardware y software libres. Por un lado existen diversas placas electrónicas (cuyo diseño es libre) que se pueden comprar a un coste muy competitivo y que pueden ser utilizadas para crear prototipos Por otro lado existe un conjunto de herramientas software (libre) y un lenguaje de programación de propósito general creado para facilitar la programación de dichas placas.

Arduino permite que con unos conocimientos limitados de informática y electrónica se puedan crear sistemas electrónicos de cierta complejidad. Uno de sus puntos a favor (al margen de la libertad de sus diseños y programas) es la cantidad creciente de recursos formativos que existen en Internet y que se están aplicando en multitud de centros educativos a muy distintos niveles (desde primaria a universidad).

Por otro lado, Raspberry Pi[7] es un mini-ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito y un coste muy reducido (aunque totalmente funcional) que ha sido diseñado principalmente como recurso formativo. Pese a su orientación didáctica tiene potencia suficiente para ejecutar sistemas operativos modernos (GNU/Linux, por ejemplo). De hecho, buscando en Internet se encuentran numerosos casos de éxito de astrónomos que están utilizando este ordenador para controlar sus monturas astronómicas, CCDs y demás aparataje de sus observatorios.

2.2. Software Libre: INDI (Instrumental-Neutral Distributed Interface)

INDI[8] es una especificación de protocolo de comunicación entre dispositivos astronómicos (junto con una una serie de programas auxiliares) basada en software libre y disponible para un número creciente de plataformas informáticas. La idea fundamental de este protocolo es estandarizar la manera en la que se comunican los distintos dispositivos que podamos tener en nuestro observatorio bajo un marco común. De esta manera, si nuestro dispositivo cumple con el protocolo INDI, cualquier programa cliente de control de dispositivos astronómicos podría utilizarlo sin modificaciones adicionales.

En la actualidad INDI continua mejorándose para soportar de manera directa algunos de los dispositivos astronómicos mas famosos:

- **Cámaras y CCDs:** ATIK, SBIG, Apogee, QHY, Canon, Nikon...

- **Monturas:** Meade, Celestron, SkyWatcher [EQMod]...
- **Enfocadores:** Meade, MoonLite, RoboFocus, Shoestring FCUSB...
- **Ruedas portafiltros:** ATIK, QHY, QSI, SBIG, Starlight Xpress...
- Estaciones meteorológicas, cúpulas, mandos de juego, óptica activa...

3. Un ejemplo práctico: ArduFocuser

Un ejemplo de dispositivo astronómico desarrollado por los autores de este trabajo usando software y hardware libre y cuyas especificaciones están totalmente disposibles es *ArduFocuser* [10]. Se trata de un enfocador de bajo coste que puede acoplarse al telescopio y realizar enfoques tanto de manera manual (por medio de un mando) como de manera automática (a través de un ordenador), así como realizar compensaciones de foco debido a la variación térmica ambiental. En las siguientes secciones se describe brevemente su arquitectura.

3.1. Hardware

El hardware de ArduFocuser se divide en 3 módulos diferenciados (cuyo coste total está por debajo de los 100€):

- **Módulo principal:** contiene el grueso de la electrónica del aparato. El núcleo del mismo es una placa Arduino Uno que permite la conexión con el resto de dispositivos así como con el ordenador de control (mediante un puerto USB). Este módulo principal tiene una pantalla LCD (opcional) para mostrar información sobre el enfocador así como controles de ajuste (también opcionales) tanto de la velocidad del motor de enfoque como de la calibración de los movimientos de enfoque fino.
- **Mando de control manual (opcional):** con cuatro botones que permite un movimiento del motor de manera continua o a pequeños saltos (enfoque fino).
- **Módulo de motorización y sensores:** contiene el motor paso a paso que realizará el enfoque al acoplarse al telescopio así como algunos sensores (opcionales) de fin de carrera y temperatura ambiente.

3.2. Software

ArduFocuser pretende ser fácilmente adaptable a las necesidades particulares de cualquier astrónomo. Como muestra de esta adaptabilidad se ha implementado la posibilidad de que ArduFocuser simule el comportamiento de uno de los enfocadores más conocidos: RoboFocus[11].

Asimismo, ArduFocuser dispone de un driver INDI lo que lo hace automáticamente manejable por cualquier cliente astronómico que soporte dicha plataforma, como son KStars, Xephem, Cartes Du Ciel, etc.

Es importante reseñar que, como parte de un proyecto de fin de grado de Informática, se están desarrollando nuevos métodos de enfoque automáticos que

podrán ser aplicados al ArduFocuser tanto para campos estelares como para planetaria.

4. Otros Ejemplos y Conclusiones

Existen otros proyectos de software y hardware libre de utilidad para astrónomos, como por ejemplo:

- **MeteoStation** [12]: Con barómetro, sensores de humedad, detector de nubes, medición de radiación solar, termómetros...
- **Motorización de una rueda portafiltros** [13]: A partir de una rueda manual.

Todos estos proyectos (y muchos otros) son perfectamente adaptables a nuestras necesidades particulares y, precisamente, esas adaptaciones son lo que puede permitir que obtengamos productos de una calidad superior (una de las ventajas del software y hardware libre). Es por ello que creemos que debemos incidir en las grandes posibilidades que nos ofrecen estas tecnologías existentes y en la importancia no solo de diseñar y construir nuestros propios dispositivos y drivers, sino también de publicarlos junto con toda su documentación para que otros puedan aprovechar también nuestro trabajo, adaptarlo y mejorarlo.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer la ayuda de *Gustavo Román* así como de los creadores de INDI (especialmente de *Jasem Mutlaq*) sin los cuales parte de este trabajo no se podría haber completado satisfactoriamente.

Referencias

[1] Charles LeadBeater, *Amateur Revolution*, October 2004, Fast Company Magazine. Disponible en: `http://www.fastcompany.com/51040/amateur-revolution`

[2] Sue Bowler, *Is amateur astronomy, well, amateurish?* News and Reviews in Astronomy and Geophysics, 50:2, 2.10–2.11. Disponible en: `http://astrogeo.oxfordjournals.org/content/50/2/2.10.full`

[3] ZW Optical Company: `http://www.zwoptical.com/Eng/`

[4] International Virtual Observatory Alliance Documents and Standards and Workshops: `http://www.ivoa.net/documents/index.html` y `http://wiki.ivoa.net/twiki/bin/view/IVOA/IvoaEvents`

[5] Free Software Foundation: *¿Qué es el software libre?*. Disponible en: `http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html`

[6] Plataforma de prototipado electrónico Arduino: `http://www.arduino.cc`

[7] Raspberry Pi: http://www.raspberrypi.org/
[8] Elwood Charles Downey, *INDI: Instrumental-Neutral Distributed Interface*. 18 June 2007. Disponible en http://www.clearskyinstitute.com/INDI/INDI.pdf
[9] Sitio web de la biblioteca INDI: hhttp://indilib.org
[10] ArduFocuser: http://laazotea.org/es/arduFocuser
[11] Technical Innovations Inc., *Robofocus Manual.* Disponible en http://www.robofocus.com/documents/robofocusins31.pdf
[12] MeteoStation: http://indiduino.wordpress.com/2013/02/02/meteostation/
[13] Remote Control Filter Wheel: http://www.astronomymark.com/filterwheel.htm

Geometría del viñeteo

Alberto Castellón[1,2]

[1] Dpto. de Álgebra, geometría y topología, Universidad de Málaga.
[2] Sociedad Malagueña de Astronomía
apncs@uma.es

Resumen. En este trabajo se exponen modelos matemáticos para los viñeteos óptico y natural, y se muestra cómo, a partir de una captura astronómica, pueden generarse ficheros FITS que los reflejen. También se proponen métodos de extracción del *background* y aplanamiento de imágenes.

Palabras clave: Viñeteo, aplanado, *background*, *flat*.

1. Viñeteo óptico

El simple hecho de que el tubo óptico tenga una longitud mayor que 0 y que la superficie recolectora de luz sea finita implica que, en el plano focal, llegue más luz en las proximidades del eje óptico que en la periferia. Esta cantidad queda determinada por la imagen del diafragma desde la pupila de salida. En el póster se examinan el caso del viñeteo de un telescopio reflector con y sin obstrucción central y se dan las funciones matemáticas que los expresan.

2. Viñeteo natural

Causado por la distinta inclinación de la luz al alcanzar el plano focal, en el viñeteo natural rige la que se conoce como *ley* $\cos^4$ *de caída de iluminación*. En el póster se razona la deducción de esta ley y se proponen métodos de cálculo a partir de la astrometría. La idea parte de estimar cuánta superficie de la esfera celeste se proyecta por unidad de área del chip. A fin de cuentas, el viñeteo natural no hace sino reflejar esas razones ([1] Section 8.5).

En la figura 1 se representan, según el procedimiento descrito, los viñeteos de dos capturas. La de la izquierda fue tomada con objetivo Nikkor 16mm f/2.8 fisheye y la de la derecha con un Nikkor 400mm f/2.8, en ambos casos acoplados a sendas cámaras CCD provistas del chip KAF-16803 de 4096×4096 píxeles.

Otros tipos de viñeteo son mencionados en el póster, el *viñeteo mecánico* y el *viñeteo de píxeles* inherente a los chips CMOS.

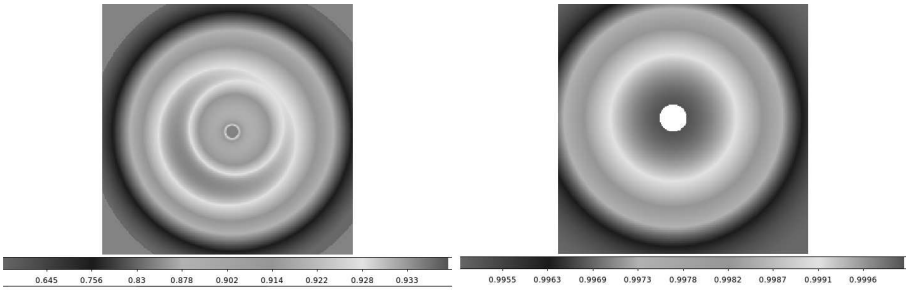


Figura 1. Cálculo del viñeteo natural

3. Aplanado, background y otras cuestiones

El aplanado de una imagen se corrige con la confección de un *flat* normalizado. En el póster se menciona el caso de cámaras de todo o casi todo el cielo, en donde la principal dificultad estriba en conseguir una distribución equitativa de la luz por toda la superficie del chip. En particular, se habla del fundamento de la *esfera de integración*.

Para determinados propósitos puede ser útil confecionar un mapa del fondo de la captura (*background*) en donde se refleje la distribución del brillo al margen de las fuentes puntuales de luz. En el póster se propone un método para la estimación del *background* basado en la moda estadística.

En el *background* de una captura de todo (o casi todo) el cielo no solo hay información referente a la del aplanado, sino que intervienen nebulosidades extensas, como la Vía Láctea, además de la masa de aire y la contaminación lumínica. En el póster se relacionan estos factores con las curvas de luz de estrellas que varían su distancia cenital a lo largo de una noche.

4. Conclusiones

El conocimiento de las caracteríticas físicas de la óptica, así como la astrometría de una captura, permiten el cálculo de los viñeteos óptico y natural. A partir de este último es posible averiguar el lugar del chip atravesado por el eje óptico. Estimaciones del *background* facilitan, en caso de necesidad, la obtención de un *flat* artificial. Es muy posible que disponiendo de buenos *flats* de imágenes *allsky* la información anterior lleve a realizar fotometría absoluta y mapas de contaminación lumínica.

Agradecimientos

El autor agradece a la red BOOTES el uso de capturas de sus cámaras para la confección de los ejemplos de este trabajo.

Referencias

[1] Warren J. Smith, "Modern Optical Engineering. The design of optical systems", *McGraw Hill, 3th edition, New York*, 2000.

MaRTA: Maciarol Robotic Telescopes Array
Instalación astronómica robótica de bajo coste

José Luis Salto González

Sociedad Malagueña de Astronomía (SMA)
jlsaltg@gmail.com

Resumen. Marta (Maciarol Robotic Telescopes Array) está concebido como una instalación que permite a sus componentes trabajar conjuntamente o de forma individual en tareas astronómicas utilizando telescopios de aperturas modestas y CCDs y otros dispositivos comerciales ajustados a un presupuesto de bajo coste. Con este equipo somos capaces de obtener datos científicos operando remotamente, tanto en modo automático como robótico.

Palabras clave: instrumentación: miscelánea, telescopios.

1. Introducción

MaRTA (Maciarol Robotic Telescopes Array) es un grupo de 4 telescopios operados remotamente para obtener observaciones astrométricas, fotométricas y también para astrofotografía y divulgación de la astronomía. Forman parte de los 8 módulos adosados del observatorio Cal Maciarol (0º44'38.3"E, +42º01'05", 745 m) emplazados en la casa de turismo rural Masia Cal Maciarol en el PAM (Parc Astronòmic del Montsec o Parque Astronómico del Montsec). El PAM está situado en una zona de especial protección contra la polución lumínica y recibió la certificación Starlight en 2013. La construcción del observatorio Cal Maciarol comenzó en 1998 y duró algo más de un año. El brillo de fondo de cielo medido en el cenit marca un registro realmente bueno, mag. 21 por segundo de arco cuadrado. Se está operando en modo remoto desde 2006 y en modo robótico desde 2013. La idea fue concebida pensando en la posibilidad de trabajar coordinadamente entre los módulos 2 y 8 del observatorio. Ambos observatorios son operados habitualmente de forma independiente. MaRTA se completa más tarde con la incorporación de los módulos 5 y 7.

2. Equipamiento

Cada telescopio está emplazado en un habitáculo cubierto por un techo inclinado practicable compuesto de dos cubiertas. Todos los observatorios tienen comunicación alternativa GSM y servidores ftp alojados en microcomputadores Raspberry Pi. El programario de control de telescopio y cámara utilizado es

TheSky 6 para navegación, MaxIMDL 5 como control de telescopio/cámara, captura y reducción de imágenes, FocusMax para autoenfoque y como planificador CCDCommander. El programario de reducción de datos utilizado es Astrometrica para astrometría, FoCAs y FotoDif para fotometría. Los equipos disponibles ordenados por fecha de primer acceso remoto son:

- Módulo 8 (MPC A02): operado por José Luis Salto. Consta de telescopio S/C LX200 Classic de 10" f/10.5, CCD ST9XE KAF 0261E (resolución del conjunto óptico 1.52"/pix), óptica adaptativa AO8, rueda portafiltros CFW-10 con conjunto de filtros fotométricos Johnson-Cousins BVRI+Cl y enfocador digital Robofocus.
- Módulo 2 (MPC A01): operado por Francesc Baldris. Consta de telescopio reflector newtoniano SW de 8" f/5, montura ecuatorial alemana Orion Atlas EQ-G, CCD SX MX916 (resolución del conjunto óptico 2.31"/pix), conjunto de filtros fotométricos Johnson-Cousins BVRI+Cl, enfocador Orion AccuFocus y tubo de guiado Lunatico de 60mm. y CCD QHY6.
- Módulo 5: operado por Albert Capell. Consta de telescopio S/C LX200 Classic de 10" f/6, CCD QHY8 (resolución del conjunto óptico 1.1"/pix), óptica adaptativa Orion, conjunto de filtros Johnson-Cousins BVRI+Cl, filtro H-alfa y enfocador digital Robofocus.
- Módulo 7: operado por Ramon Espax. Consta de telescopio reflector newtoniano SW de 10" f/5, cámara digital Canon DSLR para imágenes de gran campo, filtros de banda estrecha, sistema digital de enfoque. Se espera poder instalar CCD astronómica, conjunto de filtros fotométricos y enfocador digital Robofocus Johnson-Cousins antes de finalizar 2014.

3. Dispositivos compartidos

El programario de control de los observatorios utiliza información generada por un detector de nubes, humedad, lluvia y luz ambiente AAG CloudWatcher y por una estación meteorológica Oregon Scientific para determinar si es posible observar dependiendo del nivel de humedad, nubes o riesgo de lluvia; también para determinar cuando las condiciones de luz ambiente son las adecuadas para iniciar o terminar la sesión de observación. Hay dos cámaras "all-sky" instaladas: CaTCel 1 (Càmera Tot-Cel 1 o Cámara Todo-Cielo 1), CCD Watek 120N acoplada a una lente de 2.8mm. de focal con un campo de visión de 100x90º y CaTCel 2, cámara a color que cubre todo el cielo visible desde los observatorios.

4. Algunas organizaciones donde participan nuestros observatorios

AAVSO[1], Cometas_Obs cazadores de cometas [2], ETD[3], Grupo M1[4], Mark Kidger's Comet & Asteroid Observing Page[5], MPC[6], Obssn[7], VSNET[8]. Existen diversas publicaciones científicas donde se ha participado desde los observatorios componentes de MaRTA. Por razones de espacio no pueden ser reproducidas en este artículo. Se puede acceder al detalle en el propio poster presentado en el XXI CEA.

5. Conclusiones

El objetivo en el futuro próximo es conseguir una estandarización real de los métodos de planificación, observación y reducción de datos para los cuatro observatorios. Seguiremos con nuestro trabajo habitual tratando asimismo de explotar al máximo las nuevas funcionalidades del programa FotoDif de Julio Castellano que nos permitirán mayor precisión en las medidas fotométricas obtenidas además de entrar en la detección y estudio de nuevas variables de período corto y automatizar las observaciones de tránsitos extrasolares, tanto para refinar las curvas de luz de objetos ya catalogados como en el intento de confirmación de posibles candidatos al alcance de nuestros equipos. Igualmente, seguiremos probando la operatividad de la nueva técnica Winscan para detectar ocultaciones.

[1] `aavso.org`
[2] `astrosurf.com/cometas-obs`
[3] `var2.astro.cz/ETD`
[4] `web.jet.es/drodrig`
[5] `observadores-cometas.com`
[6] `minorplanetcenter.net/iau/mpc.html`
[7] `sites.google.com/site/obsdesn/home`
[8] `kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet`

Principia, un observatorio astronómico en el corazón de Málaga

Sebastián Cardenete García

Centro de Ciencia Principia
scardenete@principia-malaga.com

Resumen. Presentamos un posters en el que se describen mediante un mosaico de fotografías, las actividades de divulgación de la astronomía que se realizan en el observatorio del Centro de Ciencia Principia, situado en pleno casco urbano de la ciudad de Málaga.

Palabras clave: divulgación, astronomía, observatorio, Principia, Sirio, Málaga.

En el Centro de Ciencia Principia hay instalado un observatorio astronómico que está funcionando desde el año 1999. Desde entonces se han realizado observaciones astronómicas públicas mensuales en colaboración con la **Agrupación Astronómica de Málaga Sirio**. Consta de una cúpula de 3,5 m de diámetro y está equipado con un telescopio Meade LX 200 de 10", además contamos con una cámara CCD SBIG ST7-E y con una cámara Basler para planetaria, así como de diversos objetivos y filtros. Miles de malagueños han disfrutado y conocido el cielo desde este observatorio que a pesar de estar ubicado en la terraza del Centro Principia, en el corazón de Málaga, junto al estadio de la Rosaleda, permite contemplar los objetos celestes más populares y ha conseguido que numeroso público realice el seguimiento de acontecimientos astronómicos como: eclipses de Sol y de Luna, tránsitos de Mercurio y Venus, conjunciones, avistamiento de satélites Iridium, pasos de la ISS, etc. El observatorio Principia ha obtenido el código MPC-178 y se realizan con medios propios y con los de miembros de la agrupación Sirio: astrofotografías de planetas, astrofotografías de objetos de cielo profundo, astrofotografías de supernovas, fotografías del Sol, fotos de cometas y asteroides, espectros. En este observatorio se han realizado cursos de formación y prácticas en astronomía tanto para escolares como para aficionados. Desde el observatorio del Centro Principia se desarrolla una labor activa en favor de la consecución de cielos de calidad.

Agradecimientos

El Centro de Ciencia Principia agradece a la Agrupación Astronómica de Málaga Sirio su colaboración en la realización de todas las actividades astronómicas que se desarrollan en este museo de ciencia.

El observatorio astronómico de Principia está situado en la terraza del Centro de Ciencia Principia, consta de una cúpula movil de 3,5 m de diámetro. En ella se realizan, a resguardo de las inclemencias, observaciones de los cuerpos celestes más destacados.
Está preparado para poder transmitir hasta la sala Faraday las imágenes obtenidas por el telescopio mediante una cámara CCD que las proyecta en la pantalla de la sala.
Todos los meses se realizan observaciones astronómicas con la colaboración de la AGRUPACIÓN ASTRONÓMICA DE MÁLAGA "SIRIO". Esta asociación también está realizando en el observatorio de Principia diferentes actividades de investigación sobre astrometría, fotometría, espectroscopia y astrofotografía.
SN2014J - M82
PRINCIPIA
Un observatorio astronómico en el corazón de Málaga
SIRIO
PRINCIPIA
centro de ciencia

Elaboración de un programa de visualización y procesado de imágenes astronómicas

Francisco Reyes Andrés

Agrupación Astronómica de la Región de Murcia
preyes@um.es

Resumen. En esta ponencia se presenta un software de procesado de imágenes astronómicas que está siendo actualmente elaborado. Está orientado sobre todo al procesado de imágenes obtenidas en ambiente urbano y con monturas con seguimiento irregular, aunque sirve para imágenes obtenidas en mejores condiciones. El formato actualmente soportado es FIT. Las funciones del software incluyen visualización 2D y 3D, escala logarítmica de brillo, falsos colores y elaboración de fotogramas para vídeos y timelapses, procesado básico con darks y flats y apilado de múltiples imágenes con y sin drizzle. Procesados cosméticos como eliminación de blooming o eliminación del fondo del cielo. Filtros de media y mediana entre otros, eliminación de ruido, unsharp mask y deconvolución Lucy Richardson y máxima entropía.

Palabras clave: software, procesado, imágenes, filtro, CCD, FIT.

1. Introducción

El astrónomo aficionado siempre ha dedicado parte de su tiempo a fabricarse material astronómico por razones económicas o por el puro disfrute de hacerlo o obtener resultados con él. En este caso no hablamos de telescopios ni espejos sino de software de visualización y procesado de imágenes astronómicas. El objetivo de esta ponencia no sólo es mostrar las funciones de este programa sino mostrar también en que consisten ya que son de uso común en otros muchos programas de procesado de imagen.

2. Visualización

El software permite ver imagénes en formato FIT, en niveles de grises y en falso color. En ocasiones es necesario poder ver claramente partes brillantes y oscuras de una imagen por lo que se visualiza el logaritmo del brillo del píxel. También se puede ver la imagen en 3D, que puede dar una idea mejor, por ejemplo, del brillo de una estrella.

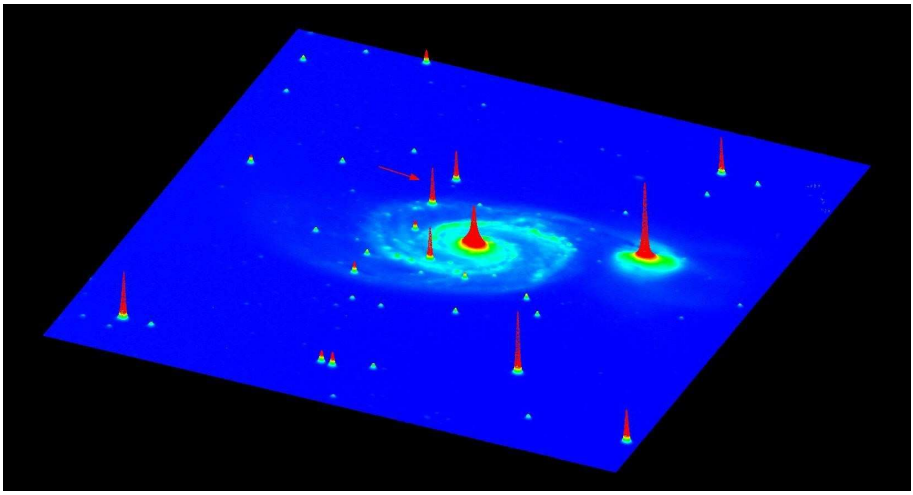


Figura 1. Supernova 2011dh en M51.

2.1. Timelapses

Además de visualizar fotos individualente, se pueden exportar conjuntos de imágenes en formato BMP con el fondo del cielo igualado para componer vídeos con programas especializados.

3. Apilado

A cada imagen astronómica hay que eliminar el ruido térmico y de lectura lo que se consigue restando una imagen a oscuras en las mismas condiciones de tiempo de exposición y temperatura (dark) a la imagen resultante hay que dividirla por la imagen de un fondo uniforme a la que se le resta su correspondiente dark para eliminar el viñeteado y las diferencias de sensibilidad de los píxeles de la cámara. Para eliminar ruido normalmente se utilizan varios flats o darks para hallar su promedio en lugar de imágenes únicas. El programa permite apilar exposiciones que no están perfectamente superpuestas con dos métodos, buscando las estrellas más brillantes y hallando la diferencia de posición o mediante autocorrelación [1], multiplicando una imagen por la otra levemente desplazada y comparando con diversos desplazamientos cual es el que da valores más altos. Para contrarrestar cambios de brillo en el fondo del cielo se puede restar a cada toma la mediana o un percentil del valor de todos los píxeles. También permite realizar mosaicos con imágenes que se superpongan parcialmente.

Se puede usar además la opción drizzle, que consiste en aumentar los píxeles dos o tres veces y apilar. Los desplazamientos entre las imágenes pueden ser ahora fracciones de píxel, esta técnica mejora los contornos de las imágenes de objetos pequeños.

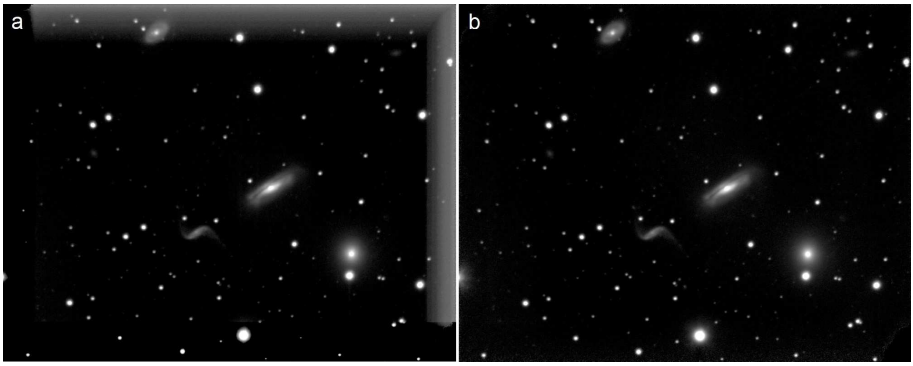


Figura 2. Grupo Compacto Hickson 44 a) Imagen apilando 169 exposiciones de 40s en los bordes se aprecia el cambio de la luminosidad del cielo b) Imagen restando la mediana a cada exposición.

4. Procesado Cosmético

El procesado cosmético se utiliza para eliminar defectos de la imagen derivados del material usado, cámara o telescopio o de las condiciones de la observación, como variaciones del fondo del cielo.

4.1. Eliminación del blooming

En ciertas cámaras aparecen líneas verticales hasta el borde de la imagen cuando se fotografían estrellas muy brillantes, esta función las localiza y las elimina buscando las estrellas brillantes y detectando si la mediana de los píxeles superiores o inferiores es mayor que la mediana de los píxeles vecinos, seguidamente se resta a cada columna de píxeles la diferencia de su mediana con la de los pixeles a ambos lados del blooming.

4.2. Eliminación del fondo del cielo

Elimina en imágenes estelares o de objetos no muy extensos el fondo del cielo debido a la contaminación o a defectos en la toma del flat, para ello resta a cada píxel la mediana de la región circundante cuyo tamaño es definido por el usuario.

5. Filtros bidimensionales

Una forma sencilla de eliminar ruido es aplicar filtros bidimensionales de media o mediana. Sustituye cada pixel por la media o la mediana de los píxeles vecinos. El programa también detecta pixeles calientes ,que son aquellos con valores anormalmente altos, y los elimina.

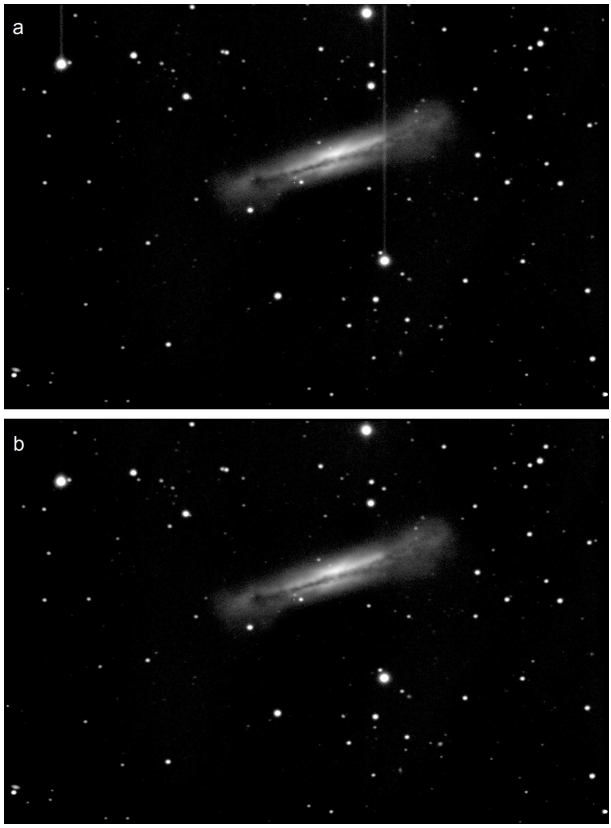


Figura 3. Galaxia NGC 3628 a) Imagen Original b) Imagen después de eliminar el blooming.

6. Deconvolución

El programa permite utilizar tres algoritmos para mejorar la definición de las imágenes y atenuar el efecto de la difracción de las imágenes en el telescopio que convierte las imágenes puntuales de una estrella en manchas de luz a las que se llama Point Spread Function o PSF. Un concepto importante es el de convolución en que se sustituye un pixel por la suma de los pixeles vecinos multiplicados por la PSF. Deconvolución sería el proceso inverso.

6.1. Unsharpmasking

Es el método más rápido, aunque no puede ser considerado como deconvolución su efecto sobre la imagen es parecido. Consiste en restar a la imagen original la misma imagen emborronada y oscurecida artificialmente. Resalta los detalles finos de la imagen.

6.2. Lucy Richardson

Es un proceso iterativo, en cada iteración se divide la imagen original por la imagen obtenida del paso anterior convolucionada por la PSF (2) y se convoluciona el resultado por la PSF, finalmente volvemos a multiplicar por la imagen obtenida en el paso anterior (1). El programa permite obtener la PSF de las estrellas de la imagen o utilizar PSF artificiales [2]. Si u_j son los píxeles ideales, d_i son los pixeles de la imagen real y p_{ij} es la PSF tenemos:

$$u_j^{(t+1)} = u_j^{(t)} \sum \frac{d_i}{c_i} p_{ij} \tag{1}$$

donde

$$c_i = \sum p_{ij} u_j \tag{2}$$

A partir de 2 iteraciones los resultados son apreciables.

