

·AstroRED·

# ASTRONOMÍA DIGITAL

---

*Número 1 , 7 de septiembre de 1998*

<http://www.astrored.org/digital>

---



---

**Astronomía Digital** es una iniciativa de AstroRED y la Agrupación Astronómica de Gran Canaria (AAGC). Redacción: Víctor R. Ruiz (rvr@idecnet.com) & Jesús Gerardo Rodríguez Flores (jgerardo@coah1.telmex.net.mx). **Astronomía Digital** se distribuye gratuitamente en versiones HTML y PostScript disponibles en <http://www.astrored.org/digital>.

---

# Guía para los autores

## Introducción

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

## Condiciones de publicación

Los artículos enviados a **Astronomía Digital** deben ser originales y no haber sido publicados anteriormente o haber sido enviados para su edición simultáneamente. Los artículos se distribuirán sin cargo alguno. El autor retiene los derechos de copia para publicaciones comerciales, quienes deben ponerse en contacto con éste para los pertinentes permisos.

## Instrucciones generales

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

Puesto que el formato de envío es ASCII, las tablas deben escribirse tabuladas como el siguiente ejemplo.

Planeta	UA	Magnitud
Mercurio	0,3	-1,8
Venus	0,7	-4,3
Marte	2,5	-1,2

Si va a incluir fórmulas complicadas, en la página de **Astronomía Digital** existe un apartado explicando detalladamente el lenguaje de fórmulas utilizado en LaTeX.

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

Como se ha comentado, el formato para enviar electrónicamente un artículo debe ser de texto, en el ASCII de Windows o Unix, no en el de MS-DOS. Las imágenes deben enviarse en formato GIF o JPG, no se aceptan BMP ni PCX u otros. En el artículo debe indicar una nota explicativa para cada una de las imágenes (ej. Figura 1, venus.gif. Venus al amanecer con cámara fotográfica de 50 mm, 20 segundos de exposición).

Antes de enviar definitivamente el artículo, revise el archivo de texto final con el bloc de notas del Windows, o en su defecto por cualquier otro procesador de textos, para comprobar que todo está correctamente.

## Instrucciones de envío

Primero póngase en contacto con alguno de los redactores indicándole la disponibilidad de su artículo enviando un mensaje a [digital@astrored.org](mailto:digital@astrored.org). En caso de interés la redacción le pedirá que envíe a esa misma dirección un mensaje con el texto e imágenes del artículo.

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

Astronomía Digital  
Agrupación Astronómica de Gran Canaria  
Apartado de correos 4240  
35080 Las Palmas de Gran Canaria (ESPAÑA)

---

SE PERMITE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE LOS CONTENIDOS DE LA REVISTA PARA USO PERSONAL Y NO LUCRATIVO. PARA CUALQUIER DUDA O SUGERENCIA PÓNGASE EN CONTACTO CON LA REDACCIÓN MEDIANTE CORREO ELECTRÓNICO EN [DIGITAL@ASTRORED.ORG](mailto:DIGITAL@ASTRORED.ORG). LA REDACCIÓN NO SE HACE RESPONSABLE DE LAS OPINIONES VERTIDAS POR LOS AUTORES Y COLABORADORES.

## Índice General

Las estrellas caerán del cielo, <i>Víctor R. Ruiz</i> . . . . .	4
El nacimiento de la cosmología moderna, <i>Patricio Diaz Pazos</i> . . . . .	8
Astronomía en el mundo maya, <i>Jesús Gerardo Rodríguez Flores</i> . . . . .	11
Transmisión del eclipse total de Sol del 26 de febrero de 1998, <i>Andrés Valencia</i> . . . . .	17
Sencilla astrocámara CCD, <i>Francisco A. Violat Bordonau</i> . . . . .	20
La historia de AstroRED, <i>Alex Dantart</i> . . . . .	23
XEphem: El cielo a través de una ventana (X11), <i>Nahuel Iglesias<sup>1</sup> y Víctor R. Ruiz<sup>2</sup></i> . . . . .	25

## Editorial

Bienvenidos al primer número de **Astronomía Digital**, una revista electrónica dedicada a la astronomía aficionada hispanoparlante. Esta publicación es muy singular en muchos sentidos. Sabemos que la comunidad astronómica en español no cuenta con una revista de alcance tan amplio como las de habla inglesa. Si realizamos un recuento de las revistas comerciales en español, no son muchas, aunque de buena calidad. El problema es que en hispanoamérica conseguir estas revistas es harto difícil, por no hablar del coste que supone una suscripción. El desarrollo de un medio de comunicación masivo, pero a la vez personal, como es Internet ha roto las barreras interoceánicas y en día existe una colaboración de muchos aficionados de los dos lados del Atlántico... por no decir la de amistades astronómicas que hay.

Pero a grandes males, grandes remedios. **Astronomía Digital** está disponible para su lectura en línea a través de una página web en Internet y a su vez en formato PostScript lista para su impresión. Su distribución es gratuita y libre. En realidad lo que deseamos es que nuestros contenidos lleguen a todas las partes del mundo donde haya interés por la astronomía. Por lo tanto, no sólo permitimos la reproducción total (mejor que parcial), sino que la apoyamos incondicionalmente. **Astronomía Digital** está lista para ser impresa, fotocopiada y encuadernada gracias al formato PostScript y el programa gratuito GhostView disponible desde nuestra página web. **Copíala, fotocópiala y distribúyela** entre tus amigos aficionados a la astronomía.

La filosofía de **Astronomía Digital** es tratar de divulgar cualquier tema relacionado con la astronomía. Esto incluye, como en este primer número, la cosmología o la arqueoastronomía. Pero es nuestro deseo hacer un especial incapié en la astronomía aficionada avanzada, con artículos en los que la tecnología juegue un papel importante. En definitiva, queremos llenar el vacío existente en las publicaciones actuales, tanto comerciales como electrónicas, las cuales se dirigen a un público muy general. Esto es por y para astrónomos aficionados.

Actualmente la revista se edita en formato LaTeX, un lenguaje de etiquetas similar al HTML y ampliamente utilizado en revistas profesionales. Siguiendo el espíritu de esta publicación, los artículos que han llegado a la redacción se han corregido y maquetado en el sistema operativo libre por excelencia, Linux. Por si fuera poco, el visor PostScript que apoyamos es GSView, también gratuito y disponible para Linux, Mac o Windows.

Buenas noches... de observación, naturalmente.

*Víctor R. Ruiz*

# Las estrellas caerán del cielo

Víctor R. Ruiz | Agrupación Astronómica de Gran Canaria

*Si tomáramos en serio el Apocalipsis de San Juan, el mundo moderno debió desaparecer alrededor del año 1833. En noviembre de ese año, una increíble lluvia de estrellas cubrió todo el cielo, cundiendo el pánico entre la población mundial. Dicho fenómeno, conocido como las Leónidas, se ha venido repitiendo desde entonces cada 33 años, aunque no con la misma intensidad. La noche del 16 al 17 de noviembre de 1998 es la próxima cita.*

## Historia

La historia de esta tormenta de estrellas fugaces va muy ligada al descubrimiento de la naturaleza del fenómeno. La noche del 12 al 13 nov 1833 una inusual actividad de meteoros (o estrellas fugaces) pudo observarse desde América. Poco después de la puesta de sol se contempló una gran cantidad de meteoros. La actividad fue creciendo paulatinamente y tuvo su máximo nivel poco antes de la salida del sol, la madrugada del día 13. En ese momento, los meteoros inundaron todo el cielo, ofreciendo un espectáculo único y terrorífico para las gentes de la época. Agnes Clerke: "En la noche del 12 al 13 de noviembre de 1833 una tempestad de estrellas fugaces cayó sobre la Tierra. Todo el cielo estaba surcada de trazos y de majestuosos bólidos que iluminaban el cielo. En Boston, la frecuencia de los meteoros se estimó como la mitad de los copos de nieve que se ven en una fuerte tormenta".

Aquella noche, muchas personas creyeron que había llegado el Día del Juicio Final. El hecho conmocionó a las gentes de aquella época. No en vano el historiador estadounidense R.M. Devens tenía en su lista a esta tormenta entre los eventos más importantes de EEUU. Devens escribió que "durante las tres horas del suceso, se creyó que el Juicio Final esperaba sólo a la salida del Sol y, aún muchas horas después del cese de la lluvia, los supersticiosos creían que el Día Final llegaría en sólo una semana". Este relato parece trasladarnos en el tiempo a las épocas de la Edad Media. Joe Rao afirma que para los EEUU la tormenta de las Leónidas de 1833 supuso una revitalización del fervor religioso que desde entonces y hasta nuestros días se han arraigado en forma de sectas.

Pero el Apocalipsis de San Juan no se llegó a cumplir. ¿Cual era el origen real de los meteoros? Algunos periódicos se aventuraron a publicar algunas hipótesis. El diario *Charleston Courier*, por ejemplo, afirmaba que las estrellas fugaces eran gases, como el hidrógeno, que procedentes del Sol se incendiaban en la atmósfera debido a la electricidad o por la acción de partículas fosfóricas. El *United States Telegraph* de Washington (EEUU) tenía su propia teoría: "El intenso viento del Sur de ayer ha podido encontrarse con una masa de aire electrificado, que,

debido al frío de la mañana, hizo descargar sus contenidos sobre la tierra".

Como hemos visto, en 1833 era creencia común que las estrellas fugaces eran fenómenos atmosféricos y de ahí su nombre de meteoros. Pero la obstinación científica de un profesor de la Universidad de Yale, puso luz sobre la naturaleza de las estrellas fugaces. Después de varios meses de intenso estudio, en 1834 Denison Olmsted publicó sus conclusiones. Constató que en el año 1832 se había visto una actividad algo más alta de lo normal, tanto en Europa como Medio Oriente, pero en 1833 sólo se había visto la tormenta de meteoros desde la parte oeste de EEUU. A partir de sus propias observaciones, calculó el punto celeste de donde parecían radiar los meteoros de la tormenta, situándolo en la constelación de Leo. Denison, acertadamente, concluyó que las estrellas fugaces provenían de una nube de partículas situada en el espacio.

La expectación surgida en los entornos astronómicos a partir de la tormenta de las Leónidas de 1833, instó a la revisión de los registros astronómicos de siglos anteriores. Resumiendo todos los datos disponibles hasta 1837, Wilhelm Olbers determinó el periodo de las tormentas de Leónidas en 33-34 años, prediciendo un nuevo máximo en 1866. Y mientras se acercaba esa fecha, nuevos datos iban apareciendo gracias a la labor de investigación histórica. Salieron a la luz observaciones de la tormenta en los años 585, 902, 1592 y 1698.

Llegado el año de 1866, y tal como había predicho Olbers, la tormenta de las Leónidas mostró tasas de actividad máximas de 17.000 meteoros por hora. En 1867 también se tuvo gran actividad, de 6.000 meteoros/hora.

Otra fecha para recordar en la historia de la astronomía es la del 19 de diciembre de 1865. Ese día un astrónomo francés, Ernst Tempel, descubrió un cometa de moderado brillo en la Osa Mayor. Semanas más tarde, el Horace



Figura 1: *Una mirada crítica a nuestra sociedad atea*, Erik Arnesen (Oslo).

Tuttle desde EEUU realizaba un descubrimiento independiente del cometa. Dos años más tarde los astrónomos pudieron calcular la órbita del cometa Tempel-Tuttle y compararla con las de las partículas de las Leónidas. Varios autores, entre los que se encuentra Giovanni Schiaparelli, se dieron cuenta de la similitud de las trayectorias en torno al Sol de los meteoros y del cometa. Final y acertadamente determinaron que la "nube espacial" de Denison era producida por el cometa P/Tempel-Tuttle.

Ahora conocemos que la Tierra cruza por la nube de materia dejada por el cometa Tempel-Tuttle cada año hacia el mes de noviembre, produciendo una actividad baja de sólo 50 meteoros/hora. Para que se produzca una actividad muy alta (tormenta) el cometa debe estar situado cerca de la Tierra, algo que ocurre cada 33 años. Dependiendo de la cercanía del cometa con la Tierra se producirá mayor o menor actividad. Por esa razón, en algunas tormentas previstas se han observados unos pocos cientos meteoros por hora y en otras ocasiones decenas de miles.

Por otra parte, los investigadores han revisado los archivos en busca de registros históricos del cometa Tempel-Tuttle y han encontrado gratas sorpresas. La más antigua de las observaciones corresponde a los chinos y japoneses en el año 1366, quienes lo situaron en la constelación de la Osa Mayor. 333 años después, G. Kirch desde Guben (Alemania) observó al Tempel-Tuttle el 26 de octubre.

La tormenta ha tenido sus más y sus menos desde 1865. En vista de la gran actividad registrada en noviembre de 1898, con más de 200 meteoros por hora, los astrónomos esperaban contemplar una gran tormenta al siguiente año y así lo difundieron a bombo y platillo en los medios de comunicación. Pero llegado el mes noviembre de 1899 tan sólo se contemplaron entre 50 y 100 meteoros por hora, produciendo una profunda decepción del público. Para sorpresa de propios y extraños, en los cuatro años posteriores la actividad de las Leónidas fue inexplicablemente alta. En 1901 se vieron no menos de 7.000 meteoros/hora; en 1902, 400; y en 1903, unas 200 estrellas fugaces cada 60 minutos.

El 17 nov 1966 es una fecha mágica para muchos de los observadores de meteoros que tuvieron la suerte de contemplar el cielo. Durante las horas anteriores al máximo, se veían 30 meteoros a la hora. Luego 200. Luego 30 por minuto. ¡Luego cientos por minuto! ¡Y después 40 por segundo!! En algunos pueblos la gente corría a refugiarse en el interior de sus casas. Dennis Milton, desde el observatorio Kitt Peak en EEUU, afirmó "Su número era tan grande que nos preguntábamos cuantos se verían en un segundo si abríamos y cerrábamos los ojos al mirar sobre nuestras cabezas... una tasa de 150.000 meteoros por hora se observó durante 20 minutos". Otros observadores estimaron entre 200.000 y un millón el número de estrellas fugaces observadas.

El próximo máximo de las Leónidas es en 1998-99 ¿Qué nos espera?

