

BOLETÍN INFORMATIVO

Número 34

Mayo 2004



DOSSIER:
**Observación
Solar**

**Tránsito
de Venus**

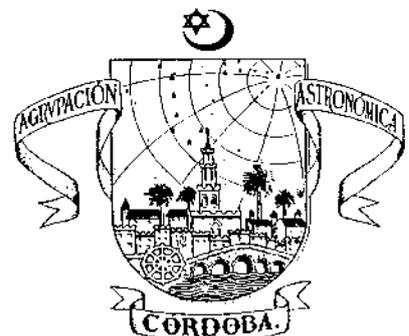
**COMETAS
de mayo**

**Observación
de satélites
artificiales**

Webcams en Astronomía

Francisco J. Bellido

**Agrupación
Astronómica
de Córdoba**



SUMARIO

Editorial	pág 3
<u>Noticias de la Agrupación</u>	pág 4

Observación lunar:

Un paseo por Sinus Iridium y sus alrededores	pág 6
---	-------

Nuestro compañero Francisco J. Bellido, presidente de la Agrupación Astronómica Mizar (Montilla), es un experto en topografía lunar. En este artículo nos sumerge en la Bahía del Arco Iris, revelándonos los secretos de Sinus Iridium,

Observación planetaria:

Imágenes Planetarias con webcam	pág 8
--	-------

Comenzamos una serie de artículos destinados al uso de las singulares y baratas cámaras de videoconferencia en Astronomía. En este primer artículo, Javier Rojano nos aconseja sobre la obtención de las imágenes planetarias con esta técnica.

Agua y Metano en Marte	pág 10
-------------------------------------	--------

DOSSIER: OBSERVACIÓN SOLAR

Observando a nuestra estrella	pág 11
--	--------

Excelente artículo observacional escrito por Gema Araujo, donde se desgranán desde los aspectos básicos del Sol a las técnicas empleadas para su observación, enfatizándose en el estudio de las manchas y grupos para estudiar el ciclo solar.

Tránsito de Venus	pág 17
--------------------------------	--------

Sin duda, el evento astronómico del año. Sucederá el próximo martes 8 de junio y será observado por millones de personas. Ángel R. López desgrana la rareza de los tránsitos de Venus, su vital uso para el cálculo de la distancia al Sol y cómo realizar las observaciones. Incluye dos apartados de cuentas matemáticas. ¡Esperemos que no te asusten!

La Plataforma Solar de Almería	pág 22
---	--------

La variabilidad del interior del Sol y sus posibles efectos climáticos	pág 23
---	--------

Cometas

Dos cometas simultáneos en mayo	pág 26
--	--------

No uno sólo, sino dos cometas brillantes se asomarán a nuestros cielos en mayo: 2002 T7 (LINEAR) y 2001 Q4 (NEAT). Rafael Benavides realiza una rápida guía sobre la visibilidad de estos cuerpos desde nuestra posición terrestre.

Divulgación de la Astronomía:

El Cielo a Simple Vista (ii)	pág 28
---	--------

Continuamos con la segunda parte del artículo realizado por Máximo Bustamante. En esta entrega, veremos la evolución del calendario y la medida del tiempo y realizaremos una aproximación a la bóveda celeste y a los planisferios.

Divulgación de la Astrofísica:

Astrofísica para aficionados: ¿cómo medir estrellas? (ii)	pág 35
--	--------

Satélites Artificiales

Observación de satélites artificiales	pág 37
--	--------

Nuestro socio Jesús Tejederas es un asiduo observador de satélites artificiales en el cielo nocturno. En el presente artículo, nos desgrana el método utilizado, dónde sacar la información clave y cómo se observa desde nuestro lugar de observación la Estación Espacial Internacional, los famosos satélites Iridium o incluso el Telescopio Espacial Hubble.

Espacio	pág 39
----------------------	--------

¿El final del HST?	pág 40
---------------------------------	--------

La drástica decisión de la NASA a principios de este año de cancelar la misión 4 de servicio al Telescopio Espacial Hubble ha dado mucho de qué hablar. Víctor R. Ruiz y Ángel R. López han ido recogiendo las novedades más importantes en la página de InfoAstro (<http://www.infoastro.com>) según iban sucediendo. ¿Se conseguirá salvar al querido HST?

Estrellas Dobles:

44 Boyero	pág 41
------------------------	--------

Cielo Profundo:

Cúmulos estelares al Sur del Escorpión	pág 43
---	--------

PORTADA: Fotografía del Sol, mostrando las enormes manchas 484 y 486, tomada el 23 de octubre de 2003, por Francisco J. Bellido (Agrupación Astronómica de Montilla "Mizar") a través de un Newton 118mm a F-900 y usando una cámara digital Kodak DC3900. La silueta es un tendedero de una casa próxima, el Sol ya estaba poniéndose

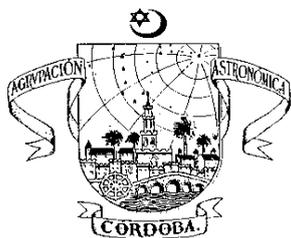
CONTRAPORTADA: El choque de dos galaxias da lugar a una fusión de sistemas estelares con curiosos aspectos y complejos movimientos. En la imagen, la galaxia espiral M64 vista en detalle por HST tiene una espectacular banda oscura de polvo frente al núcleo galáctico, por lo que también se conoce como galaxia del "ojo oscuro" o del "ojo maléfico".

BOLETÍN INFORMATIVO NÚMERO 34

REVISTA DE DIVULGACIÓN ASTRONÓMICA
ÓRGANO DE EXPRESIÓN DE LA
AGRUPACIÓN ASTRONÓMICA
DE CÓRDOBA

DEPÓSITO LEGAL: CO - 1286 - 1987

Esta publicación se distribuye entre los socios de la Agrupación de forma gratuita, y es intercambiada con publicaciones análogas de otras agrupaciones astronómicas. Por obtener una copia adicional de esta publicación se deberán abonar 2.30 €



AGRUPACIÓN ASTRONÓMICA DE CÓRDOBA

Registrada con el número 1432, sección primera, del registro provincial de asociaciones de la Junta de Andalucía.

Dirección: Apartado 701
14080 Córdoba

e-mail: astrocord@yahoo.es

web: <http://www.astrored.net/aac>

Equipo de Redacción:

DÁMASO CHICHARRO MARTÍNEZ
JOSÉ LUIS COBOS RIVAS
RAFAEL BENAVIDES PALENCIA
ISAAC GUTIÉRREZ PASCUAL
ÁNGEL RAFAEL LÓPEZ SÁNCHEZ
JESÚS TEJEDERAS DORADO

Impresión:

JOSÉ CABALLERO CABALLERO
LAURA M. LÓPEZ SÁNCHEZ
ÁNGEL RAFAEL LÓPEZ SÁNCHEZ

De las opiniones expuestas en los artículos, únicamente son responsables los autores

EDITORIAL

A la hora de escribir estas líneas y repasar el contenido del boletín noto que se nos han quedado dos temas interesantes atrás: el descubrimiento de **Sedna** (que no es el planeta diez aunque alguno lo quiera sino un cuerpo nuevo que tampoco parece corresponder al cinturón de Kuiper) y el descubrimiento de una **nueva nebulosa de reflexión** junto a **M 78** por el astrónomo aficionado **Jay McNeil**. Para que luego se diga que los astrónomos aficionados no aportan nada nuevo a la ciencia.

No obstante, el objetivo de un editorial es describir lo que la propia revista trae. Y en este número no nos quedamos cortos. Primero quiero felicitar a todos los que habéis contribuido: sinceramente, ha sido el boletín que menos problemas me ha dado en su composición. Además, tenemos material de sobra para un nuevo número.

El motivo principal de la prisa ha sido el **Tránsito de Venus** del próximo 8 de junio. Escasos 48 días quedan para entonces: hay que prepararse. Por esa razón, incluimos un **DOSSIER** sobre observación solar que seguro será muy útil para este propósito. **Gema Araujo**, experta observadora de nuestro Astro-Rey (no dejéis de consultar su página personal para conocer el estado del Sol un día concreto), nos desgrana los aspectos básicos de la **observación solar**. Por otro lado, incluimos un artículo *denso* sobre el Tránsito en sí, indicando cómo se realiza el cálculo de la distancia al Sol (la **Unidad Astronómica**) gracias a estos fenómenos. También incluimos un artículo de **Bella Espinar** sobre la **Plataforma Solar de Almería** y unos apuntes sobre la **variabilidad del ciclo solar** y su influencia en el clima terrestre.

Las **webcams** se están consolidando definitivamente en la observación astronómica. Creemos que es muy importante explicar el funcionamiento de este nuevo método de observación, por lo que comenzamos en este número con una serie de artículos sobre ellas. Para comenzar, **Javier Rojano** realiza un estudio sobre su uso en observaciones de planetas y lunares.

También comenzamos con este boletín una nueva colaboración con la **Agrupación Astronómica de Montilla**, **Mizar**, a través de su presidente **Francisco Bellido**. Desde ahora, será el coordinador de la **Sección Lunar**. Seguro que sus viajes sobre Selene nos depararán muchas sorpresas inolvidables. No olvidemos tampoco la inminente visita de los cometas **2002 T7 (LINEAR)** y **2001 Q4 (NEAT)**. **Rafa Benavides** nos habla de ellos, mientras que **Jesús Tejederas** nos invita a buscar **satélites artificiales** desde casa.

En colaboración con **Víctor Ruiz (InfoAstro)** recogemos dos temas de gran actualidad: el posible fin del **Telescopio Espacial Hubble** y el descubrimiento del **agua** (mejor, redescubrimiento) y del **metano** en **Marte**. Además, continuamos con los artículos de **Máximo Bustamante (Astronomía a Simple vista)** y **José M. Ramos (Astrofísica para Aficionado, ¿Cómo medir estrellas?)**. Las secciones de **Espacio**, **Estrellas Dobles** y **Cielo Profundo** complementa este número repleto de información tanto observacional como divulgativa. ¡Que lo disfrutes!

Ángel Rafael López Sánchez

Presidente de la Agrupación Astronómica de Córdoba

angelrls@ll.iac.es



FOTOCOPIAS

GONZALO GALLAS N.º 13 - GRANADA
TELF.: 958 28 78 27

Noticias de la Agrupación

RESUMEN DE LA ASAMBLEA GENERAL EXTRAORDINARIA DEL 9 DE ENERO

Adjuntamos los puntos más destacados de la **Asamblea Extraordinaria** que se celebró el pasado **viernes 9 de enero en la Casa de la Juventud de Córdoba**, en la que contamos con la asistencia de 19 socios.

Tras la aprobación del acta anterior se pasó **al resumen de las actividades** de nuestra entidad **durante 2003**. De ellas, destacar la colaboración emprendida con la Casa de la Juventud (salidas por eclipses de luna y leónidas) y observaciones públicas (Villa del Río, Posadas, Baena), la creación y excelente funcionamiento de la lista de correo electrónico, los buenos resultados conseguidos durante la campaña de Marte y la continua colaboración con otras entidades astronómicas (Baena, Martos, Écija, Montilla, Palma del Río, Granada y Málaga). Además, hemos aparecido tanto en radio como en periódicos e incluso en la televisión local. Para más información sobre ello puedes consultar el último número de nuestro boletín informativo (nº 33).

Sin embargo, el tema más ampliamente tratado **fue el problema de la sede social**. Ya no disponemos de la habitación que nos cedió el Ayuntamiento situada en C/ Huerto de San Pedro el Real nº1 porque el edificio (que se encuentra en un estado semiruinoso) ha sido entregado a obras sociales para gente marginada. Ya no podemos disponer de él, pero gran parte del material de la AAC (revistas antiguas, discos de ordenados, libros, material astronómico incluso) se encontraba allí. Por este motivo se creó una **comisión** liderada por **Jesús Tejederas, Antonio del Toro y José Luis Cobos** quienes se encargaron de sacar todo el material y guardarlo, por el momento y hasta que podamos disponer de un nuevo lugar, en sus propias casas. En este punto queremos volver a insistir en tu colaboración, en la medida de lo posible, para continuar con la afición de la Astronomía en Córdoba y que todos podamos disfrutar de ella. Sobre este punto, Isaac Gutiérrez insistió en que el esquema básico del buen funcionamiento de una entidad como la nuestra es el "horizontal", esto es, la colaboración entre todos los socios y no el "vertical", en el que sólo unos pocos se encargan de todo el trabajo y organización de cualquier actividad. En la unión está la fuerza, como ya hemos repetido en otras ocasiones.

Por lo tanto, nuestro principal objetivo actual es conseguir un lugar para poder reunirnos libremente. Actualmente, gracias a Isaac Gutiérrez, podemos

hacerlo en la **Casa de la Juventud de Córdoba**. Pero debemos emprender la búsqueda de una nueva sede. Precisamente, en noviembre tuvimos la oportunidad de alquilar una habitación en un edificio social del Ayuntamiento en el Sector Sur, gracias a los contactos de nuestro socio **Manuel Diéguez**. No obstante, debido a razones presupuestarias, nos vimos obligados a rechazar la oferta, aún cuando el alquiler no era nada caro (entre 30 y 40 euros al mes). Una gran mayoría de los socios asistentes en la reunión insistieron en que sería una buena opción, aún cuando quizás se tuviera que subir la cuota anual.

Esto nos llevó siguiente punto del día, la tesorería. Se desglosó, sin embargo, los gastos generales (revistas, tanto impresión como fotocopias y envíos, cartas a los socios y pago del apartado de correos). Los ingresos provienen básicamente de la cuota de los socios, con algún aporte por actividades públicas. Se propuso realizar el pago de la cuota de socio a través de domiciliación bancaria, propuesta aceptada por unanimidad. Las ventajas de hacerlo así son varias: comodidad de socios y tesorero, disponer del presupuesto del año a partir de un día fijo (1 de febrero, por ejemplo), etc. Por ese motivo, se ha enviado a todos los socios un permiso a rellenar y devolver a la tesorería, para informarle al banco que anualmente se retirará 30 euros (2.5 euros mensuales) en concepto de cuota de la AAC (25 euros al año si se es socio estudiante).

Por otro lado, se señaló que existían varios socios que no están al día en el concepto de pago de cuotas. Tras realizar los contactos oportunos durante los dos primeros meses de 2004, hemos procedido a la completa y total actualización del libro de socios (esto es, los que están al día en concepto de cuentas). Para todos los socios de la AAC, adjuntamos una copia de la lista con los datos básicos (nombre, dirección, teléfono y principal campo en Astronomía), para que todos estemos más localizados. Asimismo, en caso de encontrar una posible sede social de alquiler, se decidió realizar un rápido "referéndum" entre todos para decidir si se procede a su alquiler.

Por último, se reformó la Junta Directiva, que quedó constituida de la siguiente manera:

PRESIDENTE: Ángel Rafael López Sánchez
VICEPRESIDENTE: Rafael Benavides Palencia
SECRETARIO: José Luis Cobos Rivas
TESORERO: Fco. Javier Rojano Aguilera
VOCAL: Antonio del Toro Aguilera
VOCAL: Cristóbal González Lara

También se entregarán láminas en color del Telescopio Espacial Hubble (que tuvieron mucha aceptación en la Asamblea, cortesía del IAC) y se revisará amplia bibliografía sobre el acontecimiento astronómico del año: el tránsito de Venus el 8 de junio. Por este motivo, Ángel R. López se comprometió a tener la próxima revista para mayo.

REUNIONES CONTINUAS DE LA AGRUPACIÓN

Durante los primeros meses de 2004 se han celebrado, además de la Asamblea Extraordinaria, varias reuniones en la Casa de la Juventud, destacando las del 6 de febrero (en la que nuestro secretario **José Luis Cobos** realizó una proyección de diapositivas obtenidas por él durante 2003) y la del 5 de marzo (donde **Rafael Benavides y Javi Rojano** realizaron una **Proyección de imágenes planetarias con WebCam**, mostrando a todos los asistentes las imágenes planetarias obtenidas en los últimos meses de Marte, Saturno y Júpiter, además de recalcar el potencial del uso de webcams en astronomía planetaria). Tras el *parón obligado* de Semana Santa, la próxima reunión se celebrará el 30 de abril.

No obstante, tenemos que puntualizar que es curioso que asistan más socios que vienen a Córdoba capital expresamente para la reunión que los propios cordobeses que viven en la ciudad.

EFEMÉRIDES ASTRONÓMICAS 2004

Durante la reunión celebrada el pasado 6 de febrero también se entregó una copia de las **Efemérides Astronómicas de 2004**, confeccionadas por nuestro socio Fco. Javier Rojano. En ellas se recogen las posiciones planetarias, conjunciones, fases lunares, eclipses, posiciones de los satélites galileanos entre otros eventos, sin olvidar las efemérides para el tránsito de Venus del 8 de junio de 2004. Esperamos que te sirvan para planificar tus próximas observaciones astronómicas.

DVD CON TRABAJOS DE LA AAC

Desde la directiva de la Agrupación Astronómica de Córdoba se pensó en la elaboración de un nuevo CD con fotos y trabajos de socios, así como de software e información que sea de utilidad. Sin embargo, **Isaac Gutiérrez** ha propuesto crear un DVD donde se incluirán los artículos de socios, las revistas publicadas con memoria informática, fotografías astronómicas con denominación *Made In Cordoba*. Desde estas páginas, se hace un llamamiento a los astrofotógrafos, y decirles que es un buen momento para sacar las diapositivas y negativos, y sobre todo para digitalizar e inmortalizar vuestras mejores fotografías y tenerlas en un DVD (o CD's para los que no dispongan de este sistema). Se van a poner todos los medios para hacer un archivo vivo de nuestra agrupación. Además, encontrareis vídeos, recopilaciones de fenómenos, presentaciones multimedia, software de astronomía, paginas web, etc. Si quieres contribuir, contacta con Isaac Gutiérrez, isaac_gp@yahoo.es

LIBRO DE ASTRONOMÍA

Como ya hemos mencionado en esta sección en anteriores boletines, estamos confeccionando un **libro de astronomía** realizado íntegramente por socios de la AAC. La idea es conseguir un manual evidentemente práctico de iniciación astronómica pensando en las contribuciones que pueden realizar los astrónomos aficionados a la Astronomía (estudios de estrellas dobles, cometas, asteroides, meteoros, estrellas variables) Varios socios ya han entregado un primer borrador de alguno de los capítulos. Si estás interesado en participar contacta con **Javi Rojano** o **Ángel R. López**.

INTENSA ACTIVIDAD EN LA LISTA DE CORREO DE LA AAC

En los últimos meses se está potenciando enormemente el uso de la Lista de Correo de la Agrupación Astronómica de Córdoba:

astrocord@yahoogroups.com

Se están mandando continuamente imágenes y fotografías conseguidas por los socios y compañeros suscritos, así como se notifican de las últimas noticias astronómicas y se planean tanto observaciones como

reuniones informales e incluso *escapadas* a Sierra Nevada. Te invitamos a participar en esta activa lista, donde también tenemos la aportación de varios astrofísicos profesionales, para que estés puntualmente informado de todas las novedades y actividades de la Agrupación

APARICIÓN EN TRIBUNA DE ASTRONOMÍA

Desde estas páginas, queremos felicitar a **Rafael Benavides** por la publicación de varias de sus imágenes planetarias en el número de marzo de la revista Tribuna de Astronomía. Asimismo, queremos felicitar a **Jesús R. Sánchez** por su artículo de Observación Planetaria con Webcam en el número de abril de la misma revista.

XVI JORNADAS ESTATALES DE ASTRONOMÍA

Las próximas Jornadas Estatales de Astronomía se celebrarán en **Murcia** los días 4, 5, 6 y 7 de diciembre de 2004, y estarán especialmente dedicadas al trabajo amateur en España. Actualmente se encuentra abierto el plazo de admisión de ponencias (de 30 minutos), y comunicaciones (15 minutos), además de los concursos de Fotografía química, fotografía digital, imagen CCD, dibujo, artículos, verso y prosa. Destacar que nuestro socio y astrofísico **Dr. David Galadí-Enríquez** impartirá la conferencia de clausura de las mismas. También participarán como astrofísicos invitados **Dr. Mark Kidger**, **Dr. Rafael Reboló** y **Dra. María E. Sansaturio**. Un grupo de la AAC se está animando a asistir a las Jornadas, pásate por las reuniones periódicas para conseguir los detalles. Más información en:

<http://www.observmurcia.com/xvijornadas.htm>

NUEVA ASOCIACIÓN ASTRONÓMICA Y AUDIOVISUAL EN CÓRDOBA

Isaac Gutiérrez nos informa del nacimiento de la **Asociación Astronómica y Audiovisual Nadir**, la cual pretende centrarse en aspectos de difusión de dichas materias. Muchas veces al hacer actividades (como el senderismo nocturnos) estas han demandado la colaboración de campos tan diversos como la biología, fotografías, ...para abordar mejor su fin. Así que compañeros de varias materias se han juntado para constituirlos. Su objetivo es difundir las materias que comprende, contando con ello de despliegues de medios técnicos y humanos que sean necesarios para acercar la afición a aquellos que lo soliciten. En breve dispondrán de página web. ¡Enhorabuena y suerte!