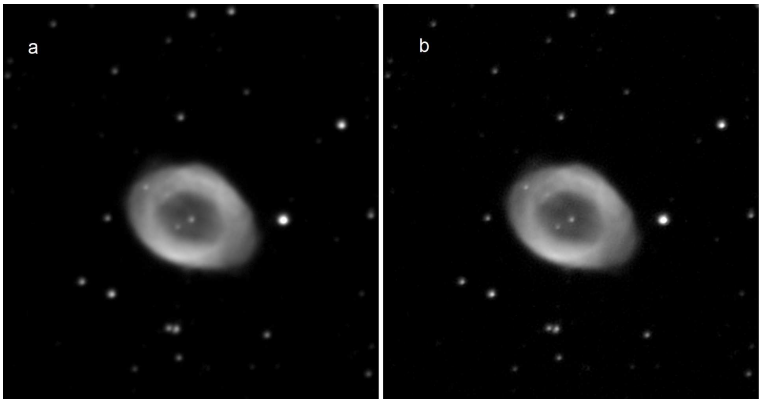


Figura 4. Nebulosa M57 a) Imagen Original b) Imagen deconvolucionada usando el método de Lucy Richardson.

6.3. Máxima entropía

De las imágenes originales compatibles con la real y con la PSF intenta hallar aquella imagen cuya entropía es mayor, siendo la entropía $S = \sum p_i \ln p_i$, donde p_i es la probabilidad de que un fotón haya llegado al pixel i, lo cual la haría esa imagen la más probable [3][4][5].

7. Conclusiones

Este programa está en continua evolución, las siguientes funciones que se espera añadir serán la eliminación de ruido por medio de la tranformada Wavelet

[6], el uso de imágenes en color y formatos de imagen de cámaras digitales y permitir la determinación de brillo y posición relativa de los objetos en la imagen y la detección de cambios entre dos imágenes.. El programa estará disponible en la web, actualmente se puede solicitar a esta dirección `preyes@um.es`.

Agradecimientos

El autor agradece a Sole Luceño, su mujer y compañera de afición, el apoyo constante y ánimo en las horas frente al ordenador o junto al telescopio, y a Francisco Javier Abellán sus consejos y su orientación en la bibliografía.

Referencias

[1] C. Buil, "CCD Astronomy: Construction and Use of an Astronomical CCD Camera", *Atlantic Books*.
[2] Wikipedia, "Algoritmo Lucy Richardson".
[3] J. Skilling, R.K. Bryan, "Maximum entropy image reconstruction:General Algorithm", *Mon.Not R. astr.Soc* (1984).
[4] D.S. Sivia, J.Skilling, "Data Analysisj a Bayesian Tutorial", *Oxford University Press*.
[5] M.G. Grotenhuis, "An overview of the Maximum Entropy Method of Image Deconvolution", *U. of Minnesota Master's paper*.
[6] J.L. Stark, F. Murtagh, "Astronomical Image and Data Analisis", *Springer Verlag*.

Parte IV

Contaminación Lumínica. Turismo Astronómico

Astronomía en Navarra

Colaboración entre AstroNavarra, Observatorio Astronómico de Guirguillano y Planetario de Pamplona

Ana H. Zambrano[14], Fernando Jáuregui[134], Luis Martorell[12], Pedro Martorell[124], Roberto Pidal[124], Javier Prat[14], Juan José Salamero[124]

[1] Asociación Red Astronavarra Sarea
[2] Observatorio Astronómico de Guirguillano
[3] Planetario de Pamplona
[4] Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica
amaltea40@gmail.com, fernando@pamplonetario.org, luismartorell@gmail.com, perikius@gmail.com, robertopidal@gmail.com, jprat@anko.es, jujosb@gmail.com

Resumen. El Año Internacional de la Astronomía 2009 fue un momento muy especial para muchos de nosotros. En Navarra significó un gran impulso para la colaboración entre diferentes instituciones liderada por los astrónomos aficionados y el Planetario. Fruto de aquella experiencia nació AstroNavarra, un grupo de aficionados a la Astronomía que unimos nuestra experiencia e ilusión con el objetivo de colaborar y disfrutar con la observación y la divulgación de la Astronomía. El compromiso de todos nosotros en la defensa de los cielos estrellados y en la lucha contra la contaminación lumínica, todos somos miembros de Cel Fosc, ha sido una causa común que nos ha unido en proyectos tan ilusionantes como la reforma del alumbrado de Puente la Reina/Gares. A lo largo de estos cuatro años se ha consolidado la relación entre estas tres instituciones que en la actualidad formamos un equipo unido con capacidad y ganas de llevar a cabo muchas cosas. Creemos que se trata de una experiencia que merece la pena compartir con nuestros compañeros de afición.

Palabras clave: astronomía, colaboración PRO-AM, divulgación, observatorio astronómico, contaminación lumínica.

1. Introducción

En algún momento de la vida, todos hemos sentido esa fascinación que provoca la contemplación del cielo estrellado. Probablemente esa es la causa por la que nosotros nos encontremos escribiendo estas letras en este momento y también usted, en este momento, las esté leyendo. Probablemente también, pocas cosas son tan placenteras como compartir experiencias positivas con otros. En muchos casos esto es el germen de amistades que pueden durar toda la vida. Sin duda este es el caso de quienes firmamos esta comunicación. La observación del cielo y de los objetos que se encuentran en él, la divulgación de las cosas increíbles que ocurren ahí afuera, el estudio y medición con las herramientas adecuadas del Universo y la defensa de la oscuridad natural de nuestros cielos son, entre otras

experiencias personales, el nexo de unión de quienes nos agrupamos en torno a la Astronomía en Navarra. Hasta la fecha, esta es nuestra experiencia.

2. El origen

La actividad organizada en torno a la Astronomía se remonta a finales de los 80. En febrero de 1988 varios de los autores de esta comunicación impulsamos la creación de la primera agrupación astronómica en Navarra y, poco tiempo después, el Gobierno de Navarra anunció la construcción de un gran planetario en Pamplona. En los primeros años del decenio de 1990, el ayuntamiento de Guirguillano cedía para uso astronómico, unos terrenos comunales de su término municipal; comenzaba el germen del actual Observatorio Astronómico. Durante casi 20 años la colaboración entre las tres instituciones fue fluida y habitual pero todo cambió con la llegada del Año Internacional de la Astronomía en 2009. Con el objetivo de unir esfuerzos y de hacer llegar la astronomía al mayor número posible de ciudadanos, aficionados a la astronomía, el Planetario y las dos Universidades con sede en Navarra, formamos un equipo de trabajo con una agenda cargada de actividades para todos los públicos. Durante meses pusimos nuestros conocimientos, trabajo e ilusión al servicio del público de nuestra comunidad. Fruto de aquella intensa actividad fue la creación de la red Astronavarra entre los miembros más activos de ese grupo humano.

Figura 1. 24 de abril de 2009, 100 Horas de Astronomía. Instalación de un Sistema Solar a escala en la Plaza del Castillo de Pamplona antes de la observación astronómica de esa noche.

3. La Asociación Red Astronavarra Sarea

Más allá de aquel inolvidable 2009 continuamos con una intensa actividad de divulgación en municipios e instituciones navarras bajo el paraguas legal de la recién creada Asociación Observatorio Astronómico de Guirguillano. Inicialmente nuestra sede se encontraba en la Web y en una lista de distribución de correo, Astronavarra, y a través de ellas organizábamos todas las actividades. Pronto comenzó nuestra presencia en las florecientes redes sociales Facebook (Grupo Astronavarra) y Twitter (@Astronavarra). Como el resto de asociaciones astronómicas disfrutamos de la Astronomía y de compartirla con los demás, pero queremos minimizar al máximo las obligaciones burocráticas y las cargas fijas. No está entre nuestros objetivos el disponer de una sede social lo que nos permite tener una cuota única de 15 euros válida hasta diciembre de 2019. Tampoco queremos acumular inmovilizado: cada socio es dueño de su material y lo comparte con los demás en la medida de sus posibilidades y de sus deseos. El Planetario de Pamplona, el Concejo de Guirguillano o el Observatorio nos ceden los lugares para nuestras reuniones y actividades y los fondos que recaudamos de aquellas que no son gratuitas se destinan a la mínima infraestructura que mantenemos y a apoyar nuestros proyectos. Un apartado importante en nuestra actividad son los talleres para niños. Se realizan en colaboración con el Planetario para niños desde 5 a 12 años durante varios sábados por la mañana. Cabe destacar los dos musicales astronómicos infantiles que, ante el éxito de crítica y público, se configura como una actividad fija. También se han realizado charlas y talleres en varios colegios. Por petición de los socios se está organizando la segunda edición de la *Observación astronómica con tu telescopio* para aquellos que "usan poco su telescopio" Actualmente, la Red Astronavarra Sarea es una asociación legalmente constituida con cerca de 100 socios.

4. El Observatorio Astronómico de Guirguillano

La aparición de Astronavarra coincidió en el tiempo con la redefinición del proyecto de Observatorio en Guirguillano. Construido por la Asociación Observatorio Astronómico y el apoyo del Concejo de Guirguillano y Ayuntamiento, ha contado con la colaboración de amigos, simpatizantes y cuantos voluntarios se animaban a participar. El edificio actual que alberga tres telescopios de 8, 11 y 14 pulgadas, cuenta con una sala de control y otra de usos múltiples. El complejo dispone de energía eólica y solar, conexión a internet y sistemas de vigilancia automática. Se trata de unas instalaciones modernas pensadas para la investigación pero también para la divulgación y el disfrute de la Astronomía. El entorno del observatorio ha sido acondicionado como lugar de encuentro para todos los que quieren acercarse a la observación del universo. Para ello se han instalado tomas de corriente externas para alimentar telescopios y equipos aportados por los observadores. Se ha realizado una intensa labor de revegetación en las inmediaciones y se ha acondicionado la balsa de agua de lluvia con espectaculares esculturas integradas en el terreno. El astrofísico del CSIC Javier

Figura 2. Imágenes de actividades realizadas por Astronavarra para público general y colegios.

Gorosabel (perteneciente al Instituto de Astrofísica de Andalucía y actualmente en la Universidad del País Vasco) es visitante asiduo de este observatorio desde donde trabaja en modo remoto con telescopios de distintos lugares del mundo, en particular con el 1,23m de Calar Alto. Su campo de investigación son los GRB. Desde el primer momento, el concejo de Guirguillano ha apoyado las iniciativas astronómicas realizadas por los responsables del observatorio y se han realizado varias ediciones de *La Fiesta de las Estrellas en verano*. Este acontecimiento incluye habitualmente talleres para niños, exposiciones astronómicas y de flora local, conferencias, concurso de cohetes de agua, proyecciones en la plaza (incluyendo el lanzamiento del transbordador espacial *KAOS* desde la plaza del pueblo), música en directo, bailables, espectáculos (danza del vientre incluida) y la observación con telescopio y a simple vista. La Fiesta involucra al pueblo entero y es motivo de alegría y diversión para todos. El Observatorio continúa ampliando su lista de colaboradores y de nuevos proyectos que lo configuran como un centro vivo, dinámico y en constante evolución. Esto le asegura un futuro esperanzador como centro de referencia para todos los que amamos la Astronomía.

5. El Planetario de Pamplona

El Planetario de Pamplona, desde su inauguración hace más de 20 años, ha creado su propio espacio en la enseñanza y divulgación de la Astronomía, de la Ciencia y de la Cultura en general. Además de las proyecciones audiovisuales para su propia cúpula, algunas de las cuales pueden verse actualmente en otros

Figura 3. Observatorio Astronómico de Guirguillano.

planetarios españoles y extranjeros, desde el planetario se ha apostado por una visión global de la Cultura, haciendo especial hincapié en divulgar la Ciencia como parte de nuestro acervo cultural. Por ello se han celebrado en sus instalaciones actividades de todo tipo, desde exposiciones de arte, fotografía o escultura, pasando por otras de carácter más social o lúdico. La sala de conferencias del planetario ha sido sede desde hace muchos años de ciclos tan variados como La semana de montaña, el festival internacional de documentales de Naturaleza *Telenatura*, el Festival de Anime de Navarra *FAN*, o los ciclos de conferencias del Ateneo Navarro. Recientemente ha impulsado la creación del Club de Amigos de la Ciencia de Navarra. Pero nuestra actividad principal está relacionada con la divulgación de la Astronomía tanto dirigida a público escolar como a público en general. La actividad para los centros educativos se aglutina en torno a nuestra *Escuela de Estrellas* que en este momento se oferta en Castellano, Euskera e Inglés, para escolares de 3 hasta 18 años. Las actividades para público en general se centran en los documentales de planetario que constituyen la parrilla de nuestra programación, pero también conferencias, talleres para niños (en colaboración con Astronavarra), atención a los medios de comunicación, etc. Además, se ofrecen dos cursos de Astronomía al año, uno de iniciación y otro de Astrofísica en donde no puede faltar la observación con telescopios que sirve de cierre de los cursos y que es atendida por Astronavarra.

6. Navarra y la contaminación lumínica

Como todos los aficionados a la Astronomía, en Navarra también estamos sufriendo la degradación de la calidad de nuestros cielos por culpa de la creciente

Figura 4. Actividades en el Planetario de Pamplona.

contaminación lumínica. Siempre nos hemos quejado de ello pero desde el primer momento hemos intentado resolverlo en la medida de nuestras posibilidades. Muchos miembros de Astronavarra pertenecemos a Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica y apoyamos sus iniciativas. Además hemos impulsado la reforma del alumbrado de Puente la Reina / Gares y de las localidades cercanas al observatorio, como el propio Guirguillano, contando siempre con el apoyo y el compromiso de sus responsables. Estos cambios han redundado en una mayor calidad de los sistemas de iluminación de estas localidades a la vez que en un ahorro importante en su factura energética. Todos hemos salido ganando con ello ya que ahora, el cielo en Guirguillano está menos contaminado que hace 5 años, e incluso puede apreciarse la Vía Láctea desde lo alto del precioso puente medieval de Gares que cruza el río Arga en dirección a Santiago (como pudieron comprobar los participantes en el XIII Simposio Europeo para la protección del cielo nocturno en septiembre de 2013).

Agradecimientos

Queremos agradecer el apoyo del Concejo de Guirguillano al proyecto del Observatorio Astronómico situado en sus terrenos comunales por habernos dado tantas facilidades y soluciones en el complejo y largo proceso que ha significado su puesta en marcha. Así mismo nuestro agradecimiento por la ayuda económica para equipamiento informático realizada por el Ayuntamiento de Guirguillano y Consorcio de la Zona Media de Navarra. Esperamos que en los próximos años este esfuerzo se vea recompensado y que el Concejo se sienta orgulloso de la labor que realizamos. También queremos agradecer el compromiso del Ayuntamiento

Figura 5. Calle Mayor de Puente la Reina/Gares antes y después del cambio de luminarias. Con menos potencia instalada ahora hay una mejor iluminación en la calle y más oscuridad en las fachadas.

de Puente la Reina / Gares en su lucha contra la contaminación lumínica. El proyecto de reforma de su alumbrado, que se extendió a los municipios vecinos como el propio Guirguillano, es un ejemplo de que la colaboración entre las instituciones públicas y la sociedad civil es muy positiva si hay voluntad de diálogo y disposición para actuar por el bien común. Por último queremos agradecer al equipo de la RADA, organizador de este XXI CEA, por su trabajo para preparar estos encuentros que nos permiten compartir esta experiencia con nuestros compañeros de afición.

Medida de las fuentes de Contaminación Lumínica desde Satélite

Alejandro Sánchez de Miguel[1], Francisco Ocaña[1], José Gómez Castaño[1], Jaime Zamorano[1]

Dep. Astrofísica y CC. De la Atmósfera UCM
alejsasan@ucm.es

Resumen. Las imágenes de satélite son fundamentales para el estudio de la contaminación lumínica. Estas permiten la medida de la luz emitida por las ciudades hacia el cielo. Los diferentes satélites de los que se pueden disponer datos actualmente son el DMSP-OLS, SUOMI-NPP y las imágenes tomadas por los astronautas desde la ISS. Pero cada sistema tiene diferentes fortalezas y carencias.

Palabras clave: contaminación lumínica.

1. Introducción

El control de la contaminación lumínica pasa por el estudio de las fuentes que producen dicha contaminación. Dada la gran cantidad de fuentes es necesario recurrir a imágenes de satélite para su control. En este artículo presentamos algunos de los satélites utilizados para dicho control.

2. Geolocalizacion de imágenes

Los satélites proporcionan gran cantidad de imágenes que en muchos casos se encuentran georreferenciadas. Esto quiere decir que además de los valores de color, cada pixel tiene una representación geográfica sobre el terreno. De esta forma, es posible colocar una imagen sobre cualquier tipo de mapa, y de esta manera, poder analizar las características de la misma sobre el terreno. En los casos en los que estas imágenes no están geolocalizadas, se ha llevado a cabo este proceso de forma manual [5], sobre todo en el caso de las procedentes de la ISS. El procedimiento se basa en identificar puntos sobre la imagen que se corresponden con lugares de los que se conocen sus coordenadas geográficas. Se utiliza software como gvSIG o QSig para poder generar la imagen final que se puede contrastar directamente con el terreno. En la figura 1 se puede ver la superposición de una imagen de la ISS sobre una orto fotografía del aeropuerto de Barajas. De esta forma es fácil identificar las fuentes de iluminación

Son una herramienta eficaz para crear modelos digitales de elevaciones en los que se convierte la intensidad de iluminación en montañas y asociar los picos luminosos con sus responsables sobre el terreno.

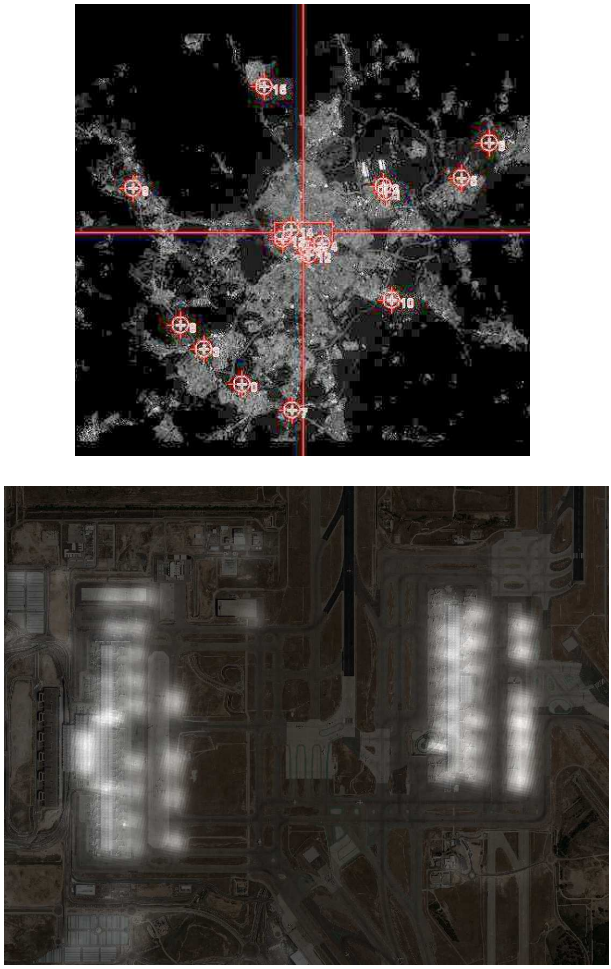


Figura 1.

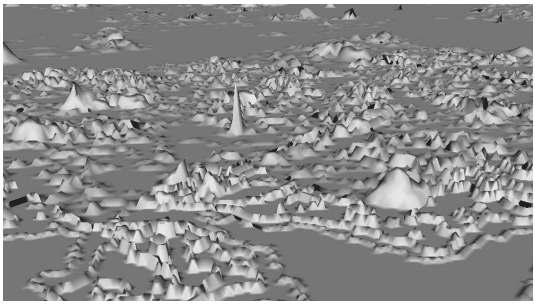


Figura 2.

La geolocalización permite además tener un sistema de referencia común al que asociar las imágenes procedentes de diferentes satélites tomadas en diferentes momentos. También es posible contrastar las imágenes con otras fuentes de medición, como las tomadas con SQM (Sky Quality Meter). En la figura 3 se muestra el recorrido de un SQM embarcado en un coche sobre una imagen de la ISS.

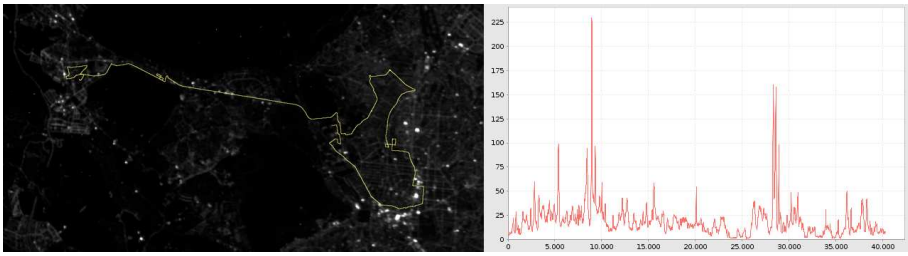


Figura 3.

Por otro lado es importante poder llevar a cabo estudios geográficos específicos de una zona. Para ello, se realizan recortes sobre las imágenes teniendo como referencia las aéreas correspondientes a provincias o municipios, dependiendo de la resolución que se necesite.

3. Los Satélites DMSP-OLS

Los SatélitesDMSP ha sido utilizado tradicionalmente para medir las fuentes de contaminación lumínica, siendo la fuente de los mapas creados a principios del siglo XXI por Pier Antonio Cinzano y Fabio Falchi [1]. Este satélite es de gran interés dado que lleva tomando datos desde el año 1992 y recientemente se han publicado varios artículos comentando la evolución de los países en esas imágenes [2][3]. Sin embargo la falta de resolución y las limitaciones del satélite hacen difícil la utilización científica de sus datos. Además tiene sólo una banda espectral, por lo que no es sensible al color.

4. El Satélite SUOMI-NPP

El satélite Suomi-NPP es el sustituto natural del DMSP [6]. Con una mayor resolución y una mejor linealidad en sus detectores es un satélite mucho más preparado para el estudio de la las fuentes de contaminación lumínica. Sin embargo, sigue siendo no sensible al color de las fuentes. Su extraordinaria sensibilidad ha dado una sorpresa a los investigadores, mostrando datos en toda la Tierra. Por el momento su uso científico es limitado ya que aún está en pruebas.

5. Imágenes tomadas desde la Estación Espacial Internacional

Los astronautas llevan tomando imágenes de la Tierra desde el lanzamiento de la estación [4], pero desde hace poco han empezado a usarse para denunciar la contaminación lumínica que podemos ver desde el espacio. Por el momento solo existen estudios preliminares [5] sobre cóomo el uso de estas imágenes podrán servirnos para conocer cuál es el tipo de iluminación que hay en nuestras ciudades, ya que actualmente es el único sensor en color disponible en la actualidad.

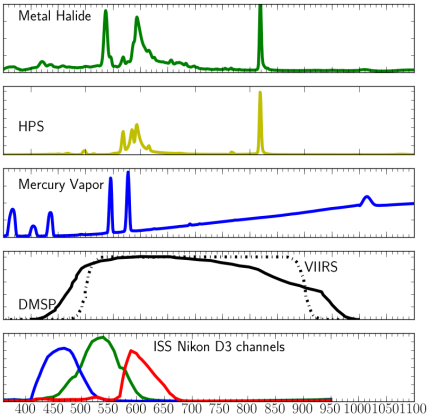


Figura 4. Respuesta espectral de los satélites DMSP, SUOMI-NPP/VIIRS y la cámara D3y D3s utilizadas en la ISS.Credito: J. Zamorano y A. Sánchez de Miguel [7].

6. Comparación entre satélites

Se puede ver claramente en las imágenes de comparación de la figura 7 la diferente resolución de los diferentes satélites. Se puede ver también como se puede apreciar la reflexión de la luna en las imágenes del SUOMI-NPP y la ISS. Así como la lo importante que es el color para distinguir entre diferentes tipos de lámparas.

7. Conclusiones

Las imágenes de satélite son fundamentales para el estudio de la Contaminación Lumínica. Son la manera más directa de controlar su expansión, mediante

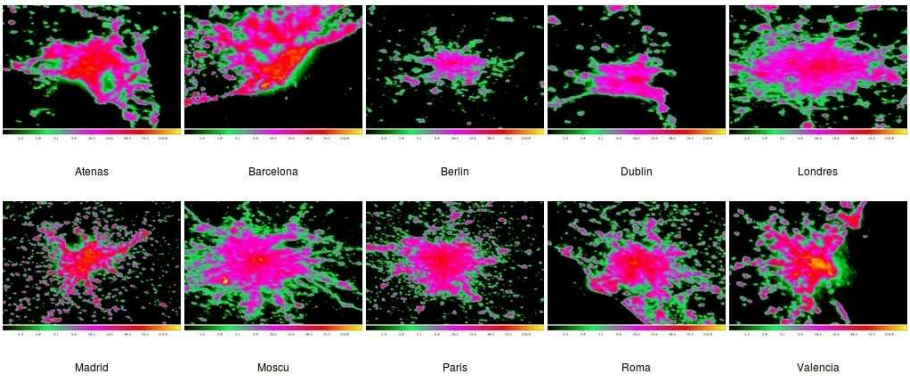


Figura 5. Comparación de diversas ciudades europeas en las imágenes del satélite Suomi-NPP. Crédito: NASA y A. Sánchez de Miguel.

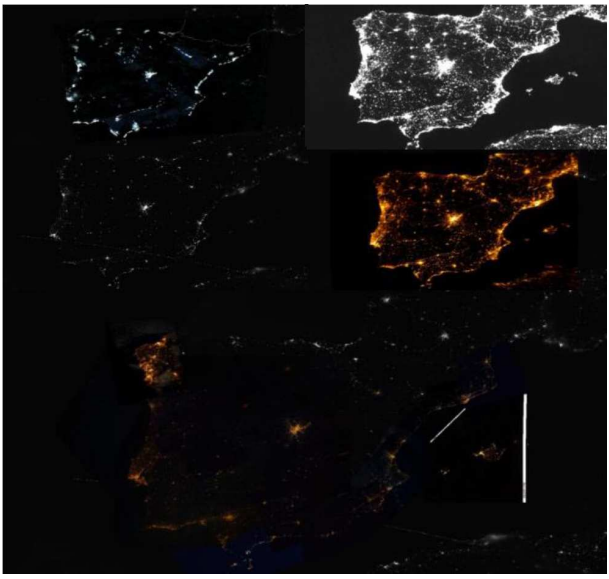


Figura 6. Imágenes de la Península ibérica desde satélite por 4 satélites. El primero es una imagen tomada con el satélite Landsat5 (1992). La segunda está tomada por el satélite DMSP con su cámara OLS(2010). La tercera está tomara por el satélite SUOMI-NPP (11-03-2014) Créditos NASA. Las dos últimas son mosaicos realizados a partir de imágenes de la ISS Créditos: A. Sánchez de Miguel, J. Zamorano, NASA y ESA.

Figura 7. Detalle de la región de Granada y Almería con el DMSP, el SUOMI-NPP y la ISS. Créditos: NASA/ESA, A. Sánchez de Miguel y J. Zamorano.

el control de la aparición de nuevas fuentes de contaminación y control de su intensidad.

Referencias

[1] Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C. D., "The first world atlas of the artificial night sky brightness". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328(3), 689-707, 2001.

[2] Baugh, K., Elvidge, C. D., Ghosh, T., Ziskin, D.). "Development of a 2009 stable lights product using DMSP-OLS data". *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 30, 114-130, 2010.

[3] Sánchez de Miguel, A., Zamorano, J., Gómez Castaño, J., Pascual, S., "Evolution of the energy consumed by street lighting in Spain estimated with DMSP-OLS data". *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 2013.

[4] Pettit, D. "Cities at night, an orbital tour around the world". *NASA JSC Houston*, TX, 77058(281), 244-8917.

[5] Zamorano Calvo, J., Sánchez de Miguel, A., Pascual Ramírez, S., Gómez Castaño, J., Ramírez Moreta, P., Challupner, P., "ISS nocturnal images as a scientific tool against Light Pollution", 2011.

[6] Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Zhizhin, M., Hsu, F. C., "Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights". *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 35, 62-69, 2013.

[7] Zamorano, J., de Miguel, A. S., Ocaña, F., Castaño, J. G., "El uso de imagenes de satélite para combatir la contaminación lumínica". *Astronomía*, (167), 80-87, 2013.

Astroturismo en La Palma: conviviendo con el Universo

La Palma, la isla de las Estrellas

Juan Antonio González Hernández

Cielos-LaPalma.com
astrojagh.@gmail.com

Resumen. En los últimos años la Astronomía divulgativa se ha transformado en un recurso turístico más. En el caso de la isla de La Palma su cielo se une a su maravillosa y espectacular naturaleza. Alojamientos, restauración y actividades de ocio activo se unen a los senderos, miradores, atardeceres y la posibilidad de poder "tocar" las estrellas, para formar parte de las numerosas actividades favoritas de nuestros visitantes.

Palabras clave: La Palma, Roque de los Muchachos, Starlight, AAP, GTC, miradores astronómicos, G-Astronomía, tematizaciones, astroturismo, turismo de estrellas

1. Introducción

Conocida como la Isla Bonita, Isla Corazón, la de los Senderistas, la isla Verde... se le une ahora la Isla de Las Estrellas, lugar en el que la humanidad convive con el Universo.

Figura 1. Actividad de observación astronómica durante el Festival de Senderismo.

Desde que en 1985 se inaugurara oficialmente uno de los mejores observatorios astrofísicos del mundo, el del Roque de Los Muchachos, este singular emplazamiento no ha dejado de mencionarse a nivel internacional. Numerosos astrónomos profesionales y aficionados y curiosos, se han acercado hasta nuestra isla para visitar la "meca" de la astronomía moderna en Europa. Incrementándose el interés de nuestro turismo por acceder y conocer el interior de esas instalaciones.

El 20 de Abril de 2007, durante la celebración de la Primera Conferencia Internacional Starlight, en la que se firmó la Declaración Mundial en Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas (www.starlight2007.net), en varias ponencias se menciona la utilización del firmamento como recurso turístico. Destacar, entre las iniciativas presentadas, la de un grupo de astrónomos aficionados de la Agrupación Astronómica Isla de La Palma, denominada "La Palma y sus 14 Cielos" (de la cual fui coordinador), que con imágenes diurnas y nocturnas, de lugares emblemáticos de los 14 municipios, se demostraba que la isla cuenta con numerosos puntos aptos para la contemplación divulgativa y turística del universo.

En 2009, Año Internacional de la Astronomía, el Gran Telescopio Canarias se inauguraba oficialmente, multiplicando así la afluencia de visitantes para admirar de cerca este gigante de la Astronomía. Este aumento de turistas no solo se produce por la visita a las instalaciones del Astrofísico, también existe un creciente interés por ver y disfrutar uno de los cielos más limpios y espectaculares del mundo. Esto, unido a la situación geográfica de la isla y a unas conexiones con el continente europeo relativamente buenas, la convierten en un destino turístico demandado por los astrofotógrafos y amantes de los cielos situados más al sur. Ese mismo año se crean los primeros foros y reuniones locales que hablan sobre la necesi-dad de focalizar este turismo. Mesas de trabajo en las que se recogen impresiones de turistas especializados y de astrónomos aficionados, contando además con la presencia de personas que desean participar de estas actividades como complemento a otras que ya se vienen realizando en la isla. A partir de aquí comienza un camino laborioso de concienciación no solo a nivel empresarial sino también local.