## El máximo de 1998-99

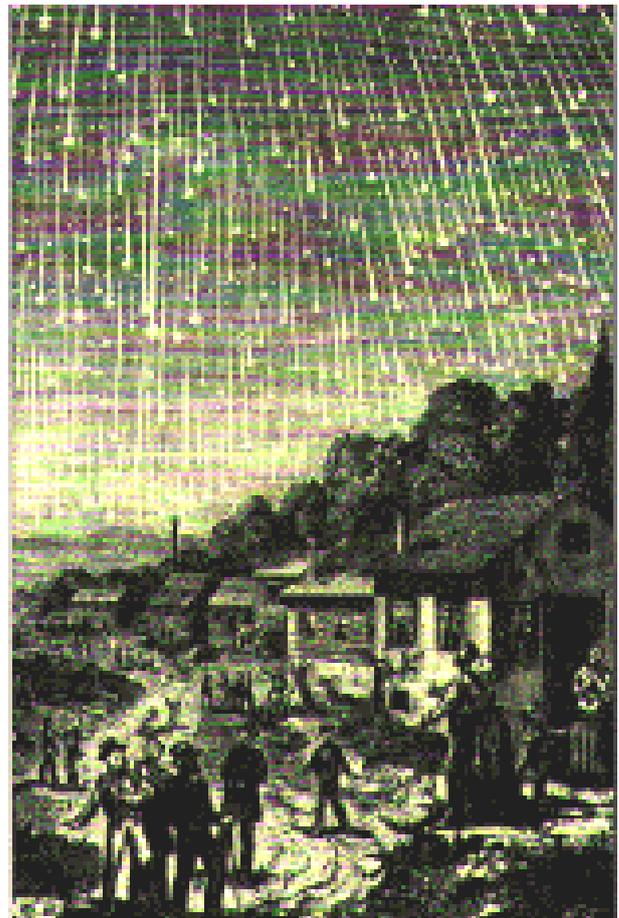


Figura 2: Las Leónidas aterrizaron a las gentes de todo el mundo. NASA-ARC.

Desde 1994 se ha venido observando un incremento en la tasa de las Leónidas anuales, pero sin advertir ninguna sorpresa importante. El pasado año, en noviembre de 1997, los observadores de la Organización Internacional de Meteoros (IMO) registraron un máximo de 130 meteoros por hora. Estas son las buenas noticias.

Las malas son que la órbita del cometa 55P/Tempel-Tuttle (y por tanto de la nube de partículas de las Leónidas), es muy sensible a las perturbaciones gravitatorias de Júpiter y Saturno. El cometa pasa relativamente cerca de estos gigantes planetarios que cambian sensiblemente su órbita. Por esto, el Tempel-Tuttle pasa unas veces más cerca otras más lejos de la Tierra y mientras más lejos esté nuestro planeta del cometa y de su nube de partículas, tanto peor para la tormenta.

En noviembre de 1998 nos acercaremos a la órbita del Tempel-Tuttle a sólo 1,2 millones de kilómetros. Pero en la ocasiones en las que se ha dado una actividad muy fuerte, la Tierra había pasado por ella a menos de 975.000 kilómetros, en concreto a 470.000 en 1966 y 180.000 en el año 1833. El año fatídico de 1899 la distancia fue de más de 1,5 millones de kilómetros. En otras palabras, en 1998 la Tierra pasará al doble de distancia más favorable. Sin embargo, podemos esperar una tasa de varios miles de meteoros a la hora, ya que las condiciones son similares

a las del año 1866.

## Cómo y dónde observarlas

A nivel nacional, la Sociedad de Observadores de Meteoros y Cometas de España (SOMYCE) ha preparado una campaña para que ningún astrónomo aficionado se quede sin instrucciones de observación. Esta campaña está enmarcada dentro de una más ambiciosa auspiciada por la Organización Internacional de Meteoros (IMO), y recogerá todos los datos a nivel mundial para su posterior análisis.

En realidad, el lugar más privilegiado para la observación de las Leónidas en 1998 va a ser la parte oriental asiática. El máximo está previsto para las 17h GMT del 16 de noviembre, cuando en países como China o Japón es de noche. Desde Europa o América es poco probable que alcancemos a registrar tasas comparables al máximo, pero quizás observemos varios cientos de meteoros por hora. Sobre estas predicciones, hay que ser muy cautos. Aún no tenemos sondas para conocer la densidad de Leónidas que encontraremos este año y por tanto, asegurar que se verá un espectáculo de fuegos artificiales en el cielo, es caer hacer de futurólogos. Entra dentro de lo posible que la actividad sea pobre.

En todo caso, hay que buscar zonas muy oscuras alejadas de la polución lumínica de las urbes. No es necesario ningún tipo de instrumentos ópticos, a simple vista es como más y mejor se observan. La noche del 16 al 17 de noviembre, hay que dirigir la vista a las constelaciones colindantes a Leo.

## ¿El día del Juicio Final?

Dado que las partículas, mayormente microscópicas, de la nube cometaria del Temple-Tuttle no se desintegran hasta los 100 km de altura, los satélites artificiales estarán expuestos a un bombardeo interplanetario. Las partículas que forman parte del *enjambre* de las Leónidas poseen unas de las velocidades geocéntricas más altas de todas las lluvias de estrellas fugaces conocidas. Aunque la mayor parte de estas partículas son micrométricas, algunas pueden tener entre gramos o kilos de masa. Teniendo en cuenta que cada meteoróide se acerca a nuestro planeta a 255.000 km/h, un pequeño grano de arena 'leonil' podría destrozar con facilidad cualquier ingenio humano en órbita.

Lejos de estar realizando un comentario oportunista, a principios de este año se celebró un congreso dedicado especialmente a esta problemática. William Ailor, de Aerospace Corporation, compareció en la Cámara Baja estadounidense para comentar las recomendaciones que se han realizado a los responsables de satélites artificiales en previsión del máximo de las Leónidas. Durante el periodo del máximo, los controladores de satélites deben estar sobre aviso y comprobar la salud del satélite de forma frecuente. Para evitar daños, se deben orientar los satélites para que los instrumentos sensibles y así queden

fuera de la trayectoria de las partículas. Finalmente, en caso de fallo, es mejor tener a mano los planes de contingencia.

Por si fueran pocas las precauciones, las misiones tripuladas de la lanzadera espacial han sido pospuestas para fechas posteriores.

## Otros datos de interés sobre los meteoros

Existe una gran confusión entre el significado de vocablos de similar fonética. Un meteorito no es ni más ni menos que la denominación en círculos astronómicos de las bien conocidas estrellas fugaces. Las estrellas fugaces son pequeñas partículas de cometas y asteroides que han estado vagando por el espacio hasta que la Tierra se encuentra en sus camino y caen a la atmósfera. Por fricción, estas partículas se desintegran, produciendo el rastro luminoso que identificamos como meteorito o estrella fugaz.

Cuando los meteoros son muy brillantes se les denomina bólidos, los cuales ya suelen tener algunos gramos de peso. E incluso, cuando son muy masivos -del orden de algunos kilogramos- no se consumen del todo en su entrada a la atmósfera de nuestro planeta y logran impactar en el suelo o caer en el agua. Es cuando se les llama meteoritos.

El interés de la observación de meteoros, es que están asociados a los cometas. Cuando un cometa, de órbita elíptica o circular, regresa una y otra y otra vez al Sistema Solar interior, dando vueltas alrededor del Sol, con el material que emite y que identificamos con su cola, logra formar un tubo meteórico. Los tubos meteóricos son como cañerías de polvo cometario que circunscribe a la órbita del cometa generador, más denso cuanto más cercano esté el cometa. Cuando alguna parte de la órbita del cometa se corta con la órbita de la Tierra, en la época en que nuestro planeta lo cruce se tragará las partículas del tubo meteórico que encuentre en su camino.



Figura 3: Fotografía del máximo de las Leónidas de 1966. Se puede observar claramente el efecto del radiante: todos los meteoros proceden de la constelación de Leo. NASA-ARC.

Por una cuestión de perspectiva, similar a la del efecto del hiperespacio en Star Trek o la Guerra de las Galaxias, un observador en la Tierra ve cómo las estrellas fugaces parecen radiar de un mismo punto (si pertenecen a ese tubo meteórico, en una noche pueden haber varias lluvias de meteoros activas). Éste efecto es sólo evidente si dibujamos las estrellas fugaces que observamos en lluvias con gran actividad.

Con nuestras observaciones de estrellas fugaces podemos llegar a determinar la órbita original del cometa que las genera y hasta su composición.  $\Omega$

## Referencias

- [1] G. Kronk. History of Leonids. Página de meteoros y cometas de Gary Kronk.
- [2] J. Rao. The Leonids: King of the Meteor Showers. Noviembre 1995, Sky & Telescope.
- [3] J. Rao. The Leonid's Last Hurrah? Noviembre 1996, Sky & Telescope.
- [4] M. Kidger. Leónidas, Una historia de dos lluvias. 1995, Meteors 42, SOMYCE.
- [5] J.M. Trigo. La actividad del enjambre meteórico de las Leónidas durante 1994 y 1995: Expectativas futuras. 1996. Meteors 43, SOMYCE.
- [6] J.M. Trigo. Meteoros en noviembre. Universo 31.
- [7] R. Artl, J. Rendelt, P. Brown. Results of the 1996 Leonid Maximum. Artículo remitido a WGN.
- [8] P. Jenninskens. Leonid Mission Homepage. NASA-ARC.

El autor es miembro de la Agrupación Astronómica de Gran Canaria (AAGC), la Sociedad de Observadores de Meteoros y Cometas de España (SOMYCE) y la Asociación de Variabilistas de España (AVE).

Víctor R. Ruiz  
Agrupación Astronómica de Gran Canaria (AAGC)  
Apartado de correos 4240  
35080 Las Palmas de Gran Canaria  
Islas Canarias (ESPAÑA)  
rvr@idecnet.com, <http://aagc.dis.ulpgc.es>

# El nacimiento de la cosmología moderna

Patricio Diaz Pazos | AstroCosmo, Chile

*La cosmología constituyó hasta hace unas cuantas décadas una especie de rama de la metafísica. Se concebía como un conjunto de hipótesis y razonamientos relativos al origen y evolución del universo, al cual se le daban diferentes significados. A medida que el conocimiento de la materia, de la energía y de las profundidades estelares aumentó, empezaron estos estudios a ser considerados con el rango de una rama de la ciencia. También el acercamiento de la física a imprecisas fronteras hizo que las teorías cosmológicas debieran ser planteadas en el terreno científico.*

## Introducción

Las ideas de la cosmología brotan desde las propias interrogantes que se embrionan en el interior de los seres humanos. Interrogantes comunes en la naturaleza humana como: ¿y antes? ¿y después?, son las que se convierten como base de partida de prácticamente todas las teorías que exhibe la cosmología.

Todas las culturas se han hecho las mismas preguntas y de algún modo se han respondido. En algún momento de su historia, cada cultura ha tenido su propia cosmología, su interpretación de cómo llegó a formarse el universo y hacia dónde se dirige.

Dentro de esta disciplina, y sin una muy precisa distinción, caben la cosmogonía, ciencia que trata de la formación del universo, y la cosmografía, que estudia la constitución física de los cuerpos celestes, sus distancias, dimensiones

y demás, y agrega hipótesis y razonamientos cuando la observación parece insuficiente. Pero se entiende que sus estudios se centran en el cosmos a gran escala. El objetivo de la cosmología es entregar el diseño global del universo, abordando principalmente su origen y evolución. ¿Cómo es el universo? ¿Cuál fue su origen? ¿Cuál será su destino final? Estas son algunas de las preguntas básicas que hoy hombres de ciencias intentan, a través de estudios teóricos cosmológicos, respuestas que si bien no siempre se insertan dentro del sentido común, sí tratan de describir la realidad que se percibe a través de la observación y los experimentos.

Hoy, y en forma definitiva, son los hombres de ciencia los que se preocupan y sugieren las teorías cosmológicas, las teorías que intentan explicar el origen y evolución del universo. Asombrosamente, la cosmología se ha convertido en una ciencia empírica, pero también a su vez comporta rasgos de una ciencia especulativa. Se convirtió en empírica gracias a dos importantes acontecimientos científicos. El primero fue, a nivel teórico, la creación de la teoría de la relatividad general de Einstein, una teoría general del espacio, el tiempo y la materia, que aportó una nueva estructura conceptual a nuestra idea del universo como un todo. Y el segundo acontecimiento que proporcionó a la cosmología su forma moderna fue la aparición de nuevos y potentes instrumentos astronómicos: los grandes telescopios de reflexión y los radiotelescopios. La teoría de Einstein no exige una cosmología específica o una estructura concreta del universo. Aporta el andamiaje, no los detalles. Para decidir la estructura concreta de todo el universo, en el espacio y en el tiempo, hacen falta, como siempre, observaciones más detalladas, y para eso hacían falta nuevos instrumentos.

Dentro del ámbito de la investigación científica es frecuente encontrarse en un enfrentamiento entre el sentido común y la realidad. Cuando alzamos la vista hacia el cielo nocturno lleno de estrellas es difícil distinguir en él lo que dicen los astrónomos. Es posible que encontremos que la visión que captamos de esa oscura bóveda salpicada de "chispas estelares", tenga una descripción más ajustada a lo que vemos en la lectura de Aristóteles, el antiguo filósofo griego, y en la de Ptolomeo, el astrónomo alejandrino. Para Aristóteles, el universo era un sistema de 56 esferas celestes que portaban los cuerpos celestiales. Ptolomeo perfeccionó más este sistema, correlacionándolo con observaciones cuantitativas. La cosmología tolemeica, pese a sus complicados ciclos y epiciclos, coincidía con el sentido común tan plenamente que dominó la cosmología occidental por casi más de un milenio, hasta la época de Copérnico. Y no fue un simple accidente fruto de la ignorancia. Hoy olvidamos que son la física de Aristóteles y la cosmología de Ptolomeo las que se corresponden con el sentido común, no la física de Newton ni la cosmología de

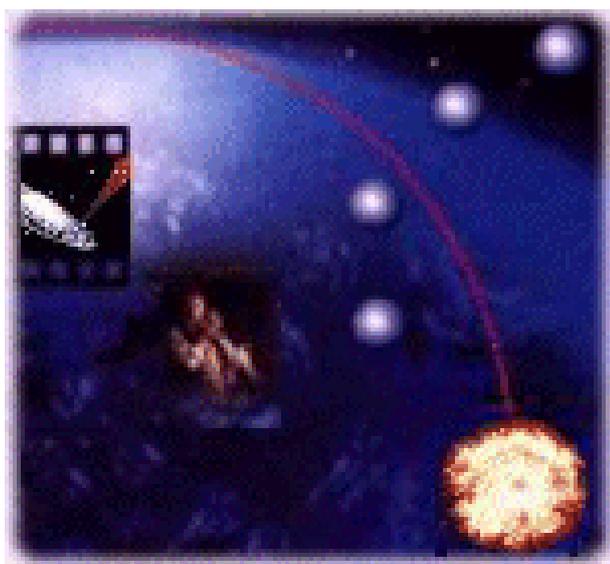


Figura 1: El nacimiento de la cosmología moderna

Copérnico, que son ya grandes abstracciones distanciadas de nuestra experiencia ordinaria.