EL LOBO RAYADO: DIVULGACIÓN DE LA ASTRONOMÍA Y LA ASTROFÍSICA

Desde el pasado febrero, nuestro actual presidente **Ángel R. López** dispone de una página web de divulgación astronómica, **El Lobo Rayado**, que se actualiza al menos un par de veces a la semana. En realidad, se trata de un sistema de bitácoras (blogs) en el que el dueño puede subir una noticia de forma interactiva de una forma muy rápida. En ella se tocan diversos aspectos astronómicos de actualidad, aunque también se incluyen a veces comentarios personales. Te invitamos a pasar por esta página.

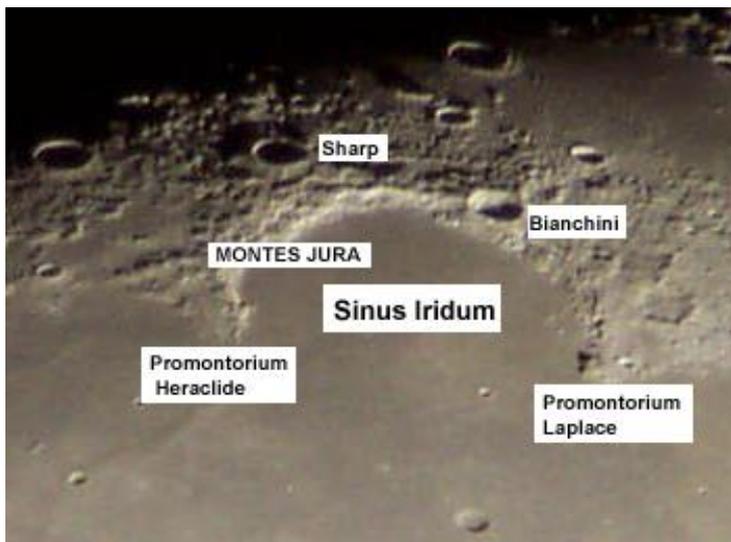
<http://angelrls.blogalia.com>

Observación Lunar

Francisco José Bellido Muñoz
Agrupación Astronómica Mizar (Montilla)
mizar5@yahoo.es

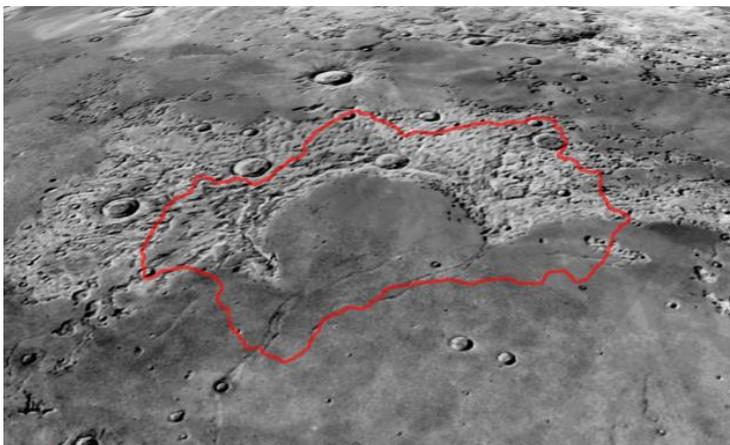
UN PASEO POR SINUS IRIDUM Y SUS ALREDEDORES

En uno de los extremos del Mare Imbrium, el mayor mar de la Luna con 1200 Km de diámetro, se encuentra **Sinus Iridum (Bahía del Arco Iris)**. Los montes que rodean esta cuenca de impacto se conocen como **Montes Jura**, terminados por **Promontorium Laplace** (extremo oriental) y **Promontorium Heraclides** (extremo occidental). En la imagen siguiente se pueden observar estas formaciones.



Zona de Sinus Iridium marcando los accidentes más relevantes

Sinus Iridum, a pesar de su aspecto de bahía limítrofe a un mar, es de hecho un **cráter** de unos 260 km de diámetro, lo cual lo convierte en uno de los cráteres grandes. Si comparamos su tamaño con un área conocida como el de nuestra región podremos hacernos una idea de sus dimensiones.

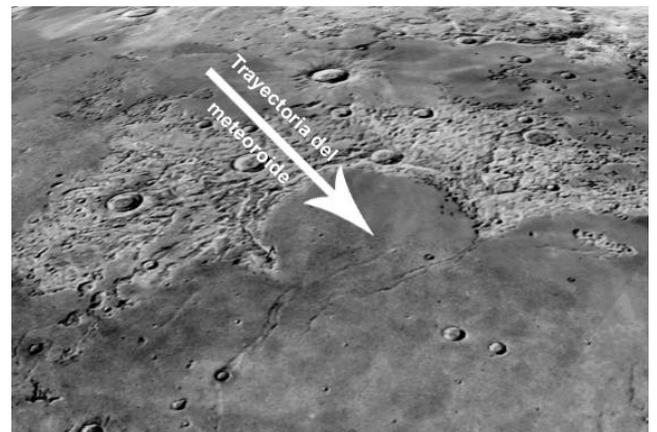


Comparación de Sinus Iridum y Andalucía
 Imagen tomada de Virtual Atlas of the Moon

Harold Urey, el químico premio Nobel que convenció a la administración norteamericana del interés que suponía el

programa Apollo, creía que un **meteoroides modeló Sinus Iridum** y posteriormente excavó el Mare Imbrium. Esta idea se ha desechado en la actualidad como casi todas las teorías de Urey. No deja de ser sorprendente que un hombre de la formación científica y la importancia de Urey haya desarrollado unas teorías tan poco sólidas.

La parte meridional del cráter de Sinus Iridum ha desaparecido, la explicación más probable es que el proyectil impactó en el suelo inclinado de la cuenca del Mare Imbrium y la zona sur del cráter está enterrada bajo la lava del mar. En cualquier caso esta teoría no explica satisfactoriamente todas las observaciones. Otra posibilidad es una que una falla haya fracturado la mitad del cráter. Si miramos Sinus Iridum cuando el Sol está bajo percibiremos que hacia el Promontorium Heraclides la altura del acantilado parece disminuir, los acantilados del otro lado mantienen su altura media hasta que llegan al Promontorium Laplace creando un juego de sombras impresionante.



Trayectoria del meteorito que posiblemente rompió la zona sur del cráter Sinus Iridum y formó la configuración actual.

Los alrededores del **Promontorium Heraclides** son el escenario de una curiosa formación. En 1679 el astrónomo italiano Giovanni Cassini confeccionó un mapa lunar muy detallado (de hecho, el mapa tenía más detalle que el mejor mapa terrestre de la época) por encargo del rey Luis XIV de Francia. En la zona correspondiente al Promontorium Heraclides se puede observar que el grabador dibujó un rostro femenino, no se sabe a ciencia cierta si por encargo de Cassini o bien por iniciativa propia. Lo cierto es que repasando fotografías de la zona, el parecido con una cabeza es muy vago. Este hecho muestra la tendencia del ojo humano a asimilar imágenes de poca resolución con figuras conocidas, otro ejemplo notable de este hecho es la famosa cara de robot de Marte.

Al suroeste del Promontorium Laplace hay dos formaciones de origen volcánico que resultan muy interesantes. Se conocen como **domos Gruithuisen** por su cercanía al cráter del mismo nombre, el domo **Gamma** tiene un cráter en su cima según evidenciaron las fotografías del Lunar Orbiter. Este hecho junto con la forma protuberante de los domos ha convencido a algunos geólogos lunares de que están formados por rocas volcánicas de silicio de forma análoga a algunas formaciones terrestres de este tipo. La importancia de este hecho radica en que la mayoría de muestras volcánicas traídas de la Luna por las misiones tripuladas son de origen basáltico. El basalto se forma por la fusión de materiales ricos en olivina y en piroxeno como el que se encuentra en los meteoritos y en el interior del manto terrestre. La existencia de basalto en la superficie de la luna implica que en el manto lunar existen rocas de olivina y piroxeno. La estructura química de los basaltos crea una lava fluida que no forma estructuras del tipo de los domos Gruithuisen que requieren un tipo de roca rica en silicio muy raro en las muestras lunares.

Fotografía de Sinus Iridum, se aprecian Montes Recti y el cráter Plato a la derecha. A la izquierda de la imagen se aprecian los domos Gruithuisen
Telescopio SC-235 mm Cámara Kodak DC3900.
Fotografía realizada por el autor.



Imagen de los Montes Gruithuisen tomada por el 3 de enero de 2004 por Rafael Benavides mediante SCT 235 mm + Barlow 2x + ToUcam Pro

En la actualidad, a pesar de que el hombre haya puesto el pie en la Luna, los aficionados seguimos teniendo mucho campo de investigación en nuestro satélite. El estudio de los **domos lunares** resulta muy interesante porque todavía se están descubriendo nuevas formaciones de este tipo. La cartografía precisa de los domos tendrá una notable importancia científica de cara a las próximas misiones tripuladas a la Luna.



Desde la aparición de los chips CCD, los aficionados hemos encontrado un medio para capturar las bellas imágenes que nos ofrece el firmamento, tanto de planetas como de cielo profundo, aunque su alto precio ha hecho que muchos aficionados no se hayan lanzado en su compra, con el inconveniente añadido de que su transporte al campo de observaciones se hace más complicado (más cables, batería, etc).

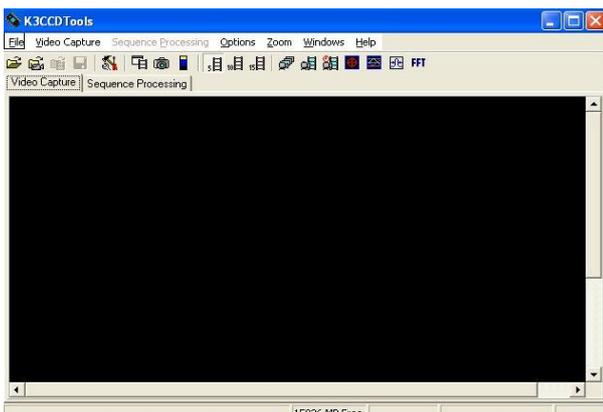
Sin embargo, han acudido al socorro de los aficionados unos dispositivos que por su relación prestaciones/precio han sacudido la forma de hacer observaciones planetarias en aficionados de todo el mundo, con unos resultados que teniendo en cuenta los medios se pueden calificar de asombroso. Me estoy refiriendo las **cámaras de videoconferencia** utilizadas para internet, pero que su aplicación a la astronomía ha traído muchas satisfacciones a multitud de aficionados.

Requisitos

Es recomendable un telescopio con una relación focal larga (de f/10 en adelante), aunque no hay preferencias por un tipo de telescopio u otro, ya que se han obtenido buenos resultados, tanto con newtons, refractores, catadióptricos, etc, con tal de que su óptica sea de buena calidad y se encuentre centrada. La abertura aconsejada es a partir de 20 cm, siendo aconsejable unos 25 cm de abertura. Asimismo se recomienda el uso de motores en ambos ejes, ya que nos facilitará el centrado y seguimiento, tanto más cuanto mayor sea el aumento que utilicemos. Por supuesto deberemos guardar las precauciones propias de cualquier observación planetaria como esperar el equilibrio térmico del telescopio, buen alineamiento del sistema óptico, limpieza de las lentes, etc.

También recomiendo el uso de una lente **barlow** para duplicar la focal del telescopio, aunque no se hace indispensable la montura ecuatorial (yo mismo hago observaciones con webcam con una montura altazimutal).

Y como no, la propia **webcam**. Por ahora la más recomendable es la **Toucam Pro II**. Esta nos permite hacer grabaciones a 640x480 y a 60 frames/segundo. Estas cámaras traen un filtro infrarrojo que debemos quitar desenroscándolo. Y para terminar, el **ordenador portátil** al que conectaremos la cámara. No es necesario que este sea especialmente potente. La cámara irá conectada al puerto USB del ordenador.



Fco. Javier Rojano Aguilera

irojano@wanadoo.es

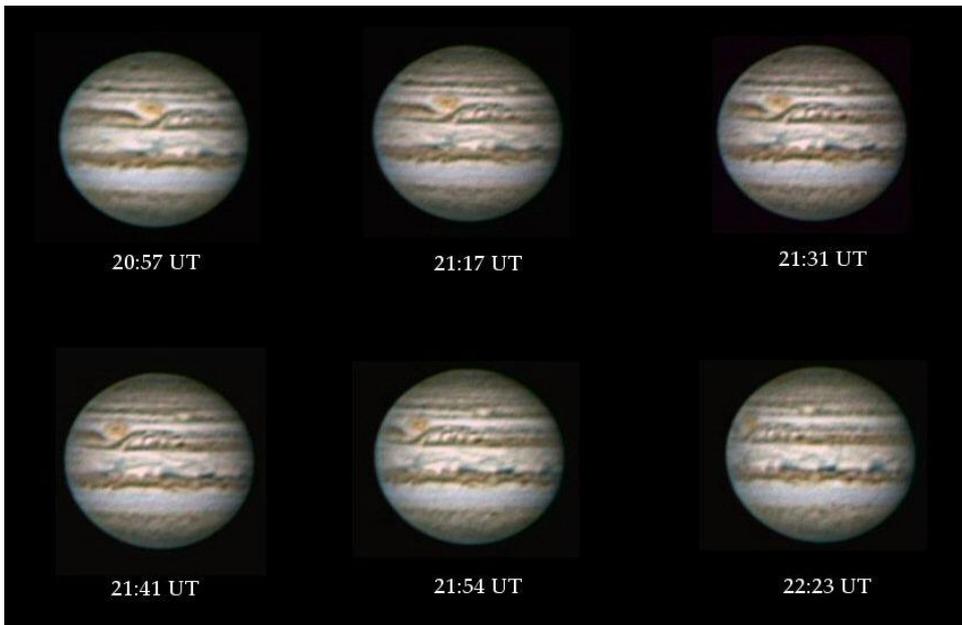
Adaptación y registro de imágenes

Debemos proveernos de un sistema para acoplar la cámara al telescopio. Sirve los tubos que vienen con los carretes fotográficos. Una vez que hemos hecho el acople, instalaremos un software para capturar los vídeos, (aunque nos sirve el propio que nos trae la cámara). En internet existen multitud de programas, muchos de ellos gratuitos (yo utilizaré en este artículo el **K3CCD Tools** (cuya ventana aparece en la parte inferior de esta página). Una vez hecho esto localizaremos el planeta y lo centramos en el campo del ocular con un aumento medio-alto, después retiramos el ocular y colocamos la cámara. Aquí nos encontramos con dos problemas. El primero es el **pequeño campo** de la cámara, lo más probable es que en el cambio el planeta se nos haya ido. Debemos mover lentamente los motores del telescopio hasta encontrarlo, y el segundo problema es el **enfoque** que es crítico en este tipo de registros. Una vez centrado y enfocado el planeta debemos ajustar los parámetros de la cámara como ganancia, tiempo de exposición, etc hasta conseguir que la imagen sea lo más natural posible (con un poco de práctica todos estos pasos se harán fácilmente). En este punto es donde encontramos la gran ventaja de las webcams con respecto a una ccd convencional, ya que la imagen se nos mostrará en directo y sin tiempos de espera. Elegiremos entonces un momento de mínima agitación atmosférica y empezamos a grabar el vídeo. **Un registro entre 1 y 2 minutos es suficiente a una media de 10 frames/segundo**. Esto nos da aproximadamente entre 900 y 1200 frames con los que podemos empezar a procesar.



La Luna siempre será útil para probar las primeras veces. Esta imagen la obtuvo el autor usando K3CCD Tools y procesando 500 fotogramas con Registak 1.1

Ventana del programa K3CCD Tools, recomendado para capturar los videos de las webcams



(Arriba izquierda) Sensacionales imágenes de **Júpiter** obtenidas el 14 de abril de 2004 por **Rafa Benavides** desde Posadas, usando una ToUcam Pro acoplada a un SCT de 235mm y usando una lente de Barlow x2. Se aprecia claramente la rotación del planeta.

(Arriba derecha) En el boletín anterior ya indicábamos los excelentes resultados obtenidos en la campaña de **Marte** de 2003. Mostramos dos ejemplos obtenidos por el autor, ambos conseguidos en agosto con una ToUcam Pro acoplada a un Meade LX90 + Barlow x2 y sin filtro infrarrojo.

Una vez que tenemos el vídeo para procesarlo tenemos dos caminos. Uno es descomponer el vídeo en frames y seleccionar aquellas imágenes que tengan mejor calidad (trabajo largo ya que seleccionar los mejores frames de un vídeo de 1200 se hace largo) y el otro camino es tratar el vídeo completo seleccionando una imagen de referencia. El **software** realizará un promediado de todos los cuadros y se obtendrá una imagen final que podemos realzar con cualquier programa de tratamiento de imágenes, aunque este es un proceso que requiere otro artículo ya que parte de nuestro éxito está también en un buen procesado de la imagen para conseguir una imagen lo más natural y con el mayor detalle posible.

Espectacular imagen de **Saturno** obtenida por **Jesús R. Sánchez** desde Córdoba ciudad, usando un SC 280 mm a f/30 y combinando 900 fotogramas de un vídeo obtenido con ToUcam Pro. Se realizó el 14 de diciembre de 2003. Se observa en los anillos no sólo la división de Cassini sino incluso el mínimo de Encke (no la división en sí, que no llega a resolverse con esta resolución) entre los anillos A y B (los externos).



Una de las primeras imágenes de Júpiter que obtuvo **Francisco Bellido** usando una cámara Philips Toucam Pro acoplada a un Celestron SC-9 ¼ con lente Barlow, el 14 de abril de 2004. Se usó el programa Registas 2.1 para conseguir la imagen final y Photoshop para realzar detalles.

Todo esto es un proceso que aunque pueda parecer largo una vez que tengamos algo de práctica es relativamente rápido, aunque la obtención de buenos resultados está condicionada por nuestra perseverancia en la captación de imágenes y en no desaprovechar aquellas noches de escasa agitación atmosférica donde los planetas nos mostrarán en todo su esplendor sus detalles.

Espero que estas líneas sirvan para animar a aquellos observadores a que se lancen en este tipo de registros de planetas a que los resultados están muy por encima de la fotografía convencional, siendo además más fácil su obtención. Sirvan de muestra algunas de las imágenes que estamos obteniendo un servidor y nuestro compañero Rafael Benavides, aunque hay observadores tanto en España como en el extranjero con resultados muy superiores a los nuestros lo que nos anima en seguir por este camino e intentar igualarlos.

Agua y Metano en Marte

Víctor R. Ruiz y Ángel R. López
rvr@infoastro.com

Desde la llegada de la sonda europea Mars Express (ESA) y el amartizaje de los rovers Spirit y Opportunity de NASA (no sin algún susto que otro) al Planeta Rojo, hemos recibido continuamente noticias de nuevos descubrimientos sobre el agua perdida de Marte y el inesperado hallazgo de metano en la atmósfera marciana.

Agua pasada

Tras anunciar con bombo y platillo una rueda de prensa sobre «un descubrimiento muy importante en Marte», los científicos de la NASA aportaron el 2 de marzo nuevas pruebas que **confirman la existencia de agua en el Planeta Rojo en épocas pretéritas**. *Opportunity* encontró un compuesto que en la Tierra sólo se forma en presencia de agua en la planicie Meridiani Planum. Según los expertos también la morfología de las rocas (que muestran pequeñas oquedades en las que los cristales de sal pudieron haber crecido) aportan nuevas pruebas sobre el agua marciana, que tuvo que estar en estado líquido para formar estas estructuras. El espectrómetro de rayos X de la *Opportunity* ya había encontrado tres semanas antes una **alta concentración de azufre** en forma de sales de hierro y magnesio, además de identificar un mineral compuesto de sulfato de hierro hidratado denominado jarosita. Todo indica que **el agua líquida corrió por la superficie de Marte** y formó estos compuestos. No obstante, aún queda por determinar si las rocas formaban parte de un lago salado o de un mar.

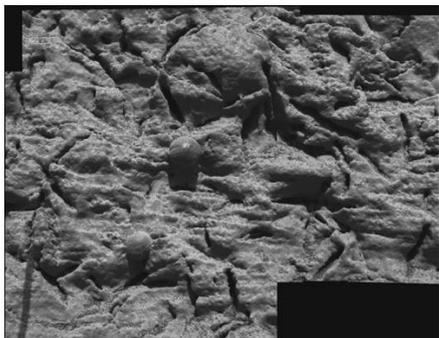
Las últimas pruebas se realizaron sobre una roca bautizada como *El Capitán* usando la cámara microscópica de *Opportunity*. La imagen muestra hendiduras de un centímetro de largo con orientaciones aleatorias, rasgos que los geólogos confirman que aparecen en los lugares donde se forman los **cristales de sal** cuando la roca se encuentra **inmersa en agua salada**. Cuando los cristales desaparecen, ya sean por la erosión o porque se disuelven en agua menos salada, los **huecos** dejados son similares a los encontrados en *El Capitán*.