La colocación de las "famosas luces naranjas", debido a la aplicación de la Ley del Cielo y la creencia de que el Observatorio del Roque no aportaba nada bueno a la isla, hicieron que resultara difícil hablar de Astronomía en un principio. Actualmente la mentalidad de los habitantes ha cambiado, no solo por el beneficio directo que se genera de estas instalaciones (puestos de trabajo para astrofísicos de la isla, contratación de servicios y mantenimiento a empresas locales, divulgación...), también por el interés que despierta la astronomía y del que pueden obtener provecho el conjunto de la población, bien a través de la participación en actividades o por la mejora que se produce en la oferta de productos relacionados con la misma.

¿Y cómo se llega a la población? Desde su fundación en 1987 la Agrupación Astronómica Isla de La Palma (AAP) desempeñó un papel importante en este aspecto, sin embargo, se hizo necesario buscar un proyecto más amplio y complejo, naciendo así en 2009 "El Taller del Astrónom@". Dentro de su plan-

teamiento de fomento y divulgación del Universo se recogía la posibilidad de unir la Astronomía con el Turismo. Esta iniciativa fue fruto de un convenio entre el Gobierno de Canarias y el Cabildo Insular de La Palma, a través del pro-grama Septenio, habiendo participado más de 7000 personas de los 14 municipios desde su comienzo.

2. Las iniciativas privadas

Otro aspecto a trabajar fue el sector empresarial, ya que era muy importante hacerles entender que nuestro cielo se puede ofertar como un recurso natural más. Para llevar a cabo las iniciativas era necesaria una ayuda económica, tanto para infraestructuras como para asesoramiento. Esto se logra mediante un convenio de colaboración entre el Ministerio de Industria, Energía y Turismo del Gobierno de España, la Consejería de Turismo del Gobierno de Canarias y el área de Turismo del Cabildo Insular de La Palma, que permite desarrollar un proyecto denominado "Volcanes bajo Estrellas", para potenciar la financiación y ayuda a iniciativas privadas, incluyendo el asesoramiento y la adquisición de instrumental y complementos astronómicos.

De esta manera se fortalecen las empresas dedicadas a la observación del cielo a simple vista o con instrumental astronómico en la montaña y el alquiler de equipos portátiles para los visitantes más especializados. Algunos empresarios dedicados al sector alojativo ven posible incluir en sus ofertas el atractivo que da nuestro cielo, dotándose de telescopios, prismáticos, publicaciones especializadas, planisferios astronómicos, etc. El sector de la restauración incluye, dentro de sus menús, platos tematizados que hacen recorrer y saborear el Universo, con contenido y temática estudiadas. A esta oferta se une la tematización de caldos creados de las cepas estrella de los mejores viñedos, propios del mismísimo dios Baco.

También existen casos excepcionales, como el de una explotación salinera, que añade a sus instalaciones un reloj de Sol de diseño propio y readapta una historia mitológica vinculada a la zona, en la que Vulcano y Venus son los protagonistas; o una marca de joyería que ha creado una línea de productos vinculados a la Astronomía utilizando las constelaciones o estrellas visibles desde la isla, o la imagen del Gran Telescopio Canarias. Además de empresas que usan esta temática para su estampación en camisetas, pegatinas, póster, colgantes, etc. Otra curiosa iniciativa ha sido el juego interactivo "Cazadores de Estrellas - Septentrium," en el que los participantes debían localizar, en senderos, unas estrellas de cerámica repartidas por la geografía insular, formando la figura de la constelación Osa Mayor. Los premios para los ganadores fueron donados por los propios establecimientos tematizados.

Figura 2. Restaurante Casa del Volcán, en el que se realizan comidas G-Astronómicas.

Figura 3. Salinas de Fuencaliente, lugar donde se unen Vulcano y Venus.

3. Las iniciativas públicas

La participación de las instituciones públicas, y principalmente la del Cabildo insular, o de asociaciones como la Asociación para el Desarrollo Rural de La Palma - ADER, han sido fundamentales en el impulso del Astroturismo en la isla.

Con la adaptación de miradores ya existentes en emplazamientos dedicados a la divulgación, y transformándolos en un museo astronómico al aire libre, nace la Red de Miradores Astronómicos. Ubicados en zonas urbanas o de montaña de cada uno de los municipios, poseen una temática astronómica adaptada a las condiciones del lugar. Como curiosidad destacar la colocación, en la mayoría de ellos, de un poste de sendero que señala hacia la Estrella Polar, convirtiéndolo

en el "sendero más largo del mundo" (Figura 4). Esta señal también añade una rueda planisferio giratoria que nos permite identificar las constelaciones circumpolares.

Figura 4. Startrails desde uno de los miradores astronómicos.

Vinculado a los miradores se desarrollan los "Senderos Astronómicos", fundamentados en un recorrido por caminos ya existentes a los que se les añade un contenido astronómico, arqueológico, etnográfico, vistas al observatorio, etc. El más conocido, por su carácter histórico, es el denominado "Ruta de Los Volcanes con Luna LLena". Es impresionante recorrer esa ruta bajo la luz de nuestro satélite, donde formas, colores y sensaciones, nos hacen trasladarnos a un verdadero paisaje lunar.

Junto a los Miradores y Senderos se establecen los "Lugares de Interés Astronómicos", que por sus condiciones de altitud y situación o por otro tipo de interés, como el arqueoastronómico, forman parte de estos emplazamientos tan singulares. Todos estos vienen recogidas también en el proyecto "Volcanes bajo Estrella".

Destacar además, como algunos ayuntamientos están rescatando y restaurando antiguos relojes de Sol. También se está trabajando, a nivel insular, en el desarrollo y construcción de un observatorio astronómico público, divulgativo y turístico.

El 20 de diciembre de 2012 a la Isla de La Palma se le otorga la certificación de Reserva y Destino Turístico Starlight (Figura 5), siendo el primer lugar del mundo en recibir este reconocimiento.

Por último añadir que la isla de La Palma posee una serie de aspectos que la hacen única, con una singular naturaleza vegetal y animal, y una extraordinaria belleza que va desde los fondos oceánicos hasta el mismísimo cielo. No posee animales salvajes peligrosos, lo que nos da cierta tranquilidad para la noche, y en tan solo 1 hora podemos pasar de estar a más 2.400 metros de altitud a

Figura 5. Autoridades durante el acto de entrega de la Certificación Starlight.

disfrutar de sus maravillosas playas de arena negra. El carácter afable y social del palmero hacen de la isla un lugar especial, en la que hombres y mujeres hemos aprendido a convivir con el Universo.v

4. Conclusiones

En la actualidad la isla de La Palma cuenta con más de 50 emprendedores que han tematizado y que forman parte de un club "estrella", en el cual podemos encontrar distintos sectores, desde hostelería, alojamiento, guías Starlight y monitores de Astronomía, empresas de ocio activo y de ventas de joyería y souvenirs. Una isla que no puedes dejar de visitar.

Agradecimientos

Desde que en 1986 comenzara mi afición por la astronomía, ahora profesión, me he estado preparando para la llegada de este momento. Desde mis comienzos he tenido la suerte de poder innovar, crear, idear y principalmente disfrutar con la Astronomía, difundiéndola de manera práctica y dinámica. Espero que entiendan mi deseo de transmitir, desde estas líneas, mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han creído en mis ideas y me han hecho partícipe de una manera directa o indirecta en todos estos proyectos. Y gracias, también, a Mireya, Raúl y Víctor.

Figura 6. Construyendo un reloj de Sol.

Referencias

[1] J.A. González Hernández, "Entre los dominios de Vulcano y Urano", *Vulcania* - Revista de espeleología del Archipiélago Canario , 2013, nº9, 54-58.
[2] Toño González, "La Palma, la isla de las Estrellas", Revista Astronomía, mayo 2013, nº167, 36-41.
[3] J.A. González Hernández, "Un Marcador Astronómico "Moderno"", *Revista Iruene* - La Prehistoria de la Isla de La Palma, 2012, nº4, 73-76.

Auditorías energéticas y lumínicas del alumbrado exterior y protección del medio nocturno

Susana Malón Giménez[1 2]

[1] Lumínica Ambiental
[2] Sociedad Astronómica de Álava
susana.malon@luminicaambiental.com

Resumen. La contaminación lumínica debe ser controlada desde los proyectos de diseño de alumbrado exterior, que se establecen en los reglamentos y recomendaciones internacionales y nacionales. Y especialmente en las auditorías lumínicas y energéticas del alumbrado exterior, que es un requisito previo y fundamental para conocer la realidad de la situación actual de las instalaciones y definir su Plan de Acción o Director, que es la hoja de ruta para adecuar el alumbrado y garantizar las condiciones de seguridad de los usuarios, una correcta calidad de iluminación, consiguiendo el máximo ahorro y periodos de retorno asumibles. Y por supuesto, punto de partida para analizar la viabilidad en la contratación del servicio a través de modelo ESE, Empresa de Servicio Energético.

Palabras clave: auditorías, energía, iluminación, contaminación lumínica.

1. Introducción

La contaminación lumínica es un tipo de contaminante que debe controlarse desde los propios proyectos de alumbrado exterior (existen normativas a nivel estatal, autonómico y europeo) y especialmente desde las auditorías lumínicas y energéticas que derivan en la definición de un Plan Estratégico o Plan Director para la gestión eficaz y sostenible del alumbrado exterior a lo largo del tiempo.

Cuando decimos que el estudio es sistemático nos estamos refiriendo a que se va a estudiar una región entera del cielo: la franja ecuatorial, 20° por encima (declinación norte) y otros tanto por debajo (dec. sur) como se puede apreciar en la Fig. 1.

Las auditorías deben tener un objetivo claro: buscar el mejor compromiso que garantiza el equilibrio entre la funcionalidad de la iluminación nocturna y el cuidado por preservar las condiciones de oscuridad del medio nocturno.

Esto genera notables beneficios, si se define un adecuado Plan Director del alumbrado exterior con el control tanto en las nuevas instalaciones de iluminación como en las adecuaciones de las ya existentes, puesto que no sólo fomenta la eficiencia energética y reduce el consumo cuidando la seguridad de los usuarios,

Figura 1. Cielo estrellado y Contaminación lumínica sobre el horizonte. Créditos: *Susana Malón.*

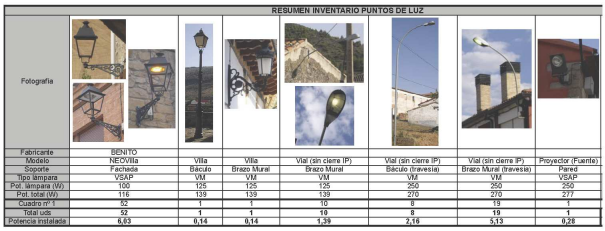
sino que permiten proteger el cielo estrellado y todo su patrimonio tangible e intangible, el medioambiente y nuestra salud.

Y bajo nuestra experiencia, este adecuado equilibrio se produce únicamente si la auditoría se hace bajo criterios de independencia respecto a componentes externos a la misma, y teniendo presentes criterios energéticos, sostenibles y las variables físicas que gobiernan la propagación de la luz en la atmósfera.

2. La auditoría energética y lumínica

Las auditorías deben seguir en todo momento los requisitos establecidos en el protocolo IDAE-CEI y para dar respuesta a ello, a continuación se describen las fases que la componen:

- **Etapa 1: trabajo de campo.** Recopilación de la información y estado actual de las instalaciones existentes, tanto en horario diurno como nocturno:
  - Realización del **inventario** digital completo (Fig. 2).



RESUMEN INVENTARIO PUNTOS DE LUZ							
Fotografía							
Fabricante	BENITO						
Modelo	NEOVilla	Villa	Villa	Vial (sin cierre IP)	Vial (sin cierre IP)	Vial (sin cierre IP)	Proyector (Fuente)
Soporte	Fachada	Báculo	Brazo Mural	Brazo Mural	Báculo (travesía)	Brazo Mural (travesía)	Pared
Tipo lámpara	VSAP	VM	VM	VM	VM	VM	VSAP
Pot. lámpara (W)	100	125	125	125	250	250	250
Pot. total (W)	116	139	139	139	270	270	277
Cuadro nº 1	52	1	1	10	8	19	1
Total uds	52	1	1	10	8	19	1
Potencia instalada	6,03	0,14	0,14	1,39	2,16	5,13	0,28

Figura 2. Inventario puntos de luz. Fuente: *Lumínica Ambiental.*

  - **Mediciones** actuales de los parámetros **eléctricos, energéticos y lumínicos** (Fig 3).
  - **Mapas lumínicos y de inventario**, y gestión de la información (GIS) (Fig. 4).
- **Etapa 2: Análisis y diagnóstico de la situación actual**:

Figura 3. Mediciones parámetros eléctricos y lumínicos. Fuente: *Lumínica Ambiental.*

Figura 4. Mapa inventario (izda.) y Mapa lumínico (dcha.) del alumbrado, Fuente: *Lumínica Ambiental.*

- Comparar todos los datos recopilados con la legislación vigente aplicable a cada territorio en materia de alumbrado exterior: ***RD 842/2002*** (REBT-Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión), ***RD1890/2008*** (REEAE - Real Decreto de Efi- ciencia Energética Alumbrado Exterior) y ***Directiva 2009/125/CE*** en relación a los requisitos de diseño ecológico de los productos relacionados con la energía. Estas legislaciones no contemplan realmente la problemática de la contamina- ción lumínica, por lo que se deben tener en cuenta las recomendaciones de las Oficinas de Protección de la Calidad del Cielo de Canarias y Chile, Iniciativa Starlight y Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica, entre otras.
- Facturación y consumos registrados.
- Funcionamiento de las instalaciones: lumínico, energético, medioambiental.
- Estado de conservación y mantenimiento. Seguridad.

- **Etapa 3: Plan de acción:**
  - Definición de las actuaciones necesarias por orden de prioridad (seguridad, cumplimiento REBT, REEAE, ahorro energético, contaminación lumínica, man- tenimiento). En cada actuación se define la prioridad, coste inversión, ahorro económico y energético previsto, reducción de emisiones de CO2 y periodo de amortización simple.
  - Finalmente se define el Plan Director o Estratégico del Alumbrado Público, que detalla en el tiempo las actuaciones que garantizan las prestaciones lumínicas correctas, el adecuado funcionamiento del alumbrado, su mínimo impacto ambiental y los máximos ahorros para los ayuntamientos y las condiciones económicas justas para la posible contratación de Empresas de Servicios Energéticos (modelo energético que está proliferando en la actualidad).

3. Aspectos esenciales a considerar: parámetros físicos y ambientales

Para conseguir que el Plan Director de respuesta a todo lo anterior, debe partir de criterios REALMENTE sostenibles, y decimos REALMENTE sostenibles porque deben considerar parámetros físicos y ambientales que la legislación existente no contempla en profundidad y que normalmente los diseñadores de alumbrado tampoco aplican, nos referimos a la física de la luz en la atmósfera.

Muy brevemente describimos dos fenómenos físicos que se producen cuando la luz atraviesa la atmósfera y que explican por qué la contaminación lumínica no es un fenómeno local (sino que se propaga a decenas de kilómetros) y que son los que limitan la tipología de puntos de luz (lámparas y luminarias) a instalar para evitarla.

Cuando la luz interacciona con las moléculas que constituyen el "aire" limpio de la atmósfera se produce el denominado *Esparcimiento de Rayleigh*, y cuya intensidad es inversamente proporcional a la 4ª potencia de la longitud de onda, por lo que es fácil comprobar que las longitudes de onda del azul sufren este efecto con cuatro veces más de intensidad que la parte roja del espectro, y la UV trece veces más.

Por otro lado, cuando la luz interacciona con las partículas grandes en suspensión, se produce el *Esparcimiento de Mie*, que esparce la luz en direcciones preferentemente alineadas a lo largo de la dirección de propagación debido a los aerosoles, lo que hace que el flujo emitido por luminarias con ángulos de emisión entre 0-5 % desde la horizontal, tengan un efecto desproporcionado en el resplandor luminoso nocturno a decenas de kilómetros de la fuente.

Por ejemplo, luminarias con FHSinst = 3 % producen entre un 80 % y un 290 % más de resplandor luminoso a 50 km y 200 km, respectivamente, que luminarias con FHSinst 0 %, y en un núcleo urbano con un 10 % de FHSinst, la emisión directa produce las 3/4 partes del resplandor a 50 km y más de las 9/10 partes del resplandor a 200 km.

4. La solución: Alumbrado inteligente y sostenible.

Por todo ello, las instalaciones de alumbrado se consideran inteligentes y sostenibles, si cumplen principalmente los siguientes requisitos técnicos:

- Control y regulación en la utilización de fuentes de luz con fuerte emisión en la parte azul del espectro visible y en el Ultravioleta (¡500 nm). Estas longitudes de onda corta predominan en las lámparas de luz blanca (Vapor de Mercurio, Halogenuros Metálicos, LEDs fríos, inducción) por lo que son más contaminantes que las lámparas de color cálido (Sodio de Alta y Baja Presión, LED cálidos, por debajo de 2.700ºK) (Fig. 5).
- Utilización de luminarias con FHSinst ! 0 % (Flujo lumínico nulo por encima del plano horizontal imaginario de la luminaria) (Fig. 6).

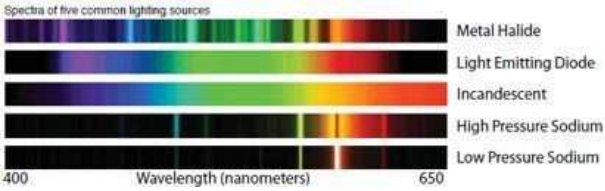


Figura 5. Espectros distintos tipos de lámparas. (Cortesía de International Dark-Sky Association).

Figura 6. Tipología de luminarias incorrectas (izda.) y adecuadas (dcha). Fuente: *Lumínica Ambiental.*

Figura 7. Sobreiluminación en zona peatonal. Nivel de iluminación existente, Em = 169 lux. La normativa permite un máximo de Em = 15 lux . Fuente: *Lumínica Ambiental.*

- Diseñar las instalaciones con el nivel adecuado de iluminación, sin sobrepasar el 20 % de lo establecido en la legislación (Fig. 7).

5. Algunos resultados

Un ejemplo de reciente ejecución que ha llevado a cabo Lumínica Ambiental en varios municipios españoles aplicando la metodología y los criterios detallados anteriormente, permitirá reducir el consumo anual entre un 60 y 65 %, iluminando de forma adecuada, garantizando la seguridad de los usuarios, incrementando la eficiencia energética de las instalaciones y por supuesto reduciendo drásticamente la contaminación lumínica, la emisión de Gases de Efecto Invernadero, la afección a la biodiversidad y evitando efectos nocivos en la salud de las personas.

El plan de acción derivado de la auditoría, incluye la sustitución de luminarias de tipo farol villa sin sistema óptico y con lámparas de Vapor de Mercurio de 125w, por luminarias también de tipo farol villa pero con sistema óptico adecuado y protección hacia el hemisferio superior con lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 50w y/0 70w con sistema de regulación del flujo luminoso en punto o en cabecera de línea.

Figura 8. Ejemplo de actuaciones en alumbrado exterior: actual (izda.) y nuevo (dcha.).

Actualmente, se están llevando a cabo otras auditorias en distintos lugares de la geografía española y se está analizado la viabilidad técnica y económica de la implantación de luminarias con tecnología LED pero con emisión cero por debajo de los 500nm, con sistemas LED- PC Ámbar de 30w y/o 50w de potencia y con regulación punto a punto. Estas zonas necesitan especial protección en la calidad del cielo nocturno, por motivos científicos y por el desarrollo de productos especializados en Astroturismo.

6. Conclusiones

La contaminación lumínica es un vector ambiental que debe ser considerado en las evaluaciones ambientales como cualquier otro contaminante: ruido, vertidos, residuos, emisiones de Gases de Efecto Invernadero, etc. Pero se debe resaltar que NO es la luz la "mala de la película", sino los deficientes e inadecuados diseños de alumbrado exterior que no consideran la potencialidad que tienen de generar contaminación lumínica incluso a decenas de kilómetros.

Por ello debe actuarse de forma responsable sobre las instalaciones de alumbrado exterior y considerar TODOS los aspectos y fenómenos físicos que afectan a la propagación de la luz en la atmósfera, lo cual limita tanto la tipología de lámparas a utilizar como de luminarias.

Y para conseguirlo, la clave está en la figura de la auditoría energética y lumínica independiente, como herramienta fundamental para la definición de un plan estratégico de gestión del alumbrado público, con el objetivo de optimizar los costes (inversión, explotación y mantenimiento) a lo largo del ciclo de vida de la instalación, incrementando la eficiencia energética y el ahorro, reduciendo así el retorno de la inversión, y por supuesto dentro de los parámetros exigidos en la legislación.

"*Como luminotécnicos, debemos diseñar el alumbrado exterior para que nuestros municipios estén iluminados de forma eficiente y sean seguros, con la luz necesaria en nuestras calles y con estrellas en el cielo*". Susana Malón

Referencias

[1] Susana Malón Giménez, "Catálogo de Buenas prácticas en Eficiencia energética", Publicado por el Club de Excelencia en Sostenibilidad.

[2] Susana Malón Giménez, "Auditorías energéticas del alumbrado exterior en entidades locales de menos de 200 habitantes", XXXIX Simposium Nacional de Alumbrado. Mataró 2013.

[3] Sanhueza, Pedro; Marin, Cipriano; García, Jorge; Malón, Susana, "Primeras experiencias Starlight en Chile: Reserva Fray Jorge y Destino Turístico Chiu-Chiu".

[4] Instituto Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Comité Español de Iluminación (CEI), "Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de Alumbrado Público Exterior". Colaboradores: STARLIGHT, CIELO-BUIO/ISTIL, IDA, CRONOLAB, UNESCO.

[5] Federico de la Paz Gómez (OTPC), Pedro Sanhueza (OPCC), Javier Díaz Castro (OTPC), "Guía Práctica de Iluminación de Exteriores".

[6] David Galadí-Enríquez, "A ras de cielo", Almuzara, 2008.

[7] Christian B. Luginbuhl, Constance E. Walker and Richard J. Wainscoat, "Lighting and Astronomy". Physics Today Magazine December 2009.

[8] StarLight Reserve Concept. UNESCO - WHC (Iniciative Astronomy and World Heritage): MaB Urban Ecology Programme of UNESCO; IAU (Inter-

national Astronomical union); CIE (international Commision of Eclerage), OTPC-IAC (Instituto de Astrofísica de Canarias), 2.009.

Días de Luna

Una lección de ahorro desde el pasado para la Defensa de la Noche

María Álvarez Rodríguez

Investigación Histórica, Sociedad Astronómica de Álava
saa@astroalava.es

"Es momento de volver a encender las estrellas."

Resumen. La iluminación de nuestras calles es una cuestión que se ha abordado desde hace varios cientos de años. Analizando diferentes documentos históricos podemos hacernos una idea de las distintas soluciones que se han puesto en práctica en las diferentes épocas, en función de la tecnología que se aplicaba, pero también podemos ver la evolución del concepto mismo del servicio público de iluminación y de la consideración de la oscuridad y de la luz natural de la noche. En esos documentos históricos se aprecia un respeto por la naturaleza y una conciencia social sobre el valor de los servicios públicos que echamos mucho de menos en estos días. Echando la vista atrás, entendiendo lo que hicieron nuestros tatarabuelos y aplicando la tecnología actual con sentido común, nos encontraremos con muchos de los principios que defendemos desde los grupos de defensa de la noche.

1. Introducción

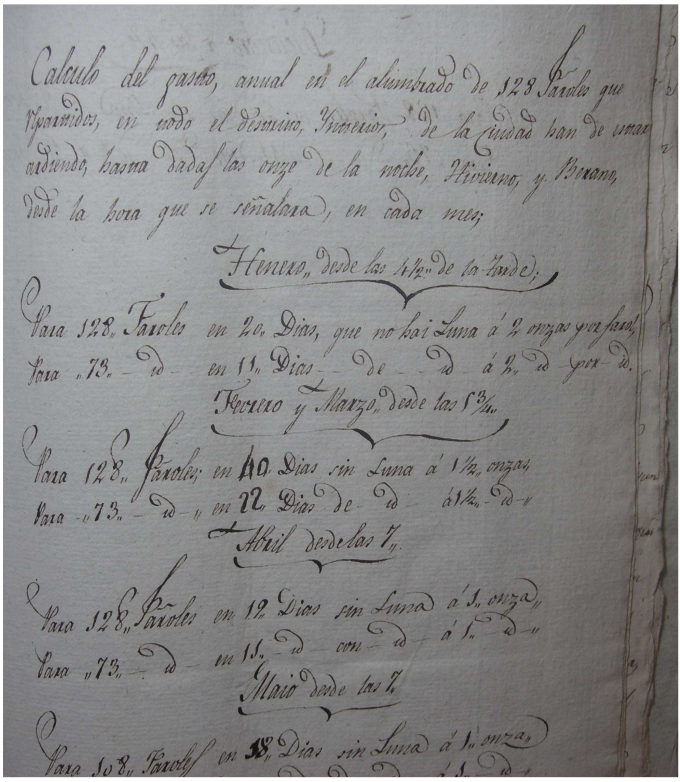
La iluminación de nuestras calles es una cuestión tratada hace cientos de años y se regía por unas normas. Investigando en el Archivo Histórico Provincial de Álava (AHPA) y buscando documentos digitalizados en `pares.mcu.es` (Portal de Archivos Españoles) hemos descubierto las antiguas soluciones que aplicaban los ayuntamientos para regular el alumbrado público y el uso que se hacía de la luz natural de la noche. En esta síntesis de la secuencia histórica de los inicios del alumbrado en las ciudades, nos sorprendió concluir que nuestros conciudadanos del pasado fueran más prácticos y sensatos gestionando los recursos: muchas de aquellas normas que se prescribieron, son las que reclaman hoy las agrupaciones para la Defensa de la Noche, y tal y como subrayó Fernando Jáuregui (Planetario de Pamplona) en el XIII Simposio Europeo para la Protección del Cielo Nocturno, de septiembre de 2013, evento donde fue presentada esta ponencia: "*¡Cuántas veces hemos dicho que hay que leer la Historia y adaptarla a los tiempos actuales!*". He aquí lo hallado de la época en que se empezaron a iluminar

los oscuros rincones de las ciudades. Una luz trémula y ardiente, creadora de sombras oscilantes...

2. Un calendario lunar para el alumbrado del "*El año sin verano*"

A principios del siglo XIX, el alumbrado era de faroles de aceite de oliva con mechas de hilos de algodón. Es el año de 1816, y, en el contexto de una Europa devastada por las guerras napoleónicas, consistorios arruinados, terribles sequías, invernales heladas y paupérrimas cosechas, el escribano-secretario del Ayuntamiento de Vitoria, calcula el gasto anual del alumbrado público basado en las estaciones, en un horario de encendido y apagado estipulado y en las fases lunares de cada mes. Señalamos la importancia de este excepcional e inédito manuscrito. "*Cálculo del gasto anual en el alumbrado de 128 faroles que repartidos en todo el distrito de la ciudad han de estar ardiendo hasta dadas las once de la noche, invierno y verano, desde la hora que se señalará en cada mes: (H)enero, desde las 4 $\frac{1}{2}$ de la tarde para 128 faroles en los 20 días que no hay luna, a dos onzas farol y 73 faroles para 11* ***días de luna****...*" *AHPA. AP. FP. DN. 8925* (año 1816) [1] Se aprovechaban la claridad del creciente y menguante en su edad de mayor luminosidad y el esplendor del plenilunio, apagándose 55 faroles con el consiguiente ahorro. Las noches sin luna en aquellos tiempos debían de ser insondables, oscuras y centelleantes de astros, tanto, que los cronistas documentan que una mujer, Rafaela de Valdivia, fundó un observatorio astronómico en su casa del casco medieval, hoy, centro de la ciudad. Recordemos que las horas son Tiempo Universal. No existía el cambio de horario por convención. Al pasar los meses, el encendido se retardaba: así, encontramos que en abril, se encendían a partir de las 7 en junio y julio desde la 8 $\frac{1}{2}$... hasta retomar el horario invernal. En los folios siguientes del protocolo, se insertan las condiciones exigidas por la comisión de la ciudad, para la contrata del ramo del alumbrado, "*de calles, plazas, cantones y barrios*" que se sacaba a subasta y recaía en un particular. Son las más antiguas que, de momento, hemos encontrado: los faroles se entregaban bajo inventario al rematante. Debían estar bien "*limpios y en plena luz hasta las once de la noche desde el toque de oración*". Se alumbraba con "*aceite de oliva de buena calidad y no con ballena bajo pena de ser castigado*". El rematante procuraba el suministro de aceite y el ayuntamiento le pagaba el consumo mensual.

Estas buenas prácticas sirvieron de reglamento para el alumbrado de faroles de aceite en los años posteriores hasta su sustitución por gas, en todas las ciudades y villas del país. Tan solo hubo algunas variaciones: aumentó el número de faroles, aunque fue insignificante, y se dejó al criterio del alguacil las luces que debían encenderse los ***días de luna***. Transcribimos del protocolo del año 1834: "*...el alumbrado ha de estar encendido todos los días al toque del avemaría y durará hasta las once de la noche en otoño e invierno y hasta las doce en la primavera y el estío*". *AHPA. AP. FP. DN. 10124* (año 1834) También se menciona el vandalismo contra los faroles: "*...si los muchachos u otras personas*



Calculo del gasto, anual en el alumbrado de 128 Faroles que
repartidos, en todo el desarrollo, Primerio, de la ciudad han de estar
ardiendo, hasta dadas las onze de la noche, Hiviierno, y Verano,
desde la hora que se señalara, en cada mes;

Heneero, desde las 4 1/2 de la tarde.

Para 128 Faroles en 20 Dias, que no hai Luna á 2 onzas y cada farol
Para 73 — id — en 11 Dias — de — id — á 2 id por id.

Feeuero y Marzo, desde las 5 3/4

Para 128 Faroles; en 10 Dias sin Luna á 1 1/2 onzas,
Para 73 — id — en 12 Dias de id — á 1 1/2 id

Abril desde las 7

Para 128 Faroles en 12 Dias sin Luna á 1 onza
Para 73 — id — en 15 — id — con — id — á 1 — id

Maio desde las 7

Para 128 Faroles en 18 Dias sin Luna á 1 onza,

Figura 1. Foto del documento *AHPA.DN.8925*. Año 1816. "*Cálculo del gasto anual en el alumbrado...*".