La palabra teoría se deriva del griego «contemplar, examinar». Una teoría viene a ser como una descripción de la realidad. Es una coherencia satisfactoria que no necesariamente forma parte de la mera percepción. Es una imagen de la visión externa que captamos, que ordena con formas nuevas nuestra experiencia y hace inteligible la complejidad de nuestras percepciones. Pero todo lo anterior queda tergiversado si confundimos nuestra imagen de la realidad con la realidad misma. Una teoría que nace de las ciencias naturales, pese a su coherencia, su capacidad de predicción y su profundidad de visión, sólo viene a ser un medio de describir la realidad material y no la realidad misma. Por ejemplo, según la teoría de Newton, las leyes del movimiento son ecuaciones diferenciales. Pero cuando los planetas se mueven en sus órbitas alrededor del Sol, no están resolviendo ecuaciones diferenciales que les dice cómo deben moverse, simplemente lo hacen. Las teorías son una invención humana, y somos nosotros los que resolvemos las ecuaciones diferenciales y vemos si nuestra imagen se corresponde con la realidad. Los planetas tan sólo se mueven y punto.

Las teorías físicas y la cosmología pueden considerarse como descripciones de la realidad. Esto no quiere decir, claro, que tales descripciones sean invenciones arbitrarias. Unas descripciones son mejores y más precisas que otras, explicando un ámbito más amplio de la realidad. Podemos hacer comparaciones entre ellas y elegir a aquella que consideremos que se corresponde más con la realidad. Por ejemplo, es muy posible que lo que cada uno de nosotros capta, sin previos prejuicios, como una visión del firmamento tenga fallas insoslayables cuando examinamos de cerca al universo. A la descripción aristotélica la sustituyó la newtoniana, a la que, a su vez, sustituyó una descripción einsteiniana. A medida que los científicos van sabiendo más de la realidad, gracias a la observación y a los experimentos, las descripciones cambian para ajustarse a lo que se descubre. A veces, los descubrimientos experimentales son tan desconcertantes que ninguna teoría existente puede describir las nuevas realidades descubiertas. Y entonces han de cambiar hasta las reglas de elaboración de las descripciones teóricas, como sucedió a principios del siglo XX al aparecer la relatividad y la teoría cuántica. Continuamos elaborando nuevas ideas y descripciones teóricas y la realidad simplemente sigue existiendo. Es importante tener esto presente cuando hablamos de cosmología. Todas las cosmologías son modelos del universo, no el universo mismo.

## Leyes universales

Para desarrollar y propugnar una descripción teórica cosmológica, debe asumirse en forma irrenunciable y como una premisa ineludible, que las leyes que hemos logrado descubrir en nuestro planeta son idénticas a las que rigen a la totalidad de los grandes confines del cosmos. Es posible que lo anterior pueda aparecer como una tremenda

presunción; pero no tenemos otro medio si queremos saber más; sólo nos cabe aplicar tales leyes y verificar sus resultados.

Por fortuna, los acontecimientos cósmicos parecen mostrar cada día en forma más fehaciente su sometimiento a las mismas ordenaciones y sistemas de conducta que se cumplen en la Tierra. El movimiento de nuestro satélite natural, la Luna, se atienen a las leyes que controlan la caída de una manzana; el movimiento de las estrellas de nuestra galaxia sigue las leyes generales del péndulo; los átomos que hemos logrado observar alojados en mundos distantes de la Tierra muestran las mismas líneas espectrales que las de aquellos que examinamos en nuestros laboratorios; los planetas solares se trasladan y giran sobre órbitas que corresponden a las mismas curvas y ecuaciones estudiadas hace siglos por los griegos..., y los delicados equipos que se han empotrado en sofisticados satélites que se han construido aquí en la Tierra y puestos en el espacio por la voluntad humana, a millones de kilómetros de nuestra morada, cumplen rigurosamente con las previsiones aquí formuladas y con las órdenes que les han sido impartidas desde tan lejos. Por otra parte, los únicos elementos que observamos en el amplio universo estelar, corresponden a aquellos que nos son terrícolamente familiares y que cuya clasificación parte de la serie de Menderlejeff.

Sin embargo, por los modestos alcances que aun tienen nuestros conocimientos sobre la magnificencia del universo y sus complejidades, se debe considerar que puedan existir otras leyes aun desconocidas o diferentes que, de ser así, las que todavía tenemos serán las que nos conducirán a distinguirlas y entenderlas.

## Las fuerzas de la naturaleza

El núcleo medular del reino de la ciencia de la cosmología está constituido por cuatro fuerzas conocidas de la naturaleza, las que comúnmente las llamamos «fuerzas de campo»: gravedad, electromagnetismo, y las fuerzas subatómicas fuerte y débil. Se trata de un cuarteto que difiere fundamentalmente de las familiares fuerzas mecánicas que cohabitan con nosotros cotidianamente.

Nuestra noción común de fuerza implica la participación de un agente tangible que actúa directamente sobre algún objeto, como en el caso de una yunta de bueyes atada a una carreta. La yunta tira; la carreta se mueve. Los científicos explican la gravedad y las demás fuerzas de campo de otra manera. Cuando se recurre al ejemplo de la caída de una manzana se trata de explicar que ese fenómeno no es el resultado de una fuerza mecánica transmitida por la Tierra a través de algún invisible medio de transmisión. En vez de ello, la manzana se mueve debido a su interacción con el campo gravitacional local creado por la masa de la Tierra. El campo es gravedad; en cada punto del espacio existe una magnitud que puede ser medida en términos de la fuerza que ejerce sobre un objeto situado allí. El campo gravitatorio de la Tierra, por ejemplo, es más débil en la cima de una montaña que en el fondo de un océano.

El movimiento de un objeto cualquiera desarrollado a través de un campo genera más de una situación compleja. Por ejemplo, cuando una partícula cargada atraviesa un campo electromagnético, induce cambios en el campo. El campo alterado, a su vez, somete a la partícula a niveles de fuerzas constantemente variables.

Los científicos identifican y clasifican esta dinámica recurriendo al uso de expresiones matemáticas que son conocidas bajo el nombre de ecuaciones de campo, puntales de las teorías de fuerza. Puesto que estas ecuaciones también hacen posible calcular características anteriores de un campo, son herramientas importantísimas para el trabajo de los cosmólogos. Siguiendo el rastro de las interacciones de materia y campos de fuerza, los teóricos cuentan con capacidad para poder describir situaciones que se pudieron dar en el universo cuando éste todavía se encontraba en su "infancia".

## Interrogantes cósmicas

Por su naturaleza y los objetivos que persigue, se puede considerar a la cosmología como una ciencia inmersa en continuos períodos de trastornos. Frecuentemente, las últimas observaciones que se van haciendo en las profundidades del espacio van revelando detalles de un universo que dejan en entredicho y sin explicación a aspectos importantes de modelos cosmológicos. Sin embargo, los cosmólogos han desarrollado nuevas teorías que les permiten estudiar cómo puede haber sido el universo durante la primera billonésima de segundo de su vida, un período que antes se consideraba imposible de calcular. Puede que estas nuevas teorías no sean correctas, pero por primera vez se ha podido situar el nacimiento mismo del universo sobre una base científica. Brillantes personeros de ciencia han focalizado su atención reflexiva en interrogantes que no hace muchos años se consideraban excluidas del ámbito científico.

En las últimas décadas han sido los astrónomos y físicos quienes han intentado responder las interrogantes cósmicas. ¿Siempre ha existido el universo? Si no es así, ¿cuándo comenzó? ¿Y cómo? ¿Se acabará? ¿Está cambiando el universo con el tiempo? ¿Se extiende el espacio en forma infinita en todas direcciones? ¿Cómo llegó a formarse la materia en el universo? Las descripciones teóricas que intentan dar respuesta a esas interrogantes tienen ahora en su formulación, a diferencia del pasado, un soporte empírico científico que les permite, por lo menos, gozar de una atención. Pero lo anterior, no implica que la cosmología se haya podido desagregar tajantemente en sus descripciones teóricas de algo de sueño y mucha imaginación especulativa. La teoría cosmológica más ampliamente difundida, como es la del Big Bang, descansa en cuatro soportes observacionales: el desplazamiento de las galaxias, que se alejan unas de otras a enormes velocidades (descubierto en 1929 y que ha sido interpretado como una de las evidencias de la expansión producida por una gran explosión que dio origen al cosmos); la concordancia que se puede registrar entre la edad del universo -calculada por la velocidad a que las galaxias se distancian entre

sí- y la edad de la Tierra, medida por la desintegración radiactiva del uranio; el baño de ondas de radio provenientes del espacio, pronosticado como el necesario remanente de un universo más joven y caliente, descubierto en 1965; y la composición química general del universo -cerca de un 25 términos de procesos atómicos en el universo recién creado. Si dejamos de lado estas escasas observaciones críticas, lo que sostiene al modelo del Big Bang es sólo teoría, supuestos, suposiciones e intuiciones; o sea, el aporte de algo de sueño y mucho de imaginación. De todas las ciencias, la cosmología es la que requiere las extrapolaciones más extremas en el espacio y en el tiempo.

Es indudable que todas las teorías cosmológicas tienen algo de sueño y mucho de imaginación; es posible que llegue a establecerse cuál de ellas expresa mayor certeza en lo acaecido en el cosmos; pero todavía todas viven sostenidas por un alto porcentaje de especulación.

Sostener que el universo no tuvo principio ni tendrá fin, o conformarse con no preguntar de dónde proviene toda la materia o la energía que habría formado el átomo primigenio del Big Bang, es enterrar la cabeza en la arena. «Un tiempo o un espacio infinitos, se contesta, no tiene principio». Tal posibilidad es, lógica y naturalmente, incomprendible y nos hace penetrar, nos guste o no nos guste, en un terreno que objetivamente puede ser calificado como especulativo, pretendiendo explicar, con palabras que tienen sólo un sentido abstractamente matemático, un fenómeno todavía inexplicable.

Concebir algo sin principio ni fin; entramos a tratar con conceptos que debemos de reconocer que se encuentran ausentes en la formación adquirida de la naturaleza humana. Por ello, pienso que todas las teorías cosmológicas necesitan iniciarse en un acto de creación, no sólo de la materia y de la energía necesarias, sino también de las leyes o normas de conducta a las cuales habrán de atenerse en su devenir. Ello presupone dar respuestas a preguntas que la ciencia no está, ni tal vez estará nunca, en condiciones de poder contestar: ¿Y antes? ¿Y cómo? ¿Y para qué?. Lo sabio, en este caso, es asumir una posición honesta y simple: no remplazar la ignorancia por palabras o frases tan sin sentido como «generación espontánea» o «no me interesa, porque la ciencia no tiene cómo saberlo todavía».

Pienso que lo recurrente en nuestro quehacer científico debe ser la modestia y la honestidad de aceptar nuestra actual incapacidad. Referirnos a estas condiciones de orden ético nos enfrenta al gran mundo dentro del cual han nacido y se han configurado las imágenes y los conceptos capaces de ordenar lógicamente, según Einstein lo dijo, los fenómenos sensoriales; un mundo del cual el de la ciencia es humanamente hijo y sin el cual no podría existir el análisis de los fenómenos que lo conforman. Es el mundo de la inteligencia y del conocimiento, en el cual nacieron el ansia de saber, de verdad, y todo el vastísimo material de ideas que nos nutre espiritualmente.  $\Omega$

# Astronomía en el mundo maya

Jesús Gerardo Rodríguez Flores | Sociedad Astronómica de la Laguna (México)

La mejor descripción del elevado conocimiento de los mayas en el campo de la astronomía, y lo asombroso de su civilización no pueden estar mejor descritos que en el relato de Augusto Monterroso denominado "El Eclipse":

«Cuando Fray Bartolomé Arrazola se sintió perdido aceptó que ya nada podría salvarlo. La selva poderosa de Guatemala lo había apresado, implacable, definitiva. Ante su ignorancia topográfica se sentó con tranquilidad a esperar la muerte. Quiso morir allí, sin ninguna esperanza, aislado, con el pensamiento fijo en la España distante, particularmente en el convento de Los Abrojos, donde Carlos V condescendiera a bajar de su eminencia para decirle que confiaba en el celo religioso de su labor redentora. Al despertar se encontró rodeado por un grupo de indígenas de rostro impasible que se disponía a sacrificarlo ante un altar, un altar que Bartolomé le pareció como el lecho en que descansaría, al fin, de sus temores, de su destino, de sí mismo. Tres años en el país le habían conferido un mediano dominio de las lenguas nativas. Intentó algo. Dijo algunas palabras que fueron comprendidas. Entonces floreció en él una idea que tuvo por digna de su talento y de su cultura universal y de su arduo conocimiento de Aristóteles. Recordó que ese día se esperaba un eclipse total de sol. Y dispuso en lo más íntimo, valerse de aquel conocimiento para engañar a sus opresores y salvar la vida.

» - Si me matáis - les dijo - puedo hacer que el sol se oscurezca en su altura. Los indígenas se miraron fijamente y Bartolomé sorprendió la incredulidad en sus ojos. Vio que se produjo un pequeño consejo, y esperó confiado, no sin cierto desdén. Dos horas después, el corazón de Fray Bartolomé Arrazola chorreaba su sangre vehemente sobre la piedra de los sacrificios (brillante bajo la opaca luz del sol eclipsado), mientras uno de los indígenas recitaba sin

ninguna inflexión de voz, sin prisa, una por una, las infinitas fechas en que se producirían los eclipses solares y lunares, que los astrónomos de la comunidad maya habían previsto y anotado en sus códices sin la valiosa ayuda de Aristóteles...»

## La civilización maya la podemos ubicar entre los años 1000 a.C. y 1542 d.C.

La asombrosa civilización maya sigue siendo un misterio. Pero un misterio en el cual la "civilización occidental" tiene mucho de culpa. Durante la conquista, la intolerancia, incompreensión y soberbia de conquistadores y evangelizadores prácticamente acabaron con todo el conocimiento escrito de este fabuloso pueblo. Lejos de aquella creencia de que "los indígenas son tan bárbaros que no inventaron la escritura" el pueblo maya tenía códices o libros que lamentablemente en un arranque de fanatismo religioso fueron quemados por los evangelizadores. Los códices que han sobrevivido prácticamente se pueden contar con los dedos de las manos, y por fortuna el celo religioso no acabó con las innumerables estelas de piedra.