No obstante, estas peculiares estructuras se podrían haber formado también por **erupciones volcánicas o como consecuencia del impacto** de un meteorito. Sin embargo las observaciones de la *Opportunity* indican que lo más seguro es que su origen haya sido la acumulación de minerales en el interior de una roca porosa inmersa en una **solución salina** porque las estructuras no aparecen sólo en las partes exteriores de la roca, sino también en sus zonas más profundas.

Presente, pasado y futuro del agua en Marte: Guía rápida para los confusos

¿No se había descubierto ya agua en Marte? ¿Por qué tanto interés? A finales de enero, la ESA anunció que la *Mars Express* había encontrado agua en el Polo Sur de Marte. Esta prueba se añadía a las evidencias encontradas por la NASA con la *Mars Odyssey* en el año 2002. La *Mars Express*, además, comenzará en breve la búsqueda de agua subterránea mediante un radar. Sin embargo, estamos hablando del presente, y no del pasado. Mediante las imágenes enviadas por las sondas *Viking* y la *Mars Global Surveyor* los científicos han estado amontonando evidencias que sugerirían que en el pasado **Marte alojó abundante agua** en estado líquido, **quizás formando océanos**. Para ello sería

Imagen por microscopio de "El Capitán", la roca estudiada con detalle por la sonda Opportunity. Las oquedades presentes en ellas (en forma de esferas) sólo se pueden explicar si la roca hubiera estado sumergida en agua salada.



necesario que la atmósfera marciana hubiera sido suficientemente densa como para que el agua no se vaporizase instantáneamente. Lo que han estado buscando con los exploradores *Mars Express* son **pruebas geológicas de esa hipótesis**. Las evidencias presentadas irían en esa dirección.

Sin embargo, hoy día Marte posee una atmósfera muy poco densa. Si tuvo grandes cantidades de agua en su superficie, en algún momento la perdió. **¿A dónde fue a parar?** La respuesta más clara se encuentra en el Polo Sur, pero el volumen del casquete no daría cuenta de toda ella. La otra teoría es que el agua se encontraría a **kilómetros bajo la superficie**.

¿Por qué es importante el agua en Marte? Si Marte retuvo océanos durante cientos de millones de años, esto daría esperanzas a los astrobiólogos para encontrar fósiles de vida, aún siendo muy simple (aún retumban los ecos de la controversia sobre el meteorito ALH84001). Siendo así, las agencias espaciales, podrían justificar más fácilmente misiones tripuladas al Planeta Rojo, para las cuales disponer de agua *indígena* aligeraría los costes.

Metano en Marte

A finales de marzo el diario británico *Independent* publicó un interesante artículo titulado Metano en Marte pudiera ser señal de vida. Al parecer, un equipo de la Agencia Espacial Europea (ESA) y otro de la NASA habrían **detectado de forma independiente** este compuesto en la atmósfera marciana. Las **implicaciones serían muy relevantes**. La atmósfera de Marte es muy tenue y carece de capa de ozono como la Tierra. Por tanto, la **radiación ultravioleta** penetra hasta la superficie. La molécula de metano, como las moléculas orgánicas, son muy sensibles a esta radiación, y en el caso del **metano, es destruido en pocos cientos de años**. Si todo el metano atmosférico desaparece tan rápido, debe existir algún **mecanismo que lo aporte** y de momento las dos hipótesis más plausibles serían igualmente importantes.

Por un lado, está la explicación geológica: **volcanes activos** emitirían metano como gas. Sin embargo, ninguna misión de exploración ha encontrado evidencias de actividad volcánica reciente en la superficie de Marte, geológicamente casi muerta. Se especula con la posibilidad de que sean **volcanes internos**. Si esto fuera así, quizás el hielo que los científicos creen que se encuentra en el interior de Marte, podría fundirse y sustentar las condiciones adecuadas para la vida. Por otro lado, está la explicación biológica. En la Tierra, hay **bacterias que producen metano** a partir de hidrógeno y dióxido de carbono (CO₂), en lugar de *respirar* oxígeno. Quizás la vida marciana se haya adaptado para vivir en el interior de Marte.

Michel Mumma, del Centro de Vuelos Espaciales Goddard cree haber encontrado **variaciones en la concentración de metano** en Marte mediante observaciones espectroscópicas con **telescopios terrestres**, existiendo un pico en Meridiani Planum (donde está *Opportunity*). Según este científico, el metano provendría de actividad biológica subterránea. Por su parte, **Vittorio Formisano**, del Instituto de Física y Ciencias Interplanetarias de Roma, ha identificado metano utilizando la *Mars Express*. Formisano informó que, aunque se detectaba la presencia del metano, globalmente sería muy pequeña, del orden de **10 a 10,5 partes por millardo**.

Habrà que esperar a que se publiquen los resultados para confirmar o desmentir estas hipótesis de trabajo que, de confirmarse, harían de Marte un planeta aún más excitante para la planetología y astrobiología de lo que ya es.

OBSERVACIÓN SOLAR

Recogemos a continuación cuatro artículos sobre nuestra estrella, El Sol, que a veces tenemos observacionalmente olvidada. Comenzamos con una revisión de métodos de observación solar realizado por Gema Araujo, al que le sigue un profundo análisis de la importancia del Tránsito de Venus del próximo 8 de junio. A continuación, Bella Espinar nos explica en qué consiste el trabajo en la Plataforma Solar de Almería. Por último, recogemos un artículo de divulgación sobre la variabilidad del ciclo solar y su influencia en el clima terrestre, por Ángel R López.

OBSERVANDO A NUESTRA ESTRELLA

Gema Araujo

obsolar@astrosurf.com

El Sol es una estrella típica de la secuencia principal, pequeña si la comparamos con otras como las gigantes y supergigantes y tan solo una más de las 100.000 millones que pueblan la Vía Láctea pero de enorme importancia para nosotros al ser la única en el sistema solar, el objeto más grande y el responsable de la vida en la Tierra. Su cercanía hace además que pueda ser estudiada con detenimiento permitiendo así conocer el comportamiento de las demás estrellas y no sólo por los astrofísicos, la Heliofísica (o estudio del sol) es una de las ramas donde más puede aportar el astrónomo aficionado, pudiendo seguir su actividad sin necesidad de contar con grandes conocimientos ni material. Tal es así que la mayor parte de los datos que se utilizan para evaluar su actividad y prever su evolución provienen de observaciones realizadas por aficionados.

En este artículo nos centraremos por tanto en las observaciones que se pueden realizar, el equipo necesario para ello, etc. A continuación se expondrán algunos datos referentes a su constitución para centrarnos seguidamente en cuestiones eminentemente prácticas.

El Sol tiene una edad de 4.600 millones de años y se estima en otros tantos los que le quedan hasta consumir todo su combustible. Está compuesto principalmente por un 73% de Hidrógeno y un 25% de Helio y contiene el 99%

de la masa del sistema solar. Obtiene su energía mediante la fusión nuclear, 4 átomos de Hidrógeno se fusionan dando lugar a 1 de Helio, el resto se libera en forma de energía hacia la superficie (se estima que la energía liberada como fotones de radiación gamma tarda cientos de miles de años en alcanzar la superficie). El sol rota sobre su eje pero dado que es un cuerpo gaseoso no lo hace de forma uniforme sino con distinta velocidad dependiendo de la latitud. Así tenemos que en el ecuador el periodo de rotación es de 25 días mientras que en los polos es de 36 (fenómeno que se conoce como rotación diferencial).

1. ESTRUCTURA SOLAR

El interior del Sol está formado por 3 zonas:

Núcleo. Parte central y lugar donde se producen las reacciones termonucleares. Su radio es de 200.000 kilómetros y su temperatura de 15.000.000 millones de grados Kelvin.

Zona radiativa. Parte que rodea al núcleo y que transporta la energía procedente del mismo mediante ondas electromagnéticas. Su grosor es de 300.000 km.

Zona Convectiva. Parte más externa del interior del sol. Tiene un grosor de 200.000 km. y es llamada así por la forma en que transporta la energía a la superficie: enormes burbujas de gas que se elevan desde su base y que son visibles en la fotosfera como gránulos y supergránulos.

La estructura de la **Superficie y Atmósfera** es la siguiente:

Fotosfera. Superficie del sol, visible en luz blanca. Su temperatura es de 5.600°K y en ella pueden observarse gránulos, supergránulos, manchas y fáculas. Dado que este artículo está dedicado principalmente a la observación de la fotosfera nos centraremos más adelante y con más detalles en cada uno de estos fenómenos.

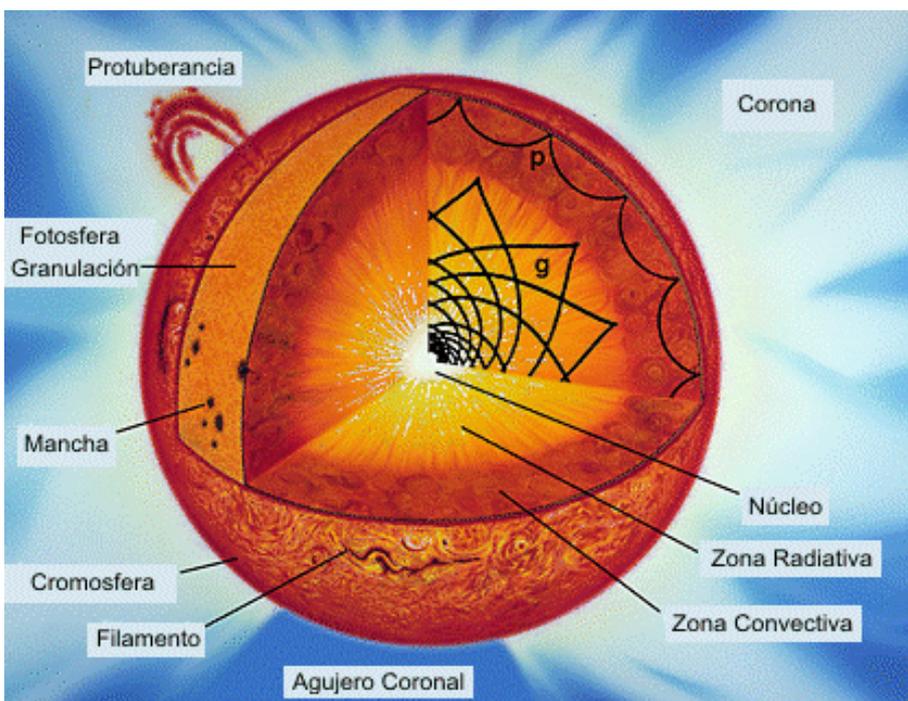


Figura 1. Estructura del Sol. (NASA)

Cromosfera. Parte baja de la atmósfera, tiene un espesor de 10.000 km. y su temperatura aumenta con la altura variando de 4.500°K en su base hasta 1.000.000°K en el límite con la corona. La cromosfera puede ser observada mediante un filtro H-alpha, aunque por el momento pocos aficionados tenemos acceso a este tipo de filtro debido a su elevado precio. Los fenómenos observables en la cromosfera son: **Protuberancias.**- Concentraciones de plasma que se extienden desde la cromosfera a la corona en forma de bucle, arco, etc. Las que aparecen como zonas oscuras sobre el disco solar reciben el nombre de **Filamentos. Espículas.**- Chorros de gas con una temperatura que oscila entre los 5.000°K y los 15.000°K. Se forman en las áreas donde el campo magnético es más intenso. **Playas.**- Zonas brillantes conocidas también como fáculas cromosféricas al coincidir normalmente en la misma localización que las fáculas fotosféricas.

Otro fenómeno observable con filtro H-alpha son las **Fulguraciones.**- Explosiones masivas de plasma hacia el espacio visibles como zonas brillantes de la superficie. El número de fulguraciones visibles varía según el ciclo solar estando muy relacionadas con el número de manchas visibles.

Corona. Parte externa de la atmósfera solar. Está formada por una capa muy tenue de gas que se extiende hacia el espacio en forma de viento solar. El porqué de su elevada temperatura (1.500.000°K) sigue siendo aún un misterio. Su forma varía dependiendo de la actividad solar, siendo simétrica alrededor del disco durante los mínimos y asimétrica durante el máximo. Cerca de los polos pueden verse unas zonas más frías llamadas **Agujeros Coronales.** La corona puede observarse mediante un instrumento llamado Coronógrafo pero su precio es elevado y, al igual que los filtros H-alpha, está fuera del alcance de la mayoría de aficionados por lo que sólo podemos observarla durante un eclipse total de sol.

Otro fenómeno visible con el coronógrafo son los **CMEs** (Expulsiones de masa coronal).- Enormes nubes de plasma procedentes de la corona y que son lanzados al espacio. Constituyen las mayores explosiones observadas en el sistema solar (ver figura 1)

2. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Comenzamos con la parte práctica explicando los métodos que se pueden utilizar para la observación de la superficie solar.

Proyección de Imagen. Este método es el más económico y se utiliza si no se dispone de filtro para realizar observación directa. Simplemente hay que colocar una cartulina blanca detrás del ocular a una distancia de 20 ó 30 cm. dependiendo del ocular utilizado (preferiblemente de poco aumento y campo ancho para poder ver completamente el disco solar) y del tamaño que se quiera que tenga la imagen. Es aconsejable realizar la proyección en un lugar oscuro para poder visualizar bien los detalles del disco solar o bien utilizar una segunda cartulina a modo de parasol agujereándola y colocándola en la parte delantera del tubo de modo que de sombra sobre la cartulina en la que se proyecta la imagen. Para orientar el telescopio al sol nos guiaremos

por la sombra que proyecta (**jamás mirando a través del buscador o del ocular**), moviendo el tubo hasta que su sombra sea circular. Una vez que el telescopio apunta al sol y las cartulinas están colocadas veremos un pequeño círculo brillante, sólo hay que enfocar para poder distinguir las manchas. Es aconsejable desviar el telescopio del sol cada cierto tiempo para evitar un calentamiento excesivo tanto del ocular como de la óptica del mismo.

Helioscopio. También llamado prisma solar o prisma de Herschel. Es un prisma en forma de cuña que desvía gran parte de los rayos solares (el 80 ó 90%). Junto a éste es necesario colocar en el ocular un filtro neutro. A pesar de ser un método muy seguro y ofrecer una excelente calidad de imagen el helioscopio no es utilizado por la mayoría de observadores debido a su elevado precio.

Superficie No Metalizada. Este método sólo puede ser empleado con telescopios reflectores y consiste en no aluminizar el espejo primario, el secundario o ambos. Es un método muy seguro pero dejará el telescopio inservible para cualquier otro tipo de observación por lo que sólo es aconsejable si únicamente quiere utilizarse para observar el sol.

Filtro Solar. Es el método más aconsejable si se observa regularmente el sol, tanto por seguridad, como por calidad de imagen y precio. Los filtros apropiados son los que se colocan delante del objetivo del telescopio ya sean de vidrio, *mylar* o similares. El material más utilizado actualmente por los aficionados es el llamado *Astro Safety Film*, este material está ya siendo utilizado por muchas marcas como Celestron para hacer sus filtros solares ya que muestran una gran calidad de imagen, superior incluso a los filtros de vidrio. Las más conocidas son las láminas comercializadas por *Baader Planetarium* pudiendo comprarse en cualquier establecimiento especializado en dos tamaños: A4 y 1000x500mm oscilando su precio en torno a 30€ y 80€ respectivamente. Con estas láminas podemos 'fabricarnos' un filtro a medida, recortando sobre la lámina un círculo del mismo tamaño que la abertura del telescopio y pegándolo sobre un aro, tapadera o similar que encaje en el telescopio (figura 2). En este artículo nos centraremos en las observaciones que pueden realizarse con este tipo de filtro.

Existen otros **filtros** (llamados **Sun**) que se colocan en el ocular pero **no es aconsejable** su uso ya que pueden estallar con el calor si la observación se prolonga más de un minuto.

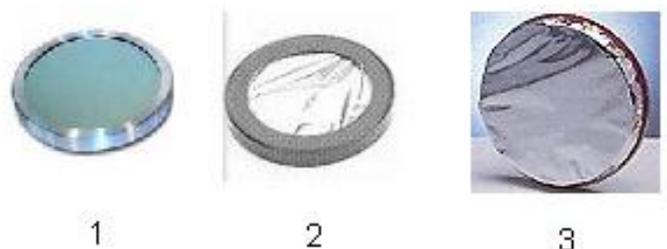


Figura 2. Filtros Solares. 1: filtro vidrio, 2: filtro comercial Astro Safety Film, 3: filtro casero Astro Safety Film.

3. OBSERVANDO LA FOTOSFERA

Una vez tengamos el filtro colocado en la abertura del telescopio podemos comenzar a observar la Fotosfera. Lo mejor es empezar con un ocular de poco aumento de forma que podamos ver la superficie solar al completo. Los oculares de mayor aumento los utilizaremos sólo para ver detalles de las manchas. Lo primero que debemos hacer es orientarnos bien. Mirando a simple vista la orientación del sol es: Norte arriba, Sur abajo, Este a la izquierda y Oeste a la derecha. Proyectando la imagen: Norte arriba, Sur abajo, Oeste a la izquierda y Este a la derecha. En la observación directa a través de telescopio: Norte abajo, Sur arriba, Oeste a la izquierda y Este a la derecha. Si la observación es directa pero con prisma cenital o con helioscopio la orientación es la misma que en la proyección: Norte arriba, Sur abajo, Oeste a la izquierda y Este a la derecha.

Lo primero que llamará nuestra atención de la superficie solar son las **manchas**, zonas más oscuras que la fotosfera debido a su menor temperatura (unos 2000° menos). Son regiones con una intensa concentración de campo magnético donde las líneas del campo fluyen a la superficie bloqueando la subida del plasma caliente procedente de la zona de convección, de ahí su menor temperatura. Son el mejor indicativo de la actividad solar y en ellas se diferencian claramente dos partes la *sombra* (parte central más oscura) y la *penumbra* (zona que rodea a la sombra siendo más clara, con un diámetro 2 veces mayor y estructura filamentosa). Acompañando a las manchas veremos unos pequeños puntos oscuros llamados *poros* o *focos*.

Sólo las manchas y los focos son ya un gran espectáculo pero además en la fotosfera también podemos observar:

Granulación. Llamados también “granos de arroz”, son burbujas de aire caliente (el gas caliente asciende hacia la superficie y desciende al enfriarse) que hacen que la superficie parezca rugosa como la cáscara de una naranja, cada burbuja tiene un tamaño de más de 1000 km y su duración es de 20 minutos.

Supergranulación. Concentraciones de cientos de gránulos individuales cuya duración varía de 12 a 24 horas.

Fáculas. Zonas más brillantes que el resto de la superficie solar, se observan cerca del limbo (borde solar) y están asociadas a las manchas apareciendo antes y desapareciendo después de éstas. Las fáculas pueden verse tanto en los máximos como en los mínimos y son un buen indicador de la actividad electromagnética ya que suelen derivar en manchas la mayoría de las veces. **Oscurecimiento del Limbo.**- Efecto óptico debido a la absorción de una parte de la luz por las capas altas de la propia atmósfera del sol y que hace que veamos su centro más brillante que los bordes (figura 3). Los días de baja estabilidad atmosférica veremos ciertas ondulaciones en el limbo provocadas exclusivamente por corrientes de aire en nuestra atmósfera.

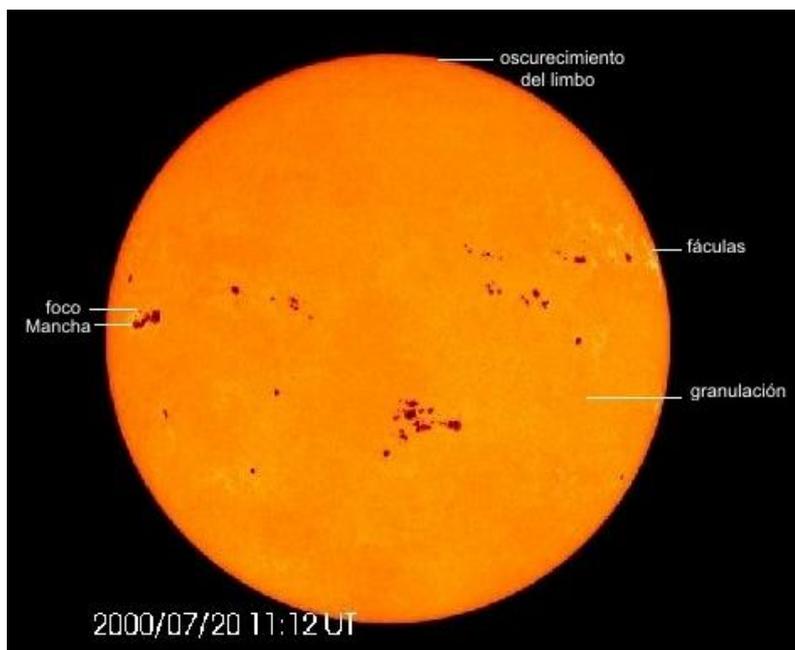


Figura 3. Fotosfera. Máximo ciclo 23. (SOHO)

4. EL ESTUDIO DE LAS MANCHAS Y EL CICLO SOLAR

Además del simple placer de la observación, y como comentamos con anterioridad, el sol nos permite a los aficionados realizar estudios más exhaustivos de su actividad sin necesidad de emplear grandes equipos. Bastará con un **pequeño refractor de 60 mm**, un filtro solar, lápiz y papel para poder seguir la evolución y clasificación de grupos, número Wolf, rotación solar, etc. Sirva de ejemplo que los dibujos y fotografías de grupos de manchas que aparecen en este artículo (excepto los de la clasificación de McIntosh) han sido realizados con un refractor acromático de 80mm y un filtro solar casero. La cámara utilizada en las fotografías es una **WebCam** colocada a foco primario. Con los datos que tomemos en nuestras observaciones, además de llevar nuestras propias estadísticas, podremos colaborar con diversos organismos y asociaciones dedicados al seguimiento y predicción de la evolución del sol.