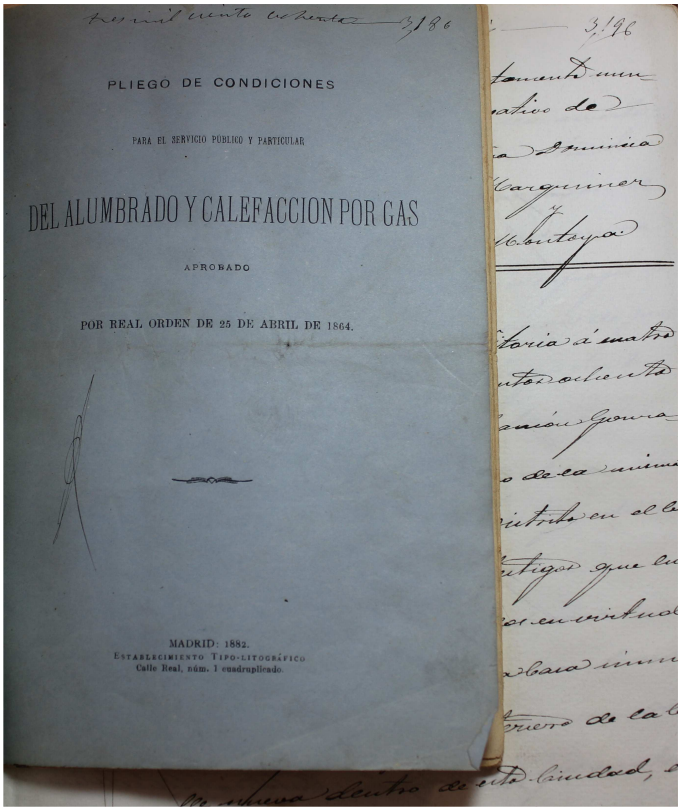
rompiesen algún farol y se averiguase el delincuente, pagará el duplo del daño causado". Eran 160 faroles para una ciudad de diez mil habitantes.

En el año de 1837 hubo una pequeña conquista social: se encendían "*desde el anochecer hasta la una de la mañana*" indistintamente de la estación para "*la seguridad y comodidad del público*"; pero tampoco se encendían los días de luna. De igual forma, había inventario de faroles y exigían su limpieza "*con lejía u otra cosa todos los sábados para que se conserven bien y los cristales y reverberos presten todo su efecto*". *AHPA. AP. FP. DN 8792* (año 1837). Si el contratista no cumplía estas prevenciones era multado. Susana Malón (Lumínica Ambiental) afirma que estas condiciones describen un "*mantenimiento de los bienes públicos, en el siglo XIX*". Y el anecdotario popular relata sobornos al farolero para que no encendiera el farol de la calle donde iban a encontrase los amantes.

3. Tiempos modernos: luz de gas.

Con la llegada del gas a mediados del XIX, extraído del carbón en las fábricas de gas y canalizado en tuberías hasta las ciudades, se aprueba en Madrid una

Real Orden de 25 de abril de 1864 para regular "*el servicio público y particular del alumbrado y calefacción por gas*", cuya vigencia duró décadas. Las escrituras de las bases no eran ya dos fútiles legajos. El avance técnico supone la redacción de quince folios de plúmbeo papeleo notarial incluida el acta de la sesión entre la Comisión Especial del Ayuntamiento y el apoderado de la Compañía del Gas, que viajan hasta Madrid para firmar los contratos ante magistrados y notarios. El nuevo sistema de alumbrado se basaba en faroles con mecheros de gas tipo *Bengel* de treinta agujeros. Atrás quedaron los calendarios lunares, pero, la presión de los faroles tenía que disminuir a partir de las diez y media de la noche: hace más de un siglo, ya se aplicaba la regulación de la luz en las horas de menor actividad. Existían penalizaciones muy severas por "*faltas a lo estipulado*" incluida la potestad de los ayuntamientos de incautar la fábrica. *AHPA. AP. FP. DN. 18755* (año 1886), figura 3.



PLIEGO DE CONDICIONES

PARA EL SERVICIO PÚBLICO Y PARTICULAR

DEL ALUMBRADO Y CALEFACCION POR GAS

APROBADO

POR REAL ORDEN DE 25 DE ABRIL DE 1864.

MADRID: 1882.
ESTABLECIMIENTO TIPO-LITOGRÁFICO
Calle Real, núm. 1 cuadruplicado.

Figura 2. Pliego de Condiciones para el Servicio Público del Alumbrado por Gas aprobado en 1864. *AHPA. DN. 18755* (año 1886).

En esta misma escritura, el Notario protocoliza el Pliego de Condiciones de 1864. Es un cuadernillo azul impreso, que contiene las bases del alumbrado: pres-

cribe planificación (*instalación*, *itinerarios*, *distancias...*) consumo (*presión de gas*, *horarios*, *alumbrado según las estaciones del año y los días extraordinarios*) mantenimiento (*limpieza*, *reparación*, *repuestos*, *inventario de los aparatos*) requisitos técnicos, personal de servicio, inspecciones, sanciones y una instrucción práctica para medir la intensidad de la luz. Sorprende el punto 21 del pliego: en el caso de descubrirse un invento diferente -fue la electricidad- debía llevar *tres años funcionando* en una capital de provincia o en una población *importante* del extranjero, para ser aprobado y sustituir el sistema de gas. Era "importante" la ciudad que tuviera una media de 4000 luces. Advierte Susana Malón que actualmente hay cambios masivos en poblaciones *sin ensayos previos* y con equipos técnicos incompatibles como instalar LED en luminarias de descarga. Y, siguiendo con las comparaciones, pese a la existencia del Real Decreto 1890/2008 tampoco se obliga a inventario de los aparatos y su mantenimiento se considera un "*gasto innecesario*" [2].

¿Cómo era el mundo a la luz de gas? Responde un testigo excepcional: Vincent Van Gogh, pinta en 1888 *Noche Estrellada sobre el Ródano*, y escribe a su hermano: "*Es un apunte de una ciudad iluminada con gas. El cielo es de un azul profundo, las estrellas brillan muy claras...*".

Una década después, justo antes del cambio de siglo, llegó la electricidad, pero esa es otra investigación...

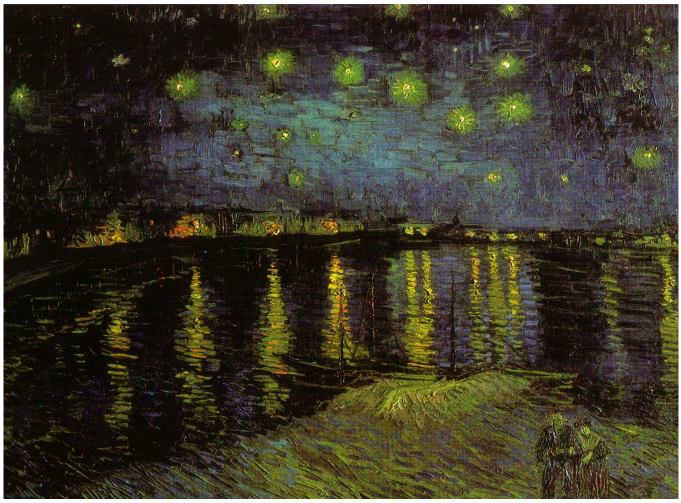


Figura 3. Belleza. Vincent Van Gogh. "*Noche estrellada sobre el Ródano*". 1888 Museo D´ Orsay. París.

Referencias

[1] Archivo Histórico Provincial de Álava. Fe Pública. Documentos Notariales.

[2] Susana Malón, "*Catálogo de buenas prácticas en eficiencia energética*".

SMAROC

Software de Medición Automatizada y Robótica de la Oscuridad del Cielo

Juan Fernando Fernández Sánchez, Arturo Barranco Ríos, Juan José Narváez Rueda

Asociación Astronómica Luz Cero
smaroc@luz-cero.es

Resumen. La herramienta SMAROC permite automatizar la toma de medidas aplicando las directivas establecidas por la SEA en el proyecto NixNox. El sensor utilizado es un SQM-LU y el movimiento puede ser logrado con una montura construida con un microcontrolador PIC 16F84A o con cualquier montura compatible INDI. El software se libera con licencia GPLv3.

Palabras clave: contaminación lumínica, NixNox, software de medición, INDI.

1. Introducción

La SEA con el proyecto NixNox[1] establece unas directivas para analizar el nivel de oscuridad del cielo nocturno con la colaboración de las diferentes asociaciones astronómicas nacionales. El dispositivo sensor utilizado es el SQM. En este contexto se ha desarrollado una herramienta para facilitar en lo posible la toma de datos por parte de los astrónomos aficionados, usando como guía las ideas del proyecto NixNox. Ver como se realizaba una medición manual con SQM durante más de dos horas para las 490 mediciones del protocolo NIXNOX fue el impulso y origen de la idea. Así surgió el MAROC[2]: Una montura con controlador PIC 16F84A que oriente el SQM-LU a la posición deseada y un software que coordine los movimientos y la toma de medidas, así como el tratamiento de la medición. Se puso el MAROC a disposición de toda la comunidad de astrónomos aficionados tanto el diseño de cómo fabricar la montura (que moviese el SQM-LU) de forma artesanal como el software que lo controla. De estas dos partes, la que supone mayor dificultad es la fabricación de la montura y como consecuencia el MAROC sólo tuvo un prototipo y no se ha difundido de la forma deseada entre la comunidad de aficionados. Para solventar esta dificultad se ha optado por utilizar lo que toda asociación (o alguno de sus miembros) suele tener al menos un ejemplar entre sus pertenencias: una montura comercial. Así el software controlaría no sólo la montura con un controlador PIC, sino cualquier montura compatible

[1] http://www.sea-astronomia.es/drupal/nixnox
[2] http://www.luz-cero.es/maroc

con INDI. De esa manera pasamos del MAROC al Software-MAROC, que por sus siglas denominamos SMAROC.

2. Montura con PIC

Para poder mecanizar la orientación del SQM a cada punto se ha diseñado una montura altacimutal con un microcontrolador PIC16F84A[3] de la empresa Microchip como elemento principal que controla dos motores paso a paso bipolares. El microcontrolador se comunica con la aplicación software a través de un puerto serie estándar.

2.1. Software para el microcontrolador

El principal condicionante del programa C es la capacidad de memoria disponible que es 1 KB. Con esta limitación el programa creado se limita a escuchar por el puerto serie una de las 4 posibles instrucciones definidas. Cada instrucción determina el sentido de giro de uno los dos motores y tiene como parámetro el número de pasos a realizar. El entorno empleado es MPLAB-X[4] de la propia empresa ofrece de forma gratuita junto con la versión del compilador de C "HITECH-C Compiler LITE for PIC10/12/16". El formato de la instrucción expresado como patrón regular es

$$[A - D][0 - 9]\{1, 4\} \tag{1}$$

"A" o "B" moverán el motor de altitud y "C" o "D" el de acimut (v.g.: B200 mueve el primer motor de altitud 200 pasos en un sentido y A200 en el contrario). El software devuelve 0 si no hay errores y 1 en caso de error.

2.2. Electrónica y mecánica de la montura

Los principales componentes de las monturas son dos motores paso a paso bipolares y el microcontrolador PIC16F84A. El resto de componentes electrónicos son los necesarios para una integración y funcionamiento correcto (max232 para el puerto serie y L298 para la etapa de potencia). El puerto de comunicaciones es el RS-232 y los datos de transferencia son: 2400bps, sin paridad y con bit de stop. El movimiento en el motor bipolar se desarrolla enviando una secuencia concreta de 4 señales cíclicas. El software recuerda la última secuencia para continuar de forma correcta el movimiento. La mecánica de movimiento es a base de coronas y piñones con transmisión directa (sin caja reductora), metacrilato, caja de disquetera de 3 $\frac{1}{2}$, chapa de inoxidable, imanes de disco duro y otros elementos provenientes de aparatos reciclados.

[3] `http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010230`
[4] `https://www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/mplabx/`

2.3. SQM-LU

El SQM-LU[5], fabricado por Unihedron, posee un rango de funcionamiento idéntico al SQM incluyendo una conexión USB que permite acceder desde el ordenador a las medidas. De esa misma toma recibe la alimentación necesaria para su funcionamiento. Al eliminar la necesidad de sujetar con la mano el dispositivo, se minimizan los problemas causados por el calor corporal. La toma de medidas debe tener en consideración que las lecturas tardan más tiempo en estabilizarse según la oscuridad del cielo.

3. Compatibilidad con el protocolo INDI

Como alternativa a la creación de una montura específica se ha dotado al software de la capacidad de comunicarse con las monturas tradicionales que soporten el protocolo INDI[6]. El citado protocolo es un estándar a la hora de controlar dispositivos astronómicos. De esta forma cualquier usuario con una montura soportada podrá utilizarla para realizar las medidas con el SQM siendo sólo necesario el elemento de sujeción oportuno. También es posible acceder al SQM-LU utilizando el controlador creado por Sergio Alonso (Zerjillo[7]), principal desarrollador del proyecto INDI for Java.

4. Software de escritorio

El software que gestiona la montura y el SQM y realiza la toma de medidas de acuerdo al protocolo NIXNOX se ha desarrollado en JAVA y se ha probado su funcionamiento correcto tanto en entornos Windows 7 como Linux (Ubuntu 11.x) tanto con arquitecturas de 32 como de 64 bits. Sólo es necesario disponer de la máquina virtual java para su ejecución. La aplicación admite parametrizar una serie de datos para adaptarla a diferentes mecánicas (motores y coronas) o tener en cuenta criterios alternativos al protocolo NIXNOX (12 bloque de 10 lecturas en azimut y 4 en altitud, más el cenit).

4.1. Configuración

Ubicación Se definen el nombre de la zona a realizar la lectura y la latitud y longitud en grados decimales. La geolocalización es imprescindible para el correcto funcionamiento si se emplea una montura INDI.

[5] `http://unihedron.com/projects/sqm-lu/`
[6] `http://www.indilib.org/`
[7] `http://zerjio.com/`

Montura PIC Datos básicos: Nombre de puerto serie y pausa en milisegundos para esperar a que los motores terminen el movimiento. Datos avanzados: Decidir cómo el software calculará los pasos a enviar, si en función del número de pasos del motor y el diámetro del piñón y de la corona o indicando el número de pasos necesarios para completar una vuelta completa de la corona.

Montura INDI Los dispositivos INDI se configuran de forma genérica estableciendo la dirección y puerto del servidor INDI, el puerto serie donde se encuentra conectado el dispositivo y un nombre asociado.

Sqm Indicamos el puerto serie si está conectado directamente al equipo desde donde se ejecuta la aplicación o la configuración INDI de forma similar a como se ha realizado con la montura INDI.

Lecturas Número de posiciones en las que dividir tanto el plano acimutal como el de altitud. Altura mínima y máxima (excluido el cenit), serie de lecturas a realizar en cada posición y umbral de tolerancia (si se supera en una serie, se vuelve a repetir para asegurar una correcta aclimatación del SQM).

4.2. Librerías utilizadas

RXTX-2.2pre2 para las comunicaciones por el puerto serie.
Ini4j-0.5.2 para la gestión de configuraciones en archivos ini.
Jexcel-2.6.12 para la creación de archivos Excel.
Jama-1.0.2 para el álgebra matricial.
I4JBase e I4JCliente 1.37 para la comunicación con dispositivos INDI.

4.3. Características

Entre las principales características que la aplicación ofrece están:

- Comprobación de que cada serie de lecturas no supera el umbral establecido.
- Generación de un mapa de oscuridad usando interpolación de krigin ordinario[8] con modelo de semivarianza lineal. Se puede exportar como imagen jpg.
- Los datos obtenidos se guardan en una hoja Excel con la estructura necesaria para la remisión directa a los responsables del proyecto NIXNOX.
- Permite guardar también la traza de todo el proceso en un fichero de texto.

5. Licencia del software

Todo el código fuente se libera con licencia de software libre GPLv3[9] y está disponible en http://sourceforge.net/projects/maroc/. La licencia GPL permite estos cuatro grados de libertad:

[8] `http://es.wikipedia.org/wiki/Krigeaje#Kriging_ordinario_2`
[9] `https://www.gnu.org/copyleft/gpl.html`

- Usar el programa para cualquier propósito
- Estudiar cómo funciona el programa y modificarlo a las necesidades del usuario
- Distribuir copias del programa
- Mejorar y publicar las mejoras

Agradecimientos

El proyecto MAROC nunca podría haberse terminado correctamente sin la imprescindible implicación de Dionisio Quesada Aguilar. Sus conocimientos y experiencia lograron que la parte mecánica y electrónica de la primera versión de MAROC llegara a buen puerto.

Astroturismo en La Palma: conviviendo con el Universo

La Palma, la isla de las Estrellas

Juan Antonio González Hernández

Cielos-LaPalma.com
astrojagh.@gmail.com

Resumen. En los últimos años la Astronomía divulgativa se ha transformado en un recurso turístico más. En el caso de la isla de La Palma su cielo se une a su maravillosa y espectacular naturaleza. Por tal motivo alojamientos, restauración, guías Starlight y monitores de astronomía, empresas de ocio activo y de ventas de joyería y souvenirs, diseñan nuevos productos para convertir a La Palma en la Isla de Las Estrellas. Lugar en el que la humanidad convive con el Universo.

Figura 1. Miradores y senderos tematizados.

Figura 2. G-Astronomía.

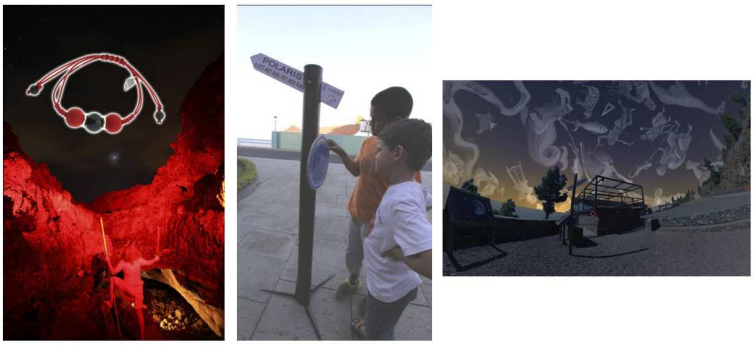


Figura 3. Joyería, souvenirs y divulgación de las estrellas.

Figura 4. Arqueoastronomía y juegos interactivos vinculados a la Prehistoria y el cielo.

Figura 5. Alojamientos.

Y muchas más sorpresas que te esperan en La Palma, la Isla de las Estrellas.

Parte V

Divulgación y Asociacionismo

Objetivos y ventajas de una Federación Astronómica

Blanca Troughton Luque[1 2]

[1] Federación de Asociaciones Astronómicas "Red Andaluza de Astronomía" (RAdA)
[2] Sociedad Malagueña de Astronomía
blancatroughton@terra.com

Resumen. Exposición de los ideales que indujeron a varias asociaciones astronómicas andaluzas a colaborar conjuntamente y constituirse en federación formando la Red Andaluza de Astronomía. Tras cuatro años trabajando en red hemos aprendido a actuar de otra forma menos competitiva entre nosotros y más colaboradora, lo que curiosamente ha conducido a que seamos más competitivos en conjunto a nivel autonómico. Los objetivos primordiales son revalorizar la ciencia, proteger el cielo nocturno, fomentar el turismo astronómico y promover la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres en el ámbito cultural y científico, bajo un marco de emprendimiento, innovación y esfuerzo. Las ventajas obtenidas y una mayor colaboración con otras instituciones hacen viable el concepto de federación para otros grupos e incluso a nivel estatal.

Palabras clave: RAdA, federación astronómica, cielo nocturno, turismo astronómico, EADA.

1. Introducción

El concepto de trabajar en red entre algunas asociaciones astronómicas andaluzas surge de uno de los objetivos del Año Internacional de la Astronomía en 2009: "Facilitar la creación de nuevas redes, y reforzar las existentes, conectando a astrónomos profesionales, aficionados y profesionales de la comunicación mediante la organización de actividades locales, regionales, nacionales e internacionales". La celebración del Año Internacional de la Astronomía no tiene precedentes en la histo-ria, constituyó un proyecto global de tal alcance que será difícil, por no decir imposible, de superar, llegando a 815 millones de personas de 148 naciones en el mundo. En España los datos fueron abrumadores alcanzando a 10 millones de personas con una participación de unas 1600 entidades que realizaron más de 3.100 actividades. Es de destacar que el 46 % del total de las actividades fueron llevadas a cabo por asociaciones de astrónomos aficionados, siendo de ellas las más numerosas las observaciones nocturnas con un total de 683 [1]. Fue la demostración más evidente del enorme potencial que tenemos el colectivo de las asociaciones astronómicas.

2. Historia de la RAdA

El idílico objetivo de trabajar en red creó una semilla que se materializó en noviembre de 2010 en Andalucía. Fue en Alcalá La Real, Jaén, promovido por la Sociedad Einstein de Astronomía en colaboración con la Sociedad Malagueña de Astronomía donde se reunieron representantes de 11 de agrupaciones astronómicas. Tras un acuerdo de colaboración fijaron las primeras líneas de trabajo: crear una web, mantener reuniones periódicas, realizar actividades conjuntas durante las reuniones revalorizando el aspecto comunicativo entre los asociados y nombrar a dos representantes por asociación para una mejor coordinación. Una breve historia de la red se resume por la sucesión de encuentros comunes celebrados en las Jornadas Andaluzas de Astronomía, que con objetivos claves de revalorización de la ciencia y potenciación del turismo astronómico y del patrimonio cultural y científico, tienen lugar en parques nacionales y naturales con cielos nocturnos de calidad, incluyendo la visita a centros de investigación astronómica y científica andaluces de primer orden en España. Las primeras Jornadas (4-6 marzo, 2011) en el Paraje Natural del Torcal de Antequera, organizadas por la Sociedad Malagueña de Astronomía y el Observatorio Astronómico del Torcal, se encuadran en la conservación del cielo oscuro bajo el lema "Mirando por nuestro cielo" y colaboran el CAHA, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Fundación Andaluza para la Divulgación de la Innovación y el Conocimiento, DESCUBRE, cuya directora, Teresa Cruz, felicita la iniciativa de cooperación en red emprendida por las asociaciones astronómicas andaluzas y resalta la importancia de disponer de un eje comunicacional único. Se acuña el nombre de "Red Andaluza de Astronomía" con el acrónimo de RAdA y se decide nombrar a dos representantes de la Red para facilitar un contacto fluido con otros organismos. El 11 de junio de 2011 en la Casa de la Ciencia de Sevilla, sede de la RAdA, queda constituida legalmente la federación. Se elige el logo representativo de la RAdA y se establece una cuota de 50 euros por entidad miembro. Las II Jornadas Andaluzas de Astronomía (3-4 septiembre, 2011), organizadas por la Sociedad Astronómica Granadina, se desarrollan en el Parque de las Ciencias de Granada y en los observatorios y el radiotelescopio de Sierra Nevada en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Andalucía, actividad que consolida con estructura de continuidad a estas jornadas. Las terceras, organizadas por la propia RAdA en colaboración con el CAHA y la Fundación DESCUBRE, (18-20 mayo, 2012) se celebran entre el Centro de Interpretación de Astrofísica de Gérgal y el CAHA, donde por primera vez muchos aficionados a la astronomía observaron directamente por ocular algunos objetos del espacio profundo a través del teles-copio de 1.23 m de Calar Alto. Toda una experiencia que quedará grabada en el recuerdo de todos para siempre. La Agrupación Astronómica Cygnus del Valverde es la organizadora de las IV Jornadas Andaluzas de Astronomía (12-14 abril, 2013) en el espectacular entorno del Parque Nacional de Doñana y visita a las instalaciones del INTA. En el programa con alto contenido frente a la contaminación lumínica se cuenta con la participación de la Estación Biológica de Doñana desde donde tiene lugar una observación astronómica multitudinaria y con la Consejería de Medio Ambiente de la Junta

de Andalucía donde se muestran las estrategias llevadas a cabo en defensa de la calidad de los cielos andaluces. En la última asamblea de la RAdA (15 febrero, 2014) en Sevilla, se determinan los organizadores de las siguientes Jornadas para 2015, en conjunción con las asociaciones Luz-cero, M-13 y Magallanes de la provincia de Cádiz. Mientras tanto la RAdA está inmersa en la organización del XXI Congreso Estatal de Astronomía, (1-4 mayo, 2014), siendo la primera vez en España que se realiza desde una federación de asociaciones astronómicas.

3. Organización de la RAdA

Para la consecución de sus fines la federación ha organizado una estructura organizativa y los siguientes planes de actuación:

- **Selección de objetivos**. Es primordial fijar objetivos comunes e instructivos generales que sean importantes para todas las entidades miembros: La divulgación, la investigación, la enseñanza, la preservación del medio ambiente y la mejora de igualdad entre hombres y mujeres.
- **Elección de un logo identificativo**. La RAdA elige como logo una estrella tartésica de ocho puntas que representa a las ocho provincias andaluzas y asociaciones miembros.
- **Heterogeneidad en la constitución de la Junta Ejecutiva**. Priorizar la participación de representantes de distintas entidades miembros frente a la dificultad que supone la distancia para el establecimiento de reuniones. Se establece el organigrama de la junta de gobierno formado por los siguientes cargos: presidencia, vicepresidencia, secretaría general, tesorería y tres vocalías que coordinan las redes sociales, las actividades y los recursos.
- **Nombramiento de representantes**. Se nombran tres representantes por asociación y se crea una lista de correos para facilitar la comunicación entre las entidades miembros de la red que tienen funciones definidas: transmisor de propuestas y resoluciones, responsable de actividades para su difusión en la web, coordinador de recursos. Se amplía el concepto de miembro de la federación con la denominación de "entidades integrantes" que pagan cuota y tienen voz y voto en las asambleas, lo que permite que sean socios entidades como observatorios públicos u otras federaciones como el Observatorio Astronómico del Torcal y la Federación Cielo de Comellas.
- **Creación de una web común** (www.astroandalucia.es) para difundir e informar sobre las actividades astronómicas en Andalucía y las organizadas por los miembros de la red.
- **Coordinación de actividades conjuntas**. Se difunden con carteles promocionales únicos que muestren la cooperación entre las entidades.
- **Mantenimiento de reuniones periódicas**. Combinando actividades científicas, culturales y lúdicas y revalorizando el aspecto comunicativo entre los socios.

4. Logros y ventajas de la Federación RAdA

Somos conscientes de que la red no se debe de plantear como un organismo que solo recibe de sus miembros, también debe de ofrecer. Examinados con detalle son muchos los logros conseguidos y las ventajas que han supuesto a través de acuerdos con otras instituciones.

4.1. Acuerdos con otras instituciones

Es fundamental contar con el apoyo de instituciones de prestigio tanto científicas como gubernamentales para la consecución de los fines de la federación. El peso y la fuerza que adquiere una federación en este aspecto es muy superior al número de asociaciones miembros que la componen, ya que la federación aúna además de las asociaciones físicas el espíritu de cohesión y unanimidad entre ellas. Acuerdos mantenidos de la federación con otras instituciones:

- **Fundación Descubre:** Se firma un acuerdo por el cual la RAdA es miembro colaborador de la Fundación formando parte de la Estrategia Andaluza para la Divulgación de la Astronomía (EADA). Se propone desarrollar una estrategia en internet que aglutine la oferta de divulgación de la Astronomía en Andalucía, a la vez que refuerce las iniciativas de éxito que actualmente se han venido realizando, centrando su esfuerzo en el desarrollo del microsite "El séptimo cielo". Se itinera la exposición "De la Tierra al Universo: la belleza de la evolución del cosmos" en 32 entidades entre ayuntamientos, centros de enseñanza y otros, de la que se cuenta con tres ejemplares de 41 paneles cada uno.
- **Sociedad Española de Astronomía**: Colaboración para itinerar la exposición "Con A de Astrónomas", realizada en 22 entidades: ayuntamientos y centros de enseñanza.
- **Parque de las Ciencias de Granada**: Propuesta aceptada de colaboración de la RAdA participando en las Jornadas de Puertas Abiertas que anualmente organiza el Parque y colaboración en eventos puntuales como el XXI Congreso Estatal de Astronomía (CEA).
- **Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA)**: Colaboración Pro-Am en temas de investigación entre profesionales y amateurs, siendo muy alta la participación de astrofísicos del IAA en el programa del XXI CEA.
- **Centro Hispano Alemán de Calar Alto (CAHA)**: La RAdA es miembro del equipo de organización de los cursos de fotometría para la medición de la contaminación lumínica. De cuatro ediciones en 2009-2013, la RAdA ha colaborado como tal en las dos últimas.
- **Estación Biológica de Doñana**: Acuerdo de colaboración para participar en la toma de medidas del brillo del fondo del cielo con el sistema ASTMON.
- **Consejería de Medio Ambiente de la Junta Andalucía**: Colaboración en el programa de medida del brillo del fondo del cielo en Andalucía, contribución a las Jornadas de "Parques Naturales, cielos de calidad" con observaciones astronómicas públicas. Participación activa en las I Jornadas de Turismo Astronómico en Andalucía.

- **Universidad de Granada**. Iniciada recientemente con motivo del XXI CEA.
- **Universidad Internacional de Andalucía (UNIA)**: Iniciada en 2014 con motivo su XX Aniversario para la realización de observaciones astronómicas en los cursos de verano.

5. Actividades de la RAdA

La recopilación de actividades que los miembros de la RAdA han realizado en el último año 2013 ha llegado a alcanzar a unas 15.400 personas con la realización de 190 actividades astronómicas [2]. Destacan tanto en número de actividades como en participantes las observaciones astronómicas y las conferencias.

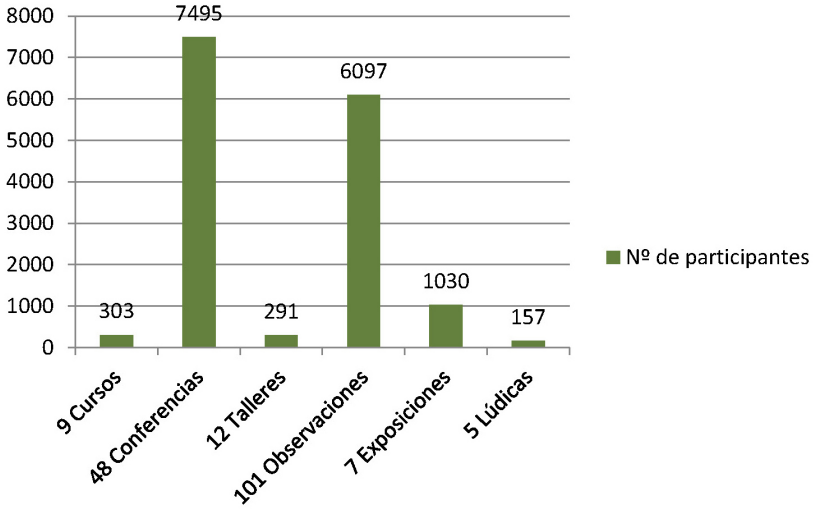


Figura 1. Número de participantes por actividades realizadas por la RAdA (2013).

6. Comisiones de trabajos específicos

Actualmente se trabajan más intensamente dos campos:

- **Protección del cielo nocturno**. Desde la federación se crea una comisión de trabajo en materia de contaminación lumínica y se fijan tres primeras líneas de actuación: Definición y redacción de un protocolo en materia de contaminación lumínica que deberán seguir todas las asociaciones pertenecientes a la RAdA en el desarrollo de actividades públicas; Confeccionar una propuesta de Reservas Star Light y Parques Estelares en Andalucía; Promocionar las campañas IACO y del proyecto NIXNOX; Elaborar un folleto explicativo de la situación legal en Andalucía.