La civilización maya la podemos ubicar entre los años 1000 a.C. y 1542 d.C. Ocuparon un área geográfica que va desde la península de Yucatán, en México, hasta Honduras, en Centroamérica, aunque su área de influencia cultural fue mucho más extensa. Algunos hallazgos en cavernas en centroamerica permiten fechar evidencias de su cultura en épocas tan remotas como el año 2400 a.C., aunque la fase más interesante, su apogeo o Período Clásico tuvo lugar entre el 250 al 900 d.C.

## Las matemáticas

Durante un tiempo, lo único que conocíamos de los mayas era lo que sus fantásticas construcciones nos permitían intuir. Y lo poco que se conocía de su escritura nos permitió adentrarnos en la habilidad matemática que poseían. Su sistema de numeración tal vez fue el más efectivo y conciso de su tiempo. En lugar de nuestro familiar sistema decimal (base diez) ellos empleaban un muy efectivo sistema vigesimal (base veinte) con el cual podían registrar grandes cifras y realizar cálculos con mayor facilidad que los europeos de su tiempo (¿alguno ha visto lo ridículo y arduo que es realizar cálculos con números romanos?). El sistema, aunque de base veinte solamente empleaba dos símbolos para su representación. La unidad o uno era representada con un simple punto, el cinco o múltiplos de éste numero eran representados con una línea. Pero el símbolo que encierra una revolución en el mundo de las matemáticas fue un caracol: representaba al numero cero. Esto demostraba una vez más la genialidad de los mayas.



Figura 1: Imagen de "El Castillo" "Piramide de Kukulkan" en Chichen Itza. Los días del equinoccio un juego de luces aparenta el descenso de la serpiente empulmada.



correcta realización de los rituales. Pero este "circo, ma-roma y teatro" de los sacerdotes mayas estaba cimentado en los abundantes registros astronómicos que durante siglos habían conservado. Allí estaba la razón de su conocimiento de la existencia de diversos ciclos astronómicos como los eclipses y los períodos de planetas como venus y marte.

Los abundantes y antiguos registros astronómicos mayas les permitieron la elaboración de calendarios de gran precisión. Así por ejemplo los mayas pudieron determinar el período lunar (el transcurso entre una luna nueva y otra), que conocemos como mes sinódico. Los mayas lo calcularon en 29,5308 días, contra los 29,5306 medido por la tecnología actual: tan solo 24 segundos de diferencia. Para lograr tal precisión realizaron un concienzudo registro de 405 lunaciones ocurridas durante 11,960 días. ¡Un proyecto científico que duró más de tres décadas!

En la actualidad se considera que solamente cuatro códices mayas sobrevivieron del imperdonable "terrorismo y destrucción" que sufrió la cultura maya: el Códice Dresde, París, Trocortésiano y Grolier. Todos ellos tienen interesantes referencias astronómicas, pero para decepción de los científicos extremos, hay que aclarar que el interés de los mayas por el estudio de los astros no tuvo un fundamento totalmente científico. Su interés era conocer la mecánica celeste como un método para realizar pronósticos, rituales adivinatorios. En una sola palabra los que hoy conocemos como astrología.

El Códice Dresde, fechado en el siglo XI, hace referencia a las sucesivas apariciones de Venus como estrella matutina, el lapso que aparece como estrella vespertina y los períodos en que desaparece. Lo interesante sobre las efemérides de Venus que aparecen en este códice es que dicho calendario pronosticaba con notable exactitud las posiciones de Venus en los próximos 384 años. De igual forma el códice incluye tablas lunares de las fechas en que tendrían lugar los eclipses, así como la obtención del período lunar en base a las 405 lunaciones comentadas líneas arriba. Aunado a ello, el códice parece contener unas tablas que relacionadas con el período sinódico del planeta marte y, con el número de días que dura su movimiento retrógrado en el cielo.

## En la actualidad se considera que solamente cuatro códices mayas sobrevivieron

El Códice París contiene una representación aparente de lo que sería un zodiaco con trece constelaciones representadas como trece animales colgando de una especie de serpiente cósmica. Por su parte en el Códice de Madrid o Códice Trocortésiano hay una notable aplicación del calendario ritual (el "Tzolk'in" que describiremos más adelante), pero su aplicación tiene que ver más bien para usos rituales y de adivinación, un objetivo que también comparte con el Códice París. El códice más astronómico de todos tal vez sea el Grolier, el cual está centrado exclusivamente en el ciclo del planeta Venus.

Otra interesante fuente de información astronómica son los glifos o grabados en piedra, tanto en estelas como grabados en monumentos. Por ejemplo en Copán, en Honduras existen monumentos levantados para señalar el término del katún, un período religioso de 20 años marcado en el calendario maya conocido como "cuenta larga". También se han encontrado glifos que registran el paso de cometas, las posiciones astronómicas de Venus asociadas con otros ciclos astronómicos como las fases de la luna. También en Copán se encuentra el denominado "Altar Q" el cual según estudiosos representa la reunión de sabios que tuvo lugar hacia el 775 d.C. para realizar ajustes al calendario maya. Ajustes que, dicho sea de paso, hicieron al calendario maya más preciso que el calendario que actualmente usamos.

En el friso del edificio de las Monjas de Chichen Itzá hay 24 símbolos semejantes a los del Códice París en franjas celestes y símbolos de Venus los cuales bien pueden ser la representación del zodiaco de los mayas.

Otros objetos celestes de mucho significado para los mayas eran las Pléyades, las cuales las conocían como Tzab, la cola de cascabel. Al igual que en otras culturas de mesoamérica, las Pléyades tuvieron mucho que ver en la orientación de varios centros ceremoniales, y predecían el día de la siembra y el comienzo de las lluvias con su salida matinal del 25 de abril. La estrella polar, o Xaman-Ek, también era utilizada para orientarse al igual que en otras civilizaciones. La Vía Láctea era conocida como Wakah Chan, la serpiente erecta, y revestía de tanta importancia como la Pléyades en la orientación de monumentos.

## Los calendarios

Algunos investigadores que han analizado las estelas y códices mayas han logrado enumerar hasta 17 calendarios distintos, los cuales fueron elaborados de acuerdo a diversos ciclos celestes. De ellos, dos son los calendarios más importantes en la actividad cotidiana de los mayas. El primero de ellos es el calendario solar Haab, de 360 días, que se basa en la traslación de la tierra alrededor del sol. El otro es el calendario sagrado o sacerdotal o Tzolk'in, de 260 días.

El Haab o calendario solar consistía de 18 meses de 20 días cada uno, lo cual da un total de 360. A ellos se le agregaban 5 días llamados Uayeb, sin nombre, los cuales eran considerados días malos. Para la nomenclatura de los días (denominados "Kin") se realizaba anteponiendo el día al mes, como habitualmente lo hacemos en lengua española. Los días se numeraban del 0 al 19, y los meses tenían nombres asociados con la naturaleza: colores, animales, astros. Un hecho fantástico en la historia de maya de los calendarios tuvo lugar hacia el año 249 a.C. cuando los sabios mayas se reunieron en Huehuetlapan para realizar un ajuste al calendario. A partir de esa fecha tendrían tres años de 365 días seguidos de uno de 366 días. Los mayas habían inventado el año bisiesto para ajustar la diferencia entre el año solar y la duración de los días. En el "civilizado" viejo continente aún tendrían que pasar doscientos años para que Julio Cesar decretara

una reforma semejante que actualmente conocemos como calendario juliano.

Sin embargo este ajuste no fue suficiente, pues con el transcurso de los años se pudo apreciar como los 365,25 días del año no eran suficientes para compensar ajustar algunas diferencias calendaricas con respecto al inicio del año (solsticio de invierno). Nuevamente la iniciativa corrió a cargo de los mayas, los cuales se reunieron hacia el año 775 de nuestra era en Copán, en la actual Honduras. Para entonces la diferencia entre el solsticio de invierno y el inicio del año calendarico ya era de nueve días. Para subsanar esta diferencia, los sabios mayas realizaron un nuevo ajuste a su calendario que dejó el año en 365,242 días, un valor que difiere en tan solo 24 segundos al año que hemos podido medir con nuestra tecnología actual. ¡Sin embargo en Europa un ajuste semejante no tendría lugar hasta nueve siglos después! Para entonces, en el año 1582, el papa Gregorio XIII veía con preocupación como el inexacto calendario juliano arrastraba tantos días de inexactitud que muy pronto debería celebrar la pascua en pleno verano, en lugar de inmediatamente después del inicio de la primavera. Para ello se implanto el calendario gregoriano que nos rige actualmente, sin embargo cabe destacar algo muy importante: ¡el calendario maya es más exacto que el usado actualmente! Para el ajuste del calendario con el año trópico, Gregorio XIII (o mas bien sus asesores científicos) suprimieron tres años bisiestos cada cuatro siglos, lo cual produce un desajuste de un día cada 3225 años. Sin embargo lo mayas optaron por suprimir cuatro días bisiestos en un período de 500 años lo cual produce un desajuste de un día en 5263 años. En la actualidad, la Organización de las Naciones Unidas tiene varios proyectos para corregir el calendario actual, uno de ellos es precisamente emplear la solución de los antiguos mayas. En caso de que se llegara a implementar en estos albores del tercer milenio, finalmente habríamos adoptado un calendario de gran exactitud como el implementado por los mayas desde hace 13 siglos.

Por su parte el calendario ritual o Tzolk'in aún conserva mucho de misterio. ¿Por qué un calendario de 260 días? La razón sigue siendo un misterio. A la fecha se ha descubierto que la referencia más antigua de un calendario mesoamericano de 260 días viene de Monte Albán, Oaxaca, en el sur de México, región dominada en su tiempo por zapotecas y olmecas. El calendario está datado en el 600 a.C. y sus orígenes astronómicos aún no son claros. Por ejemplo tres y medio años de eclipses corresponden a dos tzolkines, el intervalo de aparición de Venus como estrella matutina es de 263 días, el período sinódico de Marte corresponde a tres tzolkines, entre otras múltiples hipótesis. Este calendario era utilizado para ceremonias rituales consistía en 13 días de 20 meses. A diferencia del calendario Haab, los días recibían nombres igualmente asociados con la naturaleza y los meses eran numerados del 1 al 20. Para nombrar las fechas del calendario Tzolkin se anteponeía el número de mes al nombre del día.

Los mayas usaban los calendarios Haab y Tzolkin de manera simultanea, e incluso fusionaban la nomenclatura para poder hacer referencia a determinados acontecimien-

tos que hubiesen ocurrido en distintos años. Esto era debido a que una determinada fecha de un año solar caía en una fecha lunar distinta de otro año solar. Por ejemplo: con el calendario Tzolkin la fecha "3 Akbal" se repetiría al cabo de 260 días, y con el calendario Haab la fecha "19 Kayab" se repetiría al cabo de 365 días. Pero al usar simultáneamente ambos calendarios podríamos tener la fecha "3 Akbal 19 Kayab" la cual no volvería a repetirse hasta pasados 18.980 días o 52 años. Por ello los períodos calendáricos de los mayas eran 52 años, lo cual implicaba para los mayas y otras civilizaciones mesoamericanas un simbolismo especial: la renovación de todo al cabo de 52 años. El ceremonia del "fuego nuevo" de los aztecas", por ejemplo.

Si esta forma de registrar el tiempo por los antiguos mayas resulta ingeniosa, su método cronológico de la "cuenta larga" resulta una explosión de creatividad. Utilizada por primera vez hacia el 150-300 d.C, la cuenta larga fue utilizada para hacer referencias a fechas con más de 52 años de separación. Como referiamos líneas atrás, para los mayas en día recibía el mismo nombre que el sol: kin. Y por razones de registro cronológico inventaron términos para diversos períodos. De esta forma 1 uninal equivale a 20 días; el tun a 360 días; el katum equivale a 7.200 días ó 20 años de 360 días; y el baktum equivale a 144.000 días ó 400 años de 360 días. Con estos términos los mayas podían hacer referencias a fechas de diversos siglos con la misma facilidad que actualmente los astrónomos utilizan de día juliano para agilizar sus cálculos astronómicos. El número de fechas que se podían representar con la cuenta larga llegan a millones. Así por ejemplo la fecha 9 baktum, 17 katum, 10 tum 0 uninal 0 kin (9.17.10.0) representa el 30 de noviembre del 870 de nuestra era. El fecha inicial de la cuenta larga (es decir 0 baktum, 0 katum, 0 tum 0 uninal 0 kin ó 0.0.0.0.0) corresponde al 11 de agosto del año 3114 a.C., una fecha que tal vez para los mayas podría tener algún significado importante en su conjunto de creencias, tal vez el inicio del cosmos o



Figura 4: El "Caracol" el "Observatorio" en Chichen Itza además de parecer un moderno observatorio astronómico tiene una serie de orientaciones relacionadas con las salidas de Venus y el Sol en fechas claves en la cosmología maya.

cuando menos de su civilización. La cuenta larga se extiende hasta completar 13 baktunes, lo cual nos da un total de 5100 años. ¡La Cuenta Larga nos permite ubicar una fecha específica entre 734.400.000 días!

## Arqueoastronomía

Las construcciones mayas con la vegetación selvática de fondo no solamente son hermosas, sino una muestra más del talento de este pueblo. Algunas de las construcciones cuya función religiosa resulta evidente para los arqueólogos presentan una característica muy notable: están alineados con respecto al cielo de forma que sirvan como verdaderos calendarios de piedra en fechas que eran importantes para el pueblo maya. Un hecho interesante en la ubicación geográfica del área maya es que al estar por debajo de la línea del Trópico de Cáncer del sol podía pasar sobre el zenit en dos ocasiones por año. Después del equinoccio de primavera, el sol se desplaza hacia el norte para alcanzar el zenit sobre el Trópico de Cáncer en el solsticio de verano, y entonces regresa hacia la línea ecuatorial para el equinoccio de otoño, en ese recorrido, el sol pasa dos veces sobre el zenit de la zona trópica donde se encuentra el área maya. Para los mayas estos dos pasos zenitales eran muy importantes desde el punto de vista de la agricultura y los rituales. Por lo mismo levantaron construcciones que marcaran el paso zenital del sol, así como los equinoccios y solsticios. Así por ejemplo tenemos el Templo de las Siete Muñecas en Dzibilchaltún, Yucatán (México), donde la luz del sol atraviesa el edificio en el amanecer durante los equinoccios. Y en el templo maya del Dios Descendiente de Tulum también la luz de sol del solsticio de invierno penetra por una ventana en lo alto del edificio. Algo semejante ocurre en la Casa del Gobernador en Uxmal. Por su parte en Uaxactún todo un conjunto de edificios fueron colocados para realizar funciones astronómicas. Colocado en la estructura piramidal de la plaza se puede observar el denominado Grupo E que consta de tres edificios. En dirección al edificio central se puede observar la salida del sol durante el equinoccio y en los solsticios el sol puede observarse sobre los edificios laterales.