Como dijimos anteriormente, en las manchas pueden diferenciarse dos partes: La sombra o umbra que es oscura y ocupa la zona central de la mancha y la penumbra, mucho más difusa y cuyo diámetro es al menos el doble que el de la sombra. Normalmente veremos aparecer las manchas por el limbo este y ocultarse por el oeste entre las latitudes 5° y 40° (Norte o Sur), aunque pueden surgir en cualquier lugar de la fotosfera. Su aparición y desaparición no siguen una pauta temporal fija y su duración varía pudiendo observarse durante días, semanas o incluso meses (algunos grandes grupos pueden llegar a observarse durante varias rotaciones). Su tamaño varía desde los 1000 a los 100.000 km. (figura 4; figura 5). Las manchas no poseen movimiento propio y su aparente desplazamiento es debido a la rotación del sol. Si observamos las manchas situadas en el limbo veremos el llamado **Efecto Wilson**: cuando las manchas están cerca del limbo este la sombra parece adelantarse a la penumbra, que es más ancha en la parte posterior. Conforme la mancha se acerca al limbo oeste el efecto es el contrario resultando más ancha la parte delantera de la penumbra y la sombra parece quedar atrasada (figura 4). Acompañando a

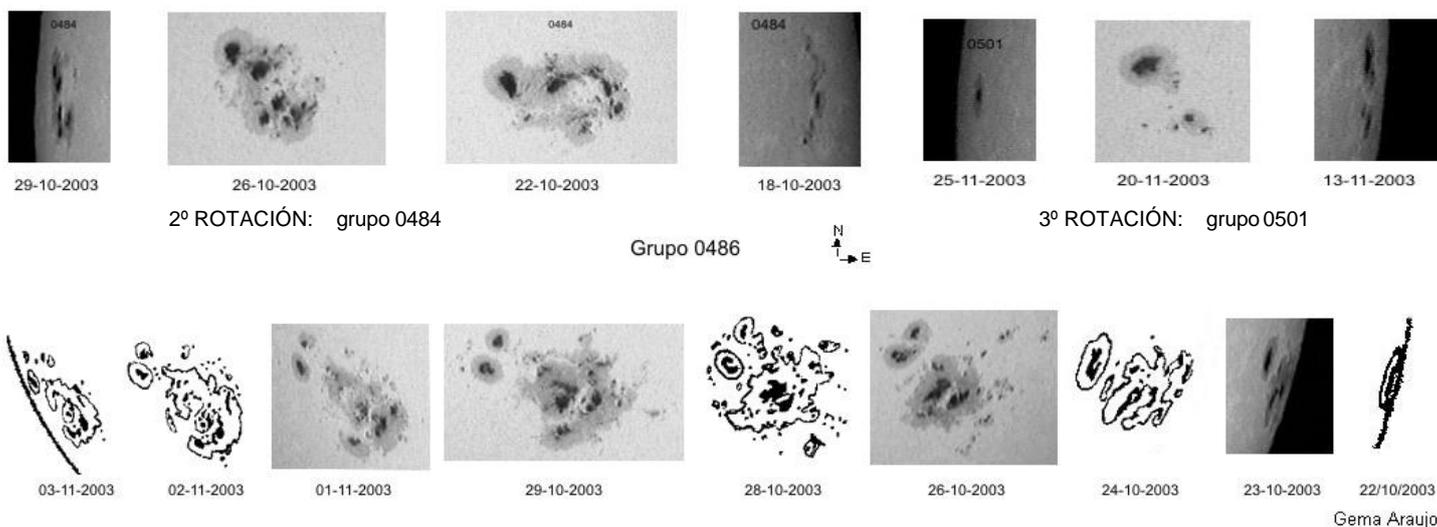


Figura 4 (fila superior) Evolución de un mismo grupo observado durante varias rotaciones: en su 2ª rotación (grupo 0484) y 3ª (grupo 0501). La numeración de los grupos se realiza correlativamente por orden de aparición sobre la superficie solar, el organismo encargado de hacerlo es el NOAA (<http://www.sec.noaa.gov>). En las imágenes del grupo 0501 puede apreciarse además el llamado Efecto Wilson. Figura 5 (fila inferior). Dibujos y fotografías del grupo 0486, el más extenso de los observados durante el ciclo 23.

las manchas tenemos los poros, pequeños puntos oscuros que se presentan en grupo o aislados y en los que no puede diferenciarse entre sombra y penumbra. Algunos evolucionan hasta convertirse en mancha mientras otros simplemente desaparecen. El número de poros que pueden verse depende de la abertura del telescopio y el aumento utilizado.

Para calcular la actividad diaria del sol se utiliza el llamado **Número Wolf** denominado así en honor al astrónomo suizo Rudolf Wolf que lo introdujo en 1848. La fórmula es la siguiente:

$$W = K [(10 \times G) + F]$$

donde **K** es un factor de corrección que depende del telescopio utilizado, el lugar de observación, la experiencia del observador, etc. y cuyo valor suele proporcionarlo alguna asociación u organismo tras promediar un buen número de nuestras observaciones. Si no se dispone del valor exacto puede dejarse con valor 1 o simplemente no poner nada.

G: Número de Grupos. Conjunto de manchas y poros, o de poros individuales, próximos entre sí y que evolucionan de forma conjunta. Un poro aislado cuenta como foco y como grupo, por tanto el menor número de actividad que podemos tener va desde 0, en caso de estar completamente limpia la superficie solar, a 11.

F: Número de focos. Se llaman focos tanto a las sombras de las manchas como a los poros individuales. Si dentro de una mancha se distinguen 2 sombras tendremos 2 focos.

Además del cálculo del Número Wolf podemos completar nuestras observaciones hallando por ejemplo las coordenadas de los grupos y su tamaño. Durante cada sesión de observación realizaremos un dibujo de los grupos visibles sobre un círculo de unos 13,9 mm aproximadamente. Proyectando la imagen del sol sobre este círculo marcamos la posición de los grupos y su extensión (si el círculo se ha realizado sobre un papel milimetrado podremos además conocer la extensión del grupo ya que cada cuadrícula corresponderá a 100.000 km).

Como consecuencia del desplazamiento del sol con respecto al plano de la eclíptica (6°), la inclinación del eje

de la Tierra con respecto a ésta (23°) y dependiendo del mes de observación, el eje del sol estará inclinado hacia la derecha, hacia la izquierda, hacia delante o hacia atrás con respecto a la tierra. Por tanto para conocer las coordenadas (longitud y latitud) de los grupos será necesario emplear unas plantillas en las que se muestren los meridianos y paralelos con los grados de inclinación correspondientes a cada fecha. Encontraremos estas plantillas listas para imprimir en la siguiente dirección:

<http://astrosurf.com/obsolar/manual5.html>.

Estas plantillas nos servirán además para conocer la extensión de los grupos en grados heliográficos (figura 6). Así mismo en:

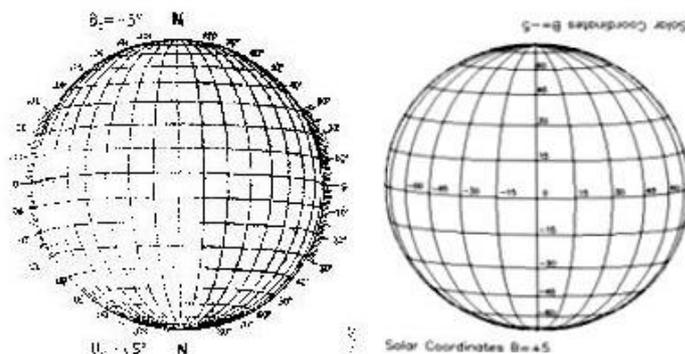
<http://www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/solstuff/ephems/solephem>

encontraremos efemérides con los datos referidos a la posición del eje solar (Po), longitud del meridiano central (Lo), latitud del centro solar (Bo), etc.

5. CLASIFICACIÓN DE GRUPOS

Existen varias. En la *Tabla 1* indicamos la **clasificación de Zurich**. Actualmente, la clasificación utilizada por la mayoría de los aficionados es la **clasificación de McIntosh** (figura 7) y consiste en un esquema de tres letras

Figura 6. Plantillas transparentes utilizadas para determinar la posición y tamaño de los grupos. Vemos dos ejemplos: la 1ª delimitada cada 10° y la 2ª cada 15°. La inclinación es de 5°.



A				Unipolar. Poro o pequeño grupo de poros sin penumbra.
B				Bipolar. Grupo mayor de poros sin penumbra y generalmente en formación Este - Oeste.
C				Bipolar. Mancha con penumbra y con un grupo de poros.
D				Bipolar. Dos o más manchas con poros intermedios. Extensión inferior a 10° heliográficos.
E				Bipolar. Grupo con manchas y poros intermedios. Extensión entre 10° y 15° heliográficos.
F				Bipolar. Grupos con manchas y poros intermedios. Manchas extensas y complejas. Extensión superior a 15° heliográficos.
G				Bipolar. Grupo en decadencia con manchas en los extremos sin poros intermedios. Extensión inferior a 10° heliográficos.
H				Unipolar. Mancha con penumbra superior a 2,5° heliográficos.
I				Unipolar. Mancha con penumbra inferior a 2,5° heliográficos.

Tabla 1: Clasificación de Zurich

Es algo más compleja por lo que se aconseja comenzar con la clasificación de Zurich y pasar a ésta una vez hallamos adquirido cierta experiencia y soltura a la hora de clasificar grupos. La primera letra hace referencia a la clasificación de Zurich pero sin la G y la I (la G se incluye en el grupo E o F y la I en el grupo H). La segunda se refiere al tamaño de las penumbras y manchas (6 tipos). La tercera hace referencia a la distribución de las manchas dentro del grupo (4 tipos). La combinación de los 3 datos permite definir 60 tipos distintos de manchas.

Clasificación de McIntosh:

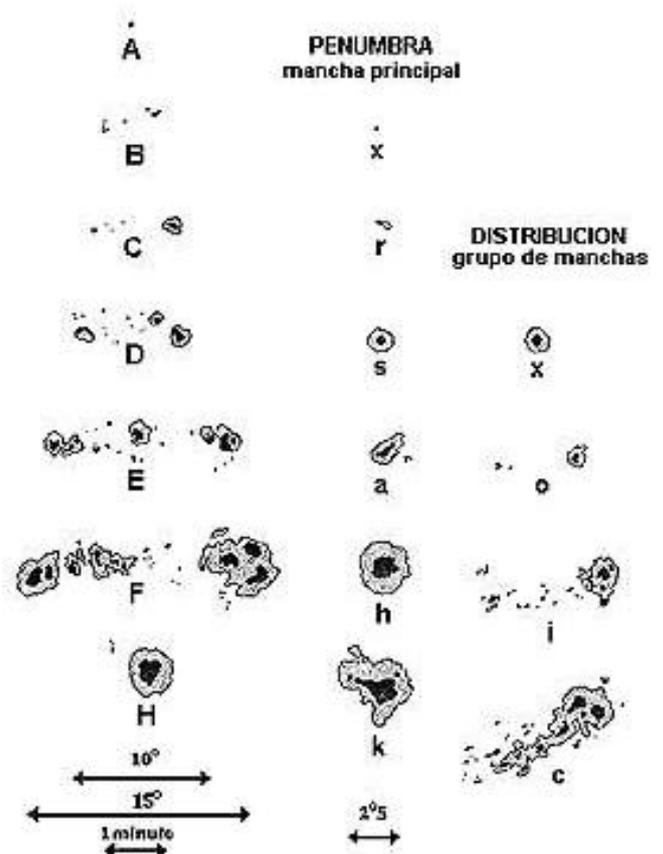
- A. Unipolar sin penumbra.
- B. Bipolar sin penumbra. No existe límite de extensión.
- C. Bipolar con penumbra en una de las manchas de sus polaridades. No existe límite de extensión. Cuando la penumbra sobrepasa los 5° ha de clasificarse como D compacta.
- D. Bipolar con penumbra en las manchas de ambas polaridades. Extensión menor a 10°.
- E. Bipolar con penumbra en las manchas de ambas polaridades. Extensión comprendida entre 10° y 15°.
- F. Bipolar con penumbra en las manchas de ambas polaridades. Extensión mayor a 15°.
- G. Unipolar con penumbra. Cuando la penumbra sobrepasa los 5° ha de clasificarse como D compacta.

Tamaños de penumbras y manchas:

x: Sin penumbra. Se considera penumbra cuando la región gris que redondea a las manchas tiene más de 3" de arco.
 r: Penumbra rudimentaria. Normalmente incompleta, delgada, de contorno irregular, más de 3" de arco y más clara que las penumbras normales. Su estructura es granular o formada por manchitas finas.
 s: Penumbra simétrica, circular o elíptica y con un diámetro inferior a 2,5 grados heliográficos. Los núcleos están compactados cerca del centro de la penumbra. Las penumbras elípticas son simétricas alrededor de un solo núcleo. Estas manchas son de lenta evolución.

a: Penumbra asimétrica o compleja, con estructura filamentosa, puede tener varias sombras, contorno irregular de forma alargada con un diámetro como máximo de 2,5 grados heliográficos. Estas manchas pueden cambiar rápidamente de forma.
 h: Penumbra simétrica, circular o elíptica y con un diámetro superior a 2,5 grados heliográficos. Mismas características que el tipo "s".
 k: Penumbra asimétrica y compleja, con estructura filamentosa y un diámetro superior a 2,5 grados heliográficos. Mismas características que el tipo "a".

Figura 7: clasificación de McIntosh



6. EL CICLO SOLAR

Tiene una duración aproximada de 11 años teniendo lugar entonces una inversión de los polos magnéticos del sol por lo que, en realidad, el ciclo completo es de 22 años. El paso del mínimo de actividad al máximo suele durar menos que el paso del máximo al mínimo. Durante el máximo solar pueden verse grandes grupos que cambian rápidamente de forma mientras que en el mínimo suelen ser bastante monótonos y abundan las manchas individuales, aisladas y de lenta evolución. Una manera de conocer el momento del ciclo en que nos encontramos es a través de la latitud de las manchas (ley de Spoerer). Al principio de cada ciclo las manchas aparecen a 30° ó 40° de latitud. Lo normal es que estén distribuidas en dos líneas muy distantes al norte y sur del ecuador. Pasado éste las manchas se acercan cada vez más al ecuador solar. En el mínimo la latitud media de las manchas es de 5° llegando a alcanzarse los 3°. Actualmente nos encontramos en el ciclo 23, ciclo que tuvo su inicio en 1996. El máximo se produjo el 20 de Julio de 2000 (figura 3) observándose un segundo máximo a finales de 2001, ahora nos encontramos camino del mínimo que se prevé para el 2007.

7. CONDICIONES DE OBSERVACIÓN

Para valorar las condiciones atmosféricas en la observación solar se utiliza la llamada **Escala Kiepenheuer** que valora la nitidez y el movimiento de la imagen. Según mi experiencia el mejor momento para realizar las observaciones es tras la salida del sol, ya que la atmósfera es más estable a primeras horas de la mañana aunque dependerá de la situación de cada observador.

Nitidez de la imagen:

- 1.0 Visible alguna estructura en las grandes sombras (gránulos umbrales). Estructuras muy finas en la penumbra.
- 1.5 Estructuras finas en la penumbra. Granulación muy definida.
- 2.0 Alguna fina estructura en la penumbra y en las divisiones sombra-penumbra y fotosfera-penumbra. Granulación muy definida.
- 2.5 Estructura de granulación bien visible. Clara división entre sombra, penumbra y fotosfera pero sin estructuras finas.



3.0 La granulación es detectable cuando se desplaza la imagen solar. Poco contraste en la división sombra-penumbra.

3.5 No es visible la estructura granular. Difícil separación entre sombra y penumbra.

4.0 Sombra y penumbra sólo distinguibles en las grandes manchas. No es detectable la estructura granular.

4.5 Sombra y penumbra distinguibles sólo en las manchas muy grandes.

5.0 Sombra y penumbra se confunden.

Movimiento de la Imagen:

Será necesario disponer de un ocular micrométrico para medir adecuadamente estos valores.

1.0 No es detectable movimiento alguno ni en el limbo ni en el disco.

1.5 Movimiento de la imagen (agitación en el limbo) menor o igual a 0,5".

2.0 Movimiento en el limbo entre 1" y 1,5". Débiles ondulaciones. Movimiento en las manchas prácticamente imperceptible.

2.5 Movimiento en el limbo de 2" a 2,5" visible también en las manchas. Ondulaciones en el limbo solar.

3.0 Movimiento de la imagen entre 3" y 3,5". Fuertes ondulaciones en el limbo.

3.5 Movimiento de 4" a 5".

4.0 Movimiento de 6" a 7".

4.5 Movimiento de 8" a 10".

5.0 Movimiento de más de 10".

Y para terminar, algunas **direcciones de Internet** que pueden sernos de utilidad:

Catania Solar Observatory:

Dibujo y fotografía en luz blanca:

<http://web.ct.astro.it/sun/>

Mount Wilson, Dibujo y magnetogramas:

<http://www.astro.ucla.edu/~obs/intro.html>

SEC.- Informes diarios de actividad:

<http://www.sec.noaa.gov>

SOHO. Imágenes diarias:

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

Stanford Solar Center: Información, manual, plantillas:

<http://www.sunblock99.org.uk/>

Organizaciones con las que colaborar:

AAVSO: <http://www.aavso.org/observing/programs/solar/>

ALPO: <http://www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/solar.html>

CV-Helios Network: <http://www.cv-helios.net>

SIDC: <http://sidc.oma.be/index.php3>

Gema Araujo

obsolar@astrosurf.com

<http://astrosurf.com/obsolar>

Figura 8. Imagen del sol obtenida por la autora el 2 de noviembre de 2003, a las 11:30 T.U..

Tránsito de Venus

Ángel R. López Sánchez
angelrls@II.iac.es

1. Introducción

El próximo **martes 8 de junio** nuestro vecino planeta Venus pasará por delante del disco solar. Este suceso será realmente espectacular y único: ninguna persona viva ha visto un tránsito de Venus, puesto que la última vez que ocurrió fue en 1882, hace 122 años. En total, durará unas seis horas, aunque desde nuestra posición en la Tierra no podremos verlo completo. Podrá seguirse desde Europa, Asia, África y Australia. El próximo tránsito de Venus (que será en 2012) no podrá observarse desde España, por lo que realmente será difícil tener otra oportunidad mejor en nuestra vida para poder observar un fenómeno de estas características.

Hace poco me comentaban que “siempre pasa algo especial en el cielo que sólo sucede cada mucho tiempo”: la oposición de Marte del año pasado era la mejor en 200 años, la lluvia de estrellas de las leónidas de 2001 no se volvería a repetir en al menos 33 años o la espectacularidad de los cometas Hale-Bopp o Hyakutake será irreplicable. Pero el tránsito de Venus es algo, en mi opinión, bastante excepcional. Científicamente hablando, la observación de los tránsitos de Venus en los (pocos) siglos pasados fueron de vital importancia para la comprensión del Universo en el que nos encontramos. ¿Por qué tanto revuelo por un “eclipse de Venus sobre el Sol”? Porque sólo así se ha podido conocer la distancia de la Tierra al Sol y la masa de éste. Sin estos datos, como iré desgranando a lo largo del presente artículo, la astrofísica actual no existiría.