- **Papel de la astrónoma aficionada**. En línea con uno de los objetivos de la RAdA se promociona la labor de la mujer en la vida cultural y científica con ayuda de la exposición "Con A de Astrónomas" y con conferencias por centros de enseñanza revalorizando el papel de la mujer en la astronomía. Un estudio relativo al porcentaje de mujeres socias de agrupaciones astronómicas en España realizado durante el 2009 en el Año Internacional de Astronomía desde el grupo de trabajo "Ella es una astrónoma" arrojó los siguientes resultados: de una muestra de 65 agrupaciones astronómicas de una población censada de 143 en España en 2009, tan solo el 20,2 % son mujeres con una desviación típica de 5,3 % por autonomías. Estos datos demuestran que hay que seguir trabajando en esta línea promoviendo una participación más activa de la mujer en la astronomía amateur.

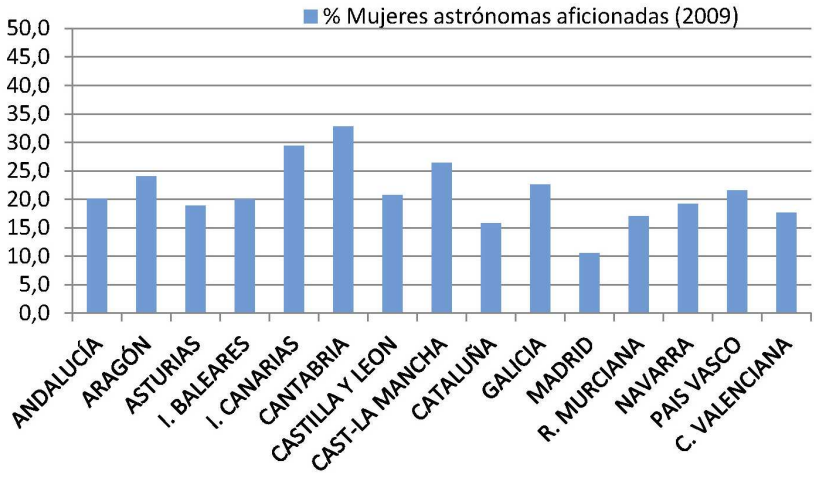


Figura 2. Porcentaje de mujeres astrónomas aficionadas en 2009 en España por autonomías.

7. Ventajas

- **Seguro responsabilidad civil**. Fundamental para cubrir a todas las entidades miembros, un seguro que es "obligatorio" para realizar ciertas actividades públicas, pero caro para una única agrupación sobre todo si tiene pocos socios.
- **Mayor cobertura en los medios de comunicación**. Desde la creación de la federación su presencia ha sido casi permanente en la revista AstronomiA, la más difundida a nivel nacional entre el colectivo de astrónomos aficionados. Las actividades conjuntas realizadas, como las Jornadas Andaluzas de Astronomía, la observación de las Perseidas y la Semana de la Ciencia han tenido

una importante repercusión mediática sobre todo en prensa. Se ha abierto una línea de colaboración con Canal Sur televisión que ha contado con la participación de la RAdA en los programas de "Con Ciencia".

- **Ofertas de descuento**. Los socios disponen de descuentos en actividades comunes.
- **Disposición de recursos**. Los socios cuentan con los recursos elaborados por otras asociaciones y otros cedidos por instituciones como exposiciones de categoría para la divulgación.
- **Apoyo a instituciones a favor de la revalorización de la ciencia y la investigación astronómica**. Desde Doñana en las IV Jornadas Andaluzas de Astronomía la RAdA expuso un manifiesto público en defensa de las instalaciones del Observatorio de Calar Alto amenazadas por los recortes presupuestarios, enviándose más de 100 cartas firmadas con tal petición.

8. Conclusión

La experiencia mantenida por la RAdA en estos primeros cuatro años de andadura nos permiten decir con toda seguridad que la creación de una federación de asociaciones astronómicas de ámbito nacional que una a todas las organizaciones nacionales, autonómicas, provinciales y locales cuyos objetivos estén centrados en el estudio y divulgación de la as-tronomía es viable. La federación debe de plantearse como un fenómeno asociativo que parta de abajo hacia arriba, es decir, que se apoye en su base asociativa. El objetivo es que la federación se convierta en una organización de referencia para el aficionado, abanderando todas aquellas causas que son importantes para el colectivo en cuanto a divulgación, investigación, conservación del cielo oscuro, mejora de la igualdad entre hombres y mujeres, potenciación del valor del turismo astronómico contribuyendo al desarrollo local sostenible, apoyo a instituciones científicas revalorizando la investigación astronómica, mejora de las relaciones Pro-Am. Además, colaborar con instituciones que permitan ayudas económicas y/o facilidad de acciones relacionadas con la creación de web, redes sociales y organización de congresos, favorecer la conexión y redes de cooperación entre astrónomos aficionados que investigan en un mismo campo y promover la participación activa en congresos estatales. La organización de acciones especiales que alcancen renombre como Premio Aficionado del Año en Astrofotografía, Divulgación e Investigación Astronómica revalorizaría la federación.

Agradecimientos

A los miembros de las asociaciones de la RAdA que han creído desde el principio en la viabilidad del proyecto de la federación astronómica andaluza. A todos los componentes de la Ejecutiva de la RAdA por su dedicación y trabajo continuado para la consecución de los fines de la federación. A las empresas e

instituciones científicas que nos han apoyado, especialmente la Fundación DESCUBRE, el CAHA, el IAA y la revista AstronomiA.

Referencias

[1] Villar Martín, M; Gallego Calvente, A.T.; García Gómez-Caro, E.J., "Año Internacional de la Astronomía en España. El Universo para que lo descubras. Informe final", *Nodo español para el Año Internacional de la Astronomía e Instituto de Astrofísica de Andalucía*, 2010, 201 p.

[2] Nárvaez Rueda, J.J. , "Memoria de actividades, RAdA 2013", web `www.astroandalucia.es`

Astronomía Divertida

Subtítulo de la ponencia si fuese necesario

Lydia Freire Ramiro

AEDAA-Asociación para el Estudio y la Divulgación de la Astronomía de Alicante
lydia.freirel@ono.com

Resumen. Astronomía Divertida nace de la necesidad de presentar a los jóvenes una alternativa diferente al ocio nocturno, de manera que pueda llevarse a cabo de noche, en la calle o en el campo, con sus amigos, para que se diviertan y a la vez se conciencien de la importancia de conservar nuestros cielos oscuros para poder disfrutar de todo lo que en una noche se puede observar y hacerles ver que la Ciencia no está reñida con la diversión.

Palabras clave: enseñanza, centros escolares, divulgación, ciencia divertida, astronomía, Congreso Estatal.

1. Astronomía divertida

He titulado a esta ponencia "Astronomía Divertida", yo no sé si será muy divertida o no, lo que sí intentaré es que no sea un rollo. Prácticamente, la absoluta mayoría de imágenes son reales. Es verdaderamente sorprendente todo lo que podemos descubrir en un cielo nocturno libre de luces.

Mis amigos y la gente de mi entorno no comprenden por qué me dedico a la Astronomía. Todo el mundo dice que es una Ciencia difícil y aburrida, llena de personajes extraños como Copérnico, Galileo, Messier. Más modernos como Einstein, Carl Sagan, Stephen Hawking. Mujeres como Hypatia, Carolyn Porco, Andrea Ghez... todos un poco raros, la verdad. Además siempre vamos al revés del resto de los mortales, estamos enredados con órbitas, coordenadas, ecuaciones, fórmulas y más fórmulas... Eso cuando no se creen que hago horóscopos o cartas astrales... Entonces, me preguntan, Por qué te dedicas a la Astronomía?...Pues porque a veces puedo ver cosas tan maravillosas como una Estrella Doble, una Nebulosa Planetaria, o una preciosa Galaxia Espiral. Y les muestro algunas imágenes.

Pero empecemos por el principio. Normalmente se lanza al espacio algún telescopio espacial del estilo del Hubble o el Chandra de rayos X (ponemos ejemplos de telescopios famosos que se puedan reconocer), que son los responsables de la mayoría de imágenes que vamos a ver.

En la antigüedad, evidentemente, no se contaba con los medios de que disponemos ahora, por lo cual los astrónomos construían sus observatorios mediante

grandes rocas alineadas con solsticios o equinoccios, como en Stonehenge o con espectaculares pirámides como en Machu Pichu. Estos antiguos observatorios eran muy importantes, ya que de los cálculos relacionados con la fecha de aparición de tal astro o tal planeta que coincidiera con tal piedra o tal muesca, dependía la fecha de siembra o recogida del grano y, lógicamente, la alimentación de toda la comunidad. También se podía calcular la llegada de las estaciones, eclipses solares y lunares, etc.

En la actualidad, disponemos de magníficos relojes que nos dicen exactamente la hora que es, estupendos calendarios que nos ponen al corriente del día en que vivimos y modernos Observatorios en Tierra con grandes telescopios que nos ponen el Universo a nuestros pies.

Y, ¿qué podemos observar con estos magníficos telescopios? En primer lugar nuestra cercana y querida Luna, que no por verla todas las noches deja de tener todavía grandes incógnitas. Por ejemplo, no todo el mundo sabe que no siempre se ve con el mismo tamaño, o que su superficie está recubierta de un polvo muy fino llamado regolito que causa verdaderos problemas a los astronautas. Como estamos en "Astronomía Divertida" cuento también algunas anécdotas personales con Neil Armstrong y de la vida de los astronautas, que no siempre es tan idílica como algunos creen.

También nuestro Sol encierra grandes misterios que todavía no comprendemos, como su ciclo de actividad de 11 años, en cuyo máximo estamos actualmente inmersos, con toda su variedad de manchas, tormentas solares, espículas, eyecciones de masa coronal, etc., que en ocasiones provocan tremendas tormentas magnéticas pero también bellas auroras.

Si nos vamos alejando un poquito más, veremos a nuestro planeta Tierra, aquel maravilloso y pequeño punto azul que decía Carl Sagan. Con las nuevas tecnologías podemos adentrarnos en nuestra atmósfera y estudiar y predecir fenómenos como el Niño, concentraciones de plancton en el mar, o seguimiento de tormentas. Gracias a la miríada de satélites que orbitan nuestro planeta podemos distinguir claramente las grandes ciudades, por los grandes chorros de luz que proyectan hacia el exterior, que es un grave problema para los astrónomos, ya que tenemos que alejarnos muchos kilómetros de nuestros lugares de residencia para poder disfrutar y estudiar nuestros cielos nocturnos, todo eso sin contar el gran despilfarro económico que ello supone y los cambios biológicos que han sufrido muchas especies de aves e insectos que no saben si es de día o de noche.

Damos un breve repaso a nuestro Sistema Solar hasta salir de él y encontrarnos con los distintos tipos de cometas y asteroides. Hablamos de espectaculares fenómenos como las Lluvias de Estrellas Perséidas y Leónidas aunque, evidentemente, no lluevan estrellas, sino finas partículas de polvo cometario llamados meteoros, o meteoritos, cuando llegan al suelo y, a veces se cruzan con algo por su camino.

Conforme nos vamos alejando, nos vamos encontrando con otros objetos de cielo profundo, como azules nebulosas de reflexión como la Cabeza de Bruza, rojas nebulosas de emisión como la Pata de Oso, negras nebulosas oscuras como la Cabeza de Caballo o coloridas nebulosas planetarias como la Ojo de Gato. Obvia decir que, con semejantes denominaciones, los astrónomos gozamos de una gran imaginación.

Sin embargo, nuestra galaxia Vía Láctea lo que más tiene son estrellas: grandes, pequeñas, blancas, rojas, azules... algunas de las cuales forman parte de grupos pequeños como los cúmulos abiertos de estrellas, como las Pléyades, o grupos más numerosos como los cúmulos globulares, como Omega Centauri.

Para los que ya están bostezando, vamos a mostrarles algunas curiosidades de nuestro Sistema Solar como el Cráter de la Cara Sonriente, el doble cráter de impacto con forma de corazón, la inquietante Cara, todos ellos en Marte, la Nebulosa Hamburguesa de Gómez o la Nebulosa del Huevo en luz polarizada, donde aprovecharemos para explicar lo que son los ecos de luz.

Si seguimos en nuestro viaje por el Espacio y salimos de nuestra galaxia, nos encontramos con otras muchas, una de las más cercanas es Andrómeda, una galaxia un poco mayor, pero muy parecida a la nuestra, con la particularidad de que tiene otras dos galaxias satélites más pequeñas orbitando a su alrededor. Como vemos, en el Universo hay grandes similitudes y sólo varía la escala. Tenemos el sistema Tierra-Luna, el asteroide Ida y su pequeño satélite Dactyl, grandes galaxias que tienen otras más pequeñas orbitando...

Sin embargo, hay algo más que cosas curiosas en el cielo. En el centro de las galaxias existen los agujeros negros supermasivos, y cuando decimos supermasivos, es porque son objetos con una densidad de millones de veces mayores que nuestro Sol. Terribles monstruos con un hambre infinita, que se tragan toda la materia que osa pasar por las cercanías de su horizonte de sucesos, lugar de no retorno del que no escapa absolutamente nada, ni siquiera la luz.

Por supuesto, las galaxias tampoco están solas flotando en el Universo, sino que también forman parte de grandes cúmulos o hiper-cúmulos galácticos. En el espacio, y nunca mejor dicho, las distancias son astronómicas, lo cual no es óbice para que, de vez en cuando, ocurran peligrosos acercamientos y colisiones de galaxias, no en vano, el Catálogo Arp de galaxias interactivas consta de 335 entradas. Y ¿qué ocurre cuando dos grandes galaxias colisionan entre si? Se van acercando, se van desgajando sus brazos, sus agujeros negros se fusionan en otro todavía más supermasivo, y habrá un gran estallido de rayos gamma, o GRB, que es el evento más energético del Universo, de que se tenga constancia.

Y para que no se diga que los agujeros negros no se pueden ver porque son negros, muestro una imagen con tres galaxias y sus correspondientes agujeros negros, en una de las cuales hay dos a punto de fusionarse. Evidentemente, dichas imágenes no están tomadas en el espectro óptico, sino en rayos X obtenidas por radiotelescopios. Si alguien se ha dormido, se despierta ahora.

Pero volvamos a la Tierra, tomemos aire, respiremos y concentrémonos en lo que, habitualmente solemos ver con nuestros telescopios: la Luna, estrellas dobles, cúmulos estelares, nebulosas...

Espero que hayáis disfrutado de estas pequeñas pinceladas de luz, y que estas imágenes os hayan provocado más inquietudes y más preguntas que requieran más respuestas.

Taller de evolución estelar

Uso de experiencias como modelos de procesos comunes en astrofísica

Pedro Ariza Sánchez[1 2 3]

[1] Asociación Astronómica Quarks- RADA. www.aaquarks.com
[2] Planetario de Úbeda
[3] Centro de Divulgación Observatorio de la Fresnedilla. P.N. Cazorla
pariza68@gmail.com

Resumen. No es fácil explicar al público general cómo se crea una estrella, cómo en ésta se pueden dar las condiciones necesarias para generar luz de forma autónoma o cómo llega un momento en el que su vida estable termina. Algunos de los procesos que intervienen en la evolución de una estrella a lo largo de su vida pueden, no obstante, explicarse usando analogías e incluso experiencias que permitan a los participantes no sólo comprender mejor estos principios, si no al mismo tiempo visualizarlos. Por último, el taller que presentamos en el XXI CEA, permite situar al participante en el centro de la acción, permitiéndole interactuar en el desarrollo del mismo y sentirse protagonista de la actividad.

Palabras clave: evolución estelar, colapso gravitatorio, experiencias, nova, nebulosa.

1. Introducción

Desde hace un cuarto de siglo, nuestra entidad viene ofreciendo una extensa labor de divulgación de la ciencia, en la que además de desarrollar dos infraestructuras modélicas, el Planetario de Úbeda y el observatorio de la Fresnedilla, ha promovido un plan anual de actividades amplio y variado. En nuestra labor de hacer llegar la ciencia a todos los públicos exploramos nuevos formatos que posibiliten ofrecer actividades atractivas y originales que complementen las más tradicionales. Por otra parte, la experiencia docente de la mayoría de los compañeros y la colaboración en la organización de distintas ferias de ciencia basadas en el desarrollo de experimentos, ponen de manifiesto el interés creciente por este atractivo formato. De esta forma surgen distintos talleres que pretenden incorporar experiencias sencillas de física y química en la explicación de los fenómenos que gobiernan la evolución del Universo desde su creación. "Evolución estelar", "naturaleza de la luz", "los tres primeros minutos...del Universo", "relatividad...las nuevas fronteras" o "física de la bicicleta para explicar el cosmos", son algunos de los talleres que durante este tiempo han sido expuestos al juicio de nuestro público.

Cada uno de estos talleres se adaptan a distintas versiones en función del tiempo y público al que se dirigen. Algunos de ellos se han llegado a prolongar más de dos horas, desarrollando más de una veintena de experiencias. Habitualmente se dirige al público escolar en una versión más reducida en tiempo, desarrollo de experiencias y profundidad de contenidos. La versión que aquí presentamos se correspondería a un público escolar de nivel de secundaria o bachillerato. Nos permitimos, por tanto, **la licencia de adaptar el lenguaje y realizar las aproximaciones conceptuales necesarias**. Por nuestra experiencia, al observar el cielo de noche encontramos objetos muy llamativos como la Luna y algunos Planetas. El resto nos parece un inmenso vacío oscuro salpicado por una infinidad de estrellas. Sin embargo, si la observación la realizamos en un cielo limpio de contaminación lumínica, nuestro ojo empieza a descubrir algunas manchas de luz difusa en el espacio que antes creíamos vacío. Al realizar la observación con telescopios encontramos que estas manchas son bastante más frecuentes de lo que en un principio pensamos, se localizan en todo el firmamento y adquieren distintas formas y tamaños, son nebulosas, la cuna de las estrellas. Las experiencias que vamos a realizar son bastante común en los laboratorios, pero las utilizaremos para investigar la naturaleza de las nebulosas, cómo a partir de ellas nacen las estrellas y los procesos por los que una estrella se desarrolla, evoluciona y acaba muriendo.

El espacio que encontramos entre una estrella y otra (medio interestelar) nos parece vacío (experiencia de neutralización). No somos capaces de observar nada en él. Realmente no es un vacío absoluto, podemos detectar algunas moléculas, pero en número muy escaso, por lo que no podemos observarlas con el telescopio. Algo parecido observamos en nuestro vaso, no encontramos ninguna partícula que podamos detectar con nuestra vista, es un medio transparente, como el medio interestelar. Con lo que podríamos entender que este vaso se parece en gran medida a nuestro espacio entre estrellas. No obstante, también encontramos partículas disueltas en el agua que no podemos detectar a simple vista.

Algunas veces, en algunas regiones del espacio, se concentran cantidades de material que comienzan a ser detectables, fundamentalmente Hidrógeno. Unas partículas atraen a otras de manera que la fuerza de la gravedad hace que esta nube se compacte. De igual forma ocurre en nuestro vaso, la base cae por gravedad al abrir el grifo y al entrar en contacto con la fenolftaleina, podemos observar la nube formada, ya que en esa región la mezcla es más básica (aún no está bien mezclada con el ácido).

La mayoría de estas nubes no llegan a consolidarse, ya que pueden disiparse o no tener suficiente materia para adquirir consistencia. La forma de la nube creada depende de las condiciones en las que se produzca la mezcla. Si la velocidad a la que se va incorporando materia es lenta podemos ver estructuras geométricas regulares (régimen laminar). Si la mezcla es más violenta la geometría de nuestra nube será más irregular (régimen turbulento).

En definitiva, en las regiones más oscuras de las nebulosas que observamos con nuestros telescopios, la densidad de materia es tan grande que no permite que la luz de las estrellas que se encuentran detrás nos llegue, con lo que esas

regiones las observamos muy oscuras. Es en ellas dónde podemos decir que se pueden crear las estrellas. En esta conversión de nube a estrella intervienen varios procesos: gravedad, dinámica de movimiento, la cantidad de materia, temperatura y presión del gas,... entre otros. Si estas condiciones son las adecuadas, la nube no se disipará.

En cualquier caso una nebulosa no es una estrella, no brilla con luz propia. Si las condiciones en la nebulosa son las adecuadas, las moléculas de gas se compactarán por acción de la gravedad. De esta forma la presión y la temperatura en las regiones centrales comienzan a ser muy elevadas. Llegará un momento en el que la temperatura que alcance este gas será la suficiente para unir dos átomos de Hidrógeno (25.000ºC) y convertirlos en uno de Helio. Estas **reacciones de fusión** representan la primera luz de la estrella recién nacida. Así nació nuestro Sol hace unos 4.500 millones de años. (Experiencias con clorato potásico) Desde este momento nuestra estrella, entra en la fase de **equilibrio térmico** (experiencia del ludión). Cada molécula de Hidrógeno de la estrella, se ve sometido a dos fuerzas de signo opuesto. La fuerza gravitatoria, que las impulsa hacia el centro de la esfera y la fuerza térmica, producto de la energía que se produce en el interior del Sol, que al tender a disiparse, empuja a la materia hacia el exterior de la estrella. Esto lo podemos observar al poner a hervir agua en un cazo, no es posible confinar el calor, tiende a expandirse por la superficie del agua hirviendo. El Ludión, en cierto sentido es como las moléculas de Hidrógeno, la gravedad lo impulsa hacia el fondo de la botella y el empuje del agua hacia la superficie. Se encuentra por tanto, en equilibrio. Esto mismo le pasa a cada una de las moléculas de Hidrógeno y Helio de nuestra estrella, se encontrarán en equilibrio mientras estas dos fuerzas actúen con la misma intensidad.

¿Hasta cuándo se extiende esta fase de equilibrio térmico? (experiencia de la vela) Fundamentalmente hasta que el combustible, Hidrógeno, comience a escasear. Al igual que nuestra vela se apaga por la falta de Oxígeno, que no permite continuar con la combustión. Podemos comprobar que en este momento, el equilibrio se rompe y comienzan a suceder fenómenos no esperados. En el caso de la vela, la presión atmosférica exterior es superior a la del interior del vaso y empuja al agua, de manera que se ve obligada a entrar por sí sola en el vaso.

La estrella entra en la **fase de colapso gravitatorio** (experiencias de colapso). La lata es un modelo de estrella: encierra un gas, que vamos a calentar con un poco de agua hasta llevar a ebullición. En estas condiciones, el vapor de agua, se parece en cierto modo al gas incandescente que forma nuestra estrella. Se encuentra a unos sólo a unos 100 ºC, la superficie de la estrella a unos 6500ºC, pero al dejar de darse reacciones nucleares en el interior de la estrella, se enfría de forma progresiva. Vamos a reproducir este enfriamiento con el vapor que encierra la botella, de manera que reducimos su temperatura a la ambiente del agua del barreño. El vapor de agua tiene a expandirse por su alta temperatura, al enfriarse, se comprime, ocupa menos espacio, por lo que ejerce sobre las paredes de la lata, menos presión. En la superficie de la lata actúan dos fuerzas, la de empuje del vapor hacia el exterior y la de la presión atmosférica hacia el interior, que en este caso al ser más elevada, tenderá a comprimir la lata. La lata

ha implosionado por la ruptura del equilibrio térmico, de igual forma, implosiona nuestra estrella de forma rápida y espontánea. Toda la materia tenderá a precipitarse hacia el interior de la estrella. Este es el colapso gravitatorio, ya que es la única fuerza que sigue gobernando la dinámica estelar.

Si dejamos caer una pelota, la única fuerza que actúa sobre ella es la gravitatoria, empujando la misma hacia el centro de la Tierra (experiencia nova). Cuando impacta en el suelo, por la ley de acción y reacción, rebota y comienza su camino ascendente. En este proceso pierde energía por rozamiento, por lo que la altura que alcanzará será menor que la de partida. Esto es válido para cualquier pelota. También es válido para las moléculas de Hidrógeno y Helio que forman la esfera solar, de manera que en el mismo instante de colapsar hacia el centro de la estrella, rebotan, pero no se precipitan una a una, sino que el colapso se produce de forma global, al mismo tiempo para toda la materia. Si lanzamos ambas pelotas juntas, intervienen algunos factores adicionales a los descritos anteriormente. En el mismo proceso de rebote, se produce un choque, una transferencia de cantidad de movimiento, entre las dos pelotas. Aunque la velocidad de caída es la misma, la mayor masa de la pelota de baloncesto, hace que la pelota de tenis sea despedida con mayor velocidad, de forma más violenta, y con dirección variable, dependiendo de la geometría y detalles del impacto. En el caso de las moléculas de Hidrógeno, una vez que colapsen en el núcleo estelar, serán expulsadas de forma que alcanzarán velocidades y por tanto distancias enormes. Estamos en la fase de Nova, o Supernova, en función de la masa de nuestra estrella moribunda. En el caso de nuestro Sol, se prevé que esta expansión de materia incandescente alcance gran parte del Sistema solar. Explosiones de este tipo se han observado desde la antigüedad, como nuevas estrellas tremendamente brillantes, algunas veces pudiendo observarse a plena luz del día, otras provocando fogonazos de luz que superan la cantidad de energía que nos llegan desde la propia galaxia que las aloja. En estas posiciones encontramos a través del telescopio, el cadáver de estas estrellas, las nebulosas planetarias, y un pequeño punto brillante del núcleo de nuestra estrella brillando tenuemente como una enana blanca.

Estas formas de "muerte" estelar, no son únicas, dependiendo fundamentalmente de la masa de la estrella. Tampoco termina aquí la vida útil de esta materia, ya que puede volver a formar parte de una nueva nebulosa, que permita ver formarse una nueva estrella. Así se formó nuestro Sol, una estrella de segunda generación.

2. Conclusiones

La experiencia vivida durante estos últimos años con el desarrollo de este tipo de talleres y su exitosa acogida, hacen de estas iniciativas un formato idóneo como complemento a actividades más clásicas como observaciones o proyecciones de planetario, permitiendo un acercamiento más intuitivo, interdisciplinar y activo a la ciencia.

Figura 1. Detalles desarrollo del taller en distintos eventos.

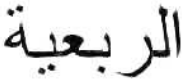
Agradecimientos

Este taller es el fruto del trabajo de nuestros compañeros de asociación, Quarks, sin los que ninguno de los proyectos que llevamos a cabo serían viables. A todos ellos y a sus familias sólo cabe agradecerles su amistad, su tiempo y la ilusión de tantos años de trabajo.

El Cuadrante. La orientación celeste.

Mª Ángela del Castillo Alarcos[1 2]

[1] Cosmofísica
[2] Escuela de Ciencias de Titaguas (Valencia)
cosmofisica@telefonica.net



Resumen. Mediante la proyección de imágenes. Se realiza una explicación de la Orientación celeste. Se trabajan las Latitudes y Longitudes. La Ascensión recta y la Declinación, utilizando un pequeño telescopio. Se inicia en la historia de los artilugios marinos de orientación y se construye un "cuadrante", haciendo mención al astrolabio y el sextante. También se hará alusión a la órbita terrestre, movimientos de precesión y nutación del eje. Cada participante se llevará un cuadrante construido por el mismo y la explicación escrita de su uso y lo pondrá en estación comprobando la altura de la Estrella Polar en diferentes paralelos de la Tierra. Se expondrá en el taller, diferentes artilugios de orientación en latón y madera (astrolabios, sextantes y cuadrantes...).

1. Introducción

Entre los artilugios de medición astronómica más importantes, se encuentra el "*astrolabio*". No se sabe muy bien quien lo inventó. Hay libros que hablan de que Tolomeo, Almagesto e Hipatia ya lo conocían. Pero su datación parte del periodo Islámico, por el astrónomo persa Bastulus hacia el 927 d.C. (después de Cristo), que se conserva en el Museo Nacional de Kuwait. Ese antiguo astrolabio de unos 17,5 cm de diámetro, en caracteres árabes, se empleó para determinar la localización de la "Kaaba" o construcción en forma de cubo que está en la Meca (Makka), en arabia Saudí, con el fin de orientar las oraciones de los creyentes.

El cuadrante es pues una variante del astrolabio reducido a un cuarto del círculo. Sus funciones son parecidas. Se trata de un artilugio astronómico portátil que simula el movimiento de la esfera celeste con relación a la esfera terrestre, y su propósito es solucionar problemas de astronomía esférica combinando la geometría y la trigonometría. Con el Cuadrante se pueden efectuar medidas de altitud, latitud y longitud. Así que para los árabes este instrumento les permitía encontrar la dirección de La Meca, o la hora del día y de la noche. Con el

tiempo, el cuadrante derivó en el sextante, un instrumento imprescindible para la navegación, hasta tiempos recientes.

Como instrumentos marinos, el astrolabio fue una versión simplificada del astrolabio árabe, y se empleó solamente para medir la altura de los cuerpos celestes sobre el horizonte y se empezó a usar en la navegación alrededor de 1470. Con el fin de mantenerlo estable cuando se utiliza a bordo del barco, este astrolabio era más pesado y tenía huecos en el disco para reducir la resistencia del viento. El Cuadrante usado por los navegantes, tenía como principal uso, la determinación de la latitud a la que se encontraban. Lo hacían midiendo la altura sobre el horizonte de la "Estrella Polar" o el del "Sol" del mediodía. También calculaban con el cuadrante la hora y lo hacían midiendo la altura del Sol.

2. Construcción de Cuadrantes

Entre los instrumentos graduados, el cuadrante es el que cuanto mayor es su tamaño, más preciso resulta. Aunque para navegar, un cuadrante reducido ya era suficiente, sobre todo por la necesidad de sostenerlo en el aire y por su escasa utilización. Pero para las mediciones astronómicas de rigor, se llegaron a construir verdaderos mamotretos. Por ejemplo en el siglo XVI Tycho Brahe, astrónomo danés, mejoró las observaciones y mediciones astronómicas de su época, fabricó cuadrantes de hasta 2 metros de radio, lo que significaba necesitar a varias personas para poder utilizarlo en su movimiento. Pero gracias a este enorme cuadrante, Brahe consiguió las observaciones astronómicas más precisas que se habían realizado hasta entonces. Brahe ayudó con sus mediciones a que Johannes Kepler pudiera descubrir que las órbitas de los planetas, son elípticas.

3. El Cuadrante de Davis

Llamado también "Backstaff", fue inventado por el navegante de origen inglés John Davis en 1594. Este instrumento del siglo XVI sustituyó al astrolabio, al cuadrante y a la vara de Jacob unos siglos más tarde y hasta bien entrado el siglo XIX se siguió utilizando. En realidad es un artilugio más sofisticado y perfeccionado, el cual se utilizaba también para medir la altura en grados de una estrella o del Sol sobre el horizonte y en náutica, para determinar la latitud de un barco antes y después de su paso por el meridiano. Falmsted propuso una versión más moderna todavía del instrumento, ya que esta novedad llevaba una lente que proyectaba la imagen del Sol junto a la ranura de visión del horizonte, haciéndolo más apto para utilizarlo en el mar. Este artefacto fue el primero y de esta manera, se podían realizar las observaciones de la altura del Sol proyectando a través de la lente y del horizonte todo a la vez, y en visión directa. Así se consiguió llevar la imagen del Sol hasta la imagen del horizonte. Esta técnica ya más evolucionada se emplearía más tarde como base del octante y del sextante.