En México, la arqueoastronomía maya alcanza su máxima expresión en Chichen Itzá, una ciudad que surgió hacia el 550 d.C y posteriormente abandonada en el siglo X. Volvió a tener nueva vida hacia el 1000 d.C para ser nuevamente abandonada en el siglo XIV. Cabe destacar que por el año 800 la ciudad fue invadida por los Toltecas, quienes habían construido Teotihuacan, otro baluarte de la arqueoastronomía, lo cual modificó el estilo de construcción de Chichen Itza.

Un verdadero símbolo de la actividad astronómica maya en Chichen Itzá viene siendo "El Caracol", un edificio que asemeja a un observatorio astronómico moderno (con domo incluido). También conocido como "El Observatorio", fue construido con fachadas, ranuras y perforaciones de observación especialmente orientadas para enfocar eventos siderales específicos. El observatorio esta deliberadamente desviado de la alineación de su plataforma



Figura 5: Imagen de la "Estela 7" que tiene de fondo el "Palacio de las 7 doncellas" el cual también presenta un importante alineamiento astronómico.

principal con la intención de que sus esquinas opuestas Este-Oeste apunten la salida del sol en el solsticio de verano y la puesta del sol en el solsticio de invierno (línea A3). La plataforma principal está perfectamente alineada a la puesta de Venus en su declinación norte máxima (línea A1). El basamento del observatorio apunta hacia la puesta del sol a su paso por el zenit (línea A2). Y algunas de las ventanas y ranuras del Caracol apuntan hacia las estrellas Canopus (línea A4) y Castor (línea A5). Ciertamente estos no son los únicos alineamientos encontrados en el Caracol, puesto que se han estudiado 29 alineaciones de las cuales 20 corresponden a fenómenos astronómicos en el horizonte; como por ejemplo la aparición de sol por la ventana 1 durante el equinoccio de primavera, o la observación de los puntos extremos norte y sur de Venus desde las ventanas 1 y 2.

El espectáculo arqueoastronómico mas conocido mundialmente sobre el mundo maya es sin duda alguna el que ocurre en "El Castillo" "Pirámide de Kukulcán" en Chichen Itza. Construido hacia en 800 de nuestra era, es un asombroso calendario solar que marca los días del año así como los equinoccios de primavera y de otoño. El Castillo es un templo de forma piramidal de 28 metros de altura con 91 escalones en cada uno de sus cuatro caras. Los escalones son un registro en piedra del año solar. 91 escalones por 4 lados, más un nivel extra por la plataforma da un total de 365, un peldaño por cada día del año. En marzo y septiembre, cuando tienen lugar los equinoccios de primavera y otoño, respectivamente, las mastabas o plataformas sobre las cuales está construida la pirámide proyectan sombras triangulares sobre las paredes de las escalinatas. Las escalinatas están adornadas en su base por sendas cabezas de serpiente que simbolizan a Kukulcán (o Quetzalcoatl, la serpiente emplumada), y con los triángulos de luz y sombra provocados por la iluminación del sol equinoccial provocan una fantástica ilusión de una serpiente que está descendiendo a tierra desde la parte alta de la pirámide. Muy posiblemente la pirámide de Kukulcan presentaba otros alineamientos astronómicos en diversas secciones de su construcción, la-

mentablemente estas hipotéticas alineaciones las hemos perdido. Cuando la pirámide fue descubierta se encontraba en un estado excesivamente ruinoso, y en su mayor parte de la construcción que vemos en la actualidad es obra de un arduo proceso de reconstrucción.

El mundo maya en centroamérica también tiene interesantes emplazamientos arqueoastronómicos. La ciudad maya más importante en este aspecto es Copán, en Honduras. Fundada en el siglo V a.C. y abandonada en el 850 de nuestra era presenta una gran cantidad de estelas y construcciones con motivos evidentemente astronómicos. Por ejemplo la estela número 2 sólo recibe luz solar en su cara frontal cuando el astro rey se encuentra en su solsticio de invierno. Las estelas 10 y 12 indican con su alineamiento la puesta de sol el 12 de abril y el 1 de septiembre, la primera de estas fechas es el inicio de la temporada de lluvias. Pero lo interesante de esta alineación es que la estela 12, en el sector oeste de Copán se encuentra a 7 kilómetros de la estela 10, y ésta última queda bajo el horizonte.

Las mismas fechas, 12 de abril y 1 de septiembre, también están involucrados con el edificio 22 u "Observatorio". El famoso arqueoastrónomo Anthony Aveni descubrió que una estrecha ventana de éste edificio en su parte media apuntaba hacia el ocaso solar en estas fechas. Dicha ventana siempre se alineaba con Venus en el atardecer entre abril y mayo. Pero había más. El año anterior en que Venus alcanzaba su posición más elevada en el horizonte, el primer día de visibilidad del planeta por la ventanilla siempre se retrasaba 8 días, del 25 de abril al 3 de mayo. Al año siguiente de alcanzar la posición extrema, el último día de visibilidad de Venus obedecía a las mismas fechas. Estas fechas marcadas por dicha ventana y las posiciones de Venus tenían un razón simbólica: la fecha intermedia entre el 25 de abril y el 3 de mayo, esto es el 29 de abril, corresponde al paso zenital del sol sobre Copán. Con ello, los dos astros más importantes para los mayas Venus y el Sol se veían involucrados simbólicamente en el mismo edificio. Y esta función arqueoastrológica está perfectamente grabada en las serpientes de cabezas bicéfalas del edificio, una representa a Venus y apunta precisamente hacia el poniente, la otra representa al sol y esta apuntando hacia el naciente. Ante dichas implicaciones el Edificio 22 también ha recibido el nombre de Templo de Venus.

## El ocaso de los dioses

La gran civilización maya, como todas las importantes civilizaciones de la historia, no podía sobrevivir por siempre en su máximo esplendor. Su colapso todavía no está muy claro para los arqueólogos e historiadores. Las hipótesis son diversas. ¿Que hizo abandonar a los mayas sus majestuosas ciudades? Algunas de las hipótesis más aceptadas sugieren que los mayas no supieron administrar sus tierras para obtener los alimentos que requerían para subsistir. Las tierras se empobrecieron, al parecer hubo un abuso en la tala de árboles que provocó importantes erosiones de la tierra y probables cambios en el clima. La producción de

alimentos decayó, las ciudades se vieron afectadas. Los mayas, que creían que todas las bondades de la naturaleza eran producto de los favores de los dioses, como pago por el sacrificio de sangre de sus señores y nobles, empezaron a abandonar las ciudades-estado con la creencia de que la sangre de sus reyes ya no era del agrado de los dioses. Los grandes señores perdieron su poder, y la civilización maya se desmembró en pequeños aldeas de campesinos. La gran civilización maya había muerto y solo trozos de su herencia pasarían a los indígenas lacandones y los aguerridos chamulas. El excesivo celo evangelizador de los conquistadores sería la segunda gran tragedia de los indígenas mayas, en ella se destruyeron valiosísimos libros y códices mayas, así como diversas obras pétreas que nos hubieran permitido conocer mejor a el pasado maya. Lamentablemente lo poco que queda de la herencia maya en los indígenas se esta viendo amenazado por lo que podría ser la tercera gran tragedia maya... En la actualidad los indígenas mayas se encuentran acosados por nuevos invasores: un gobierno que no termina de comprender su situación social; un movimiento de presuntos guerrilleros con más habilidad para la actuación que intenciones para solucionar los problemas; grupos políticos que buscan manipular el conflicto para sus propósitos particulares; el acoso de religiones que están dividiendo, y en ocasiones explotando, a las familias indígenas; y algunos extranjeros que lejos de ayudar a los indígenas han introducido nuevos factores que han complicado la existencia de los mismos y tratan de robarles su identidad.

Ojalá que así como la luz solar ilumina en el amanecer el templo de Dzibilchaltún, igualmente un futuro esperanzador ilumine a los últimos descendientes de los mayas para lograr lo único que realmente desean: vivir en paz y en libertad para gozar de su maravillosa herencia.  $\Omega$

## Referencias

- [1] Arqueoastronomía. Jesús Ríos Alvarado. Sociedad Astronómica de la Laguna. Marzo 1996.
- [2] Copán, la ciudad que refleja el Universo. Pablo Villarrubia Mausó. Misterios de la Arqueología y del Pasado. Año 1 No. 6. 1997.
- [3] La astronomía entre los antiguos mayas. Elena Ortiz García. Misterios de la Arqueología y del Pasado. Año 1 No. 11. 1997.
- [4] Estudio del Códice Cortesiano. Alfonso Lacadena y Ana Verde. Misterios de la Arqueología y del Pasado. Año 1. Nums. 9 al 11.
- [5] El Calendario Maya. Antonio Bernal González. Revista Universo. No. 19. Nov. 1996.



residente del *MS Fascination* de la *Carnival Line*. De esta forma, el más importante posible miembro de nuestra expedición no iba a estar presente en Paraguaná, sino que observaría desde Aruba, unas pocas millas al Norte.

Por esos días, el Observatorio ARVAL se puso en contacto con Philip Staiger, que planeaba, desde su sitio en Internet, ofrecer una transmisión del eclipse. En busca de la infraestructura requerida para colaborar en la transmisión, comenzamos a intentar contactar a La Voz de Venezuela, y descubrimos que había sido incorporada a la red de la Radio Nacional de Venezuela, funcionando entonces sólo como retransmisora.

## Internet y el eclipse

Ya estábamos a finales de enero de 1998. Por esos días la CANTV había adquirido a nuestro proveedor de servicios de Internet, *TRUEnet*, en donde el sitio de ARVAL en el Web está alojado, de modo que intentamos obtener la ayuda de CANTV para contactar a la antigua estación de radio. Al principio esto resultó en nada, pero luego, en CANTV surge la idea de hacer otra transmisión por Internet del eclipse, y a Andrés Valencia le ofrecen el trabajo de asesor técnico y científico para el evento, su primer trabajo como astrónomo profesional.

## Con una cámara de video montada sobre un telescopio que estaría siguiendo al Sol, transmitiríamos la imagen de video en banda base

CANTV logró que pudiéramos establecernos dentro de La Voz de Venezuela. Desde allí, con una cámara de video montada sobre un telescopio que estaría siguiendo al Sol, transmitiríamos la imagen de video en banda base, usando un enlace a través de satélite hasta la estación rastreadora en Camatagua. De allí a la sede de CANTV en Caracas, en donde se digitalizarían algunos fotogramas del video, a razón de uno por minuto, para la transmisión. Estos fotogramas serían enviados a un FTP, en el que Staiger, CANTV y ARVAL tendrían acceso.

Como camarógrafo para la transmisión se ofreció Roger Curry, presidente de la Asociación de Astrónomos del Nordeste de la Florida (NEFAS), quien desde el comienzo estuvo asociado con la expedición de ARVAL, colaborando en la cartografía y en la meteorología predictiva.

De esta forma se completó el plan para hacer tres transmisiones simultáneas: una desde los servidores en el Internet de CANTV, dirigida a sus clientes y al mundo de habla hispana principalmente (las páginas del sitio estuvieron sólo en castellano); otra desde los servidores de Staiger, dirigida al mundo de habla inglesa (las páginas del sitio estuvieron sólo en Inglés); y finalmente, otra bilingüe, dirigido a los clientes de *TRUEnet*, que por estar conectados directamente al servidor que poseía las imágenes, obtendrían un servicio rápido en esa red interna. La misma configuración permitiría dar a los clientes de CANTV un servicio óptimo.

Durante la semana anterior al eclipse, instalamos el hardware para la digitalización de los cuadros de video (Snappy, de Play Inc.) y se programó el software de FTP automático (SnapCap) para enviarlos al servidor central de la transmisión e instalamos en la sede de CANTV el servidor de captura. También se dieron los últimos retoques a las páginas del eclipse de CANTV, a las de ARVAL en su sitio en *TRUEnet*, y a las de ARVAL en el sitio de Staiger.

## La cuenta regresiva

La estación para el enlace por satélite de CANTV llega con su tripulación a Paraguaná, y falla una hora luego de comenzar a funcionar, pronto saldrá de Caracas el repuesto requerido para repararla. Estos trabajos terminan en día 23 de Febrero.

El día 24 llega Roger Curry de Jacksonville, y Arnaldo Arnal e Iván Rubesa partieron hacia Paraguaná con Angel Laya, el meteorólogo de la expedición. La estación de enlace por satélite entró de nuevo en funcionamiento y Angel montó la estación meteorológica. En la madrugada del día 25, en el camino, Roger y Andrés, observaron la Luna, su delgadísima zona iluminada era reconfortante... ¡al día siguiente será luna nueva!

El día 25 Roger y Andrés llegaron por fin a Paraguaná, para hacer las pruebas finales del enlace por satélite, y trabajar buena parte de la noche en la alineación polar de los telescopios, y la adaptación del filtro solar de la cámara de Roger, que en la mañana había fallado en las pruebas iniciales, víctima de la interferencia producida por la estación de radio. La cámara de video de Iván queda equipada para ser el origen de las imágenes de la transmisión, montada sobre el telescopio Meade LX-200 de Iván, en la cuña ecuatorial de Arnaldo.

Durante la mañana del día 26, terminamos la conexión telefónica que nos permitía el acceso al Internet usando



Figura 2: Este fue el equipo humano de ARVAL, de izquierda a derecha, Betty; esposa de Andrés, Andrés, Roger Curry, Iván Rubesa, y Arnaldo Arnal. Tomada durante la totalidad por Sonsoles Machado de Arnal, esposa de Arnaldo. Desafortunadamente, no aparece Angel Laya, nuestro meteorólogo, estaba demasiado ocupado!



Figura 3: Corona durante la Totalidad. Tomada por Arnaldo Arnal.

un PC portátil. Esta conexión resultó de gran ayuda para tranquilizarnos, pues desde el amanecer ¡han aparecido nubes en el cielo! Las imágenes del satélite GOES indicaban que se trata de algo temporal, y Angel confirmaba que se espera su disipación para el mediodía. Hasta las 10:30am habían venido en aumento constante, ¡hasta cubrir 5 octavos del cielo!

Falló también la cámara de Iván. La interferencia era demasiada y la reemplazamos con la cámara profesional de CANTV, inmune a la interferencia, pero imposible de montar sobre un telescopio. Así que tendría que trabajar sobre su propio trípode y el camarógrafo de CANTV debería seguir al Sol manualmente. Los telescopios se forraron con Mylar aluminizado para que pudiesen resistir el intenso Sol, que para nada indicaba el espectáculo que esperamos. Para las 11am las nubes habían disminuido hasta 3 octavos, en donde se mantuvieron hasta las 12. Pero, como obediendo las predicciones, para las 12:30 se habían retirado hasta sólo cubrir 1 octavo, que no estaba cerca del Sol.