Por supuesto que ya no tiene “utilidad práctica” inmediata observar un tránsito de Venus para los científicos actuales: se conoce con bastante exactitud la distancia mínima a este planeta por lo que, ¿para qué observarlo? ¿Qué interés tiene? (así de claro me lo dijo un compañero del IAC hace unos días). Desde el punto de vista divulgativo y educativo, tiene un valor enorme. Se puede aprender mucha astronomía, física y matemáticas estudiando un tránsito, siendo el objetivo final determinar la unidad astronómica y la masa del Sol midiendo los tiempos de contacto de Venus con el disco solar. Lo realmente increíble del tema es que los conocimientos para hacerlo, la base esencial, la tienen actualmente (bueno, se supone que deberían) los estudiantes de secundaria. Por ese motivo se han creado varios proyectos educativos internacionales dirigidos a estudiantes de secundaria y bachillerato, pero en los que también participan astrónomos aficionados, estudiantes de universidad y científicos a los que les gusta la divulgación. Posiblemente, el más importante de ellos es el organizado por el Observatorio Europeo Austral (European Southern Observatory, ESO). Recomiendo muy encarecidamente pasarse por la página de internet del **Proyecto Tránsito de Venus 2004 (VT-2004)**:

<http://www.vt-2004.org>

donde podréis obtener mucha información sobre el fenómeno para distintos niveles, material didáctico, fotos y animaciones. La única pega es que está en inglés, aunque en el fondo también sirve para “practicar idiomas”: el proyecto tiene el aliciente de que es necesaria la colaboración entre otros países del mundo para conseguir la distancia a Venus. No sirve de nada las medidas que consigan en un único lugar: es necesario comparar los tiempos con otras observaciones realizadas en otros lugares de la Tierra, cuanto más lejos mejor. Para el caso de observaciones en España, lo mejor es conseguir los datos de algún amigo en Australia. Para los que no os guste el inglés, podéis consultar la versión en español del proyecto, liderado por el **Planetario de Pamplona**: <http://www.venus04.org/>

aunque algunos enlaces siguen estando en inglés. Incluso se espera poder seguir el tránsito vía-web para todos aquellos que no puedan escaparse a observarlo. Esta iniciativa también la realizarán otros parques científicos y universidades, como la Universidad de Barcelona y la Universidad Complutense de Madrid, quienes ya hicieron algo similar con el tránsito de Mercurio del 7 de mayo del año pasado. La Universidad de la Laguna, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias, también realizará la transmisión del tránsito de Venus por internet (actividad en la que me encuentro involucrado).

2. La rareza de un tránsito de Venus

Sólo se pueden observar pasos de planetas por delante del Sol cuando se encuentran más cerca de éste que la Tierra. Por lo tanto, sólo Mercurio y Venus pueden provocar tránsitos. Los de Mercurio son más frecuentes, cada siete años aproximadamente, porque el periodo de Mercurio alrededor del Sol es de sólo 88 días. El último sucedió el pasado 7 de mayo de 2003, el siguiente será el 8 de noviembre de 2006 pero tampoco será observable desde España. Los tránsitos de Venus son tan raros (4 cada 243 años) porque las órbitas de la Tierra y Venus no están en el mismo plano (tienen una diferencia de 3.4°): sólo cuando Venus se encuentra cerca de la eclíptica (el plano que forma la órbita de la Tierra en torno al Sol) puede producirse un tránsito. La física es la misma que los eclipses de Sol y de Luna: sólo cuando la Luna corta al plano de la eclíptica puede producirse un eclipse (¡qué lío de nombres!). El corte de ambos planos (eclíptica-órbita luna o eclíptica-órbita de Venus) se denomina línea de los nodos. Los nodos de la órbita de Venus se sitúan a principios de junio y de diciembre: únicamente cuando Venus tiene su conjunción (su punto más cercano al Sol, por lo tanto, corte con la eclíptica) en estos momentos tendremos un tránsito. Y como Venus tarda 225 días en dar una vuelta al Sol mientras que la Tierra lo hace en 365 días, haciendo las cuentas con todos los decimales (se deja como ejercicio) encontramos que suceden a pares: dos cada ocho años, esperamos 120 añitos de nada y tendremos otros dos tránsitos también separados en 8 años. El 6 de junio de 2012 será el próximo tras el que ahora nos ocupa, pero hasta diciembre de 2117 y diciembre de 2125 no ocurrirá la pareja siguiente (o avanza mucho la medicina o me temo que ninguno de nosotros llegaremos a entonces). La anterior pareja de tránsitos ocurrieron en diciembre de 1874 y diciembre de 1882.

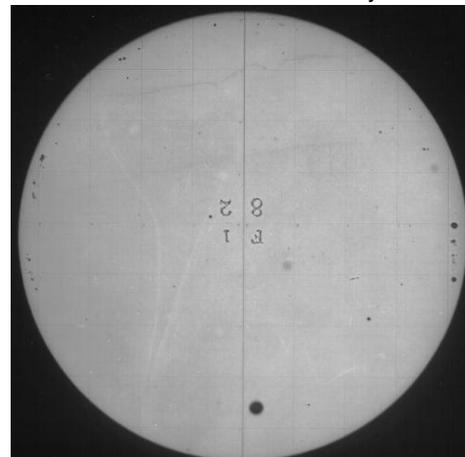


Figura 1. Tránsito de Venus del 6 de diciembre de 1882, observado por un grupo de científicos de Estados Unidos desde Santiago de Chile. Es una de las pocas fotografías que han sobrevivido de esta expedición. Recaltar el tamaño aparente de Venus sobre el disco solar

3. El paralaje

Es la herramienta básica para el cálculo y muy fácil de comprender. Hagamos un rápido experimento: extiende una mano y levanta un dedo a cierta distancia de tus ojos. Cierra el ojo izquierdo y fíjate en la posición que tiene tu dedo con respecto el fondo de la habitación. Ahora hazlo cambiando de ojo. ¿Qué ocurre? Sí, durante unos instantes no podrás evitar dejar de parpadear en un sentido y otro. El dedo parece desplazarse sobre el fondo. Midiendo el ángulo desplazado y sabiendo la distancia entre los dos ojos, por simple trigonometría se puede conseguir la distancia a tu dedo. Has hecho "paralaje" con tus ojos. Fíjate que si colocas el dedo más cerca de ti, el ángulo será mayor y a la inversa. A menor paralaje, mayor distancia.

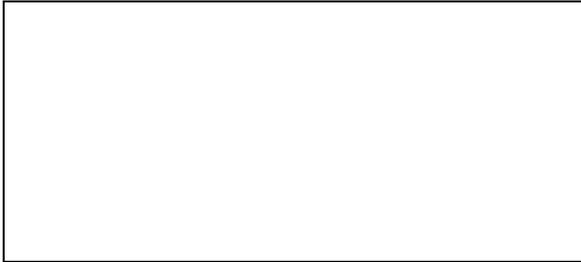


Figura 2. Diagrama típico para calcular la altura de un árbol mediante trigonometría

Es más común encontrar el problema siguiente en matemáticas. Un palo (o árbol, edificio, etc) tiene una altura AB (ver figura 2) con respecto a nuestra visual. Nosotros, C, estamos a una distancia r y medimos un ángulo β entre el extremo A y el punto B. Por trigonometría elemental (definición de tangente), sabemos la siguiente relación:

$$\tan \beta = \frac{AB}{r}$$

por lo que la altura del palo será, despejando:

$$AB = r \cdot \tan \beta$$

Imagínate ahora que A es una posición en la Tierra y B su antípoda (el punto diametralmente opuesto). La distancia AB será el diámetro de la Tierra. El punto C es Venus. Aplicando lo mismo que antes, tenemos que la distancia Venus mediante paralaje geocéntrico es:

$$r = \frac{AB}{\beta} \tag{1}$$

donde hemos usado que para ángulos muy pequeños se puede aproximar directamente la tangente del ángulo por el propio ángulo, escribiendo el ángulo en radianes, ojo. ¿Y cómo sacamos la distancia de la Tierra al Sol? Usando la Tercera Ley de Kepler, que relaciona los periodos de las órbitas de los planetas con su distancia al Sol. Pero veámoslo más detenidamente. Si no te dan miedo los cálculos matemáticos sigue leyendo. Si no tienes ganas de pensar, salta directamente al punto 6.

4. Cómo calcular la distancia Tierra-Sol mediante un tránsito de Venus: Método sencillo

Supongamos dos observadores en la Tierra situados en dos posiciones, A y B, en el mismo meridiano (esto es, su longitud es la misma), pero a distinta latitud. Venus aparecerá como un disco sobre la cara del Sol en dos puntos distintos, A' y B', porque las líneas de visión de los observadores A y B son ligeramente diferentes. Juntando las dos observaciones realizadas exactamente a la misma hora (en Tiempo Universal) veremos de forma más clara el desplazamiento debido al paralaje (figura 3).

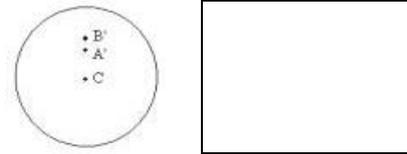


Figura 3: Dos observaciones simultáneas A' y B' del tránsito de Venus desde distintas latitudes de la Tierra nos mostrará un desplazamiento con respecto al centro del disco solar, C. Dicho desplazamiento $\Delta\beta$ es el paralaje a Venus

Sin embargo, la forma más clara para medir este desplazamiento (y que no necesitaría, en este caso particular, del conocimiento del tiempo) es conseguir el movimiento de Venus sobre el disco solar durante todo el tránsito. Conseguiríamos una línea recta como la que vemos en la figura 4. Superponiendo el disco del Sol, podemos encontrar el paralaje $\Delta\beta$ entre las dos observaciones.

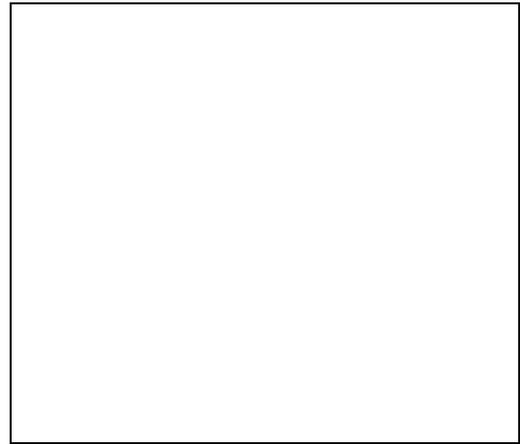


Figura 4. Recorrido del Mercurio sobre el disco solar durante el tránsito de 2003. La trayectoria del planeta será distinta para distintas latitudes (y longitudes).

Supongamos el plano definido por tres puntos: el centro de la Tierra, O, el centro del Sol, C, y el centro de Venus, V. Si los dos observadores están en el mismo meridiano en los lugares A y B, sus imágenes de Venus estarán en los puntos A' y B' del disco solar. En realidad, los centros de la Tierra, Venus y el Sol no están en el mismo plano (ver figura 5), pero este supuesto nos simplifica bastante el problema matemático. Los triángulos APV y BPC tienen el mismo ángulo en el punto P, por lo que la suma de los otros dos ángulos debe ser la misma en cada triángulo. Siguiendo la notación de la figura 5:

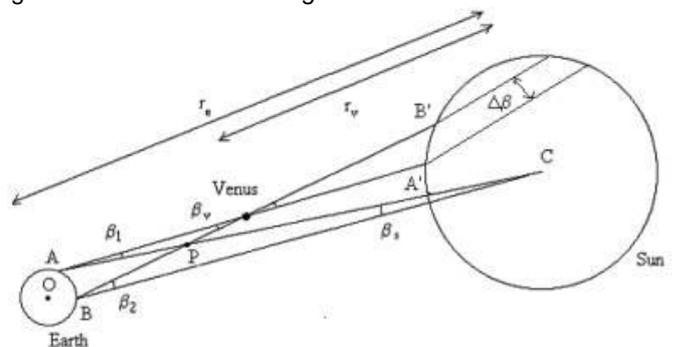


Figura 5. Esquema básico del problema matemático de un tránsito en las condiciones más sencillas.

$$\beta_v + \beta_1 = \beta_s + \beta_2, \quad \text{por lo que :} \quad \beta_v - \beta_s = \beta_2 - \beta_1 = \Delta\beta$$

Como hemos dicho, este $\Delta\beta$ mide la separación del paso de Venus sobre el Sol. La ecuación anterior también se puede escribir así:

$$\Delta\beta = \beta_s \left(\frac{\beta_v}{\beta_s} - 1 \right) \tag{2}$$

Ahora, tomemos que r_e es la distancia Tierra-Sol (la Unidad Astronómica), mientras que r_v es la distancia Venus-Sol. El paralaje de Venus, β_v , se puede escribir usando lo que hemos visto en la sección anterior (ecuación 1) así:

$$\beta_v = \frac{\overline{AB}}{r_{Tierra-Venus}} = \frac{\overline{AB}}{r_e - r_v}$$

donde hemos usado que la suma entre la distancia del Sol a Venus más la distancia de la Tierra a Venus es la distancia de la Tierra al Sol (sólo válido durante un tránsito y bajo las condiciones actuales porque los tres cuerpos están alineados). De la misma manera, tendremos la relación siguiente para el paralaje solar β_s :

$$\beta_s = \frac{\overline{AB}}{r_e} \tag{3}$$

por lo que dividiendo las dos últimas expresiones eliminamos la distancia entre A y B:

$$\frac{\beta_v}{\beta_s} = \frac{r_e}{(r_e - r_v)}$$

Substituyendo esto en (2) tenemos

$$\Delta\beta = \beta_s \left[\left(\frac{r_e}{r_e - r_v} \right) - 1 \right] = \frac{\beta_s r_v}{(r_e - r_v)}$$

Despejando el paralaje solar:

$$\beta_s = \Delta\beta \left(\frac{r_e}{r_v} - 1 \right) \tag{4}$$

Recuerda que $\Delta\beta$ sigue siendo la separación entre las dos líneas. Podemos calcular el cociente r_e / r_v usando la **Tercera Ley de Kepler**: los períodos de revolución (T) al cuadrado entre el semieje mayor (r) al cubo de un planeta es una constante:

$$\frac{T_{planeta}^2}{r_{planeta}^3} = cte$$

(La constante tiene que ver con la masa del Sol, despreciando la masa del planeta. En realidad es: $cte = \frac{4\pi^2}{G(M_{sol} + m_{planeta})}$, siendo

G el valor de la constante de gravitación, pero esto es un resultado de la Ley de Gravitación Universal de Newton). Igualando para los casos de Venus y la Tierra:

$$\frac{T_e^2}{r_e^3} = \frac{T_v^2}{r_v^3}$$

Observacionalmente, sabemos que los períodos de revolución de la Tierra y Venus en torno al Sol son 365.25 días (un año) y 224.7 días, respectivamente. Por lo tanto

$$\left(\frac{r_e}{r_v} \right)^3 = \left(\frac{T_e}{T_v} \right)^2 = \left(\frac{365.25}{224.7} \right)^2$$

Haciendo el calculillo, queda $r_e / r_v = 1.38248$. Introducimos este valor en la expresión del paralaje solar (4) y operamos, quedando:

$$\beta_s = 0.38248 \Delta\beta$$

Finalmente, usando la definición de paralaje (3), tenemos de forma directa la distancia de la Tierra al Sol, la tan ansiada Unidad Astronómica:

$$r_e = \frac{\overline{AB}}{0.38248 \Delta\beta} \tag{5}$$

Por lo tanto, conociendo la distancia entre A y B y midiendo el paralaje tenemos resuelto el problema. Suponiendo que los dos puntos están en el mismo meridiano pero a latitudes φ_1 y φ_2 , siendo R el radio de la Tierra y usando la figura 6, podemos ver que cualquiera de los dos triángulos rectángulos que aparecen al dividir el triángulo isósceles RAB cumple que

$$\text{sen}((\varphi_1 + \varphi_2) / 2) = (\overline{AB} / 2) / R$$

por lo que la distancia entre A y B será

$$\overline{AB} = 2R \text{sen}((\varphi_1 + \varphi_2) / 2) \tag{6}$$

Pero cuidado: esta expresión sólo es válida si los observadores están en distinto hemisferio. Si la observación ocurre en el mismo hemisferio, los ángulos φ_1 y φ_2 deben restarse. El método también es válido para dos posiciones en longitudes suplementarias (tomando los dos ángulos con signo positivo, su suma vale 180°) porque, en realidad, están en el mismo meridiano, pero entonces el ángulo que debe estar dentro del seno en (6) sería

$$\varphi = (90 - \varphi_1) + 90 + \varphi_2$$

Por ejemplo, en el caso de España (más particular, Córdoba $\varphi_1 = 4.2^\circ$) serviría este método utilizando medidas en la isla Norte de Nueva Zelanda ($\varphi_2 = -175.8^\circ$), pero desgraciadamente el tránsito de 2004 no es visible desde esa posición.

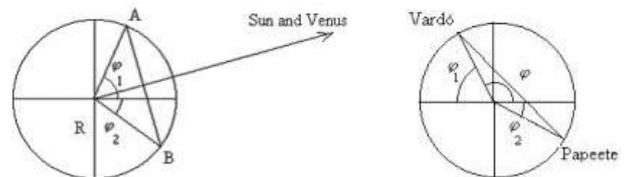


Figura 6. Diagramas para calcular la distancia entre las posiciones A y B, supuestamente situadas en el mismo meridiano (longitud) pero a distinta latitud. El diagrama de la izquierda es válido sólo para observaciones en distintas latitudes a la misma longitud y cumple la ecuación (6). El diagrama de la derecha, representando los lugares que se indican en el ejemplo 1, tiene una configuración distinta porque aunque las observaciones están en el mismo meridiano, se sitúan en longitudes suplementarias.

Como última nota al método, apuntar que la mejor forma para medir $\Delta\beta$ es superponiendo en un papel el disco del Sol y las dos observaciones. Si el diámetro del disco es D, tendremos la proporción siguiente:

$$\Delta\beta = \frac{\pi}{360} \frac{\overline{A'B'}}{D} \tag{7}$$

Recuerda que $\Delta\beta$ debe medirse en radianes y no en grados.

Ejemplo 1:

Este método se usó para el tránsito de 1769. Usando las observaciones de dos equipos, uno en **Bardo** (Laponia) y otro en **Papeete** (Tahití) con latitudes $\varphi_1 = 70^\circ 21' N$ y $\varphi_2 = 17^\circ 32' S$ y longitudes suplementarias, se midió que si se proyectaba el disco solar con un tamaño de 70 mm, el paralaje entre ambas posiciones (la diferencia entre las líneas de las trayectorias de Venus en cada lugar) era de 1.5mm. Con estos datos, se encontró que la Unidad Astronómica era de $r_e = 157$ millones de kilómetros. ¿Te salen las cuentas?

5. Un método más preciso y más complicado, pero también aproximado

No nos pararemos a demostrarlo, lo tomaremos como acto de fe. Definiendo el paralaje medio solar, π_0 , como el ángulo subtendido desde el centro del Sol por el radio ecuatorial de la Tierra, R , cuando la distancia entre ambos es exactamente una unidad astronómica, a (recuerda que las órbitas de los planetas son elípticas),

$$\text{sen } \pi_0 = \frac{R}{a}$$

Mejorando el diagrama de la *Figura 5*, se puede llegar, tras muchos cálculos, a la (larga) expresión:

$$\left[A(\cos \varphi_1 \cos \lambda_1 - \cos \varphi_2 \cos \lambda_2) + B(\cos \varphi_1 \text{sen} \lambda_1 - \cos \varphi_2 \text{sen} \lambda_2) + C(\text{sen} \varphi_1 - \text{sen} \varphi_2) \right] \pi_0 = -\frac{dD}{dt} \Delta t_i$$

donde φ representa la latitud y λ la longitud de los dos puntos (1 y 2) desde donde se efectúan las observaciones y Δt_i representa la diferencia de tiempos de uno de los contactos (el contacto con índice $i = 1, 2, 3$ ó 4). Los parámetros A, B, C y dD/dt están tabulados para cada contacto. Los indico en la *tabla 1*. La expresión anterior se conoce como **Método de Delisle**, pero se puede obtener una similar teniendo en cuenta los tiempos entre varios contactos (**Método de Halley**):

$$\left[\begin{array}{l} (A_i + A_j)(\cos \varphi_1 \cos \lambda_1 - \cos \varphi_2 \cos \lambda_2) + \\ (B_i + B_j)(\cos \varphi_1 \text{sen} \lambda_1 - \cos \varphi_2 \text{sen} \lambda_2) + \\ (C_i + C_j)(\text{sen} \varphi_1 - \text{sen} \varphi_2) \end{array} \right] \pi_0 = -\frac{dD}{dt} \Delta T_{(i1-j)-(i2-j2)}$$

donde i y j son los índices relacionados con los contactos. Por ejemplo, $i=2$ y $j=3$ representan justo el segundo y tercer contacto, siendo Δt la diferencia de tiempo del tránsito interno de Venus. Y que conste que esto sigue siendo un método aproximado. Para hacerlo de forma precisa se tienen que tener en cuenta todavía más parámetros, como que las órbita elípticas de la Tierra y Venus cambian debido a interferencias gravitatorias entre otros cuerpos, que la Tierra es en realidad el sistema Tierra-Luna o que existen los movimientos adicionales de precesión y nutación.

Descripción del contacto	A	B	C	dD/dt "/min
Primer contacto exterior (índice 1)	2.2606	-0.0194	1.0110	-3.0846
Primer contacto interior (índice 2)	2.1970	0.2237	1.1206	-2.9394
Último contacto interior (índice 3)	-1.0929	-1.1376	1.9090	2.9391
Último contacto exterior (índice 4)	-0.9799	-1.3390	1.8383	3.0842

Tabla 1: Parámetros necesarios para los cálculos según los métodos de Halley y Delisle. Sólo son válidos para el tránsito de Venus del 8 de junio de 2003.

Ejemplo 2:

Supongamos que dos observadores registran estos datos:

- Ciudad nº1 : **Antananarivo** ($\varphi_1 = 18^\circ 52' S$ y $\lambda_1 = 47^\circ 30' E$)
Hora del segundo contacto (índice 2) : $t_2 = 5h 35m 30s$ UT.
Hora del tercer contacto (índice 3) : $t_3 = 11h 8m 4s$ UT
Duración observada del tránsito (interno): 5h 32m 34s.