4. Descripción del Cuadrante (Cuadrante de senos)

Para la descripción del cuadrante dado que el XXI CEA se celebra en Granada que es un lugar emblemático en la ciencia árabe. Haré la descripción del "Cuadrante de senos"" conocido también como "cuadrante sinecal" que es el que utilizaban los astrónomos árabes medievales. El nombre proviene de la "rub" en árabe que significa "un cuarto" (mujayyab) marcado con sinusoidal. Y lo describió con exactitud Muhammad ibn Musa al-khwarizmi en el noveno siglo de Bagdad.

Este instrumento, es un cuarto de un círculo (360º) lo que significa que mide 90º. Puede estar construido de madera o metal y tiene dibujadas una red de líneas verticales y horizontales que van de un lado a otro de los lados rectos del cuadrante. Está dividido en su lado de arco en 90 partes iguales y estas divisiones están reunidas en 18 grupos de 5º cada uno y por lo general están numerados a ambos lados de los extremos del arco. Un conjunto de números comienza en el extremo izquierdo del arco y va a los 90 en el extremo derecho, mientras el otro conjunto es el 0 en la derecha y los 90 en la parte izquierda. Esta doble numeración permite al instrumento medir la altitud celestial o distancia cenital o ambas a la vez. En la cúspide o vértice hay un agujero de pasador con un cable de donde pende un pequeño cor-dón que se desliza. Colgando al final del cordón hay una plomada que indica la dirección vertical. El cordón se llama "Khait" y la lectura de los objetos celestes, se obtiene a partir de la posición de la cuerda de la plomada sobre el arco graduado. También se utiliza como el indicador de ángulos al hacer cálculos con el instrumento. El cordón deslizante facilita los cálculos trigonométricos. Tradicionalmente la línea desde el principio del arco hasta el ápice se llama "Jaibs" y la línea desde el extremo del arco hasta el ápice se llama "Jaib tamams". Ambos están divididos en 60 unidades iguales y las líneas paralelas a los sesenta jaibs se llaman "sitheeniys" o "sixtys" y las líneas

paralelas a los sesenta tamams Jaib son los llamados "juyoobul mab-sootah". La razón de 60 divisiones es porque el instrumento utiliza el sistema sexagesimal. Es decir que se graduó en base al número 60 y no al sistema de base 10 o decimal que utilizamos actualmente. Para medir el tiempo, la medición angular y medidas de coordenadas geográficas, hoy todavía utilizamos estas escalas sexagesimales del sistema de numeración sumeria/babilónica.

5. Uso del Cuadrante

En uno de los bordes rectos del cuadrante hay dos mirillas, para mirar a través de ellas, en árabe se llaman "Hadafatani". Cada una de las mirillas tiene un pequeño agujero o "pinnule" en su centro a través del cual se puede mirar y avistar un objeto celeste. La luz de la estrella debe pasar a través de ambos agujeros, el ojo que lo mira garantiza que el instrumento está alineado con la estrella y que la línea de plomada indicará la verdadera altura de esa estrella cuando el instrumento se mantiene en un plano vertical. Hay autores que especifican que para una correcta utilización del cuadrante, la medición deben realizarla dos personas, una para visionar y otra para leer la posición de la cuerda en el arco. Lo cierto es que una sola persona puede hacerlo, siempre y cuando se fije la cuerda a la superficie del instrumento con un dedo de la mano izquierda, procediéndose así a la lectura, una vez que la vista está perfectamente alineada con la estrella. Tomando la altura del Sol, es un poco más fácil de utilizar el cuadrante, debido a la intensidad cegadora del disco solar. Se coge el instrumento por el lado donde se pueda leer la escala, es decir la cara graduada del instrumento, orientándolo con las manos de tal manera que un rayo de luz del Sol, pase a través de ambas mirillas hasta que un punto brillante se refleja en un dedo que ponemos enfrentado, eso significa que la alineación es perfecta y entonces se efectúa la lectura en el punto donde se corta la cuerda.

In venetia, appresso Giordano Ziletti.
M. D. LXIX.

Acontecimientos astronómicos del 1 al 4 de Mayo

Mª Ángela del Castillo Alarcos

Cosmofísica - Astrosafor
cosmofisica@telefonica.net

Resumen. Con fotografías a modo de "colage", de astronautica, cientificos, planetas, satélites, telescopios, etc. en la historia de la Astronomía. En cada una de estas fotografías la explicación del aniversario de cada una de ellas. Fecha completa y efeméride. Galileo, llegada del hombre a la Luna, el Hubble, Observatorios de Chile, Urano, Einstein, la internacional, etc.

1. Introducción

Si nos metemos en facebook, encontramos un perfil llamado "Haciendo Ciencia" que publica periódicamente un espacio que titulan: ¿Qué ocurrió en el mundo un día como hoy? Tras contactar con ellos (colaboran desde México) y solicitar permiso para poder construir el póster que presento al XXI CEA. Me dieron su beneplácito indicándome que no poseían copyright, lo que significaba que podía copiar la idea e incluso amablemente, me indicaron de qué modo proceder para realizarlo. Animándome a tener éxito. Parecía tan fácil buscar fechas de acontecimientos o efemérides astronómicas desde los anales, que me puse a su labor. Manos a la investigación y cuál fue mi gran decepción a la hora de buscar estos datos entre el 1 y el 4 de Mayo, fechas homónimas a nuestro Congreso, porque era harto difícil. Una ardua tarea sin duda. Así que decidí pedí ayuda a mis compañeros de Cosmofísica y a los socios de mi Agrupación Astronómica de Gandía.

Maxi Doncel un amigo y socio de Astrosafor me envió unas maravillosas palabras que fueron mi ánimo seguro para continuar la búsqueda, la cual estuvo a punto del abortaje... ***que no cunda el pánico, estamos en el siglo XXI, costará y será algo laborioso, pero se conseguirá. Todo el saber de la humanidad está en Internet, esa red virtual es la "Biblioteca de Alejandría" de nuestra época***... Así que con paciencia y muchas horas de búsqueda conseguimos encontrar los acontecimientos astronómicos que aparecen en el póster. Probablemente hayan efemérides durante muchos años ente este periodo de tiempo desde que existe la historia del hombre (ya que la Astronomía es tan milenaria como el homo sapiens sobre la Tierra) que no hemos llegado a encontrar, pero lo cierto es que en el póster, hay un buen acopio como representación, la cual con gran valor didáctico podemos estar orgullosos de presentar en el XXI CEA.

Qué hechos consideré de gran relevancia, es muy subjetivo. Notas de natalicios, de fallecimientos o acontecimientos someros tenía muy claro que no podían

confeccionar el grueso del poster. Así que decidí ampliar la búsqueda a todo el mes de Mayo y también incluir la Astronáutica de gran peso a partir de mediados del siglo XX. Mis dudas fueron donde ubicar el principio, comenzando con el calendario Gregoriano o retrocediendo incluso hasta antes de la Edad Cristiana. Lo que sí tenía seguro, era incluir al padre de la Astronomía y buscar un acontecimiento donde Galileo Galilei, fuera el protagonista y por supuesto, como colofón final del 1 al 4 de Mayo de 2014 el encuentro de todos nosotros en Granada, en el XXI CEA... claro está, siempre y cuando algo inesperado, ¡pudiera desbancarlo!

Finalmente, la consecución del póster ha sido un acopio de efemérides históricas de nuestra ciencia que, entre la Astronomía y la Astronáutica, nos hacen comprender la evolución del conocimiento del hombre entre la Tierra y el Espacio. En este pequeño mundo denominado "el póster", he intentado ofrece una información didáctica ejemplar, que gracias a la estimable ayuda de Emilio Badimón, hemos logrado llegar a comprimir mucha información en tan poco espacio, el lograrlo a sido todo un reto, pero esperamos que os pueda servir de idea para que en un futuro, si lo necesitáis, podáis confeccionar en una fecha concreta, vuestras efemérides.

Referencias

[1] www.fronterasdelconocimiento.com/w3/?page_id=2564
[2] http://es.wikipedia.org/wiki/1_de_mayo
[3] www.cronologiaastronomica.blogspot.com.es

Jardín de Astronomía en la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia

Ángel Flores[1], Vicente Pelegero[2], Ginés Benet[2]

[1] Asociación Valenciana de Astronomía
[2] Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia
info@astronatura.es, vpelegero@cac.es, gbenet@cac.es

Resumen. El *Jardín de astronomía* de la Ciudad de las Artes y de las Ciencias de Valencia recrea algunos notables instrumentos astronómicos antiguos junto con varios tipos de relojes de sol de diferente complejidad y módulos a escala. Es una exposición permanente compuesta por doce módulos situados en una zona de libre acceso. En la confección del jardín se ha buscado la vertiente didáctica sin dejar de lado los aspectos estéticos, creando un conjunto atractivo que despierte la curiosidad del visitante. Ángel Flores participó en el diseño del jardín aportando el cálculo para los relojes de sol e instrumental de astronomía.

Palabras clave: instrumentos, relojes, astronomía.

1. Introducción

Para los habitantes de las modernas ciudades no es fácil percibir el movimiento de los astros, por la noche la contaminación lumínica nos oculta la mayor parte de los miles de estrellas que iluminan el cielo nocturno; aunque los planetas más brillantes sí es posible verlos, apreciar sus movimientos requiere de las estrellas como jalones de visualización. El movimiento del Sol es evidente para todo el mundo, pero si se entra en detalles como la altura máxima o el punto por el que sale o se pone, resulta tan desconocido como el resto de los movimientos celestes. La falta de un horizonte libre de obstáculos dificulta la observación del recorrido del astro central del Sistema Solar.

2. Descripción de los módulos

Según el objetivo podemos clasificarlos en cuatro tipos de módulos: los que muestran el movimiento del Sol a lo largo del año, instrumentos astronómicos antiguos, relojes solares y modelos. Junto a cada módulo un panel explica como debe usarse y lo que muestra. Describimos en las próximas líneas el póster presentado a las Jornadas Estatales de Astronomía, en el que se muestran los que nos han parecido más significativos. Algunos módulos han sido inspirados el Jardín de astronomía del Museo de las Ciencias de Granada.

2.1. Donde está el Sol

El módulo tiene similitudes con una esfera armilar, con 4 metros de diámetro permite al visitante situarse en su interior. Está compuesto por tubos de acero que señalan el recorrido del sol durante los días de los solsticios y equinoccios, junto con otros que representan el horizonte y la meridiana del lugar. La orientación y diseño del módulo es tal que los arcos coinciden con la situación real del Sol. Desde la posición del observador los arcos corresponden con los trópicos de cáncer, capricornio y ecuador, la intersección de estos con el círculo horizontal señala la salida del sol en los solsticios, y equinoccios.

2.2. Gnomon

De los instrumentos astronómicos usados en la antigüedad es el mas versátil dada la gran cantidad de aplicaciones que tiene. Consta de un mástil vertical que recibe el nombre de gnomon o estilo, y un plano horizontal en el que se dibujan diferentes líneas rectas y curvas. Las líneas rectas muestran las horas y las hipérbolas la trayectoria de la sombra del sol en diferentes fechas significativas. Las medidas del plano son 4 metros y 7 metros de lado.

2.3. Plinto de Tolomeo

Se atribuye al genial astrónomo que vivió en el segundo siglo de nuestra era el diseño de este instrumento astronómico. El fin esencial es determinar la declinación de Sol, aunque también se puede conocer la fecha o la latitud del lugar donde se ubica. Consta de una escala vertical, orientada en sentido norte sur, y en el vértice superior sur está atravesada por una varilla perpendicular, que se orienta en sentido este oeste. La varilla hace las veces de gnomon y proyecta su sombra sobre la pared en la que se sitúa la escala.

2.4. Reloj corregido

Muestra la hora oficial sin necesidad de hacer ninguna corrección. El gnomon es una ranura en forma de analema que deja pasar la luz del sol en la dirección adecuada para corregir la ecuación de tiempo. La escala ha sido modificada para adecuarla a la longitud.

2.5. Día y noche

Es un modelo a escala de la Tierra colocado de forma que la ciudad de Valencia quede en la parte superior y con su eje dirigido al polo celeste. El módulo queda en la misma posición que la Tierra, las zonas iluminada y oscura corresponde a los hemisferios diurno y nocturno.

2.6. Luna

Sobre una esfera de aproximadamente un metro de diámetro se han moldeado los principales accidentes orográficos de la Luna. Es una imagen tridimensional de la Luna, el observador puede comparar las caras visible y oculta de la Luna. Este elemento es especialmente útil en el caso de discapacitados visuales ya que les permite descubrir a través del tacto como es el relieve lunar. Algo similar ocurre con el módulo de la Tierra.

2.7. Planisferio

Sobre una esfera se han dibujado las estrellas más brillantes junto con las líneas clásicas de las constelaciones, el ecuador celeste y la eclíptica. La esfera gira alrededor de su eje y este a su vez es orientable sobre una escala graduada. Se puede reproducir la posición de las estrellas vistas desde cualquier punto de la Tierra en cualquier día, así como su movimiento.

3. Conclusiones

Los elementos del Jardín de astronomía generan multitud de experiencias y reflexiones en las que el principal protagonista es el visitante. Son sus propias observaciones las que le permiten edificar un conocimiento más profundo de los mecanismos celestes.

Agrupaciones, Asociaciones, Sociedades de Astronomía y Centros Astronómicos

Tema 1: Agrupaciones, Asociaciones y Sociedades Astronómicas

José Espinosa Bandera

Sociedad Malagueña de Astronomía
joseespinosabandera@yahoo.es

Resumen. Se habla de agrupaciones, asociaciones, sociedades y centros astronómicos. En el tema 1º habla un poco de historia y en el tema 2º habla de las diferentes colaboraciones con los centros astronómicos en España.

1. Introducción

Este libro va dirigido a las personas que somos amateurs ó aficionados a la astronomía, y aquellas que son simpatizantes de alguna agrupación o siente interés por saber un poco más.

2. Cádiz

Agrupación de Astronomía "HÉRCULES". Fue fundada el 1/11/03 esta asociación está en Cádiz. Es una asociación joven. Se llama Hércules, sabemos todos que hay una constelación. Pero no va por ahí el motivo del nombre es por que fue el fundador de Cádiz La idea de esta agrupación, es poder; llevar la astronomía a aquellas personas interesadas en esta ciencia, para después irlas formando, en sus cursos. Y también tienen contactos con otras asociaciones, de la provincia de Cádiz, y con las demás provincias del territorio español. La revista se llama M13, se mandan a aquellas agrupaciones de astronomía, con las que se mantienen contactos. Otra manera de divulgar la astronomía es haciendo jornadas de puertas abiertas. En este año se han celebrado las 1ª jornadas de astronomía en Septiembre. Se hizo dos visitas la 1ª a la TORRE TAVIRA y la 2ª al PLANETARIO de la UCA.

3. Provincia de Cádiz

3.1. Grupo Astronómico Portuense.

Nace en septiembre del año 2.000. Con la vocación de ayudar a todo aquel aficionado cuyas dificultades excedan de su propia capacidad. Como fin tiene el conocimiento y la difusión de la astronomía.

Como actividades se realizan: **A**. Exposiciones. **B**. Cursos, y **C**. Charlas o conferencias para el público en general.

Por otra parte las AAVV y los centros escolares conciertan actividades con nosotros. También se colabora con observatorios españoles, estamentos oficiales y con otras agrupaciones astronómicas. También colaboramos con el hotel-observatorio de la sierra Salitre y con el primer proyecto museo español del espacio. También tiene una revista que salió hace cinco años y se llama la revista MESSIER.

3.2. Agrupación Astronómica de San Fernando.

Como petición del IAC en el año 1.996, se decide dar los 1º pasos para la formación de la agrupación. En una reunión en la casa de la cultura se acuerda constituir la citada agrupación, con sede en San Fernando (Cádiz). Tienen una revista que se llama COMETA, y el nº 1 sale en el año 1.997 En la actualidad sigue desarrollando actividades tanto internas como externas, y colaborando con otras asociaciones en el intercambio de su publicación. También se colabora con entidades públicas y privadas.

Por otro lado tienen diferentes grupos de trabajo. Vamos hablar de algunos de ellos un poco: **A**. HELIOFÍSICA: Aquí se hacen observaciones solares y al final del día, la semana o del mes se le calcula el N º WOLF. **B**. ASTROFOTOGRAFÍA: Aquí se hacen fotos astronómicas se hace un parte en donde se va poniendo el tiempo de inicio y de finalización de la toma, y el lugar. La sede hoy se encuentra detrás de la casa de la cultura en San Fernando.

4. Málaga

4.1. Sociedad Malagueña de Astronomía "SMA"

Tiene sus inicios cuando un grupo de jóvenes se reunían, con las inquietudes de formar esta sociedad. Llegó el día en que se reunieron en la sede de la "SOCIEDAD ECONÓMICA de AMIGOS del PAÍS". Aquí el día 31/5/75, en una reunión celebrada se aprobó el acta y documento de la hoy en día la SMA.

En años sucesivos se realizaron diversas actividades y entre ellas cabe destacar las siguientes: **A**. Las realizadas en el antiguo conservatorio Mª Cristina. **B**. Visita al Real observatorio de la armada española en S Fernando. (Cádiz). **C**. Conferencias. **D**. Exposición de fotografías del día 17 al 27/5/76, y **E**. Jornadas de puertas abiertas (observación astronómica).

A 1º del año 1.977 entre las actividades que se realizaban en el citado conservatorio. Se empezó la construcción del observatorio en Miraflores del Palo, y su inauguración fue en el año 1.978 Todo esto fue gracias a las aportaciones pequeñas de los socios en el siglo pasado, y la ayuda desinteresada de los socios en su construcción. En el año 1.998 se hizo una visita colectiva al observatorio astronómico de Calar-Alto (CAHA) en Sierra Filabres (Almería).

En el año 1.979 la SMA fue a las 3ª JNA que fue en Guipúzcoa (Bilbao) del día 11 al 15 de Abril de 1.979

En la SMA se han llevado a lo largo de los sucesivos años actividades diversas tale como: **A**. Jornadas de puertas abiertas (observación pública). **B**. Cursos de formación básica de astronomía de nivel I y II **C**. Cursos de manejo de telescopio, y **D**. Construcción de telescopios en la sede de la SMA. Así como también las VI JNA celebradas en Málaga en el año 1.985.

4.2. Agrupación de Astronomía "SIRIO".

Nace el 1/6/01 por un grupo de personas interesadas y motivadas, por dicha ciencia y afines. Como objetivo tiene el estudio de la ciencia y la divulgación a través de la revista SIRIO.

Como actividades se realizan: **A**. Reuniones. **B**. Observaciones, y **C**. Cursillos de astronomía para las personas interesadas.

5. Sevilla

Agrupación de Astronomía "ALBIREO". Es formada por un grupo de personas aficionados a la astronomía. El objetivo es divulgar la astronomía a nivel amateur. Colabora con diversas asociaciones de España. Tiene varios proyectos y un observatorio dicha asociación. Divulga esta ciencia través de cursos, conferencias, y jornadas de puertas abiertas. Han hecho varias expediciones y la última fue en este año al Roque de los muchachos y al observatorio del Teide.

6. Provincia de Sevilla

6.1. Agrupación de Astronomía "CIELO del GUADAIRA".

El objetivo de esta asociación es dar a conocer la astronomía, y ciencias afines. Tiene varios apartados: **A**. De instrumentos y accesorios, en donde dispone de unas series de materiales astronómicos para su observación. **B**. El de astronáutica, es relacionado sobre las misiones en transbordador espacial, y **C**. La de astrofísica y cosmología, va dedicado a las noticias importantes sobre el universo, y los descubrimientos hoy en día que se llevan a cabo, y se hacen; y otros descubrimientos hasta ahora llevados a cabo.

6.2. Asociación de Astronomía "IBN FIRNÁS".

Esta asociación está en San JOSÉ de la RINCONADA (SEVILLA). Y dirige su actividad a: **A**. La divulgación de conocimientos, cultural y científica. **B**. la promoción de actividades formativas, lúdicas, y **C**. De entretenimiento. Entre sus objetivos está el de redescubrir mediante el estudio, y la difusión de sus obras, a científicos como ABBAS IBN FINÁS, y a otros andaluces universales.

7. Huesca

Agrupación Astronómica de Huesca. Se fundó por 34 perronas el 13/5/94, es una asociación sin ánimo de lucro. Colabora con numerosas entidades de todo el territorio español.

Sus principales fines son: **A**. Fomentar la divulgación. **B**. El estudio de la astronomía, y **C**. Sus ciencias afines. Realizan visitas a centros astronómicos.

8. Teruel

Agrupación Astronómica "ACTUEL". Se fundó en el año 1.995, con personas entusiastas por la astronomía y sus diferentes ramas. El objetivo fundamental es la difusión de la astronomías, dando charlas, conferencias y haciendo observaciones públicas para darla a conocer entre el público en general.

Como actividades tienen: **A**. Difundir la astronomía. **B**. Ir a los colegios. **C**. Dar charlas divulgativas, y **D**. Hacer observaciones públicas.

En el año 2.002 se inauguró el observatorio de San Blas A lo largo del año 2.008 y primeros meses del año 2.009, estamos participando con gran esfuerzo pero con gran ilusión, en una nueva campaña de medidas del cielo, ahora con equipos ópticos e informáticos.

9. Zaragoza

Sociedad Astronómica de Zaragoza. Tiene como finalidad: **A**. La observación de los astros, sus posiciones, movimientos, cambios físicos y evolución de los mismos, y **B**. La enseñanza de la astronomía y sus diversas ramas.

Como actividades tienen: **A**. Observaciones públicas. **B**. Observaciones a planetas y estrellas, etc. **C**. Organizan charlas y conferencias, y **D**. Cursos de iniciación a la astronomía.

10. Islas Canarias

10.1. Agrupación Astronómica de Gran Canarias.

Es una asociación cultural sin ánimo de lucro, formada por personas que sienten curiosidad y admiración por la naturaleza del universo y todo lo que lo constituye. Se fundó el 1/6/90

La finalidad de esta agrupación es: **A**. Disfrutar contemplando, fotografiando y estudiando el universo en todo en su esplendor. Como objetivo tiene la labor social de divulgación de la cultura científica, actuando como fuente de educación no-formal.

Está estructurada en grupos de trabajos. Estos grupos son: **A**. Planetas menores 8cometas y asteroides). **B**. Meteoros. **C**. Astrofotografía. **D**. Cosmología, y **E**. Arqueoastronomía, etc.

Estos son los pilares básicos sobre los que se apoya la actividad observacional e investigadora.

Promueve diversas actividades. Estas son: **A**. Exposiciones y conferencias en la sede. **B**. Observación de los astros. **C**. Conferencias y exposiciones en centros culturales. **D**. Campañas de observación de acontecimientos astronómicos, y **E**. Cursos.

10.2. Agrupación Astronómica de la Isla de La Palma.

Esta agrupación no se fundó hasta el año 1.986, está constituida por un grupo de personas interesadas con la astronomía y ciencias afines.Vienen realizando diferentes actividades relacionadas con la observación y divulgación astronómica. Sacan una revista que se llama BOREAL. Sus miembros realizan también investigaciones de carácter astronómico y de divulgación de la astronomía.

Como actividades tienen: **A**. Se imparten también conferencias, charlas. **B**. Se dan cursos. **C**. Se han creado los talleres de astronomía, y **D**. También han colaborado en unas jornadas de puertas abiertas, que se llevó a cabo en el observatorio del Roque de los Muchachos.

10.3. Agrupación Astronómica de Tenerife.

Nació el 20/5/87 a raíz de la fusión de dos grupos de aficionados de la astronomía, (en su mayor parte, constituidos por estudiantes de la facultad de física de La Laguna). Intercambian entre sí información y conocimientos, realiza una ayuda mutua en la investigación, fomentar la divulgación a todos los niveles de esta ciencia y coadyudar a la labor de observación y estudio de la misma.

10.4. Sociedad de Observadores de Meteoritos y Cometas de España "SOMYCE".

Fue fundada en el año 1987 y legalizada en el año 1.988. Tiene como principales finalidades: **A**. La coordinación de los observadores de meteoros, cometas y

asteroides en España. **B**. La recopilación y el análisis de los datos aportados por los observadores. **C**. Dar a conocer a la comunidad astronómica internacional todos los datos de los observadores. **D**. La investigación en el campo de la materia interplanetaria y, en concreto, de los meteoros, cometas y asteroides. **E**. La formación de observadores mediante la divulgación de la metodología apropiada, y **F**. La divulgación de la astronomía, de la materia interplanetaria.

Nuevos grupos amateurs de observadores y meteoros comenzaron sus observaciones en España a finales de los setenta. Se hicieron por aquel entonces especialmente importantes las secciones de meteoros de diversas asociaciones locales. Durante la década de los 80 empiezan a publicarse los 1º resultados obtenidos por diversos grupos.

11. Cantabria

11.1. Agrupación Astronómica Cántabra.

Para hablar del origen de la agrupación tendríamos que remontarnos al verano del año 1.982. En los años 80 se construyeron numerosos telescopios. A finales de 1.983 sale la revista ESTELA. Siempre hemos prestado especial atención a nuestra labor en centros escolares y de enseñanzas medias, así como en colectivos juveniles y culturales, asociaciones, etc., impartiendo conferencias con proyecciones audiovisuales y sesiones de observación del cielo.

Actividades. Se realizan las siguientes: **A**. Se dan cursos de iniciación a la astronomía. **B**. Se hacen dos salidas de observación al mes. **C**. Se hacen jornadas de puertas abiertas cuyo única finalidad es la de acercar al ciudadano de pie a la astronomía. **D**. Se colabora con entidades públicas y privadas, y **E**. Se intercambian la revista entre asociaciones de España.

Otras actividades son: **A**. La de cielo profundo, y **B**. La del sistema solar.

Es miembro de la AAVSO y colaboramos con el Observatorio de Estrasburgo y el Observatorio Real de Bélgica y con la AAVSO.

Referencias

[1] De los listados que hay en internet, entre ellos el de la LIADA.
[2] Del Año Internacional de la Astronomía.
[3] De los diferentes CEA.

Parte VI

Aplicaciones Didácticas e Historia

Cartografía Estelar
Los libros más bellos del cielo

Miguel Ángel Viciana Clemente

Sociedad Astronómica Granadina
www.nombresuniverso.com
contacto@nombresuniverso.com

Resumen. Los atlas estelares se utilizan habitualmente en la observación astronómica con programas como Cartes du Ciel, Stellarium o Sky Map. Actualmente las grandes agencias espaciales cartografían las estrellas y las galaxias. Sin embargo, la cartografía estelar tiene una historia que se remonta a los orígenes de las civilizaciones y ha dado como resultado atlas de gran interés científico y calidad estética.

Palabras clave: atlas estelares, constelaciones, historia.

1. Introducción. La cartografía estelar en la actualidad

Cartografía celestial o uranografía es la rama de la astronomía dedicada a estudiar y situar las estrellas, planetas, galaxias y otros objetos celestiales en mapas u otros soportes. La cartografía de los objetos celestes a lo largo de la historia se ha realizado a ojo, con instrumentos como el cuadrante, el sextante o con telescopios y métodos informáticos. La cartografía estelar tiene plena actualidad. La utilizan habitualmente los aficionados en las observaciones por medio de planisferios o programas informáticos (*Sky Map*, *Cartes du Ciel*, *Stellarium*) Es más, en el 19 de diciembre de 2013 se lanzó al espacio el telescopio *Gaia* con el fin de analizar 1.000 millones de estrellas y hacer un mapa tridimensional de nuestra Galaxia. El telescopio de 10 metros de largo y dos toneladas de peso responde a un proyecto de la Agencia Espacial Europea (ESA). *Gaia* está situado ahora en el punto L2 de Lagrange, una zona en la que la influencia gravitacional de la Luna, el Sol y la Tierra queden neutralizados. A *Gaia* le precedió el satélite *Hipparcos* que fue enviado en la década de los 90 también por la Agencia Espacial Europa. De la misión se obtuvieron los catálogos *Hipparcos* y *Tycho* (*Tycho-1*) que contiene 1.050.000 estrellas. Pero no sólo se cartografían las estrellas. También las galaxias y la radiación de fondo.

- La cartografía de las galaxias se ha plasmado en el S*loan Digital Sky Survey* (SDSS), tres mapas tridimensionales que albergan casi un millón de galaxias y más de 100.000 quásares. Los mapas se han confeccionado a partir de los datos recogidos por un potente espectrógrafo y por un telescopio de 2,5 metros situados en el Observatorio Apache Point, Nuevo México.

- La radiación de fondo ha sido cartografiada por tres satélites COBE, WMAP y *Plank*. (En la foto del satélite *Plank*, la zona más luminosa corresponde a la Vía Láctea, las zonas azules representan la radiación infrarroja, mientras que las zonas más rojizas son las microondas que contienen la radiación de fondo.)

No obstante, la cartografía tiene una antigüedad de tres milenios. En las siguientes páginas haremos un recorrido por la interesante historia de la cartografía estelar desde sus orígenes a la actualidad.

2. Primera etapa. Desde los orígenes hasta Ptolomeo

El primer listado de estrellas y planetas se encuentra en unas tablas de arcilla que se grabaron en Mesopotamia en torno al año 1000 a C. Son las tablas Mul-Apin y están escritas en caracteres cuneiformes. Se conserva también un planisferio posterior. Fue encontrado en Nínive, la capital asiria, y pertenece al reinado del rey Asurbanipal (668-626 a.C.). El catálogo de estrellas más elaborado de la antigüedad es el *Almagesto* de Claudio Ptolomeo, del siglo II. En el libro las estrellas vienen clasificadas con su magnitud y muchas veces con su nombre. Ptolomeo realizó un estudio sistemático del cielo durante quince años, perfeccionando aún más la obra de su predecesor, el astrónomo griego Hiparco (siglo II a.C.). El *Almagesto* contiene además 48 constelaciones. Estas constelaciones han recibido el nombre de *Clásicas* para distinguirlas de las *Modernas* que se inventaron a partir del Renacimiento. Las Constelaciones Clásicas comprenden las 12 contestaciones del Zodiaco más otras 35 que abarcan la esfera celeste que se veía desde Alejandría. En el siglo XX la Unión Astronómica Internacional incluyó en su repertorio de constelaciones prácticamente todas las Constelaciones Clásicas.

La mayoría de estas constelaciones se explican con mitos. Algunas constelaciones tienen varios mitos diferentes dependiendo de la cultura mítica. Entre las más constelaciones antiguas se encuentran las del Toro y del León. En Mesopotamia, la cuna de la mayoría de las constelaciones al Toro y al León les correspondía una parte del año. Todos los años el Toro y el León reemprendían una lucha mortal que siempre ganaba el León, lo cual era una alegoría del triunfo de la estación calurosa. Esta lucha aparecía grabada una y otra vez en las murallas de la ciudad de Persépolis (siglo VI a.C.), una ciudad construida especialmente para celebrar ritos sagrados y como residencia de los reyes. En la mitología grecorromana el Toro se asocia con Júpiter que se transformó en este animal para conquistar a Europa. El León se identificaba con el León de Nemea cazado por Hércules. No nos ha llegado ningún mapa de las constelaciones de Ptolomeo. Se sabe como las concebían en la cultura grecorromana gracias al globo celeste que soporta la escultura el Atlas de Farnese del siglo II. Se trata del globo celeste más antiguo que se ha conservado.