La atmósfera del grupo era de júbilo y anticipación apenas contenida. Se había comprobado que los telescopios estaban bien alineados. Con sólo pequeñas correcciones seguían al Sol, que continuaba abrazador. La temperatura media se mantuvo cerca de los 35° hasta la 1pm.

## El Eclipse

A las 12:38 se inicia el Eclipse, el Sol está a una altura de 69° sobre el horizonte, y la Luna a comenzado a alcanzarlo, a las 13:07 comienza la transmisión. Desde la mañana miles de personas ya habían estado visitando las páginas de CANTV, ARVAL y Staiger para presenciar a distancia el evento.

A las 14:08 de la tarde, sentimos como la sombra de la Luna se abalanza sobre nosotros a 2.500 Km por hora. A las 14:09, con el Sol a 62° sobre el horizonte, ¡comienza la totalidad!

Automáticamente se encendieron las luces de la emisora; de pronto, ¡se ha hecho de noche! Miramos, ya sin



Figura 4: Corona Solar y Prominencias. Tomada por Iván Rubesa.

requerir de filtros especiales, hacia el Sol, sólo para encontrar un disco negro rodeado de una magnífica corona.

Las cámaras fotográficas sonaron como grillos, los perros de la estación parecían sorprendidos por la extraña noche, los murciélagos salieron a cazar y los espectadores, que ya no pueden contener su excitación, gritan alborzados; algunos lloran. Enormes sonrisas aparecieron en nuestros rostros; aquí estamos, lo hemos logrado, la sombra de la Luna nos rodea. Sentimos frío, la temperatura ha caído unos 4° durante la totalidad.

A las 14:13 termina el eclipse total, la sombra de la Luna se aleja tan rápido como llegó, poco antes un niño ha gritado que no quiere que el Sol vuelva a brillar como siempre. Impotentes y llenos de imágenes del recuerdo, vemos como la Luna comienza a dejar atrás al Sol, para dejar de obstruir su luz a las 15:35, a 45° sobre el horizonte.

## El final

Hemos disfrutado, durante 3 minutos y 44 segundos, del espectáculo natural más grandioso que se pueda imaginar; Ver, a la sombra de la Luna, la magnífica corona de nuestro padre, el Sol. Hemos visto las increíbles prominencias Solares, como joyas en la estupenda corona.

Para las 4pm, CANTV reportó 1 millón de visitantes desde las 9am. La transmisión ha sido el más importante espectáculo en Internet, desde Venezuela. Ω

Andrés Valencia  
Observatorio ARVAL  
<http://www.arval.org.ve>

# Sencilla astrocámara CCD

Francisco A. Violat Bordonau | Asesores Astronómicos Cacerreños, España

*El chip de la cámara SBIG modelo ST-4 es demasiado pequeño para casi todo, salvo planetas o estrellas múltiples: para buscar cometas, seguir asteroides, estudiar novas o supernovas, medir variables, capturar galaxias enteras o nebulosas. Pero si acoplaba este aparato a un telescopio con una focal menor, el campo aparente se incrementaría espectacularmente: de manera que busqué un instrumento adecuado para hacer una astrocámara digital de bajo precio.*

Si el ingenio humano tiene un límite, yo todavía no lo he descubierto... pensando y pensando cómo mejorar la capacidad de mi chip (limitado a 256 niveles de gris y a los 6' obtenidos con el nuevo reductor de focal) se me ocurrió una "maldad" muy original: dado que no me era posible reducir aún más la focal de mi telescopio (2 metros originalmente), ¿por qué no acoplar la CCD a un instrumento de calidad, con seguimiento y fácil de comprar?

Y pensando, pensando, ideé un montaje ideal: un refractor de 75-80 mm de diámetro con una focal de 500-600 mm como máximo: sería muy apropiado para obtener un campo más grande, ya que al ser su focal más reducida (4 veces en el que he adquirido), necesariamente tiene que abarcar un campo 4 veces mayor... además de esto, si la óptica era de calidad me permitiría también hacer seguimiento fotográfico (con el ocular reticulado que ya tenía), servir de buscador gigante (25 mm mayor que el que tengo ahora), objetivo fotográfico para astrofotografía (cap-

taría, teóricamente, unos 160') y, desde luego, seguidor guía para fotografía CCD en el instrumento principal... Muchas aplicaciones posibles para un único aparato, de manera que merecía la pena hacer la inversión y experimentar con él.

Llegado a este punto consulté diferentes catálogos de material astronómico, busqué un refractor de corta focal y buena abertura (el mínimo sería 75 mm, aunque preferiría uno de 80 mm) y después de varias gestiones llamé a Óptica Roma para informarme; yo quería lo que se ha llamado un telescopio "buscacometas", puestos de moda en 1985 con el paso del cometa Halley: buena abertura y corta focal, muy luminoso, apto para mi idea; lo tenían en existencia, acordamos el precio y al siguiente día, sábado, al acercarme a la delegación de SEUR me lo entregaron; comprobé el contenido correcto y me lo llevé a casa. Las anillas, lástima, no me servían para mi tubo (es un Meade de 8 pulgadas de abertura), de modo que ideé un sistema para acoplarlo a la montura: unas anillas de cobre compradas en una tienda de suministros de fontanería, que pondría "planas" después de martillarlas media tarde; de este modo el seguimiento automático se haría siempre con el motor del telescopio principal y me ahorraba más dinero al no tener que adquirir una montura o un motor.

El mismo lunes compré las anillas, dejé que mi suegro me hiciese las perforaciones de calidad, hice cálculos sobre el peso y la mejor ubicación en la montura y por la tarde, emocionado, lo instalé todo en su sitio. Bueno, de momento teóricamente todo parecía funcionar a pedir de boca...

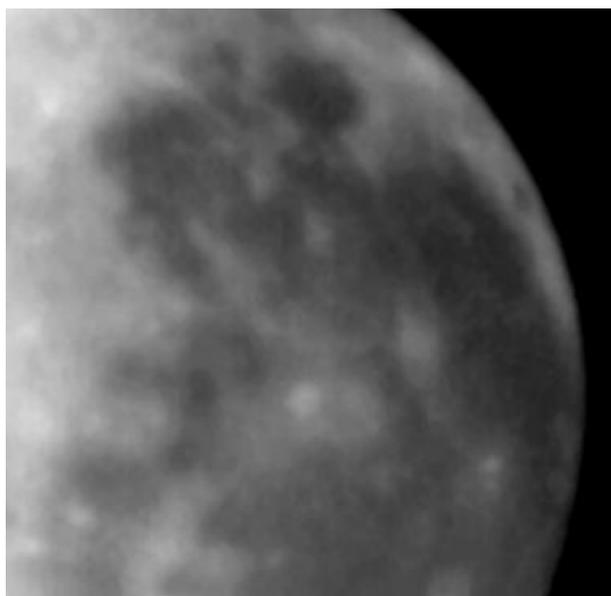


Figura 1: Limbo oscuro de la Luna. La superficie iluminada era demasiado brillante para la CCD.

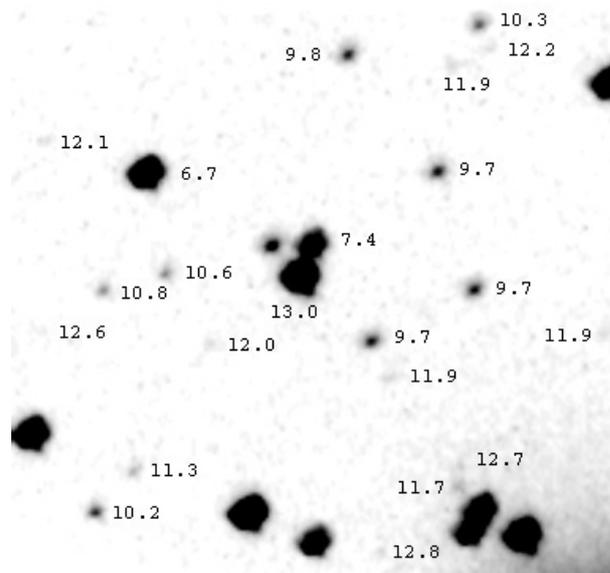


Figura 2: Exposición de 5 segundos. La magnitud límite es cercana a la 13.

Dejé el sistema descansando, para que las ex-anillas de cobre (ahora convertidas en dos rojizas láminas planas) se amoldasen al peso del telescopio y ya el viernes, más relajado, puse manos a la obra: enfoqué con el principal un punto ubicado en el lejano campo y con esta referencia orienté el refractor... me costó un rato, pero al final los 6 tornillos me permitieron observar por ambos oculares el mismo detalle: colimado. Esa noche, muy impaciente, apunté a una casa ubicada a unos 500 metros, enfoqué una de las ventanas, conecté la CCD y esperé unos minutos a que el chip comenzase a estar ya refrigerado; poco después lo puse en modo Focus (para enfocar), le ordené tomar imágenes en rápida cadencia con exposiciones de 0,5 segundos y comprobé cómo en el monitor se iba definiendo poco a poco una imagen... moví el enfoque fino algo, un poco más y no tardé mucho en contemplar una imagen nítida: una ventana iluminada, con sus cortinas, permitían contemplar dentro de una vivienda unos platos de porcelana colgados de la pared... ya estaba enfocada para mi sorpresa.

Después de grabar la imagen para la posteridad apunté al cúmulo estelar M44, el Pesebre, el cual localicé a través del propio refractor-buscador; saqué el ocular, introduje el cabezal del chip y le di una exposición de 5 segundos; al poco apareció una imagen, casi nítida, del cúmulo: el campo abarcado era superior a los 18'. ¡Éxito total en unos minutos! Ya más calmado comencé a efectuar tomas, para determinar mejor la orientación de la cámara, el campo capturado, la longitud de los trazos con exposiciones bien medidas (para conocer, a partir de la longitud de los mismos, el campo capturado y de aquí la resolución práctica)... en fin, que en unos minutos y pese a la escasa altura del agrupamiento estelar había almacenado varias tomas. Una vez terminado tapé el objetivo y volví a grabar diferentes campos oscuros, para restar a las imágenes y mejorar las mismas durante la mañana del próximo día.

### Por qué no acoplar la CCD a un instrumento de calidad, con seguimiento y fácil de comprar

El domingo me levanté emocionado porque tenía en mente procesar las imágenes, determinar el campo aparente, la magnitud límite, la resolución y demás.

Cuando procesé las tomas me quedé pasmado: yo pensaba que apenas llegaría a la 11ª magnitud, ya que la superficie colectora del refractor es 7,32 veces inferior... sin embargo en las imágenes de 30 y 40 segundos se podían apreciar, claramente, astros de magnitud 12ª y 13ª... si con esta exposición (40 s) llegaba a la 13ª, subiendo a 100 segundos podría llegar a la 14ª y prolongando el tiempo a los 252 segundos la 15ª... ¡no estaba nada mal para un pequeño buscador de 75 mm! Teóricamente el instrumento debe darme siempre un límite estelar cercano a 2,16 magnitudes menos que lo capturado con el SC-203 mm. Además de esto, de la longitud de los trazos determiné la focal real del equipo, una vez instalada la CCD y enfocada: 19 pulgadas (482,6 mm), algo más corta de

lo supuesto y, por tanto, tanto mejor para mí: primeramente porque el campo será más amplio de lo supuesto (19' en vez de 18') y segundo, porque la luz será mejor aprovechada (es a f: 6,43 en vez de f: 6,66). Doblemente mejor.

Aunque la resolución obtenida NO es apropiada para planetas o estrellas múltiples cerradas: el tamaño del pixel es de 5,9", de manera que la imagen planetaria no es detallada, pero al menos el campo obtenido y la magnitud merece la pena, pues con el zoom x4 la resolución es mejor (1,7" por pixel), de modo que todavía se pueden efectuar mediciones con un mínimo de calidad o precisión.

A este artículo le acompañan dos imágenes de M44: la primera (tomado del programa Voyager II) ofrece el mismo campo estelar que la segunda; la siguiente imagen es la toma original a través del R-75, en la cual se han marcado algunas de las estrellas que me sirven para determinar el límite de magnitud... en el monitor se llegan a apreciar estrellas aún más ténues.

Para evitar errores de la parte óptica (especialmente el cromatismo, pese a trabajar con un doblete acromático), he adquirido varios filtros de color (rojo intenso, amarillo y añil) con los cuales trabajo en luz monocromática: dado que el chip es especialmente sensible a la luz larga (roja y naranja), exagero todavía más esa tendencia con el filtro rojo, muy indicado para estudiar nebulosas de emisión,

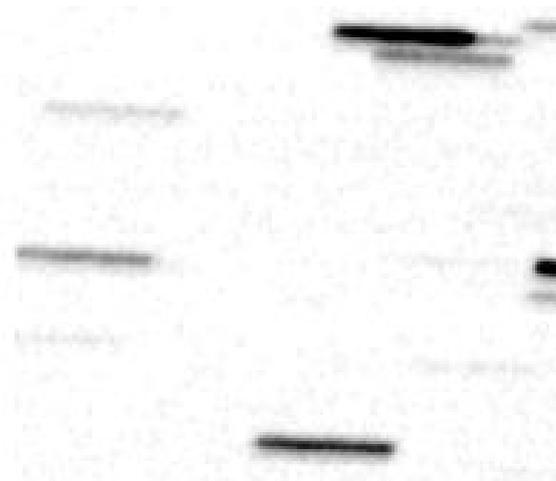


Figura 3: M44 (Pesebre).

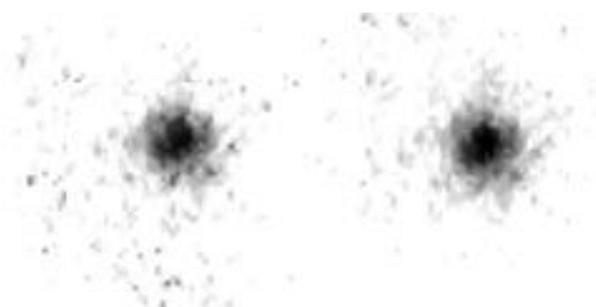


Figura 4: El cúmulo globular M53.

con el amarillo elimino tanto la luz violeta (que pudiera provocar cromatismo) como parte de la roja, con lo cual la imagen se parece un poco más a la que ve el ojo, mientras que con el filtro añil intento eliminar la parte roja y naranja del espectro, centrándome especialmente en la luz azul y violeta. No son filtros de precisión o fotométricos, pero para variar la parte del espectro recibida de los objetos astronómicos sirven.