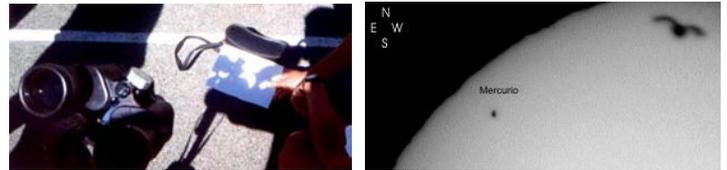


Figura 7. Dos ejemplos de observación solar. A la izquierda, proyección en una pantalla blanca y usando unos prismáticos del eclipse de sol del 11 de agosto de 1999, por Lola Morales y Ángel López. Es el método más sencillo, ¡pero practica antes!. A la derecha, imagen obtenida por Gema Araujo del tránsito de Mercurio del 7 de mayo de 2003, a las 9:54 T.U., usando un telescopio refractor de 60 mm de apertura, sin seguimiento, un filtro Mylar colocado en el objetivo y una webcam. Se cruzó un pájaro

- Ciudad nº2 : **Helsinki** ($\varphi_2 = 60^\circ 08' N$ y $\lambda_2 = 25^\circ 03' E$)
Hora del segundo contacto (índice 2) : $t_2 = 5h 38m 38s$ UTC
Hora del tercer contacto (índice 3) : $t_3 = 11h 2m 20s$ UT
Duración observada del tránsito (interno): 5h 23m 42s.

Usando el método de Delisle para el segundo contacto se obtiene que el paralaje medio solar es $\pi_0 = 8.945''$, mientras que con el método de Halley se obtiene $\pi_0 = 8.822''$. ¿Eres capaz de hacerlo tú? ¿Cuál es entonces el valor de la Unidad Astronómica? Recuerda que longitudes al Este son negativas.

6. Equipo a usar

Los métodos de observación de un tránsito son los mismos que los usados normalmente al observar el Sol o un eclipse. Os remito directamente al artículo anterior de **Gema Araujo** o a consultar su estupenda página web: <http://astrosurf.com/obsolar>

El más seguro es la proyección de la imagen en una pantalla blanca. Este procedimiento puede hacerse incluso con unos prismáticos. Colocando una cartulina blanca a cierta distancia, podemos dibujar el disco del Sol e ir anotando directamente la posición de Venus según se va moviendo delante del astro-rey. Es algo muy simple, con cualquier instrumento se puede hacer. Esta técnica tiene la ventaja añadida de que varias personas pueden ver a la vez el tránsito. Dos recomendaciones adicionales: colocar un ocular de poco aumento, para que tengamos el disco del Sol completo y tapar cada poco tiempo la entrada de luz en el objetivo: la concentración de luz puede romper alguna lente (os aseguro que muchas lentes morirán ese día, al igual que ocurre durante los eclipses).

Aún hay que ser más precavido si lo que usamos es un filtro colocado en el ocular del telescopio: es una técnica peligrosa, sobre todo porque suelen ser los que vienen con telescopios que no son de calidad y estallan muy pronto.

No obstante, la opción actualmente más extendida entre astrónomos aficionados es usar un filtro *Mylar* delante del telescopio, sobre todo si vamos a usar algún instrumento (cámara de fotos, CCD, cámara digital o webcam) para recoger los datos. Algunas recomendaciones adicionales son: decide pronto el equipo definitivo que vas a usar (combinación de filtro+telescopio+ocular+cámara) y la técnica que emplearás. Comprueba que tienes todo lo necesario semanas antes. Ensayá durante varios días la obtención de datos, no lo dejes todo para el último día para que no haya desagradables sorpresas de última hora. Y ten en hora el reloj para medir los contactos.

Una última curiosidad: como el diámetro aparente de Venus será de cerca de un minuto de arco (1/32 parte del disco solar), podremos verlo también a simple vista, siempre que usemos las gafas de seguridad oportunas (las mismas que se usan para ver eclipses). Aún estás a tiempo de conseguirlas o hacerte unas utilizando una lámina de Mylar (las de tamaño A4 cuestan unos 30 €, pueden salir unas 16 gafas con este tamaño).

7. ¿Cómo hacer las observaciones?

Lo primero que tenemos que tener claro es el lugar en el que vamos a observar. Necesitamos las coordenadas geográficas de la latitud y longitud para que nuestros datos sean de utilidad. Existen varias formas de conseguir estos datos:

- Lo tradicional, esto es, usando mapas cartográficos de la zona y fijar con la máxima precisión posible la longitud y la latitud. El problema principal es que, al menos que usemos mapas con alta resolución y sepamos determinar realmente nuestra posición, el error en nuestras coordenadas será relativamente grande.
- Una buena opción, sobre todo si vamos a hacerlo desde un pueblo o ciudad, es consultar la página web <http://www.heavens-above.com>. Este lugar contiene una sorprendente y precisa base de datos de ... ¡más de dos millones de localidades! de todo el mundo. Como curiosidad, la aldea "Medinilla del Campo" (provincia de Córdoba) aparece listada.
- Aunque, por supuesto, lo más cómodo es tener un GPS (Sistema de Posicionamiento Global, Global Positioning System), llevarlo con nosotros y leer los valores que aparecerán en la pantalla. Es muy útil, además, porque nos proporciona el tiempo con total precisión. Como aviso, no olvides las pilas de repuesto.

Por otro lado, debemos equiparnos de un reloj con precisión de, al menos, 1 segundo puesto en hora en Tiempo Universal. El paso de Hora Civil (tiempo local) a Tiempo Universal no es complicado: sólo hay que restar dos horas, en horario de verano y en la Península. Para Canarias, hay que restar una hora al tiempo que marca nuestro reloj. Podemos conseguir el tiempo local con los boletines diarios de RNE, con las páginas de teletexto de TVE o llamando al número 093 de Telefónica. El Tiempo Universal se puede conocer consultando en internet algún organismo astronómico oficial, como el Observatorio Naval de Estados Unidos (USNO):

<http://tycho.usno.navy.mil/what1.html?rwin=UTC>

También se puede mirar en *Heavens Above*. Una vez instalado el instrumento de observación (telescopio o prismáticos), bien protegidos para la observación solar, y con nuestro reloj en TU, debemos tomar los tiempos de los contactos. Como ya hemos comentado antes, desde España sólo se pueden observar el tercer y el cuarto contacto, esto es, el momento en el que Venus deja el disco solar. El tercer contacto ocurrirá aproximadamente a las 11h 06m TU y la salida definitiva de Venus será a las 11h 25m TU (para la Península, en Canarias sumar 1m 30s a estos tiempos). Indicamos las efemérides calculadas para Córdoba por nuestro compañero Javier Rojano en la tabla 2. También es muy recomendable ir dibujando el recorrido del Sol sobre una pantalla (en caso de que no hagamos imágenes con otros dispositivos), indicando con la mayor precisión posible la hora (insisto: en Tiempo Universal) de cada posición. En este sentido, el uso de webcams o cámaras con soporte digital será muy útil para obtener una imagen final del recorrido del planeta, superponiendo mediante técnicas digitales y tratamiento de imagen las mejores tomas que consigas (como en la *Figura 4*). Otra observación: aunque el ordenador o la cámara te grabe la hora en cada imagen, es altamente recomendable que escribas en papel el tiempo que marca tu reloj (en T.U.) en cada momento.

8. Epílogo: La aventura de la Astronomía

La primera vez que se observó un tránsito de Venus fue en 1639, pero no fue hasta el tránsito de 1761 cuando se intentó determinar la Unidad Astronómica con ellos. La idea la propuso **Sir Edmond Halley** en 1716, precisamente usando el método cuyos resultados hemos visto en el apartado 5, pero fue **Jean-**

Tabla 2: Efemérides del Tránsito de Venus del 8 de junio de 2004 para Córdoba.
Longitud 4.20° Oeste, Latitud 37.37° N
Corrección por longitud, $\Delta T = 64.2$ secs

	T.U.			A.P.		Alt		Dif.		Corrns
	h	m	s	°	'	°	'	A	B	
Primer Contacto	05	20	31	118	4	0.2	-1.6	No observable		
Segundo Contacto	05	40	13	121	7	-0.4	-1.2	No observable		
Mínima distancia al centro solar	08	24	07	167	39					
Tercer Contacto	11	05	58	213	69	-2.6	-7.0			
Cuarto Contacto	11	25	10	216	72	-3.0	-6.3			

Semidiámetro de Venus = $28.9'' = 0.482'$
Distancia mínima al centro solar = $638.6'' = 10.643'$
Semidiámetro del Sol = $945.4'' = 15.76'$

Nicolas Delisle quien hizo el primer cálculo del paralaje usando las observaciones de 1761 y 1769. Pero los lugares seleccionados para conseguir los mejores resultados estaban localizado en lugares remotos (Pacífico Sur, Centroamérica, Siberia, Norteamérica o en Índico) y los viajes para llegar a ellos duraban años. En el siglo XVIII viajar era realmente peligroso, no sólo por las tormentas que se podían encontrar en mitad del océano sino por las continuas guerras entre países. Por ejemplo, en el Océano Índico Francia e Inglaterra se encontraban en disputa, costándole un disgusto al astrónomo francés **Guillaume de Gentil**. Después de muchas vicisitudes por aquellas zonas, saltando de isla a isla durante más de 10 años, no pudo tomar medidas del tránsito de 1761 (lo observó desde un barco) y ni siquiera pudo ver el de 1769 (se nubló justo durante todo el tránsito). El pobre astrónomo se encontró al volver a Francia que lo habían dado por muerto, su esposa se había casado con otro hombre, sus bienes habían sido confiscados y su plaza en la Academia de Ciencias. Afortunadamente al final se reconoció el valor de su aventura, se casó con una mujer rica, publicó un diario de su viaje en el que también recogía muchos aspectos antropológicos y naturalistas y fue readmitido en la Academia.

Delisle consiguió finalmente los datos de 151 observadores distintos en 77 lugares del mundo, derivando que la distancia al Sol era de 153 millones de kilómetros, un 1% más que el valor real. No hemos mencionado otro problema que, por sí solo, llevaría otro extenso artículo: el cálculo de la longitud del lugar de observación, algo que va íntimamente ligado a la medida del tiempo. La latitud es relativamente fácil (es la altura de la polar sobre el horizonte, más o menos), pero la longitud no es, en absoluto, algo trivial. Se debían tener un reloj que marcara la hora del meridiano cero (de ahí salió el Tiempo Universal del meridiano de Greenwich), pero los relojes de entonces se atrasaban o adelantaban y, como eran normalmente de péndulo, variaban mucho en las travesías oceánicas. Los astrónomos debían llegar varios años antes del tránsito sólo para determinar con observaciones precisas la longitud del lugar.

La medida del tiempo y la medida de las distancias astronómicas han sido uno de los mayores retos de la Ciencia. Conociendo la Unidad Astronómica se pudo medir todo el Sistema Solar, desarrollándose la complicada teoría de órbitas que se tiene hoy. Pero es más. Con la distancia Tierra-Sol como base, usando paralaje heliocéntrico, se puede calcular la distancia a las estrellas más cercanas. Este valor es usado, a la vez, para determinar distancias de objetos más lejanos, como cúmulos estelares. Las distancias proporcionadas a cúmulos son la base de los métodos de distancia a estrellas cefeidas y a supernovas de tipo Ia. Observando supernovas y cefeidas en galaxias distantes conseguimos la Ley de Hubble, que mide la expansión del Universo. Con ésta hemos podido determinar el tamaño del Universo y la edad del mismo. Sin los tránsitos de Venus habríamos tenido las cosas bastante más difícil.

LA PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA

Bella Espinar Frías
bella.espinar@psa.es

Tal vez muchos de vosotros sepáis que en Almería se encuentra uno de los escenarios de cine al aire libre más importantes de la historia de la filmografía, ya que en esa provincia se encuentran las reproducciones más famosas de los pueblos del "lejano oeste" americano. Ello ha brindado a Almería la oportunidad de que la visitaran grandes estrellas del cine, como **Clint Eastwood** o Lawrence de Arabia... Perdón, quería decir, **Peter O'toole**, en el papel del militar británico :)

Pero lo que muchos no saben es que, muy cerca de tan brillante emplazamiento cinematográfico, se encuentra uno de los enclaves científicos más importantes de Europa en cuanto a la investigación en **Energía Solar** se refiere. Sí, sí, ¡de Europa!

La Plataforma Solar de Almería (PSA), perteneciente al Centro de Investigaciones Energética, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT),

www.ciemat.es

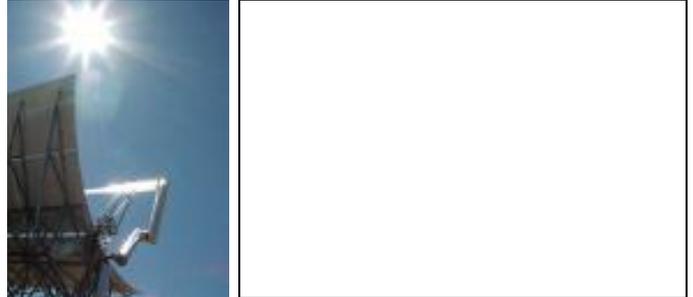
dependiente del **Ministerio de Ciencia y Tecnología**, es el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos de Europa dedicado a las tecnologías de aprovechamiento de la energía térmica del Sol. A diferencia de la tecnología de las células fotoeléctricas, que generan electricidad directamente por iluminación de la placa por la luz solar (es una aplicación directa del efecto fotoeléctrico), en la PSA la tecnología que se desarrolla siempre tiene como base la concentración de los rayos del Sol, no sólo para producir electricidad, sino para otras muchas aplicaciones, tal vez menos conocidas pero de gran importancia práctica.

Ya sabemos que actualmente está cobrando mucha importancia la conservación del medioambiente y el empeño por impulsar las energías renovables como fuentes para el suministro energético mundial, con un procedimiento limpio, sostenible e inagotable. Las investigaciones que en la PSA se desarrollan tienen la aspiración de comercializarse en el mercado mundial.

Las actividades de la PSA quedan agrupadas en cinco grandes categorías:

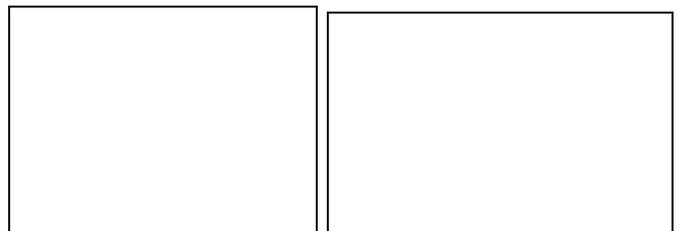
Generación de electricidad, que es la aplicación más conocida popularmente. En este campo se estudian tanto los rendimientos de ciclos híbridos (que utilizan parte de combustible fósil junto con la energía solar) como la optimización de cada uno de los componentes del conjunto energético (los helióstatos, los receptores solares).

Procesos térmicos industriales. En esta rama, uno de los resultados que está teniendo mayor éxito es la Desalinización Solar, cuyos procesos permiten obtener agua potable a partir de agua de mar... Pero empleando la energía solar para desalinizar. Estos procedimientos son especialmente útiles para asegurar la disponibilidad de agua potable, a partir del mar, en zonas desérticas de la costa y en islas.



Química solar. La mayor parte de los recursos han sido dedicados a desarrollar la Detoxificación Solar. El tratamiento de desechos industriales y aguas residuales, por medio de rayos ultravioleta concentrados a partir del Sol. También se están desarrollando procedimientos de sintetizado de elementos químicos

Ensayo de materiales. ¿Cómo se *ensaya* un material? Esta nomenclatura, tal vez algo confusa, se refiere al estudio de distintos materiales sometidos a condiciones de altas (altísimas) temperaturas y, en ocasiones, en cámaras de vacío. La instalación donde se realizan estos *ensayos* se llama "Horno Solar", el cual concentra la luz que le llega de un helióstato de 54m², con lo que se puede alcanzar una temperatura de 2000°C.



Especialmente emotivo, en este marco de ensayos de materiales, fue la colaboración que realizó la PSA con la Agencia Espacial Europea (ESA), marco en el que, por ejemplo, se llevó a cabo una comprobación del comportamiento de distintos componentes del transbordador **HERMES**, simulando las condiciones de reentrada en la atmósfera a base de enfocar progresivamente un número creciente de helióstatos hacia el componente de muestra. Por cierto, la cubierta de cerámica ensayada superó perfectamente la prueba.

Y, por último, el **Programa de Formación** y difusión de las experiencias que se llevan a cabo en sus instalaciones así como el acercamiento de los nuevos investigadores al mundo de la investigación científica es uno de los programas más principales, puesto que significa una preocupación por el futuro de la Ciencia y la Tecnología en nuestro país y de sus futuras aportaciones humanas. El Programa de Estudiantes ofrece a los universitarios la oportunidad de participar de nuestras actividades. Las becas que se conceden anualmente permiten a jóvenes graduados iniciarse en la investigación solar.

La variabilidad del interior del Sol y sus posibles efectos climáticos

Ángel R. López Sánchez

angelrls@ll.iac.es

En marzo de 2003 visitó el Instituto de Astrofísica de Canarias el Profesor **Sabatino Sofia**, miembro del Departamento de Astronomía de la Universidad de Yale, EE.UU. Durante su estancia en Tenerife, impartió dos conferencias: una divulgativa y un seminario para los científicos del IAC. Su tema de investigación es la variabilidad del interior solar, tema atacado desde el punto de vista teórico y observacional, así como el estudio de los posibles efectos climáticos que estas variaciones pueden tener en la atmósfera terrestre.

¿Por qué estudiamos el Sol?

El profesor Sabatino comenzó la conferencia divulgativa con esta pregunta: ¿Por qué estudiamos el Sol? Al fin y al cabo, el Sol sólo es una de alrededor de trescientos mil millones de estrellas que forman parte de nuestra galaxia, y existen miles de millones de galaxias en el Universo. Sin embargo, el Sol es para nosotros un astro muy especial porque es *nuestra* estrella, y responsable última de nuestra existencia. De esta estrella cercana nos llega prácticamente toda la energía que disponemos, sin la cual la vida sobre la Tierra sería imposible y el mismo planeta no existiría. Visto desde este punto de vista antropocéntrico, es importante estudiar el Sol. Pero podríamos citar otros tipos de razones por las que los seres humanos nos esforzamos por comprender cómo funciona: estudiamos el Sol por motivos culturales, porque es fuente de ciencias básicas y porque tiene importantes efectos directos sobre la Tierra.

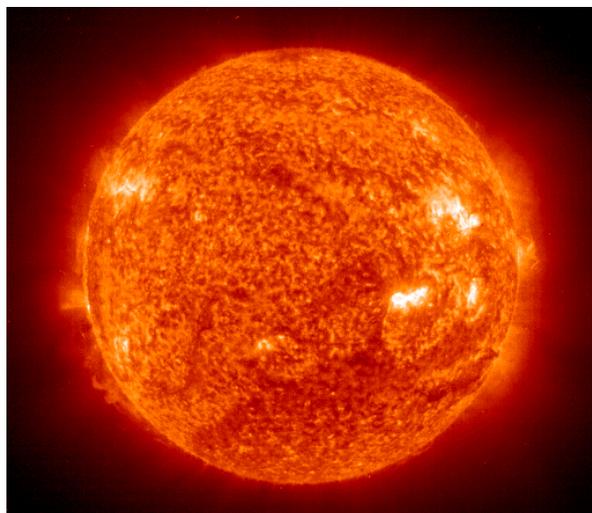
Desde la remota Antigüedad, se ha adorado al Astro Rey, al ser dador de luz y calor. Desde tiempos inmemoriales, su recorrido diario a través del cielo ha fascinado al hombre, mitificándolo como dios y sirviendo de base para crear una útil herramienta, el calendario, una vez desarrollados los conceptos de hora, día y año. Ha sido un referente único para conceptos filosóficos y religiosos, se han escrito poemas, libros y canciones sobre él. Se ha representado en esculturas, pinturas y edificios importantes. La cultura de las diferentes civilizaciones a lo largo de nuestro mundo rebosa de referencias al Sol.