3. Segunda etapa. Edad Media y Renacimiento

- **Edad Media**
  Los dibujos de las constelaciones medievales tienen en común que no reflejan exactamente la situación de las estrellas. Destacan por su rigor científico los atlas y tablas realizados por Al-Sufi y Alfonso X el Sabio. Al-Sufi en el año 964 publicó el *Libro de las estrellas fijas*. En él se hace un catálogo de las estrellas mezclando el Almagesto de Ptolomeo, sus propias observaciones y la tradición árabe (anwa). Algunas de las curiosidades del *Libro de las estrellas fijas* de Al-Sufi son:
  - Cada constelación aparece dibujada dos veces. Una vista desde la Tierra y otra desde fuera de la esfera celeste.
  - Que menciona la galaxia Andrómeda como una nube

  Las *Tablas alfonsíes* de Alfonso X el Sabio tenían como finalidad conocer la posición de los astros según el modelo de Ptolomeo. En las *Tablas alfonsíes* se juntaron las observaciones del astrónomo cordobés al-Zarkali, y las observaciones aportadas por los astrónomos de la corte del rey durante nueve años. En los mapas de Alfonso X se distinguen las constelaciones clásicas. Las *Tablas Alfonsíes* fueron muy utilizadas posteriormente por los navegantes europeos de los siglos XV y XVI, llegando a servir, incluso, como base a los descubrimientos posteriores de Copérnico.
- **Renacimiento**
  En el Renacimiento destaca el catálogo de estrellas de Tycho Brahe, que sirvió de base para posteriores mapas estelares. También hay que señalar dos mapas estelares, el de Durero por belleza y el de Alessandro Piccolomini. Tycho Brahe, patrocinado por los reyes de Dinamarca Federico y Rodolfo, que le construyeron un palacio-observatorio y que le financiaron la confección de varios instrumentos astronómicos, elaboró un catálogo extremadamente preciso de 1.000 estrellas. El catálogo recibió el nombre de *Tablas Rudolfinas* (1601). Uno de los instrumentos que Tycho Brahe utilizó fue un cuadrante de dos metros de radio que necesitaba de varias personas para ser utilizado (los cuadrantes normales se pueden coger con una sola mano). Las precisas observaciones de Tycho Brahe las aprovechó Johannes Kepler para describir con precisión los movimientos de los planetas.
  El primer mapa estelar europeo impreso fue realizado por Alberto Durero en 1515. En su elaboración colaboraron dos astrónomos y se basaba en el *Almagesto* de Ptolomeo.
  Alessandro Piccolomini compuso con mayor rigor científico el libro *Della sfera del mondo* en 1540. Aunque Piccolomini no dibujara las figuras de las constelaciones, es precursor del atlas que realizaría más tarde Johan Bayer en dos aspectos:
  1. Intenta reflejar con bastante verosimilitud la posición y el tamaño de las estrellas (hasta la magnitud 4), algo que no solía importar a los autores de la época.
  2. Etiqueta las estrellas de cada constelación con letras minúsculas.

4. Edad de oro

La edad de oro de los mapas estelares abarca desde 1600 a 1800. A este periodo pertenecen algunos de los atlas más bellos que se han publicado. Entre los atlas estelares destacan:

- *Uranometria* de Johann Bayer (1603)
- *Uranographia* de Johannes Hevelius (1690)
- *Atlas Coelestis* de John Flamsteed (1729)
- *Coelum australe stelliferum* de Nicolas Louis Lacaille (1763)
- *Uranographia* de Johann Elert Bode (1801)

Todos ellos se caracterizan por su belleza estética y por haber sido realizados por astrónomos con gran precisión científica.

Además Bayer, Hevelius y Lacaille son creadores de nuevas constelaciones aceptadas por la Organización Internacional de Astronomía (IAU). De hecho, se llaman *Constelaciones Clásicas* a las recogidas por Claudio Ptolomeo y *Constelaciones Modernas* a las creadas por los tres astrónomos citados.

4.1. Johan Bayer. *Uranometria* (1603)

Su gran aportación fue reunir en un sólo atlas las antiguas constelaciones que cubrían el hemisferio norte y las nuevas constelaciones del hemisferio sur que habían ido añadiendo los navegantes europeos, en especial, los holandeses Frederick de Houtman y Pieter Keyser. Otra novedad de *Uranometría* aceptada actualmente es la *designación Bayer* de las estrellas. Antiguamente y durante toda la Edad Media no se había mostrado una gran preocupación por situar con precisión las estrellas en los atlas estelares. Las estrellas a veces se colocaban fijándose más en que fueran acordes con el dibujo de la constelación que en la posición real en el cielo. Para que dos astrónomos supieran de qué estrella estaban hablando, debían tener ambos el mismo atlas con los mismos dibujos, y se referían a la estrella describiendo en que parte de la figura se hallaba, por ejemplo: "Tal estrella se encuentra en el hombro derecho del gigante Orión y tal otra en el pliegue izquierdo del delantal de Andrómeda". Bayer asignó a cada estrella una letra griega. Si en la constelación había más estrellas que las 24 letras del alfabeto griego, pasaba al alfabeto latino. En principio, ponía las letras dependiendo del brillo: Alfa era la más brillante; Beta algo menos brillante y así sucesivamente. En algunas ocasiones prefería poner las letras yendo de norte a sur de la constelación, como en el caso de la constelación de Orión. En otras, por último, seguía la figura del dibujo como antiguamente. Hay que decir que *Uranometría* presenta un curioso fallo que, al ser imitado en varios atlas posteriores, casi se puede decir que ha sido consagrado. En efecto, algunas constelaciones aparecen como si se hubieran copiado al revés. Quizá el error se originara en el momento de elaborar las planchas de cobre que se usaron para hacer los grabados. El caso es que el lector no avisado se puede confundir porque algunos nombres de estrellas están aparentemente equivocados y cuando se indica que la estrella está en el hombro derecho, resulta que está en el izquierdo.

4.2. Uranograpia, Johannes Hevelius (1690)

De su vida personal cabe destacar que se dedicó al próspero negocio de la cerveza y que su mujer, Elisabetha Koopman, también se apasionó por la astronomía. Su observatorio privado competía con los financiados por las más poderosas casas reales de Europa. Sin duda el instrumento más llamativo que construyó Hevelius fue un telescopio de más de 40 metros. El afán por construir telescopios cada vez mejores empezó en el momento en que Galileo enfocó al cielo su telescopio de no más de metro y medio. El objetivo de lograr más aumentos tropezaba con el hecho de que con las técnicas de entonces resultaba muy difícil fabricar cristales sin defectos. La solución fue aumentar la distancia focal. El problema radicaba en que cuanto más grandes eran los telescopios, más complicado se hacía manejarlos. Con los grandes telescopios resultaba una proeza mantener un objeto enfocado, pues con un poco de viento el telescopio se movía dando al traste con el trabajoso esfuerzo de ponerlo a punto. A pesar de disponer de este y otros telescopios, Hevelius siempre confió más en su capacidad visual que en sus instrumentos ópticos. Al estilo de Tycho Brahe, que un siglo antes había tabulado en torno a 1000 estrellas con gran precisión, Hevelius se subía a la terraza de su casa con Elisabetha, su segunda esposa, y se pasaba horas y horas observando el cielo nocturno. De esta forma elaboró su propio catálogo con más de 1.500 estrellas. Las constelaciones modernas que inventó Hevelius aparecen en su atlas estelar *Firmamentum Sobiescianum* en 1690. No todas las constelaciones que propuso han sido aceptadas por la Unión Astronómica Internacional. Las constelaciones que sí aceptó finalmente la IAU son las de los Perros de Caza, el Escudo, la Lagartija, el León Menor, el Lince y el Sextante. El Escudo es la única constelación dedicada a un personaje histórico. Juan III Sobiesky, que ayudó a frenar a los turcos en Viena en 1683 y con el que Polonia alcanzó su mayor extensión.

4.3. Jhon Flamsteed, Atlas Coelestis (1729)

Atlas Coelestis es el primer atlas estelar basado en observaciones telescópicas. Fue utilizado por astrónomos profesionales. Sus dos defectos principales:

- La poca calidad de los dibujos.
- El gran tamaño de las láminas

Estos defectos se subsanaron en la versión de Jhon Bebis, *Uranographia Britannica* y la del francés Nicolas Fortin que incluía nuevas nebulosas.

4.4. Coelum australe stelliferum. Nicolas Louis de Lacaille (1763)

Lacaille es un importante astrónomo francés que trabajó en su juventud con Jean-Dominique Cassini. La Academia de las Ciencias de Francia aceptó su proyecto de viajar al Cabo de Buena Esperanza con el fin de llevar a cabo diversos estudios astronómicos. Cuando llegó al Cabo de Nueva Esperanza tuvo una desagradable sorpresa. Hacía tanto viento un día sí y otro también, que se hacía

muy difícil mantener enfocados los telescopios. El fastidioso viento del sudoeste le forzó a utilizar los aparatos menos potentes durante largas temporadas. Con todo, Lacaille se mereció el apelativo de *Colón de los cielos australes*, pues catalogó en torno a diez mil estrellas de hasta la novena magnitud y numerosos objetos de cielo profundo. Montó su observatorio junto a la montaña llamada la Mesa a la que dedicó una constelación. Lacaille añadió en su obra *Coelum australe stelliferum* (1763) catorce nuevas constelaciones en los cielos del sur que en el siglo XX fueron asumidas por la Unión Astronómica Internacional. En estas constelaciones no siguió la tradición clásica de utilizar seres mitológicos ni la tradición moderna iniciada por Bayer de dibujar animales. Lacaille, como ilustrado que era, prefirió inspirarse en las ciencias y las artes para ensalzar el espíritu innovador del ser humano.

4.5. Uranographia. Johann Elert Bode (1801)

Uno de los mejores atlas celestes. Como Flamsteed y Lacaille, se basó en observaciones telescópicas, pero esta vez incluía nada más y nada menos que 17.000 estrellas y 2.500 nebulosas obtenidas por William Herschel con el *monstruo*, un telescopio de 1,2 metros de abertura. Las novedades de *Uranographia* son:

- Aparecen delimitadas por primera vez las constelaciones, de manera que ya no había confusión sobre a qué constelación pertenecía cada objeto estelar.
- Incluye nuevas constelaciones, aunque en esta ocasión no fueron aceptadas por la IAU. Estas constelaciones eran *Officina Typographica* (La Imprenta), *Globus Aerostaticus*, *Machina Electrica*, *Lochium Funis* (Cuaderno de Bitácora), *Sceptrum Branderburgicum* o *Quadrans Muralis* (de donde procede el nombre de la lluvia de meteoros de las Cuadrántidas).

5. Cuarta etapa. Eugène Delponte y la IAU

La *Uranographia* de Bode fue el último atlas que sirvió tanto para astrónomos aficionados como para los profesionales. Actualmente los avances en la observación hacen imposible que un libro contenga todos los objetos estelares que se van descubriendo. Durante un tiempo, se siguieron publicando nuevos atlas de una gran belleza estética en los que aparecían dibujadas las constelaciones, pero sin rigor científico. En 1930 Eugéne Delponte publicó *Délimitation scientifique des constellations (Tables et cartes)*. En esta obra aparecen los límites de las constelaciones, pero sin los dibujos de las constelaciones. La Unión Astronómica Internacional aceptó estas demarcaciones. La palabra "constelación", desde entonces, alude con más propiedad a la delimitación de Delponte que a las antiguas figuras mitológicas.

Actualmente los astrónomos y los aficionados utilizan para sus observaciones con telescopios cartas celestes de gran precisión. Cabe señalar:

- Libros como *Uranometria 2000.0* o *Deep Sky Atlas* que contiene estrellas y objetos hasta la magnitud 11,5.

- Los programas informáticos como *Sky Map*, *Cartas Celestes* y *Stellarium*.

Referencias

[1] Miguel Ángel Viciana Clemente, "Nombres del Universo", `www.nombresuniverso.com`, registrado en 2013.
[2] Anna Caiozzo, "Images du ciel d'Orient au Moyen Âge", *Presses de l´Universié de Paris-Sorbonne*, 2003.

La recuperación de información en Astronomía: una propuesta para mejorar la descripción documental de catálogos y atlas de estrellas históricos

Mª Pilar Alonso Lifante[1], Celia Chaín Navarro[1]

[1]Facultad de Comunicación y Documentación, Universidad de Murcia
mp.alonsolifante@gmail.com, chain@um.es

Resumen. La documentación astronómica histórica almacenada en archivos y bibliotecas especializadas (ubicadas en instituciones militares, observatorios astronómicos, so-ciedades astronómicas, etc.) contiene información de gran interés para diferentes usuarios: astrónomos profesionales y amateurs, astrofísicos, historiadores de la ciencia, etc. Esta documentación suele estar catalogada con los estándares propios de bibliotecas y archivos (MARC 21, ISBD, ISAD(G), RDA, etc.), que sólo permiten realizar descripciones documentales generales orientadas a la localización de documentos, pero no a la localización de determinados datos dentro de dichos documentos. En esta ponencia se presenta una propuesta de nuevos parámetros de descripción, obtenidos tras el análisis de catálogos y atlas de estrellas de los siglos XVIII, XIX y XX, orientados a lograr una mejor y más selectiva recuperación de información en dichas instituciones. Esta propuesta supone un paso adelante en el complejo proceso de descripción de recursos altamente especializados, lo cual permitirá a sus potenciales usuarios poder buscar en los OPACs de bibliotecas astronómicas de una forma más próxima a como lo hacen en otras bases de datos astronómicas especializadas.

Palabras clave: recuperación de información astronómica, catálogos de estrellas históricos, atlas de estrellas históricos, cartas celestes históricas, catalogación especializada, patrimonio documental.

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente existe gran cantidad de información astronómica histórica de interés recogida en diversos tipos de documentos que se conservan en archivos y bibliotecas astronómicas de todo el mundo. Entre estos documentos son de sobra conocidos los catálogos y atlas de estrellas, todavía compilados en la actualidad aunque en formatos bien diferentes y con datos varios órdenes de magnitud más precisos procedentes de instrumentos cada vez más sofisticados. Sin embargo, las medidas procedentes de observaciones varios siglos atrás ha atraído y sigue

atrayendo a buena parte de la comunidad científica [1] [2]. No en vano, grandes descubrimientos en Astronomía han sido posibles gracias a la comparación de datos históricos y contemporáneos. Sirva de ejemplo el descubrimiento del ahora bien conocido "movimiento propio" de las estrellas por parte del astrónomo inglés Edmund Halley cuando comparó las posiciones de estas estrellas en observaciones realizadas en su época (siglo XVIII) con aquellas realizadas por el griego Hiparco y otros en el siglo II [3].

En efecto, el movimiento propio es uno más de una extensa lista de parámetros por los que los investigadores en Astronomía y Astrofísica suelen buscar en bases de datos especia-lizadas tales como SIMBAD, NED ó VizieR [4], las cuales ofrecen un amplísimo abanico de opciones de búsqueda posibilitando la recuperación de casi cualquier dato que deseen entre todas las fuentes disponibles. El problema surge cuando estos investigadores quieren consultar el catálogo de la biblioteca (OPAC -*Online Public Access Catalogue*-, en adelante) de forma similar a como lo hacen en las bases de datos anteriormente mencionadas. El principal obstáculo con el que se encuentran es la propia interfaz de búsqueda, que no les permite realizar consultas especializadas por parámetros bien conocidos como coordenadas, magnitudes de brillo, movimientos propios, etc. ¿Por qué sucede esto? Sencillamente porque los bibliotecarios emplean una serie de normas para describir los documentos (los denominados estándares de catalogación [5] como MARC 21, ISBD, ISAD(G), RDA, etc.) que son muy generales y no permiten realizar descripciones lo suficientemente especializadas de los recursos que albergan. Esto se traduce en que los fondos no pueden ser adecuadamente explotados por los investigadores. En definitiva, parte del problema reside en que las bibliotecas astronómicas usan los mismos estándares de catalogación que las bibliotecas generales, a pesar de que albergan un tipo documentación mucho más especializada.

1.2. Propuesta de solución

El incremento del nivel de especialización de los recursos astronómicos debe ir necesariamente ligado a un mayor nivel de especialización de las descripciones documentales de dichos recursos. En este sentido, la mejora de la descripción del contenido de cualquier re-curso pasa por la creación y utilización de nuevos metadatos que permitan una recuperación de información verdaderamente satisfactoria. A este respecto se han ido generando una serie de iniciativas cuyo máximo exponente ha sido la creación de los denominados Observatorios Virtuales [6], agrupados en lo que hoy se conoce como "Alianza Internacional de Observatorios Virtuales" (IVOA, por sus siglas en inglés), ayudados por grandes instituciones como el "Centro de Datos Astronómicos de Estrasburgo" (CDS), entre otros. En efecto, el principal trabajo de IVOA se centra en el desarrollo de nuevos estándares destinados a mejorar la interoperabilidad entre los archivos astronómicos existentes y facilitar así el intercambio de información de manera unificada. Estas iniciativas están destinadas principalmente al tratamiento de la información astronómica almacenada electrónicamente en bases de datos, así como la que se genera como resultado de nuevos proyectos de observación

y misiones espaciales. Sin embargo, la gestión de la información histórica almacenada en distintos soportes no electrónicos (placas, libros, mapas, imágenes, etc.) requiere de un tratamiento diferente que permita su posterior análisis e incorporación a dichas bases de datos para hacerla accesible a la comunidad científica, preservándola así de una forma más eficiente ya que se evita que el deterioro del soporte produzca pérdidas de información. La cuestión que surge inmediatamente es cómo saber en qué documentos (de entre los miles que albergan estas bibliotecas astronómicas) se encuentran los datos que se necesitan en cada momento. Esta cuestión pone de manifiesto la importancia de una adecuada descripción de los contenidos de los mismos. En otras palabras, sólo accederemos a los datos deseados de forma eficaz y eficiente si previamente reflejamos la existencia de dichos datos en los registros bibliográficos. En este sentido hemos realizado dos análisis sobre catálogos [7] y atlas de estrellas [8] de los siglos XVIII, XIX y XX procedentes del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) (San Fernando, Cádiz). Los resultados muestran, por un lado, que existe un cierto número de parámetros técnicos que no están presentes en los estándares de catalogación y que deberían tenerse en cuenta en las descripciones bibliográficas de estos documentos especializados y, por otro, que hay información que puede ser descrita actualmente con dichos estándares pero cuyos campos no están siendo utilizados ampliamente por parte de los catalogadores. El objetivo de este análisis fue localizar dichos parámetros técnicos y proponer su incor-poración en las descripciones bibliográficas actuales. Creemos que incorporar todos estos parámetros a los estándares de catalogación supondría un primer paso en el proceso paulatino de migración que debe producirse de dichos estándares generales a los desarrollados por los observatorios virtuales. En esta ponencia indicamos las diferencias entre las posibilidades de búsqueda que ofrece una base de datos astronómica frente a un OPAC, un ejemplo concreto de una necesidad de información así como los parámetros que proponemos para mejorar la descripción documental de catálogos y atlas de estrellas históricos.

2. Bases de datos astronómicas vs. OPACs

Las opciones de búsqueda que ofrecen las bases de datos astronómicas [9] difieren considerablemente de las proporcionadas por los OPAC de bibliotecas. Por citar un ejemplo notable, la base de datos de catálogos VizieR permite realizar búsquedas en lenguaje natural por nombre de autor, título del catálogo, breve descripción, etc., al mismo tiempo que permite filtrar por longitud de onda (*Wavelength*), nombre de la misión (*Mission*) y por palabras clave relacionadas con datos astronómicos (*Astronomy*). Además, ofrece la posibilidad de buscar por nombre estandarizado de un objeto de un catálogo concreto (ej. NGC 4321), por coordenadas, por la así llamada "posición IAU" y podemos acotar la búsqueda por época y por región específica del cielo. Finalmente ofrece otros dos tipos de búsqueda: la búsqueda de catálogos por las descripciones de sus columnas (*Search for catalogs by column descriptions*) y la búsqueda por catálogos que contienen datos adicionales (*Search for catalogs containing additional data*). La

primera ofrece un listado de parámetros técnicos (Descriptores de Contenido Unificado –UCD-) que están basados en la descripción de los contenidos de un catálogo, permitiendo al investigador buscar catálogos por el tipo de dato que le interese. La segunda permite filtrar por otro conjunto de parámetros adicionales: espectro, densidad espectral de energía, etc

Sin embargo, los OPACs de las bibliotecas, como por ejemplo el del ROA (*Bibliodef* - Red de Bibliotecas de Defensa-) [10], sólo permiten realizar dos tipos de búsqueda: una simple y otra avanzada. La búsqueda simple permite realizar consultas en lenguaje natural y filtrar por las distintas bibliotecas de *Bibliodef* que nos interesen. La búsqueda avanzada permite filtrar por distintos tipos de documentos: publicaciones periódicas, cartografía moderna, cartografía histórica, etc., aunque en todos estos casos, a diferencia de lo que cabría esperar, los campos de búsqueda son siempre los mismos: autor, título, editorial, materia, colección, documento fuente, fecha de publicación, lengua, país y formato (monografías, cartografía, material gráfico, etc.). En definitiva, podemos observar que ninguno de los dos tipos de búsqueda posibles ofrece la opción de buscar por los parámetros técnicos que proporcionan las bases de datos astronómicas.

A pesar de esta notable dificultad a la hora de abordar búsquedas especializadas, los estándares de catalogación sí permiten describir algunos parámetros astronómicos: coordenadas, magnitud, época, equinoccio, proyección, escala angular, nombre del cuerpo extraterrestre y distancia desde la Tierra. Sin embargo, la posibilidad de registrar esta información no está exenta de ciertas limitaciones. En el caso de las coordenadas, tan sólo se puede indicar la ascensión recta y la declinación, no pudiéndose registrar otro tipo de coordenadas (eclípticas, galácticas, etc.). En cuanto a la forma de registrar la magnitud, los ejemplos que muestran los estándares no aclaran si se puede indicar el rango de magnitudes de los objetos celestes que aparecen en los recursos. Además, al estar esta información relegada a un campo de notas, cabe la posibilidad de que algunos OPACs no la recuperen. Sobre estas y otras limitaciones véase la referencia [11]. En definitiva, aunque las normas ofrecen la posibilidad de describir estos parámetros, la realidad es que apenas son empleados por los catalogadores a la hora de realizar descripciones, además de ser insuficientes para crear una buena descripción de los recursos astronómicos.

3. Necesidad de información de un investigador: un ejemplo práctico

Imaginemos, por ejemplo, que un investigador desea consultar todos los catálogos de estrellas del siglo XIX que proporcionan explícitamente el movimiento propio. Esta sencilla búsqueda se convierte en un verdadero quebradero de cabeza buscando en el OPAC de una biblioteca astronómica. Para demostrarlo, tomemos como ejemplo el catálogo de estrellas de David Gill de 1898 [12], que facilita en la tabla principal de su catálogo una columna con el movimiento anual propio de las estrellas observadas. La figura 1 muestra cómo se ha catalogado

la obra por parte la biblioteca del ROA, la *British Library* (BL) y la *Library of Congress* (LC).

Figura 1. Registro del catálogo de estrellas de David Gill [12] creado por el ROA, BL y LC. Consulta: febrero 2014. Fuente: *Bibliodef*, *British Library* y *Library of Congress*.

Como puede observarse, el registro creado por el ROA sólo ofrece al usuario el título del documento y algunos datos de publicación. Además, al consultar este catálogo de estrellas físicamente en la biblioteca puede observarse que ya en la propia portada del mismo se ofrece información astronómica de interés como el equinoccio (1890.0, que las normas actualmente permiten describir pero no se indica en este caso), el lugar de observación (Real Observatorio del Cabo de Buena Esperanza) o el periodo de observación (del año 1885 a 1895). Vemos que esta información se ha indicado en la etiqueta "Título", pero no se ha reflejado en sus campos propios (existentes en la mayoría de los estándares), lo que permitiría crear diferentes puntos de acceso a la información y repercutiría en una mejor recuperación de información. Sucede lo mismo en los registros que ofrecen BL y LC. Además, aunque las tres bibliotecas han empleado el formato MARC como herramienta de codificación, ni siquiera hay unanimidad en la presentación de la información que se muestra al usuario: el ROA muestra título, editorial, descripción física y materias; la BL indica el título, el autor, el contribuidor, detalles de publicación, identificador, descripción física y signatura topográfica;

y la LC ofrece el nombre corporativo, el título principal, los datos de publicación/creación y la descripción, entre otros. En definitiva, si un investigador desea realizar una búsqueda de todos los catálogos de estrellas del siglo XIX que proporcionan explícitamente el movimiento propio, no puede hacerlo porque esa información no ha sido incorporada a la base de datos.

4. Propuesta de parámetros de descripción

Como se ha comentado en la sección 1, para intentar solventar el problema de recuperación de información astronómica existente en archivos y bibliotecas, hemos realizado dos estudios de catálogos y atlas de estrellas de los siglos XVIII al XX procedentes del Real Instituto y Observatorio de la Armada. En dichos estudios se ha analizado la estructura de ambos tipos de documentos con el objetivo de conocer los datos científicos que se proporcionan con mayor frecuencia. Como resultado se ha obtenido una serie de parámetros que se muestran en la tabla 1. Para más detalles sobre estos parámetros véanse referencias [7] [8].

Tipos de parámetros	Parámetros técnicos identificados
Parámetros cartográficos	Coordenadas; tipo de coordenadas; escala; perspectiva; proyección.
Parámetros astronómicos	Época; equinoccio; magnitud; tipo de magnitud; instrumentos; hemisferio celeste; lugar de observación; período de observación; nombre de las constelaciones; nomenclatura de las estrellas; imágenes de constelaciones; longitud de onda; objetos de interés; significado de las columnas de la tabla principal del catálogo (movimiento propio, precesión, correcciones, etc.); título de otras tablas que complementan la tabla principal del catálogo.
Otros parámetros de interés	Documento relacionado; índice; tipo de documento.

Tabla 1. Propuesta de parámetros astronómicos/astrofísicos para la descripción de catálogos y atlas de estrellas históricos. Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

Podemos concluir que son dos las principales dificultades que encuentra un investigador en Astronomía cuando accede al OPAC de la biblioteca astronómica. Por un lado, la interfaz de búsqueda no es muy parecida a la de las bases de datos especializadas en las que está acostumbrado a consultar y, por otro, cuando realiza una búsqueda por parámetros astronómicos/astrofísicos puede recuperar un número muy reducido de documentos (o ninguno en muchas ocasiones) que no reflejan en absoluto la cantidad ingente de información histórica que alberga la biblioteca. Por tanto, queda patente que sin una adecuada descripción de los recursos no es posible ofrecer un buen servicio a estos usuarios en esta institución documental. Creemos que nuestra propuesta de parámetros de descripción es un primer paso encaminado a la resolución de este problema.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Fundación Séneca (Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia) y es uno de los resultados del proyecto ARGOS II, con referencia 11936/PHCS/09. Aprovechamos este espacio para dar las gracias al Dr. Francisco Javier Molero (Doctor en Astrodinámica, Universidad de Murcia) por sus ideas, comentarios y consejos, así como por el tiempo empleado en la lectura de versiones preliminares de este trabajo. Agradecer también al astrónomo François Ochsenbein, miembro del *staff* del CDS y encargado de VizieR, su amabilidad al responder nuestros e-mails.

Referencias

[1] F. Verbunt and R. H. Van Gent, "From Toledo to Venice: The Alfonsine Tables of Prosdocimo de Beldomandi of Padua (1424)", *A&A.*, vol. 516, A28, pp. 1-24, June-July, 2010.

[2] J. Chabás, "Scientific style and format: the CSE manual for authors, editors, and publishers", *JHA*, vol. 38 part 3, no. 132, pp. 269–281, August, 2007.

[3] M. Perryman, "The history of astrometry", *A&A.*, *Eur. Phys. J. H.*, vol. 37, no. 5, pp. 745-792, October, 2012. Available: doi: 10.1140/epjh/e2012-30039-4.

[4] F. Ochsenbein, P. Bauer and J. Marcout, "The VizieR database of astronomical catalogues", *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, vol. 143, no. 1, pp. 23-32, April, 2000.

[5] Biblioteca Nacional de España, "Normas internacionales", Available: `http://www.bne.es/es/Inicio/Perfiles/Bibliotecarios/NormasInternacionales/`

[6] E. Solano Márquez, "Actividades educativas y de divulgación en el marco del Observatorio Virtual Español", *in XX CEA, Gandía, Astrosafor*, 2012. Available: `http://www.astrofisicayfisica.com/2012/12/cea-xx-actividades-educativas-y-de.html`

[7] M. P. Alonso-Lifante, C. Chaín-Navarro and F. J. González-González, "A new proposal to improve the description of astronomical resources: the case of historical star catalogues", *Journal of Documentation*, submitted for publication 2013.

[8] M. P. Alonso-Lifante, C. Chaín-Navarro and F. J. González-González, "Historical celestial cartography: a proposal to improve the documental description of the contents of star charts and atlases", *The Cartographic Journal*, submitted for publication 2013.

[9] M. P. Alonso-Lifante and C. Chaín-Navarro, "Google Sky y los estándares de catalogación: un ejemplo de divergencia entre la información astronómica existente y la que se puede describir", Revista Española de Documentación Científica, vol. 36, no. 4, pp. 1-18, octubre-diciembre, 2013. Available:

http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/817/1052

[10] Ministerio de Defensa, "Bibliodef", Available: http://www.bibliodef.es/

[11] M. P. Alonso-Lifante and C. Chaín-Navarro, "Evaluating and fitting into cataloguing standards a new proposal of description parameters for astronomical resources: the case of historical star charts, atlases and catalogues", in creation process 2014.

[12] D. Gill, "A catalogue of 3007 stars, for the equinox 1890.0", *Darling & Son*, London, 1898.

Alineaciones astronómicas de Altares Rupestres y petroglifos en Alpuente

Ángel Flores[1,2]

[1] Asociación Valenciana de Astronomía
[2] Astronatura
info@astronatura.es

Resumen. El artículo describe las características de diversas rocas de grandes dimensiones en las que se insculpieron diferentes símbolos y cubetas que las hacen singulares en su entorno. Las direcciones señaladas por algunas de estas rocas tienen una relevante connotación astronómica y pudo ser utilizada como línea de base para establecer un calendario. Todos los elementos que se describiré en el artículo se encuentran en la localidad de Alpuente, en la Serranía Valenciana.

Palabras clave: arqueoastronomía, altar rupestre, petroglifo.