En fin, he realizado después más experimentos con la astrocámara digital y es bastante buena (¡por no decir casi milagrosa!), pues a un campo aparente mucho mayor que a foco primario en el SC-203 mm (la superficie capturada ahora es nada menos que 16 veces) se une una magnitud límite aceptable, no escandalosa aunque bastante buena para esta abertura. Por fin tengo un nuevo sistema óptico para capturar cometas, asteroides (¡ahora sí que no se pierden!), objetos de cielo profundo, nebulosas difusas, galaxias, cuásares, variables y otros más... Ahora sólo me resta disfrutar de estos días despejados, noches frescas y cielos límpidos: en cuanto esté trabajando plenamente comenzaré a resumir los resultados, que espero sean tan interesantes como siempre.

Aquí terminaba antes este artículo, pero con posterioridad (y antes de remitirlo para su publicación) he podido tomar bastantes imágenes más, algunas de las cuales acompaño, de modo que retomo el hilo..

En la noche del 19 de junio dirigí la astrocámara CCD en dirección a León, en donde encontré la variable R Leonis perfectamente asequible al equipo: quizá demasiado asequible, porque es una estrella de tipo Mira (variable de largo período: 312,43 días), con oscilaciones de brillo entre la magnitud 4,4<sup>a</sup> como máximo y 11,3<sup>a</sup> como mínimo. Debido a su tipo espectral tan avanzado (M8IIIe) es un astro frío y, por tanto, fuertemente emisor en luz roja, de donde debería aparecer muy brillante para mi CCD. Así es: la imagen digital obtenida ofrece todos y cada uno de los astros en la zona que rodea a la variable, brillantemente luminosa para la astrocámara; las estrellas de comparación aparecen al lado: se ve que R Leo es escandalosamente más brillante que las demás, pese a que visualmente brillaba cerca de la magnitud 7<sup>a</sup>.

El anochecer del viernes 27 fue fabuloso: despreciando el hermoso creciente lunar (¡demasiado brillante para el chip!) me centré en la zona oscura, en donde la luz cinérea me permitió contemplar, completamente nítida, la superficie lunar con sus accidentes: si hubiese habido una ocultación estelar por su limbo oscuro, podría haberla estudiado perfectamente.

## Encontré la variable R Leonis perfectamente asequible al equipo

Más tarde, ya de madrugada, dirigí el instrumento a la zona de Coma en donde, además de algunas variables abiertas, capturé el cúmulo abierto M53, parcialmente resuelto con esta corta focal en exposiciones tan cortas como 10 a 40 segundos. Sabiendo que el cúmulo dista unos 55.000 años-luz, mide unos 12' y que su brillo conjunto es de la 7,6<sup>a</sup> magnitud, haberlo medio resuelto

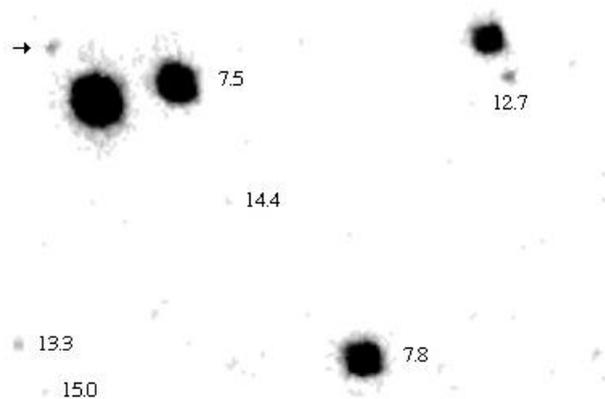


Figura 5: El cuásar Mar 421.

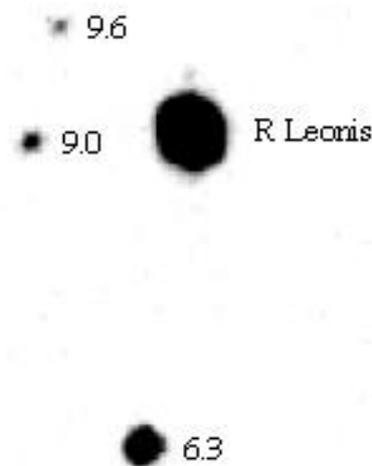


Figura 6: Campo de la variable R Leo. Debido a su tipo espectral avanzado (M8IIIe) es un astro frío y, por tanto, fuertemente emisor en luz roja, de donde debería aparecer muy brillante en la CCD.

con este instrumento y focal (máximo sabiendo que su óptica NO es de calidad, como otros muchos colegas me han comentado a través del correo electrónico), no es que sea una proeza (¡faltaría más!), pero sí una nueva línea de trabajo que nunca habíamos probado o experimentado en este club.

De manera que, en vez de gastarnos *medio kilo* (que no tenemos) en una ST-7, hemos remozado la vieja ST-4 con un nuevo instrumento: a focal nueva, resultados nuevos, mediocres quizá pero nuevos.

Finalmente, como resumen, algunas reflexiones: este artículo no pretende alabar mi ingenio, ni poner por las nubes mi habilidad instrumental o incluso "elevar al altar" el chip de la ST-4; simplemente sirve para dar nuevas ideas a los aficionados, abrirle más posibilidades con su equipamiento o encaminarles a otras líneas de trabajo que todavía no ha experimentado.

Y todo ello no llegó a las 26.000 Ptas. Ω

# La historia de AstroRED

Alex Dantart | Agrupación Astronómica Aragonesa, España

Primeramente, me gustaría presentarme. Soy Alex Dantart, un joven estudiante de ahora recién cumplidos 21 años que intenta sacarse los estudios mientras se ve metido en un importante proyecto en Internet del cual ahora voy a contar su historia.

Era septiembre de 1995 cuando yo empezaba con ilusión el camino de todo estudiante de segunda etapa de su vida: la Universidad. Era todo nuevo para mí, y ya por esa época sabía algo de Internet, había oído hablar de todo ello por la televisión (rara vez), por la radio o en las revistas de informática. Pero por esa época no había más allá del correo electrónico, el telnet, y poca cosa más. Si, ciertamente, existía la Web, pero no tan extendida como esta ahora. Las cuentas de correo electrónico en mi Universidad no eran "regaladas" todos los estudiantes como son ahora, sino que si querias una (si es que sabias lo que era) tenías que pedirla previa citación al Centro de Cálculo.

A mí siempre me ha gustado esto de la informática desde niño y sobre todo el mundo de las comunicaciones por el ordenador y más desde que ví esa famosa película "Juegos de Guerra". Por eso no pasaron más de 2 semanas de Alex como universitario cuando ya disponía de mi primera cuenta de correo electrónico que aún recuerdo y la cual aún sigo viendo en algún lugar registrada (alex.dantart@mest.unizar.es).

Fue entonces cuando en octubre y noviembre casi investigaba más Internet por medio del correo electrónico y de la Web (aún con el Netscape 1.1) que mis libros de Física, ya que me había matriculado a esa carrera por mi pasión a la Astronomía, la cual comparto desde que en 1991 entré a formar parte como socio de la Agrupación Astronómica Aragonesa, de la cual ahora soy vocal y "relaciones cibernéticas".

No se por qué, pero no solo Internet me llamó sino que aprendí cosas a un ritmo asombroso, hasta que a finales de noviembre tomé contacto con RedIris, y logré crear una lista de correo llamada Astro-Espana. Si llego a saber que esa lista iba a desembarcar en todo el proyecto que ahora es AstroRED la hubiera llamado de otra forma, pero de todas formas, ahí quedó el nombre. La cree con un ánimo de que la gente de mi Universidad (por cierto, la de Zaragoza) con aficiones de Astronomía y Ciencias del Espacio se unieran a este foro para conversar y debatir temas. Fue creada el 1 de diciembre de 1995.

Mi sorpresa llegó, no solo cuando vi que se suscribían gente de fuera de la Universidad, sino cuando vi que llegabamos a 20 suscritos. Por aquella época no existían mas de 30 listas de correo registradas en RedIris en España y tener 20 personas era un logro, y más en este tema. Poco a poco fue creciendo la cosa. Me sentía parte de la lista. Trataba como administrador de conocer a todas las personas que se suscribían y mantener contacto con ellas y no dejar que ninguna pregunta de la lista no fuera contestada al menos por mí.

## Conforme iba visitando webs me iba dando cuenta que en idioma castellano no había apenas información astronómica

Pero se me empezó a ir de las manos cuando vi que el número superaba los 70 suscritos. En ese momento deje que la lista fuera un poco sola y ha ido viviendo así hasta ahora. A partir de enero de 1996, empecé con la web a crear lo que es el abuelo de AstroRED: la página web de la Agrupación Astronómica Aragonesa. Me empollé muchos libros de web, de HTML y demás lenguajes, y miraba como eran las páginas web por aquel entonces y me llamarón la atención las típicas como son las de la NASA, la del Jet Propulsion Laboratory y demás. Pero sobre todo me ayudó Víctor R. Ruiz de la Agrupación Astronómica de Gran Canaria con su magnífica página Web por aquel entonces. Me decía trucos para hacer más bonito y práctica la web y su página era lo que yo soñaba.

Pero conforme iba visitando webs me iba dando cuenta que en idioma castellano no había apenas información astronómica y no llegaban a 15 las páginas de agrupaciones astronómicas, con lo que decidí que la de la Agrupación Astronómica Aragonesa (AAA) podría ser un centro común para todas y además de la información que había metida puse noticias, efemérides y demás apartados.

Vi que la AAA quedaba pequeña para tal página, o dicho de otro modo, que tenía en mi cabeza demasiadas cosas pensadas para una página web de una agrupación, y decidí separar todos esos recursos de astronomía en otra página. Pensé mucho el nombre e incluso soñando que podría llegar a ser algo pensaba que tenía que ser un

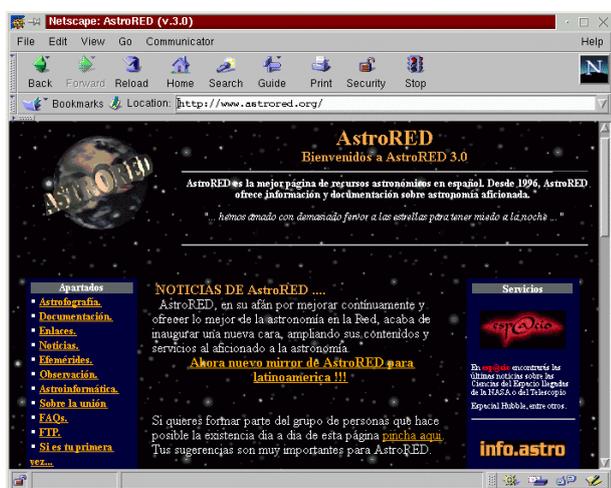


Figura 1: Página principal de AstroRED.

nombre que uniera no sólo la astronomía en España sino en todo los lugares del mundo que se hablara habla hispana.

Y así se creó lo que hoy se llama AstroRED, es decir un red de recursos astronómicos en español, un punto de encuentro común para todo aficionado que se adentrara en la web y quisiera saber cosas de este fantástico tema.

Y... ¿verdad que ha habido en la historia golpes de suerte y cosas sencillas han subido como la espuma? Por ejemplo una cosa tan tonta como la Coca Cola se ha convertido en la segunda bebida más bebida del mundo. Pues bien, de verdad que no sé como lo hice, ni que cosas pudo hacer AstroRED (porque reconozco que por aquella época no era gran cosa, sino una suma de enlaces a otras webs) que en poco tiempo el contador de visitas subió pero que muy deprisa, los suscritos a la lista Astro-Espana superaron los 200 y la gente me iba escribiendo para felicitarme e incluso ayudarme a seguir construyendo.

## Así se creó lo que hoy se llama AstroRED, es decir un red de recursos astronómicos en español

Fue ese "mágico impulso" el que me impulsó a mi a trabajarlo más día a día. Y lo primero era cambiar la antigua dirección <http://aaa.home.ml.org> (aún de la AAA), por alguna que fuera más directa para AstroRED. Gracias a que me puse literalmente pesado enviando cartas a un montón de servidores, uno de Murcia le interesó el tema y me albergaba la página web de AstroRED y me pagaban el dominio gratuitamente siempre que yo siguiera manteniendo la calidad de las páginas. La dirección, como supongo que sabreis, que es la misma que la actual es <http://www.astrored.org>, la cual ya es un poco más visible, corta y fácil de recordar. Así estuve hasta hace poco que me cambie a otro servidor, donde además tenía mejor servicio y en donde estoy muy contento.

También, no se exactamente cuando, incluí en el gran proyecto de AstroRED 3 grupos de noticias registradas bajo dominio .es y un canal de IRC que al principio estuvo en Undernet y que luego se pasó a IRC-Hispano.

Hoy en día AstroRED sigue creciendo y tiene muchos proyectos nuevos, como una nueva sección de astrofísica para más profesionales, una de astronáutica, más en la sección de documentación, además de todo lo que hay y de lo cual me pondría a contar pero no terminaría jamás y por ello os invito a visitarla en su totalidad, siempre con la esperanza de que os guste todo este esfuerzo y que por supuesto me ayudeis con vuestras sugerencias para crear algo aun mejor.

Gracias a todos por ayudarme, puesto que es cada visita que recibo la fuente de energía que me ayuda cada día a seguir alimentando a AstroRED. Ω

El autor es socio de la Agrupación Astronómica Aragonesa (AAA) desde 1994 y actualmente estudia informática en la Universidad de Zaragoza.

Alex Dantart

# XEphem: El cielo a través de una ventana (X11)

Nahuel Iglesias<sup>1</sup> y Víctor R. Ruiz<sup>2</sup> | <sup>1</sup>Bariloche, Argentina. <sup>2</sup>Agr. Ast. de Gran Canaria (AAGC)

*XEphem es un planetario electrónico disponible en entornos gráficos de tipo Unix, como el X-Window. Posee unas avanzadas opciones de configuración que lo convierten en un rival muy poderoso enfrente del SkyMap, el ECU o incluso el Guide y el MegaStar.*

## El planetario para Unix

Bueno, ya hemos mencionado dos veces X11. Y, ¿eso con qué se come? Por decirlo brevemente, X11 es el entorno gráfico de un sistema UNIX, aunque ha sido portado a otros sistemas operativos, como OS/2, pero no a DOS.

¿Qué es XEphem? La respuesta va a ser más larga que la pregunta. XEphem es un programa de astronomía escrito por Elwood C. Downey. Sería uno más entre los mejores planetarios interactivos que conocemos (como ECU,

SkyMap, The Sky, etc), ya sean *freeware*, *shareware* o de los caros (¿algún otro término para definirlo?) si no fuera por varios detalles.