Si nos situamos en el punto de vista científico, nuestra estrella ha sido fuente de ciencias básicas a lo largo de toda la Historia. Aparte de su utilidad calendárica, sirvió para demostrar que nuestro planeta no era plano, sino esférico. Ya en la antigua Alejandría macedónica, Eratóstenes llegó a calcular el radio de la Tierra gracias a la sombra que los obeliscos egipcios proporcionaban a distintas latitudes. Fue entonces cuando se comprendió que girábamos alrededor de él, y no viceversa. Sin embargo, el modelo heliocéntrico fue postergado, y durante más de mil años la hipótesis geocéntrica de Ptolomeo fue la aceptada (o la impuesta). Copérnico, Brahe, Galileo y Kepler recolocaron el Astro Rey en el lugar que le correspondía, provocando el cambio de paradigma científico más importante de la Historia, y abriendo camino a la exitosa teoría de la Gravitación Universal de Newton. En la actualidad, el Sol continúa siendo vital para el estudio de los fenómenos físicos. Uno de los grandes logros de la Astrofísica es la comprensión del ciclo de vida estelar, y el conocimiento de que, dentro de 1000 millones de años, nuestra estrella emitirá tanta energía que la vida en la Tierra será imposible, transformándose paulatinamente en una gigante roja. Pero el fin último del Sol, dentro de unos 4500 millones de años, será una nebulosa planetaria, en cuyo interior descansará una enana blanca. La física de plasmas, la magnetohidrodinámica y la física nuclear se han desarrollado gracias al esfuerzo de entender cómo funciona el Sol. Un gran éxito fue encontrar la fuente de energía de las estrellas, la fusión termonuclear, en la que cuatro núcleos de hidrógeno se funden para proporcionar uno de helio, y energía. Este tipo de energía nuclear por fusión es eventualmente la solución al problema energético al que el

mundo se precipita. Más recientemente, el Sol ha sido banco de pruebas para la física de partículas, sobre todo para el estudio de los escurridizos neutrinos. En las últimas décadas del siglo pasado se pensaba que esta partícula elemental, que tiene tres clases y aparece muy involucrada en los procesos de fusión nuclear, no tenía masa. Las dificultosas detecciones de neutrinos provenientes del Sol no concordaban con las cantidades teóricas predichas por los modelos solares: eran tres veces menor de lo esperado. Los físicos de partículas sostenían que el problema era de los modelos astrofísicos del interior solar; los astrofísicos argüían que el fallo era de los modelos de partículas. Recientemente se ha demostrado que el neutrino tiene masa, propiedad que hace que el neutrino pueda “cambiar” entre sus tres clases posibles. Científicamente, este fenómeno se conoce como *oscilaciones de neutrinos*. Como nosotros detectamos mayoritariamente sólo un tipo de neutrino (el neutrino del electrón), el factor tres de las observaciones solares es correcto. El problema está resuelto.

Efectos del Sol sobre la Tierra

Los efectos del Sol sobre la Tierra son evidentes. Continuamente recibimos su luz. Algunos fotones alcanzan la superficie terrestre: son los que nos proporcionan la vista en el rango óptico del espectro. Otras radiaciones son absorbidas, como la poderosa radiación ultravioleta. Una fina capa de ozono es capaz de retener este tipo de luz, protegiendo la vida. Las partículas más energéticas del viento solar también llegan a las inmediaciones terrestres, pero son desviadas por el campo magnético terrestre. En los momentos de máxima actividad solar, estas partículas son capaces de destruir satélites y matar astronautas en órbita. El campo magnético terrestre es más débil en los polos, por donde se cuelan estas partículas energéticas, dando lugar a las famosas auroras boreales y australes. Las pequeñas variaciones en el Sol debido al ciclo solar de 11 años hacen calentar más la atmósfera terrestre. Ésta se expande, alcanzando mayores alturas, y “frenando” a los satélites que se encuentran en órbitas bajas. Si el descenso de velocidad es muy acusado, pueden llegar a caer hacia la superficie. Por este motivo, los satélites deben empujarse hacia fuera cada cierto tiempo. Actualmente, tras el desastre del Columbia y la parada de los lanzamientos tripulados, la misma Estación Espacial Internacional correría este peligro si su órbita no se corrigiera en varios meses.



Una imagen reciente del Sol (17 de marzo de 2003) en ultravioleta, por el satélite SOHO

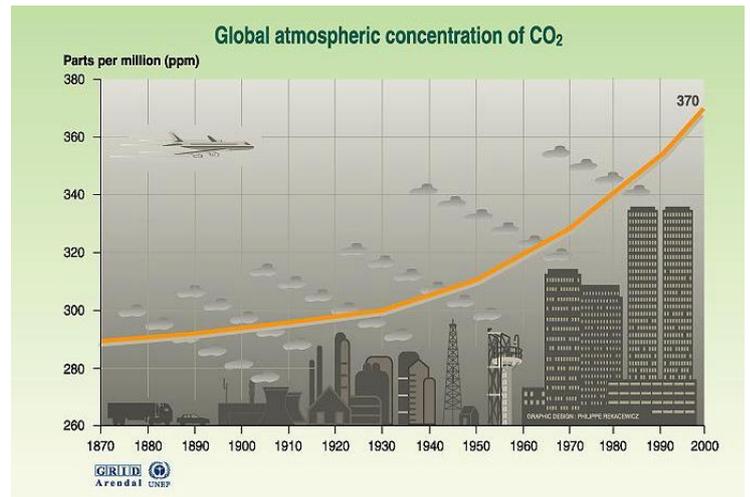
Una de las causas más importantes por las que interesarse en estudiar la variabilidad solar es por su efecto directo sobre nuestro planeta. Desde el descubrimiento de las manchas solares sobre la fotosfera solar por Galileo, se observó que en algunos años aparecían más manchas o grupos de manchas que en otros, encontrándose un ciclo de once años. Cuando se alcanzan momentos de mayor número de manchas, se tiene un máximo de la actividad solar, y se suceden las fulguraciones y protuberancias, la atmósfera solar se expande, y se incrementan las tormentas magnéticas. En el último siglo se ha podido estudiar con más detalle la actividad solar, encontrándose que la variación de la irradiación solar a lo largo del ciclo de 11 años es de sólo 0.1%. ¿Afecta sobre la temperatura media terrestre? Puede ayudarnos a responder a esta pregunta el hecho de que en el siglo XVII un período de varias décadas de bajos máximos solares correspondía a una pequeña edad de hielo en la Tierra, en la que se sucedieron las bajas temperaturas. A este período se le conoce como "Mínimo de Maunder", durante el que la radiación solar fue entre 0.2 y 0.3% menor de lo que es en la actualidad. Debería existir alguna relación entre el descenso de la radiación solar y la bajada de la temperatura media terrestre.

Sabemos que uno de los problemas medioambientales más serios en la actualidad es el calentamiento global de la Tierra debido fundamentalmente al efecto invernadero. Pero vamos a ver que este calentamiento también está asociado a la variabilidad solar.

¿Por qué necesitamos comprender la variabilidad solar?

Cualquier fenómeno que aparece en la superficie solar viene del interior. El campo magnético del interior solar, muchas veces ignorado por los modelos al igual que otros fenómenos como la rotación, tiene efectos pequeños pero importantes en los parámetros físicos del interior solar (presión, energía interna, convección, turbulencia). Estas variaciones se traducen en cambios en las variables externas de la estrella, como el radio, la temperatura efectiva, la luminosidad y la irradiancia total emitida. Pero no se conoce aún los órdenes de magnitud de este fenómeno. Para cuantificar estas variaciones internas se desarrollan técnicas para estudiar con detalle las oscilaciones solares, esto es, la forma que tiene el Sol de vibrar. El estudio de las oscilaciones solares es parecido al realizado para conocer cómo es el interior terrestre a través de los terremotos, y se conoce con el nombre de heliosismología.

La variabilidad solar tiene varias propiedades. Una de las más importantes es la escala de tiempo en el que ocurren las variaciones, siendo la más destacada el período del ciclo solar de 11 años. Pero también se están encontrando ciclos menores y mayores, que incluso pueden alcanzar los 1000 años. Por otro lado, no se conoce la energía total de las variaciones puesto que, aunque sean pequeños cambios, se podrían traducir en grandes efectos. Algunos rasgos de variabilidad interna podrían ser difíciles de detectar observacionalmente con los medios actuales. Basta mostrar como ejemplo el cambio en la sensibilidad de los radiómetros, tanto terrestres como espaciales, a lo largo de los años. Actualmente, se suelen asociar estos pequeños cambios con problemas instrumentales, pero podrían ser en parte reales. Para complicarlo todo aún más, la variabilidad del interior solar puede estar relacionada con la variabilidad externa asociada a las manchas y fáculas superficiales. Y existen problemas a la hora de conseguir los datos reales de la irradiancia total, puesto que distintos instrumentos proporcionan al mismo tiempo valores distintos, siendo difícil de calibrar.



Evolución de la concentración de CO₂ durante los últimos 130 años. Datos del observatorio de Mauna Loa, en Hawái.

¿Ocurren realmente estos cambios estructurales internos? Las observaciones indican que sí. Por ejemplo, se detectan variaciones de la temperatura fotosférica, alcanzándose incluso variaciones en un 0.1% al día (recordemos que es el mismo valor de la variación que se tiene a lo largo de todo el ciclo solar) que en parte parecen explicarse por los cambios internos. También se producen cambios en el radio del Sol y variaciones de las oscilaciones del interior solar, además de diferencias de la irradiancia total entre dos períodos de mínima actividad.

Para tratar matemáticamente la acción de los campos magnéticos en el interior estelar, deben adaptarse las cuatro ecuaciones principales que rigen el interior del Sol: la conservación de la masa, del momento, de la energía y el transporte energético. Esto se consigue añadiendo dos nuevos parámetros que dan cuenta del campo magnético y la turbulencia. Las ecuaciones de estructura así obtenidas son similares a las estándares, pero ahora aparece un término de dinamo, que puede tener grandes efectos: un campo magnético interno variable puede afectar a los parámetros globales. Los modelos numéricos que mejor reproducen las observaciones son aquellos en los que la densidad de energía magnética es equiparable a la energía que procede del movimiento turbulento. Este resultado parece bastante razonable, puesto que ambos factores están muy relacionados: el campo magnético induce el movimiento de las partículas, y éstas al moverse inducen campo magnético.

¿Existe el cambio climático? ¿Lo ha provocado la actividad humana?

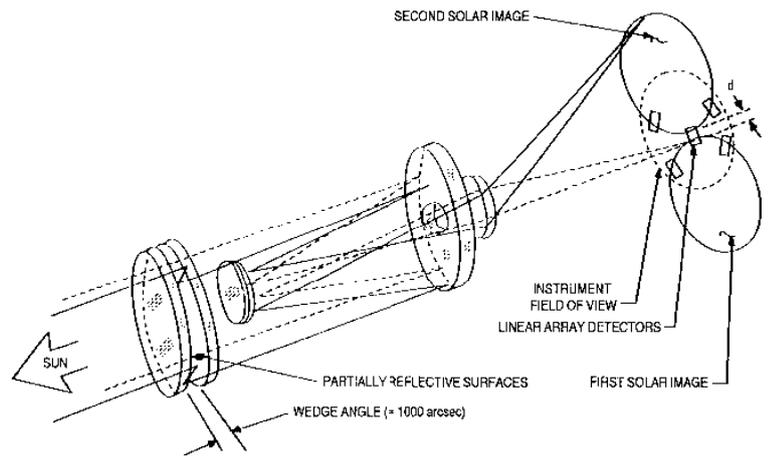
Los gases invernadero, fundamentalmente el dióxido de carbono, CO₂, y el vapor de agua, pero también otros como el óxido de nitrógeno (NO₂), el metano (CH₄), los clorofluorocarbonatos (CFCs) y el ozono (O₃) retienen la radiación infrarroja que emite el suelo como consecuencia de la incidencia directa de la radiación solar sobre la superficie. Sin los gases invernadero, esta radiación infrarroja se escaparía hacia el espacio. Un poco de efecto invernadero es bueno: si no existiera, la Tierra sería un mundo cubierto de hielo. Pero el crecimiento constante de la concentración de los gases invernadero, sobre todo dióxido de carbono, hace aumentar la temperatura media de la atmósfera terrestre. Este hecho está actualmente totalmente comprobado, como se observa en las gráficas que muestran la variación de la concentración de CO₂ en los últimos 150 años. Este crecimiento no es lineal, sino exponencial. El problema es realmente grave.

En 2002 se reunieron en Shanghai los científicos internacionales más importantes en el estudio del cambio climático, alcanzándose dos conclusiones fundamentales. La primera, que la mayoría del calentamiento observado durante los últimos 50 años es debido a gases de efecto invernadero. La segunda, que el calentamiento para 2100 será entre 1.4° y 5.8° si sólo se doblase la concentración actual de CO_2 en 100 años. Una subida de 1.4° durante este siglo es un problema serio, pero subir 5.8° sería un desastre total. El calentamiento se realiza sobre todo en latitudes altas, provocando el deshielo de los polos y el consecuente aumento del nivel de los océanos como resultado de la fusión de enormes cantidades de hielo continental. La faz de la Tierra cambiaría totalmente, muchas islas desaparecerán, y grandes ciudades costeras quedarán bajo el agua. Además el cambio climático desastroso asociado a este aumento de la temperatura atmosférica media induce un desecamiento de las zonas continentales lejanas de los océanos, ampliándose los desiertos interiores, y una subida de la humedad en las zonas costeras, que se traducen en el incremento descontrolado de las lluvias y fenómenos atmosféricos violentos como huracanes. Ambas variaciones, destacando ésta última, están sucediendo ya.

¿Podemos prever qué ocurriría si doblamos la concentración actual de dióxido de carbono mediante los modelos climáticos que disponemos?. Diseñar un modelo climático de la atmósfera terrestre es un trabajo arduo por la complicación de conocer los propios elementos que intervienen (masas de aire, océanos, masas continentales), todos los parámetros internos (temperatura media atmosférica, densidad, nubes, humedad, dinámica atmosférica) y externos (radiación solar, cobertura vegetal, aerosoles liberados por volcanes, efecto invernadero) implicados, además de todas las interrelaciones que surgen entre ellos. Los ordenadores actuales más potentes tardan cerca de medio año en obtener resultados de los modelos numéricos climáticos. Se suelen despreciar los efectos del Sol en dichos modelos, pero recientes estudios detallados con códigos numéricos que sí incluían el efecto de la variabilidad solar concluyen que es importante tenerlo en cuenta, siendo además necesario para calibrar los datos numéricos con las observaciones. No obstante, el mayor problema para obtener una buena calibración sigue siendo que no se conoce con precisión cuál ha sido la variación solar debida a cambios internos en el último siglo, porque es algo que se ha comenzado a investigar hace muy poco tiempo.

El experimento del Sextante del Disco Solar

La radiación solar puede variar tanto por fenómenos superficiales (manchas, fulguraciones, campos magnéticos fotosféricos) como por fenómenos internos que, como ya hemos comentado, son difíciles de medir. No obstante, la teoría indica que estas variaciones internas deben afectar a parámetros medibles observacionalmente, como la temperatura fotosférica, el radio solar y la energía emitida, además de en las propias oscilaciones solares. Durante la pasada década el departamento de Astronomía de la Universidad de Yale (EE.UU.) ha llevado a cabo un experimento, liderado por el profesor Sabatino Sofia, que conseguía medir pequeñas variaciones del radio solar, superando en más de 100 veces a las estimaciones anteriores. Dicho experimento, que recibió el nombre de Solar Disk Sextant (SDS, Sextante del Disco Solar), también medía la forma del disco solar, y sus variaciones temporales. Se lanzaba en un globo aerostático sobre el desierto de Nuevo México, alcanzando una altura de 36 kilómetros, para minimizar problemas debidos al movimiento de las capas de aire de la atmósfera. La precisión del experimento es tan asombrosa que en sólo 20 minutos se consiguió medir el cambio aparente del disco solar por el movimiento propio de



Esquema del funcionamiento óptico del instrumento principal del Sextante del Disco Solar, basándose en la técnica de múltiples reflexiones. 5 detectores miden con precisión la separación entre las dos reflexiones principales. De ahí se puede obtener el radio solar en cualquier momento con muy pequeños errores.

la Tierra en su órbita elíptica (se acercaba al perihelio, y el disco solar se incrementaba). Uno de sus resultados más importantes es que en los momentos de menor número de manchas solares, el radio del Sol aumenta. Este cambio es debido a lo que ocurre en el interior estelar.

Sin embargo, para contabilizar la variación del radio solar con precisión, se necesitan largos períodos de tiempo. De esta forma, el equipo del profesor Sabatino está realizando una ardua labor recopiladora de medidas de tiempos de eclipses totales y tránsitos de Mercurio, muchas de ellas tomadas por astrónomos aficionados. Si se puede estimar la franja exacta de la totalidad para cada eclipse solar, se puede conocer el radio del Sol, conociendo previamente la posición exacta de cada observador y la distancia a la que la Luna se encuentra de la Tierra en el momento del eclipse. Aunque llevan estudiados eclipses desde 1715, año en el que Halley predijo uno que cruzó Inglaterra, uno de los casos más curiosos que han recopilado fue el ocurrido a mitad del siglo XX sobre Nueva York. Una de las compañías eléctricas de la ciudad quiso hacer un estudio del mismo, para conocer en qué lugares de la ciudad se llegaba a la totalidad, y dónde no. Se colocaron empleados cada pocas calles, de tal forma que cada uno contabilizó la duración de la fase de la totalidad, en caso de llegarse a producir. Así, se estimó con precisión de metros el límite sur de la sombra de la Luna. Pero en el límite norte no se tenían medidas. Casualmente, el equipo del profesor Sabatino encontró una referencia de un astrónomo que envió una carta a una revista de aficionados pidiendo disculpas porque no pudo obtener unos ansiados espectros de la cromosfera solar, porque el eclipse sólo duró 5 segundos desde su lugar de observación. Conociendo la posición de este astrónomo, justo a unos 80 kilómetros al norte de Nueva York, se determinó con un margen de error de 50 metros el límite norte de la totalidad y, de ahí, el radio del Sol aquel día.

En conclusión, aunque a veces nos preguntamos la utilidad real que tienen los estudios de Astrofísica para la vida cotidiana, encontramos que en el caso del Sol este estudio es eminentemente práctico. Y de gran importancia además, pues del caprichoso comportamiento de nuestra estrella, ese Astro Rey adorado por todas las culturas a lo largo del mundo, depende totalmente nuestra existencia. Debemos esforzarnos por comprender lo que ocurre en su interior. Por nuestra propia seguridad.

Cometas

DOS COMETAS SIMULTÁNEOS EN MAYO

Rafael Benavides Palencia

rafaelbenpal@terra.es

A finales de primavera tenemos la oportunidad de ver simultáneamente dos cometas brillantes en el cielo, este hecho es algo extraordinario del que no se tiene documentación alguna que haya ocurrido antes.

Al ser cuerpos nuevos que provienen directamente de la nube de Oort son muy ricos en elementos volátiles, esto hace que a distancias lejanas del Sol desarrollen una actividad moderada la cual no aumenta proporcionalmente a medida que se van acercando. Por este motivo muchas veces se crean falsas expectativas ante la llegada de uno de estos cuerpos, esperemos que en esta ocasión se comporten de manera brillante. Realizar un pronóstico sobre la magnitud que alcanzarán estos cometas es siempre arriesgado. A primeros de marzo Mark Kidger, según las curvas de luz observadas, estima que el **2002 T7 (LINEAR)** alcanzará la 1 magnitud y el **2001 Q4 (NEAT)** llegará a la tercera. Habrá que cruzar los dedos.