1. Introducción

En este artículo quisiera dar a conocer algunos altares rupestres que se hallan en el término de Alpuente. Rocas de grandes dimensiones sobre las que la intervención humana ha grabado cubetas y símbolos. Se califica como altares rupestres a aquellos vestigios prehistóricos, generalmente de gran volumen, a los que no se les intuye ninguna utilidad funcional. Las alineaciones formadas entre estas grandes rocas, o su propia orientación surgiere que podrían señalar algunas direcciones relacionadas con el orto y ocaso del Sol en fechas señaladas. Junto con la aritmética, la astronomía se tiene por la ciencia más antigua desarrollada por el hombre. La medida del tiempo debió ser estudiada hace algunos miles de años, y, posiblemente fue el primer desarrollo científico llevado a cabo por muchos de los pueblos de la antigüedad. Cuando menos se pueden señalar dos razones que llevarían al hombre antiguo a realizar una observación sistemática de los ciclos lunares y solares, y que podrían servir de base para la elaboración del calendario.

- El hombre agricultor necesita conocer y señalar las estaciones para realizar las diferentes labores agrícolas y esta necesidad impulsó el conocimiento de los ciclos se Luna y Sol.
- Además, con no menos fuerza, el carácter ritual o mágico atribuido a los cambios en el cielo, y en especial al Sol y la luna, pudo llevar a seguir los movimientos de estos astros.

También pudieron haber otras razones que desde nuestra cultura resulta difícil estimar, es posible que ciertas labores agrícolas estuviesen relacionadas

de forma mágica con estaciones o situaciones del Sol, o el temor de que algún día el Sol se pusiese y no volviese a salir. En cualquier caso es seguro que aprendió las fases de la Luna o los ciclos del sol, y muy probable que aplicase este conocimiento para contar el tiempo. La medida del tiempo suele estar relacionada con fenómenos astronómicos que tienen frecuencias muy regulares.

2. Descripción de los altares

En Alpuente se encuentran tres grandes roca que a mi juicio forman un la base para un calendario solar. Es una hipótesis aventurada, pero las alineaciones, cubetas y símbolos hallados en las rocas junto con otros elementos hallados en las proximidades pueden darle la consistencia suficiente. En los párrafos siguientes expongo las características de cada uno.

2.1. Altar fálico

Uno de estos altares, el más elaborado, es cilíndrico de 5.5 metros de diámetro y 3.4 metros de altura, figura 1, comprende tres estratos inclinados. Está labrado sobre piedra arenisca, se levanta sobre una superficie lisa y horizontal de este material de más de 100 metros cuadrados de extensión. La roca forma parte del terreno sobre el que se asienta, lo que presupone que fue tallada. Teniendo en cuenta los paralelismos existentes su tallado se dataría entre 2500 y 4000 años de antigüedad, en la edad del Bronce. La parte superior de la roca es ligeramente curvada y en su centro se encuentra una cubeta de 28 centímetros de diámetro y 25 de profundidad. Rodeando esta cubeta hay un pequeño canal de unos 5 centímetros de ancho por 2 de profundidad, con ocho canales radiales, de similares dimensiones que lo unen a la pileta central. Toda la mole está rodeada por 35 pequeños agujeros de unos 6 a 8 centímetros de diámetro y 3 a 5 de profundidad. Esta roca está catalogada como un altar fálico y parece que no hay duda sobre el perfilado artificial de los laterales del altar. Una de las caras presenta dos plataformas que permiten un fácil acceso. En la cara superior de la segunda plataforma hay dos cubetas más pequeñas, una de ellas es circular de unos 12 centímetros de diámetro y algo menos de 8 de profundidad, la otra de similares dimensiones presenta algunas grietas radiales en su borde. El cociente entre el diámetro y la altura coincide con el número áureo.

Esta roca la conocí hace varios años, al abordarla junto con los otros dos altares próximos se ha puesto de manifiesto el significado astronómico del conjunto.

2.2. Altar de los sacerdotes

El segundo altar, hemos convenido en llamarle “altar de los sacerdotes”, haciendo referencia al grabado que hay en una roca próxima que muestra tres figuras antropomórficas en actitud de orantes.

Figura 1. La roca forma parte de la base, esta compuesto por tres estratos inclinados. En su parte superior hay diferentes símbolos, el más notorio es una cubeta rodeada de un pequeño canal circular.

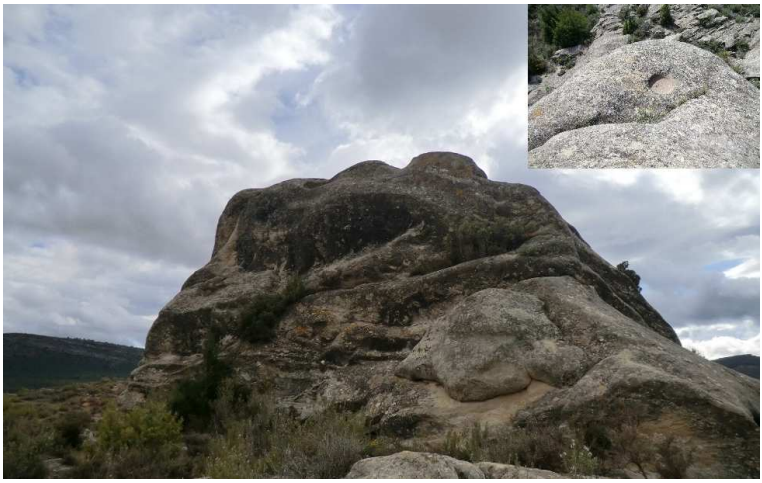


Figura 2. Cuatro elevaciones en forma de domos culminan la roca, en la parte superior norte la hay una cubeta que se muestra en el inserta arriba a la derecha.

También forma parte de la roca en la que se asienta. Es más tosco, de forma piramidal y de mayores proporciones, ver en figura 2. La altura es de 5.6 metros medidos sobre la cara este, 7 metros en la contraria. La base es rectangular de 10×4 metros que se reduce en la parte superior a 5×1.3 metros. El eje mayor se orienta en dirección noroeste. La parte superior presenta cuatro pequeñas elevaciones en forma de domos y en el extremo norte una cubeta de 25 centímetros de diámetro por 14 de profundidad. No se han observado grabados en sus caras laterales. No presenta ninguna cara por la que sea fácilmente accesible la parte superior. Es de suponer que esta roca era la referencia para determinar la salida del Sol.

2.3. Altar Celta

Es algo más pequeño que los dos anteriores. Tres de sus caras son bastante verticales lo que le confieren un aspecto más esbelto, figura 3. El altar tiene 5 metros de alto y 3×4 metros en la base. En su cara sur presenta una gran oquedad en su tercio inferior, y en la parte interior de esta la roca tiene un aspecto rojizo. Esta coloración puede deberse a haber alcanzado elevadas temperaturas, pudo utilizarse como un horno. La parte superior de este altar muestra una sobreelevación en forma de domo y arriba de ella una cubeta de 25 centímetros de diámetro, de forma circular, si bien no tan perfectamente talladas como las descritas en los otros altares.

2.4. Losa con orantes

Entre los dos altares descritos en los apartados 2.2 y 2.3 hay una losa de más de dos metros de ancho en la que se observan cuatro figuras antropomórficas, cuya posición semeja que están orando. Esta losa está casi al centro entre los dos altares, desde su posición hay una estupenda vista del conjunto de los tres altares. Entre los dos altares expuestos en 2.2 y 2.3 hay un elevado número de rocas dispersas con formas redondeadas que también pudieran tener relación con el conjunto.

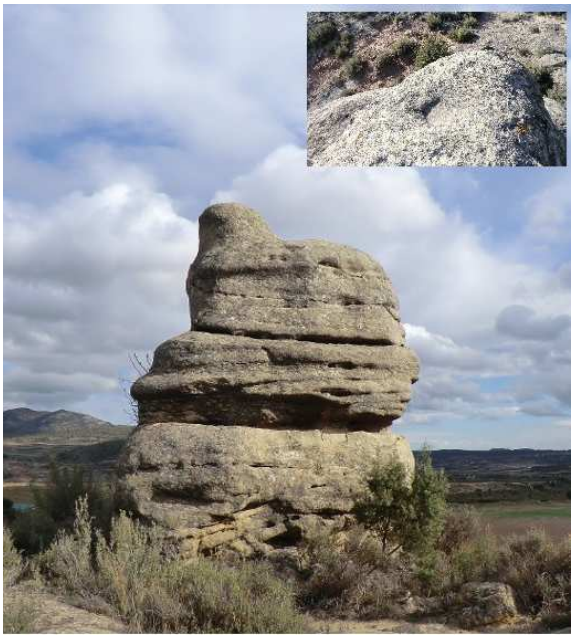


Figura 3. Tres de sus cuatro caras son muy verticales, en la parte superior hay un domo con una cubeta.

3. Toma de datos

3.1. Situación de los altares

De la reducción de las mismas se desprende que la dirección del primer altar al segundo reseñado es de 63 grados medidos desde el norte en el sentido de las agujas del reloj. La dirección desde el primer altar al tercero es de 73.6 grados, figura 5. Los resultados obtenidos se han cotejado con el programa SIGPAC del Ministerio de Agricultura en el que se ven los tres altares. Las posiciones contrastadas con este visor coinciden con las obtenidas con el GPS. Los altares reseñados en segundo y tercer lugar están a la misma distancia desde el primer altar, ambos están a 259 metros.

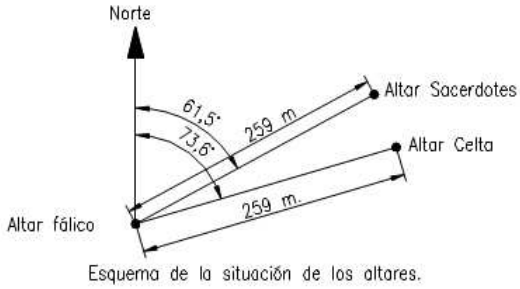


Figura 4. Esquema de la disposición de los altares con los ángulos que guardan entre ellos y los acimutes respecto al norte geográfico. La distancia desde el fálico a los otros dos es la misma.

Visto desde el altar de los sacerdotes desde el altar fálico, aquel comprende un arco de 1.1 grados, aproximadamente el doble que el diámetro del Sol. Desde el altar fálico solo se ve la parte superior del altar celta, la parte inferior queda oculta tras una pequeña colina que hay entre ambos. Los tres altares ocupan una zona llana al noroeste de un amplio valle y son visibles a gran distancia, no hay otras rocas como ellas en todo el valle.

3.2. Efemérides y trayectoria del Sol

Para calcular el acimut en el orto solar se ha empleado la ecuación:

$$acimut_{sol} = \arccos\left(\frac{\operatorname{sen}\delta - \operatorname{sen}_{altura} \cdot \operatorname{sen}_{latitud}}{\cos_{altura} \cdot \cos_{latitud}}\right) \quad (1)$$

La elevación del altar de referencia sobre el altar de observación es de 2.5°. Puesto que se trata de calcular el acimut del Sol en el solsticio de verano, la

declinación de este se toma como 23° 30', y la latitud del lugar es de 39° 54' aplicando 1 se obtiene que el orto se produce en la dirección 61° 06' a las 4h 55m T.U. Cabe añadir que la diferencia entre la inclinación del eje terrestre en la actualidad y hace 2500 años que se le supone de antigüedad ha variado muy poco.

4. Observación

Sin duda la prueba esencial es observar el orto solar durante el solsticio de verano. Desde 2011, por tres años consecutivos he realizado esta observación, la figura 6 muestra el orto solar tal como predice el cálculo aproximadamente 0.5° al norte del altar de los sacerdotes, en el lado donde se encuentra su única cubeta existente en este altar. La precisión obtenida es suficiente para que la hipótesis de la construcción expresa sea más probable que la simple casualidad.

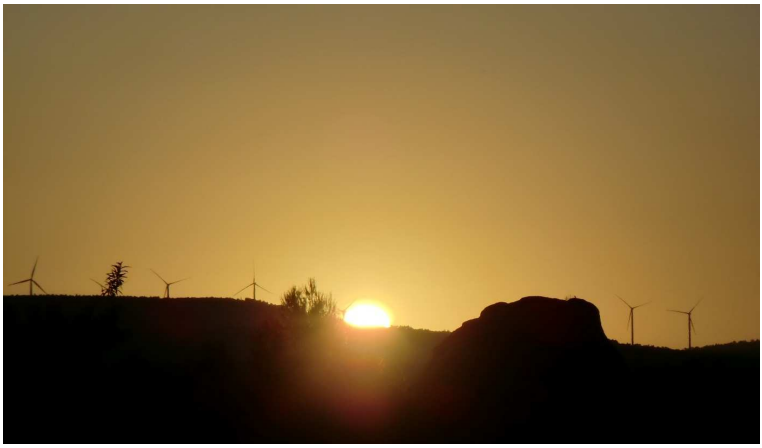


Figura 5. Foto tomada al amanecer del 21 de junio de 2011 con un aumento de 10 veces.

5. Conclusiones

Según mi hipótesis los dos altares conforman una línea que permite establecer el solsticio de verano a la vista del punto por el que sale el sol en dicho día, situándose en el altar fálico se verá salir el Sol junto al altar de los Sacerdotes. El disco solar tiene un diámetro de 0.5°, si se observa la figura 5 se ve que la distancia del Sol al extremo izquierdo del altar es aproximadamente un diámetro solar. La fotografía está tomada situando el zoom de la cámara a 10X, observado el fenómeno visualmente no se distingue la separación entre el Sol y el altar y

se ve la imagen mostrada en la figura 6, que es como se vería por los antiguos pobladores. Aunque no se exponen en este artículo por falta de espacio, en un radio de pocos kilómetros hay un elevado número de manifestaciones como altares y petroglifos. La losa con los orantes entre los altares. Uno de ellos es un dibujo que muestra claramente un sol encima de un monte, tal como se ve el ocaso del Sol en el día del solsticio desde el altar de los sacerdotes. Hay otro altar a unos 5 kilómetros de 4.7 metros de altura con una escalera formada por 12 peldaños, la escalera está dirigida también en la dirección del orto en el solsticio de verano. En suma son muchos indicios que apuntan a una cultura que utilizó la piedra como vehículo de expresión de su conocimiento.

Figura 6. Imagen tomada desde la base del altar fálico el día del solsticio de verano de 2013.

Agradecimientos

Quiero mostrar mi gratitud a Amparo Rodriguez Sambonet, Alcaldesa de Alpuente, por el apoyo que me ha prestado en todo momento para este trabajo, y su manifiesto su interés por este tema. También la Josép Burriel Almerich, arqueólogo con el que he podido conversar sobre todo la gran cantidad de muestras arqueológica que hay en la comarca y a Consuelo Villar, por su extraordinaria labor de búsqueda y recopilación de datos de petroglifos.

Superbólidos históricos
Los bólidos no viajan solos

Alejandro Sánchez de Miguel[1,2], Francisco Ocaña[1,2], C. Tapia[1,2], A. Santamaria[2], A. de Burgos[2], S. Zamo[2], C. Lore[2]

[1] Dep. Astrofísica y CC. De la Atmósfera UCM
[2] Asociación de Astrónomos Aficionados. UCM

Resumen. Los superbólidos son fenómenos extremadamente raros. Se caracterizan por ser más brillantes de magnitud -8/-12. Por lo que la estadística de los últimos 70 años esta sesgada dado que no se ha realizado un estudio sistemático de los mismos debido a la dificultad de localizar estos eventos en el tiempo y en el espacio. Tras analizar más de 500 noticias de prensa histórica, se ha determinado una frecuencia de detección de 5,74 super-bólidos al año sobre el área de Estados Unidos. Uno cada 3 años para el área de España. También se comprueba la existencia de fechas concretas que tienen una sobreabundancia de estos eventos, por lo que es posible que se haya detectado (a un nivel bajo de significación) la existencia de corrientes de fragmentos grandes. Quizás asociados a asteroides de tipo NEO.

1. Introducción

Los superbólidos son eventos muy raros que dada su baja frecuencia es difícil llevar una estadística exacta de su detección. Para incrementar el conocimiento de este tipo de eventos hemos estudiado las noticias de prensa histórica en busca de noticias relacionadas con meteoros importantes y caídas de meteoritos. La coincidencia en el año 2013 de la caída del meteorito de Cheliábinsk con el paso del NEO – 2012 DA14(actualmente 367943 Duende), sin que hubiese conexión aparente entre ambos sucesos motivó una revisión de la tasa de caída de este tipo de super-bólidos. Dado que si se supone que como mínimo hay una aproximación cercana del tipo de la del 2012 DA14 al año, la coincidencia casual de el bólido más importante en más de 100 años, tendríamos que aceptar que hemos tenido una inmensa suerte. Sin embargo, hay indicios que apuntan a que sucesos como el de Cheliábinsk podrían darse más a menudo. La despoblación y el hecho de que sólo está habitada menos del 15 % de la superficie terrestre provocaría que gran cantidad de dichos fenómenos podrían haberse no detectado. Otra opción es que simplemente en torno a la fecha del 15 de febrero hay una probabilidad mayor de que caigan superbólidos. Para poder saber cuán raros son estos eventos, tenemos que hacer una estadística de las detecciones. Sin embargo, en los tiempos modernos hay gran cantidad de objetos en el cielo que pueden ser confundidos con bólidos diurnos y sólo los eventos más energéticos o cercanos a las poblaciones serán detectados. Por ello, la prensa histórica es ideal para realizar este tipo de

estadística, ya que los habitantes anteriores a la conquista del aire no podían confundir estos objetos con aviones u otros y además proporcionalmente vivía más gente en áreas rurales. Todos estos factores lo hacen el campo ideal de estudio.

2. Resultados

Analizados 50 años de ejemplares del periódico New York Times entre 1850 y 1900 se han encontrado 289 eventos susceptibles de ser considerados como bólidos. Además, se han consultados los documentos disponibles en la hemeroteca digital de la Biblioteca Nacional y la hemeroteca del periódico ABC, encontrando otros 200 eventos más repartidos entre el año 1750 hasta la actualidad. En este segundo grupo existen numerosas menciones a caídas y bólidos fuera de España. Se pueden destacar algunos eventos de gran importancia por su relevancia internacional, como la caída del meteorito de Madrid en 1896, el gran bólido de 1860, la caída del gran bólido de Chicago del 3 de enero de 1883 o el meteorito de Iowa el 12 de febrero de 1875. Se observa la deriva en el calendario de las lluvias de estrellas de las Perséidas (se producían el 9 de agosto frente al 12-13 actual) o las Leónidas el 13 noviembre frente al 17 actual. También se haya identificado el bólido asociado a una caída de fecha desconocida inicialmente (meteorito Hassi-Jekna).

Sólo se recuperaron restos de un 19 % de los bólidos mencionados, si bien se escuchó el boom sónico en el 36 % de los casos. Los meteoros produjeron daños, asociados a la onda de choque o al meteorito en sí, en un 13 % de los casos. Se menciona la muerte de 5 hombres y la destrucción de varias casas y fábricas, un puente, 3 animales, 2 buques y un carro. Aunque no siempre producida por el bólido en sí, sino por el pánico de los observadores.

Agradecimientos

Agradecemos la participación puntual en este estudio de Alicia González, Spela Zavodnik, Mario F. Palos, Samuel Oré y Alejandro Polanco Masa.

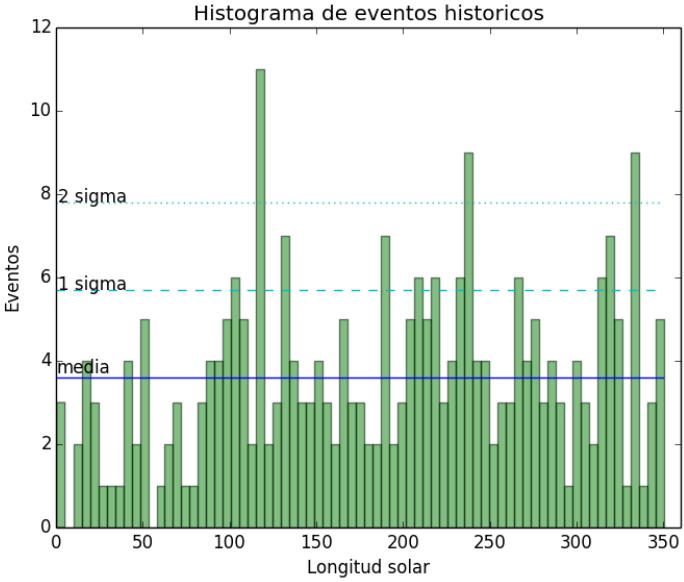


Figura 1. Gráfico de frecuencias de eventos descritos en el New York Times entre 1850 y 1900. Se detecta un exceso claro en torno al 20 de julio (longitud solar 118º). Además del famoso gran meteoro del 20 de julio de 1860, en esa fecha hubo eventos los años 1892 (caída de un meteorito en Badajoz), otro evento en 1872 en Lyon y otros menores en 1881, 79, 83, 85... La probabilidad de que se de esta acumulación de eventos de manera casual es menor del 5 % (3 sigma). La media de los eventos con fecha exacta es de 3.6 bólidos/año, si bien el total de eventos da un valor más alto de 5.74 eventos/año.

Un Sistema Solar en Granada
Modelo a escala urbano, físico y virtual

Jesús Carmona Morales

Sociedad Astronómica Granadina
jesus.carmona.morales@hotmail.com

Resumen. La comprensión de las distancias astronómicas es uno de los principales escollos a la hora de hacer un primer acercamiento a la realidad de la estructura general del universo. Comprender en un paso inicial el tamaño de la estructura más elemental de organización de nuestro universo, la más cercana y además la que nos envuelve se convierte en un ejercicio crucial para comprender las escalas del cosmos, los tamaños relativos grande-pequeño en nuestro inmediato entorno y el papel de la Tierra en toda esta orquestación de esferas.

Palabras clave: Sistema solar, escala, Granada, modelo, planetas

1. Medir es dominar

Cada vez que queremos conocer algo de primera mano debemos tener una experiencia direncta con ese algo, aunque sea una sola vez. De este modo estamos familiarizados con los objetos más cotidianos de nuestra vida, y manejamos incluso escalas de comparación entre ellos; sabemos si un coche es más grande que otro por comparación de experiencias, o cómo de pequeño es un telefono móvil por el mismo razonamiento, pero en ambos casos ese conocimiento se basa en una experiencia primera de la que podemos tener memoria o no, con un objeto de esa clase con la que empezamos a medir al resto.Pero ¿qué ocurre cuando las dimesiones de aquello que pretendemos conocer son tan grandes que no es posible establecer ese rango de comparaciones? ¿Qué sucede cuando los objetos de referencia aparecen como un punto borroso en un telescopio? ¿Cómo podemos empezar a comparar esos objetos? En estos casos se hace necesario el factor de escala, y del mismo modo que cuando queremos conocer una ciudad recurrimos a un modelo a escala de esta, generalmente impreso en una hoja de papel, para conocer las dimensiones de nuestro inmediato universo se hace necesario representarlo a una escala que nos permita acercarnos a él. El problema del Sistema solar enfrentado a este proceso de reducción de escala está en que los elementos que lo conforman a las escala más elementales no nos permiten en muchos casos ni la posibilidad de representarlos realmente, puesto que no abarcarían ni la punta de un alfiler.

2. La escala lo es todo

La elección de escala va a determinar el tamaño del todo el modelo, y si este será asequible para un viandante de cualquier edad, un deportista preparado o un ciclista de fondo. Para un Sol de 25 centímetros el sistema se resuelve hasta la órbita de Neptuno en unos 800 metros, pero muchos de los planetas no obtienen representación mayor de 2 milímetros, algunos no llegan al milímetro y Júpiter no pasa del tamaño de una mondeda de 50 céntimos, aunque el sistema queda concentrado a un espacio reducido y reconocible, la finalidad de comparación de tamaños entre planetas se pierde. Con un sol de un metro, los planetas más pequeños aparecen del tamaño de rodamientos o canicas comunes, y Júpiter alcanza el tamaño de un balon reglamentario de balonmano, siendo el tamaño total del sistema hasta Neptuno de algo más de 3 kilómetros, una medida recorrible en un paseo inferior a una hora. Para soles mayores empezamos a necesitar medios de transporte para hacer el recorrido en un tiempo asequible, así como la colaboración de otras poblaciones cercanas, pero obtenemos curiosas similitudes entre la velocidad de desplazamiento de los vehículos y la velocidad de la luz real, sólo hay que poner a Júpiter, por ejemplo, a unos cuarenta minutos del Sol.

3. Granada: primera parada del universo

Representaciones del sistema solar se han realizado en diferentespartes del mundo aplicando diferentes escalas, como en Peoria (USA), Sol de 11 metros, Uetliberg-Zurich (Suiza), Sol de 1,4metros, o Coonabarabran (Australia) con un Sol de 37 metros de diámetro. El hecho de que este ejercicio se realize en Granada no es accesorio, las instituciones que posee la ciudad son un respaldo a la recreación de este modelo, desde la Universidad de Granada, pasando por el Instituto de Astrofísica de Andalucia y con la imprescindible presencia del Parque de las Ciencias la consecución de un sistema solar a escala se presenta como un paso lógico ante la existencia de estas instituciones. Los lugares con posibilidades para la realización de esta actividad son variopintos y cada uno ofrece un atractivo diverso. Puesto que las estaciones son de reducido tamaño y su presencia es esporádica, ya que una de las lecciones que enseña este modelo es la abundacia del vacio interplanetario, el desarrollo de este modelo es acoplable a casi cualquier tipo de estructura dentro de la ciudad sin que para ello se interrupa o se modifique su trazado previo. Entre estos lugares se encuentran: la Cuesta de Gomérez-Accesos a la Alhambra-Parque de Invierno, el eje Norte-Sur (Gran Vía- Avenida de Andalucía) o el eje Parque de las Ciencias, Paseo de la Bomba, Carretera de la Sierra. La tercera opción -Parque de las Ciencias, Paseo de la Bomba, Carretera de la Sierra- desarrollada para este caso ofrece una buena situación para las estaciones de representación planetaria, haciendo coincidir casos notables como Júpiter con lugares afines al planeta más voluminoso del Sistema Solar, en este caso situado en la explanada del Palacio de Congresos, y que sinergizan con otras actividades que se propondran a continuación.

4. Sinergia: realidad, realidad mediática y realidad aumentada

El Sistema Solar a escala poseería diferentes niveles de lectura. A un nivel más obvio se encontraría la representación física de cada uno de los planetas en relación de distancia y tamaño. Los planetas se situarían sobre pequeños hitos que los revelaran en el espacio donde estuvieran situados; esta plataforma serviría para el apoyo de otra serie de datos más allá del modelo del planeta, con información relativa al planeta en sí, sus características generales y distancia al modelo del Sol a escala en metros, incluyendo un pequeño plano de situación general dentro del recorrido. Por otro lado el sistema contaría con la ampliación de información o planteamiento de actividades complementarias a través de medios y tecnologías virtuales en dispositivos móviles a través de códigos insertados en las plataformas. Por último el sistema contaría con los mencionados dispositivos para generar escenarios de realidad aumentada, en los que visualizar más componentes como lunas en Júpiter, animaciónes de rotación, representación de líneas de órbita o cambiar de escala a Saturno para verlo gigante sobre nuestras cabezas a una escala diferente a la del modelo.

Índice de Autores

Álvarez Rodríguez,María , 199

Alfaro. Emilio J., 27
Alonso Burgos, Sergio, 121, 143
Alonso Lifante, Mª Pilar, 265
Alonso, Javier, 77, 91
Ariza Sánchez, Pedro, 229

Barranco Ríos, Arturo, 205
Battaner, Eduardo, 5
Benavides Palencia, Rafael, 99
Benet, Ginés, 243
Bosch Bailach, José, 61
Bullón i Lahuerta, Joan Manuel, 41

Calvo, Eduardo, 61
Cardenete García, Sebastián, 157
Carmona Morales, Jesús, 285
Castellón, Alberto, 149
Chaín Navarro, Celia, 265
Cometas-Obs, Asociación de, 11
Correa, Mercè, 69

De Burgos, A., 281
Del Castillo Alarcos, Mª Ángela, 235, 241
Duffard, R., 11

Espinosa Bandera, José, 247

Fernández Sánchez, Juan Fernando, 205
Figueras, Francesca, 19
Flores, Ángel, 61, 243, 273
Freire Ramiro, Lydia , 225

Gómez Castaño, José, 177
Gaia-UB, equipo, 19
García García, José, 85
González Carballo, Juan-Luis, 99
González Hernández, Juan Antonio, 183, 211

Jáuregui, Fernando, 169
Jordi, Carme, 19

López Pérez, José Miguel, 143
Lore, C., 281
Luri, Xabier, 19

Malón Giménez, Susana, 191
Mallén Valiela, Miguel Ángel, 129
Marí, David, 69
Martorell, Luis, 169
Martorell, Pedro, 169
Masa Martín, Edgardo Rubén, 99
Mendiolagoitia, Alejandro, 115
Molina, A., 11
Moliner, Ramón, 69
Morales, N., 11
Moreno, F., 11

Narváez Rueda, Juan José, 205
Naves Nogués, Ramon, 55, 137

Ocaña, Francisco, 177, 281
Ortiz, J.L., 11

Pelegero, Vicente, 243
Pidal, Roberto, 169
Pozuelos, F., 11
Prat, Javier, 169

Reyes Andrés, Francisco, 159
Rica Romero, Francisco Manuel, 99
Román Reche, Antonio, 121, 143
Román Reche, Gustavo, 121

Sánchez de Miguel, Alejandro, 107, 177, 281
Salamero, Juan José, 169
Salto González, José Luis, 49, 137, 153
Santamaría, A., 281
Santos-Sanz, P., 11

Tapia, C., 281
Torra, Jordi, 19
Troughton Luque, Blanca , 217

Vera, Alejandro, 61
Viciana Clemente, Miguel Ángel , 257
Vilalta, Josep M., 69

Yanamandra-Fisher, P., 11

Zambrano, Ana H., 169
Zamo, S., 281
Zamorano, Jaime, 177

Organiza:

RADA
Red Andaluza de Astronomía

Colaboradores:

Parque de las Ciencias
ANDALUCÍA - GRANADA

DESQBRE
FUNDACIÓN ANDALUZA PARA LA DIVULGACIÓN DE LA INNOVACIÓN Y EL CONOCIMIENTO

INSTITUTO de ASTROFÍSICA de ANDALUCÍA
CSIC
I·A·A

ugr Universidad de Granada

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
Patronato de la Alhambra y Generalife
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN,CULTURA Y DEPORTE

iUnA Universidad Internacional de Andalucía

Calar Alto

SEA

Ayuntamiento de Granada

RODER

Cel Fosc
Asociación contra la Contaminación Lumínica

Agudeza visual

publi imagen

ASTRONOMÍA

IMVO
Astronomía Amateur y Profesional

ENFOQUE ASTRONÓMICO

TELESCOPIO MANIA.com

OPTICA ROMA

Astroshop.es
Tu distribuidor de artículos para la astronomía.

Hotel Las Olas
La Palma

Astro Travels

Amazings
Noticias de la Ciencia y la Tecnología
NCYT

Oryx
La tienda del amante de la naturaleza

Alojamiento Rural el Valle

Aula del Cielo
Excelencia y divulgación de la Astronomía en Andalucía
www.auladelcielo.es

ASTRO didáctico

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DEL TORCAL

Ayuntamiento de Antequera

IBERIA

renfe

9 788415 814894