XEphem es el primero, al menos con este nivel de complejidad, que corre bajo sistemas operativos tipo UNIX en el entorno X11, incluyendo al cada vez más popular, afamado y aclamado Linux, brindando toda la potencia y flexibilidad que esto implica, como ejecutarlo en una computadora, y manejarlo y verlo desde otra.

¿Qué es XEphem? XEphem es un programa de astronomía escrito por Elwood C. Downey

Utiliza Motif para su interfaz gráfica, lo que le da una apariencia atractiva y un manejo eficaz, a la vez que lo mantiene dentro de un estándar en X11, siendo posible compilarlo para casi todas las plataformas UNIX.

Además, es Código Público. Ojo, esto es muy distinto del *software* de dominio público: el Código Público (*Open Source* en inglés), bajo la licencia GPL por la que se distribuye XEphem, no es sólo programas gratuitos. Se distribuye junto con el código fuente, generalmente escrito en C. No hace falta pagar a nadie por usarlo, se puede redistribuir como a uno se le ocurra y cobrando por ello. Incluso se puede modificar o usar el código fuente para utilizarlo en otros programas. Al que le interese el tema puede leer los términos de la Licencia General Pública de GNU.

## Características

Lo mejor, es que se distribuye con bases de datos para miles de objetos, como el PPM, Messier, NGC, aunque desde la página principal de XEphem están disponibles otra serie de catálogos convertidos al formato del programa. Además, nos permite introducir nuevos cuerpos en órbita heliocéntrica o terrestre, incluyendo satélites.

Maneja el catálogo de posiciones y movimientos propios (*Position and Proper Motion*) (PPM) desde un único archivo de disco comprimido de unos pocos mebibytes. Este catálogo llega a la magnitud 10 y es ideal para el uso por parte de los astrónomos aficionados y es recomendable tenerlo disponible en nuestro disco duro. Del resto ya se ocupa el XEphem.

Para cálculos de posición podemos obtener la información en coordenadas heliocéntricas, geocéntricas o topocéntricas. Las tablas de datos se pueden generar desde

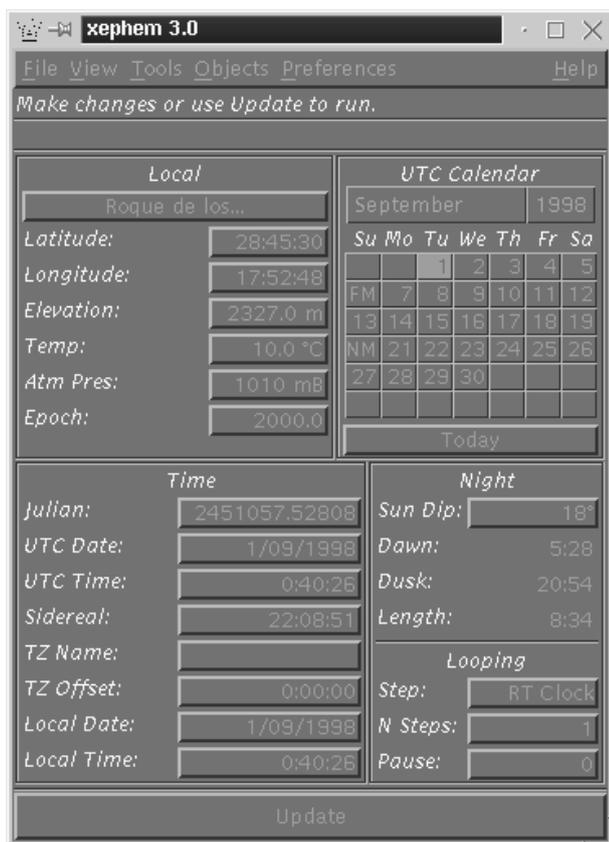


Figura 1: Panel de control del XEphem. Aquí se configura la fecha, lugar y condiciones de observación

varias ventanas gráficas interactivas incluyendo mapas celeste, de la Tierra, la Luna, Marte, Júpiter, Saturno y el Sistema Solar.

Por supuesto, maneja internamente todos los planetas, las lunas de Júpiter, Saturno y la Tierra, la longitud meridiana central de Marte y Júpiter, los anillos de Saturno y la Gran Mancha Roja de Júpiter, algo de gran ayuda para los observadores planetarios, y muestra acercamientos de los sistemas de satélites de Júpiter y Saturno con los objetos de fondo correctos.

**No hace falta pagar a nadie por usarlo, se puede redistribuir como a uno se le ocurra y cobrando por ello. Incluso se puede modificar el código fuente**

Tal y como sucede con otros famosos planetarios electrónicos, el XEphem puede servir de control a telescopios robotizados en tiempo real a través de FIFOs de comandos ASCII simples (¿fifos? a leer un manual de UNIX).

Una de las mejores virtudes del XEphem con respecto a sus competidores en otras plataformas es la carga de datos a través de la Red. Bien es conocido que el catálogo GSC, con sus 15 millones de estrellas, llega a ocupar un buen bocado de CD-ROM y que traérselo a través de la Red es poco menos que una locura para muchos usuarios. Pues bien, podemos traer trozos del *Hubble Guide Star Catalog* (GSC) para la vista del cielo actual cuando estemos conectados a Internet. Por si fuera poco este servicio, el XEphem aún nos aguarda con otra notable sorpresa, ya que puede mostrar cartas celestes en formato FITS del *Digitized Sky Survey* (DSS) superponiendo los símbolos de su base de datos: por fin podremos ver fotos de una región del cielo identificando las galaxias.

La información puede calcularse bajo demanda o de forma automática, con un intervalo de tiempo configurable. De esta manera, se pueden generar series de cálculos o animaciones fácilmente... Por que XEphem realiza animaciones, tanto en 2D como en 3D. Las animaciones en 2D las podemos realizar para generar cartas de observación de cometas, mostrando el trazo de su trayectoria para un periodo de tiempo en concreto. Pero además, podemos ver su órbita vista desde fuera del Sistema Solar en 3D, tal y como hace el programa la Danza de los Planetas para MS-DOS. En este caso, SkyMap, ECU, MegaStar y Guide quedan fuera de juego.

La información que XEphem brinda de cada objeto incluye AR y Declinación, azimut y altura locales, coordenadas heliocéntricas verdaderas, distancia al Sol y a la Tierra, distancias en tiempo luz, coordenadas galácticas, elongación solar, tamaño angular, magnitud visual, fase (porcentaje iluminado), momento y azimut locales para salida y puesta, momento y altura locales de tránsito, cantidad de tiempo en que el objeto permanece visible, constelación en que se encuentra, y separación angular entre cualquier combinación de objetos.

La información local de las circunstancias de observación incluye TU y fecha y hora local, hora sidérea local,

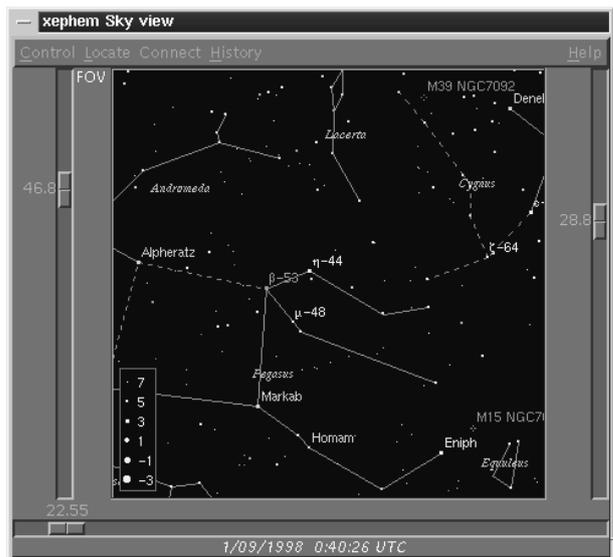


Figura 2: Ventana del cielo. Con las barras de desplazamiento de los bordes podemos navegar por las coordenadas celestes (ecuatoriales o altazimutales) y seleccionar el campo de visión. Todo es perfectamente configurable.

hora de crepúsculo y amanecer astronómicos, temperatura y presión atmosféricas locales (para refracción), elevación sobre el nivel del mar (para paralaje), calendario mensual.

Los cálculos de AR y declinación pueden ser topocéntricos o geocéntricos, y astrométricos (corregidos sólo por precesión y tiempo de viaje de la luz) o aparentes (corregidos además por nutación, aberración y deflección). Los valores topocéntricos son también corregidos por paralaje y refracción.

Los archivos de gráficas o listas de los valores de los campos elegidos pueden ser generados a medida que el programa corre. Los archivos de gráficas son valores muy precisos en coma flotante en ASCII, pensados para exportarlos a otros programas graficadores. XEphem incluye una sencilla herramienta para ver rápidamente una gráfica. Los archivos de listas son tablas con un formato más legible por humanos.

XEphem puede leer bases de datos de objetos. Los objetos pueden ser:

- Fijos;
- Especificados por los elementos de una órbita heliocéntrica elíptica, hiperbólica o parabólica, para objetos del sistema solar como asteroides o cometas;
- O especificados por los elementos de una órbita geocéntrica elíptica para satélites terrestres.

Entonces estos objetos pueden ser mostrados en el mapa celeste, con filtros de tipo y magnitud.

Como se imaginarán, comentar todas las posibilidades de XEphem daría para una revista completa. Pero si tie-

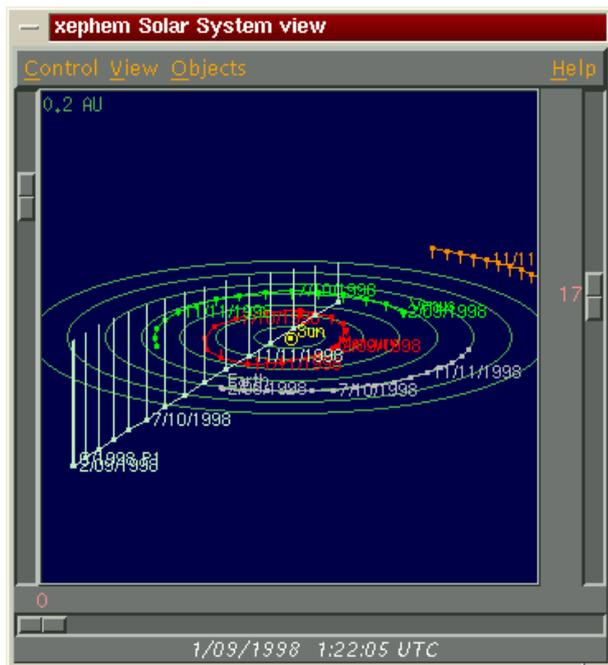


Figura 3: Órbita del cometa C/1998 P1 (Williams) vista en perspectiva 3D.

nes curiosidad (y manejas el inglés) pásate por la página principal de Xephem en

<http://iraf.noao.edu/ecdowney/xephem.html>.

### ¿Qué se necesita para usar XEphem?

Una computadora, un sistema operativo tipo UNIX y un sistema X11 que funcione. Con Linux, el XEphem va a la perfección. En la página principal de XEphem existe una lista de sistemas operativos en los que XEphem se ha probado.

Puedes obtener los archivos del programa desde su página, en donde podrás encontrar los binarios compilados para varias plataformas Unix. Si uno se trae la versión compilada estáticamente de XEphem, no hace falta nada más. Pero ojo, que con el ejecutable sólo no alcanza, igualmente hay que obtener el paquete con todo el código fuente e instalar los archivos de base de datos y configuración que lo acompañan. Después podemos borrar todos esos \*.c y \*.h.

Si uno, en cambio, es de los que le gusta meter mano en todo, y compilar los programas que utiliza en su propio ordenador, seguramente metiendo un poco de mano en el código fuente (como debería ser ;-), entonces también vamos a necesitar, además de las herramientas propias para compilar un programa que correrá bajo X11 (y está escrito en C), las librerías Motif. Como estas no son ni gratis ni libres, quizá quieras probar con LessTiff, que sí lo son, y cuya última versión parece ser estable (0.8x).

Normalmente, en un sistema Linux, las herramientas necesarias para compilar XEphem ya estarán instaladas,

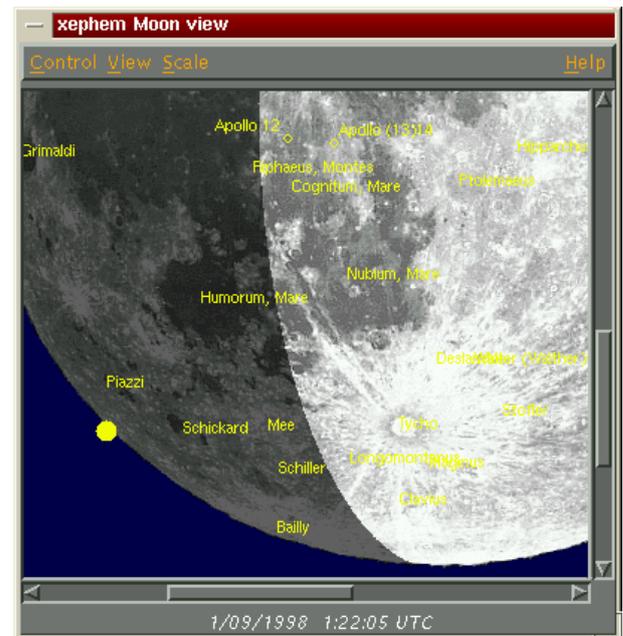


Figura 4: La fase lunar para el 1 sep 1998, a 6x. Se divide con claridad el terminador lunar y se identifican los nombres de los cráteres más brillantes

si uno por ejemplo instaló los paquetes D y XD de la distribución Slackware. Estos paquetes contienen el compilador gcc de GNU, GNU make, las librerías de X, xmkmf (aunque este último no es necesario si uno es lo suficientemente macho como para editar a mano un fichero Makefile que viene con la distribución de XEphem) y un montón de ficheros \*.h que no deben faltar en ningún sistema bien montado.

También existe un paquete rpm con XEphem, en los espejos FTP de la distribución Red Hat Linux.

### Conclusión

Si tienes a tu disposición un sistema Linux (o cualquier otro Unix) no pierdas la oportunidad de manejar este programa de efemérides astronómico. Aunque la curva de aprendizaje es quizás elevada, una vez se comienza a experimentar la potencia del XEphem, pasarte a otro planetario va a resultar molesto. Donde único encontrarás que el XEphem no ha llegado aún es a la simulación planetaria. Programas atractivos como el Voyager II o el RedShift 3 quedan fuera de las pretensiones del XEphem, pensado para hacer astronomía seria. Ω

·AstroRED·

# ASTRONOMÍA DIGITAL