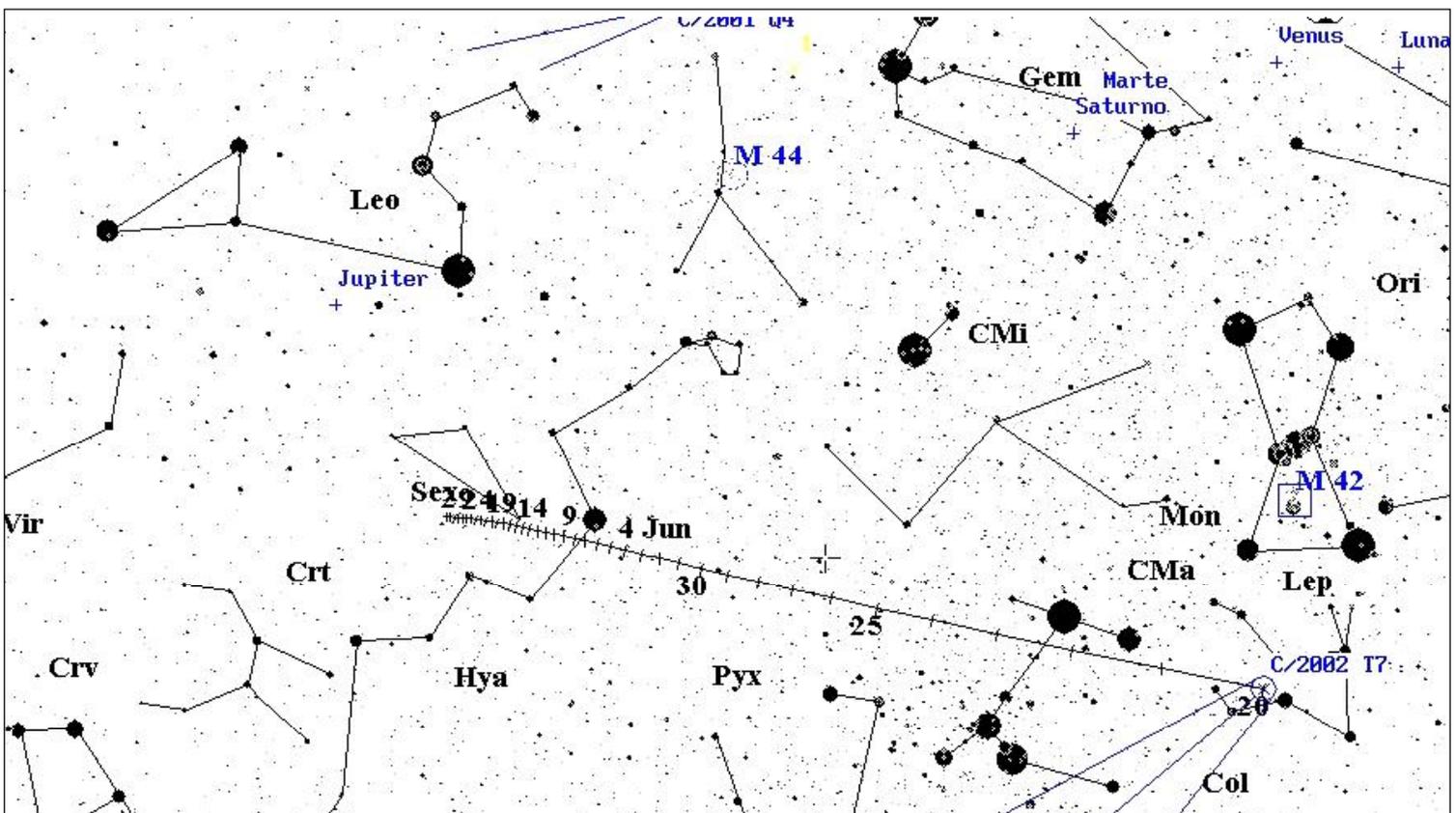
Las condiciones de visibilidad van a ser muy diferentes. El **2002 T7 (LINEAR)** lo hemos podido contemplar a diario en su acercamiento al Sol en magníficas condiciones hasta primeros de Marzo, una vez pasado el perihelio (punto de máximo acercamiento al Sol) el cometa va a estar siempre cercano al horizonte. Por ejemplo, el 28 de Mayo, el crepúsculo náutico comienza a las 22 h 43 min hora local (con el Sol a 12° bajo el horizonte y con el cielo empezando a oscurecer) y el cometa estará a 10° de altura. Es posible verlo pocos días antes, pero necesitaremos un horizonte totalmente limpio y aún en el cielo crepuscular. El 8 de Junio habrá subido hasta

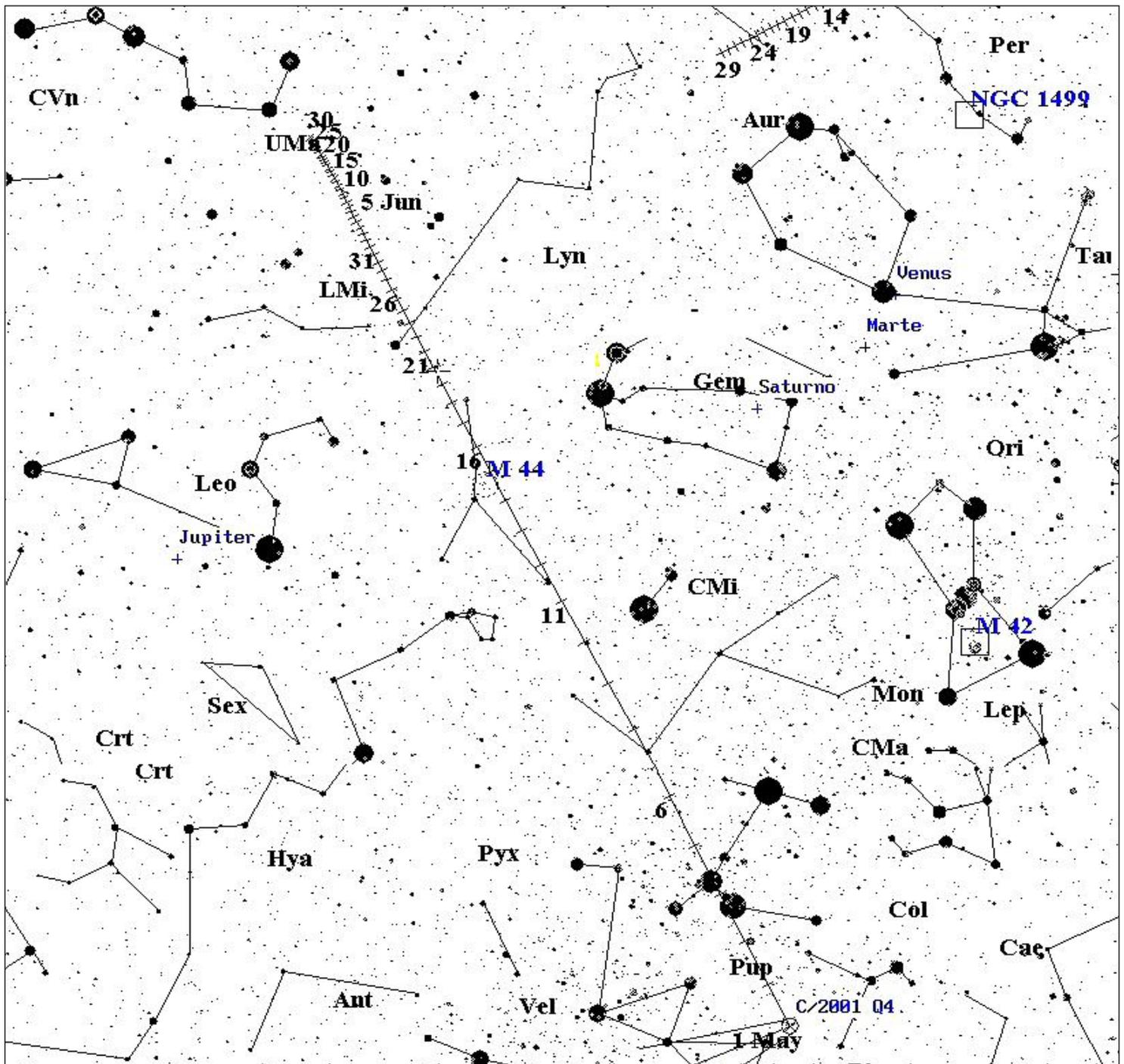
una altura máxima de 16°, para poco a poco volver a bajar. El 20 de Junio con una magnitud cercana a 6 y una altura de 12° debería ser bien visible con prismáticos. Siempre habrá que realizar la observación a primera hora de la noche, antes de que sea noche cerrada.

Por el contrario el **2001 Q4 (NEAT)** no será observable en el hemisferio Norte hasta poco antes del perihelio, durante todo su viaje de acercamiento sólo ha sido visible desde latitudes del hemisferio Sur. El 5 de Mayo el cometa a la hora del crepúsculo náutico (22 h 18 m local) se encontrará a 10° y se encontrará en su máximo brillo, poco a poco cada vez se encontrará a mayor altura y en condiciones cada vez mejores. El único problema es que se irá alejando y cada vez será más débil, pero no obstante seguro que debido a que se va a encontrar en mejor cielo vamos a poder seguirlo con comodidad. Por ejemplo, el 7 de Julio con una magnitud cercana a 6 se encontrará muy cerca del carro de la Osa Mayor a 40° de altura y será fácilmente visible con prismáticos. Día tras día podremos ver como se va alejando de nosotros. Para hacernos una idea de todo esto, todavía en Septiembre debería tener la 9 magnitud en la Osa Menor y al alcance por tanto de prismáticos.

El 30 de Mayo los dos cometas se encontrarán a la mínima distancia angular que será de 58°, una buena oportunidad para encuadrarlos en nuestras cámaras.

Posición el 20 de Mayo de 2004 de los planetas, la luna y trayectoria del cometa 2002 T7 desde entonces hasta finales de junio.





Posición para el 1 de Mayo de los planetas y trayectoria del cometa 2001 Q4 a partir de esa fecha hasta finales de Junio.

El 30 de Mayo los dos cometas se encontrarán a la mínima distancia angular que será de 58° , una buena oportunidad para encuadrarlos en nuestras cámaras.

Para todos aquellos que dispongáis de software de tipo planetario podéis introducir los **elementos orbitales** de ambos cometas y obtener unas efemérides actualizadas para cada momento.

No debemos desaprovechar la oportunidad de poder observar dos cometas brillantes al mismo tiempo, quizás sea la única que tengamos en nuestra vida. Suerte a todos y buena observación.

Más información en:

<http://www.astrosurf.com/cometas-obs>

LINEAR (C/2002 T7)

Distancia perihelio (q) 0.6145710 UA

Elementos orbitales:

Excentricidad (e) 1.0004990

Inclinación de órbita (i) 160.5831000 grados

Argumento de perihelio (w) 157.7382000 grados

Long. nodo ascendente 94.8574000 grados

Fecha perihelio (p) DJ 2453118.6 (23.0625 Abr 2004)

Magnitud H: 4.0 Magnitud G: 6.0

NEAT (C/2001 Q4)

Distancia perihelio (q) 0.9619290 UA

Elementos orbitales:

Excentricidad (e) 1.0007060

Inclinación de órbita (i) 99.6419000 grados

Argumento de perihelio (w) 1.2052000 grados

Long. nodo ascendente 210.2765000 grados

Fecha perihelio (p) DJ 2453141.5 (15.960 May 2004)

Magnitud H: 3.5 Magnitud G: 4.0

El Cielo a Simple Vista (II)

Máximo Bustamante Calabria

galapn@yahoo.es

3. EL CALENDARIO Y LA MEDIDA DEL TIEMPO

Quiénes mejor que nosotros para corroborar la necesidad de medir de alguna forma el tiempo, y poder ajustarnos a los requerimientos a los que la vida contemporánea nos somete. ¡Qué terrible desconcierto cuando se nos para el reloj, y tenemos que ir preguntando a todo el mundo la hora!

Hemos establecido ciclos ínfimos con tal de medir esa dimensión incontrolable: un segundo se definía como la 1/86.400 parte del día solar medio, pero esta definición no era suficientemente precisa para ciertos requerimientos, así que se redefinió en 1956 como "1/31.556.925,9747 del año solar medio normalizado a cero horas, cero minutos y cero segundos el 31 de diciembre de 1899". Y aquí no queda la cosa: en 1967 se planteó la necesidad de definir un patrón de medida aún más preciso y constante; en vez de por medio de patrones astronómicos, se redefinió el segundo a partir de frecuencias electromagnéticas: un **segundo** es "la duración de 9.192.631.770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133"... casi ná.

Pero esta manía de definir y medir el tiempo utilizando los ciclos que se observan en la naturaleza no es nueva: el hecho de que el hombre tomara costumbres sedentarias, complicándose su sociedad hace muchos miles de años, tuvo como consecuencia inmediata el nacimiento de ese colectivo que hoy en día tantas pasiones despierta: los burócratas y funcionarios, que para realizar su noble labor requerían de una medida del tiempo que permitiera controlar la vida civil y religiosa, íntimamente ligadas, así como las fechas de cobro de impuestos, aspectos que en última instancia dependían de las cosechas, y por tanto, del ciclo estacional que condiciona la producción de las especies agrícolas.

Los primeros testimonios de la utilización de un calendario los tenemos en la civilización sumeria. Su vida civil y religiosa la basaban en el ciclo lunar, el tiempo transcurrido entre cada luna llena: unos treinta días (29'5309, para ser más exactos) llamado **mes lunar o sinódico**. Doce meses lunares de 30 días formaban un año, que por tanto estaba constituido por 360 días¹. Al no coincidir este periodo de tiempo con el **año solar** (365 días, 5 h, 48 m y 45'5 segundos) a la larga se producía un desacoplamiento con el ciclo estacional, que solucionaban añadiendo un mes extra cada seis años lunares aproximadamente.

Los egipcios tomaron el sistema sumerio, pero optaron por otra solución más práctica para evitar el desfase entre el calendario y el ciclo solar: añadir cada año cinco días, que se declararon *nefastos*, a los 360 días iniciales. El año egipcio de 365 días era más aproximado al ciclo solar, y por tanto podemos hablar de un **calendario solar**, aunque éste tenga su base en el calendario lunar sumerio. Pero aún tenía lugar un desfase de 10 días cada 40 años con los equinoccios y solsticios.

Roma tuvo en principio un calendario muy confuso, de diez meses que daban 304 días en un año, que comenzaba en Marzo. Posteriormente fueron añadidos otros dos meses, Enero y Febrero, pero como los meses tenían 29 o 30 días, había que añadir un mes extra cada segundo año. Los días se denominaban contando hacia atrás a partir de tres fechas destacadas en cada mes: los *idus* (mediados de mes), las *calendas* (principio de mes) y las *nonas* (novenos día antes de los *idus*).

Debido a que la potestad de añadir los días extra recaía en ciertos funcionarios, el sistema se volvió enormemente confuso cuando éstos, de natural corruptos, utilizaban su autoridad para prolongar cargos o para manipular fechas de elecciones a su antojo. Por ese motivo, Julio César, por consejo del astrónomo griego Sosígenes, implantó el año solar de 365 días con una novedad: añadir un día cada cuatro años, creando lo que conocemos como *año bisiesto*. Éste es el **Calendario Juliano**. Augusto, el emperador que sucedió a César, implantó la denominación definitiva y duración de los meses que hoy utilizamos.

Aún así, a pesar de la relativa precisión del calendario juliano, en la época de Copérnico el equinoccio de primavera caía en 11 de Marzo², con diez días de adelanto respecto al año solar verdadero. Esto suponía un serio trastorno para la liturgia de la Iglesia Católica, pues sus festividades no tenían lugar en las estaciones adecuadas. Para conseguir que el equinoccio volviera a coincidir con el 21 de marzo, como sucedió el año del primer Concilio de Nicea (325 d.C.), el papa Gregorio XIII promulgó en 1582 un decreto eliminando diez días del calendario. Para que el desfase no volviera a ocurrir, se optó por suprimir tres años bisiestos cada cuatro siglos (aquellos correspondientes a los años centenarios no divisibles por 400). Éste es el **Calendario Gregoriano**, o calendario cristiano, que toma como punto de partida el nacimiento de Cristo, fijado el 25 de diciembre del año 1 a.C., de modo que en este sistema no existe el año 0.

El calendario gregoriano es el adoptado en la actualidad en la mayor parte del mundo, excepto en países musulmanes y en ciertos estados de religión ortodoxa,

¹ Los sumerios utilizaban un sistema numérico sexagesimal, basado en el 60. Este sistema es el que seguimos utilizando hoy en día para las distancias angulares y la trigonometría, así como para medida del tiempo.

² Adoptando el sistema de los años bisiestos nos resulta un año de 365'25 días, lo que supone un exceso de 11 minutos y 14 segundos sobre el año solar verdadero.

donde aún se utiliza el calendario juliano, aunque sólo con fines litúrgicos. Nuestro calendario está basado por tanto en el calendario lunar sumerio, aunque éste ha ido modificándose hasta adaptarse al ciclo estacional solar. Los meses tienen su origen en el periodo sinódico lunar de 30 días, y las semanas, por último, no obedecen a ningún ciclo astronómico, sino a la tradición judeocristiana basada en el mito bíblico de la Creación.

Nuestro calendario no es el único ni el más preciso. Merece unos párrafos, por su grado de complejidad y precisión, el calendario maya, que dio origen a los calendarios que utilizaron también otros pueblos mesoamericanos.

Realmente, los mayas hacían uso de dos calendarios: el ritual, llamado **Tzolk'in**, y el *año vago*, denominado **Haab**. El segundo corresponde al calendario de 365 días utilizado por los egipcios, dándose también la coincidencia de ser para los mayas los cinco días añadidos *días aciagos*. Sin embargo, el año ritual o *Tzolk'in* no tenía nada que ver aparentemente con el ciclo solar o lunar, pues estaba formado por 13 meses de 20 días de duración cada uno, lo que da un total de 260 días³. El origen de este calendario es un enigma, aunque existen algunas coincidencias que podrían hacer pensar que este sistema está basado en los ciclos de algunos planetas: el periodo sinódico de Marte es tres veces 260 días (780 días), y el intervalo en el que Venus reaparece como Lucero del Alba es de 263 días.

En el año ritual, cada día de mes recibía un nombre. Al nombre se le añadía un número del 1 al 13 para especificar a qué mes correspondía un día concreto⁴. Además, la denominación ritual del día era acompañada por la del año vago, combinándose ambas cuentas para dar nombre a un día, repitiéndose una fecha cada 52 años *Haab* o 73 *Tzolk'in* (cada 18.980 días). Este periodo de tiempo es llamado por los arqueólogos "**Rueda Calendárica**", y era conocido por los mexicas como **Xiuhmolpilli** (atadura de años).

Los mayas emplearon también otro sistema para el cómputo del tiempo conocido como "**Cuenta Larga**". En este calendario se denominaba a 1 día como 1 **K'in**; 20 k'in formaban 1 **Uinal**; el periodo de 18 uinal (360 días)⁵ era conocido como 1 **Tun**; 20 **Tun** (7200 días) constituían un **Katún**; y 20 **Katún** (144.000 días) formaban un **Bak-tún**⁶. Las fechas en la Cuenta Larga se denominaban con cinco cifras correspondientes a cada periodo: 3.11.8.0.9 representaría el tercer *bak-tún*, 11º *katún*, 8º *tun*, 0 uinal, 9º k'in, o lo que es lo mismo, 514.089 días desde el comienzo. El origen de las fechas de la Cuenta Larga se sitúa en un pasado remoto (correspondiente al 0.0.0.0.0), desconociéndose con exactitud la correlación exacta entre la Cuenta Larga y nuestro calendario, aunque lo más aceptado es que el 0.0.0.0.0 coincide con el 12 de agosto de 3113 a. C, fecha en la que, según sus mitos, se inició la existencia de su pueblo. Ellos mismos dieron de vida a su civilización unos 5200 años; en el calendario

gregoriano esa fecha correspondería con el 24 de diciembre de 2011, en la que concluiría la actual Época⁷.

La cosmogonía maya se basa en la existencia de eternos ciclos, por lo que el Universo no tiene para ellos ni principio ni fin, sino que existe una regeneración cíclica en la que cada Época da paso a otra con un Cataclismo⁸. Sorprende que el cómputo de la Cuenta Larga no se queda en el *bak-tún* como periodo mayor de tiempo, sino que define otro aún mayor: el **Alatún**, que equivale a... ¡¡63 millones de años!! Esto es desconcertante y único, pues ¿para qué definieron un periodo de tiempo tan desmesurado?

La visión cíclica y eterna del Universo maya está reflejada en alguno de sus escritos:

“todas las lunas,
todos los años,
todos los días,
todos los vientos,
toman su rumbo y se alejan.”

Por último, decir que el calendario maya se ajustó al año solar con una diezmilésima más de aproximación que nuestro actual calendario gregoriano.

Hasta aquí hemos visto dos tipos básicos de calendario: el nuestro, solar, aunque de origen lunar, que ha sufrido una serie de cambios para ajustarse con más precisión al año solar verdadero; y el calendario maya, mucho más complejo, compuesto por dos cuentas combinadas: una basada en el ciclo solar, y otra de origen desconocido, aunque posiblemente basada en el periodo en el que Marte retrograda; ambas modalidades originan la Cuenta Larga, basada en un sistema numérico vigesimal. Pero tanto los calendarios antiguos como el gregoriano tienen en común el partir de la misma unidad básica: el **día**.

En Astronomía, se distinguen entre varios tipos de "días":

- ❖ El **día sidéreo**, que representa el intervalo de tiempo que necesita la "Esfera Celeste" para dar una revolución aparente completa. Lo determina el periodo de rotación de la Tierra, y su duración es de 23 horas y 56 minutos.

³ Los mayas utilizaban un sistema numérico vigesimal, basado en el 20, pues se cree que para el cómputo utilizaban los dedos de las manos y de los pies. Además, los mayas conocían y utilizaban el 0, cosa que no ocurrió en Europa hasta que no penetró la matemática india a través del Islam.

⁴ Al contrario de cómo hacemos nosotros, que nombramos los meses y numeramos los días de cada mes.

⁵ Posiblemente tomaron este número, en vez de 260, para aproximar este periodo al año solar.

⁶ Nosotros organizamos los años, tomando como base el número diez, en decenios, siglos y milenios.

⁷ Las impresionantes ciudades mayas llevaban 700 años abandonadas y tragadas por la selva cuando llegaron los conquistadores españoles en el siglo XVI. El motivo de su abandono es un misterio. La realidad es que los descendientes de sus pobladores se dispersaron por la selva, y de este pueblo queda el vestigio indígena de Guatemala y el sur de México, cuya cultura sufre una larga agonía.

⁸ También figura en la mitología maya el "Diluvio" como uno de ellos, el que da paso a la Época actual, según la Cuenta Larga.

- ❖ El **día solar verdadero**, que es el intervalo de tiempo entre dos pasos seguidos del Sol por el mismo meridiano celeste. Depende de la rotación terrestre, y también influye la traslación alrededor del Sol. Su duración es variable a lo largo del año, pues ni la Tierra es una esfera perfecta, ni su órbita es circular (y su movimiento no es uniforme, por tanto), por lo que el intervalo entre dos pasos del Sol por el mismo meridiano no es constante.
- ❖ El **día solar medio**, es el valor medio de la duración del día solar verdadero a lo largo del año. Dicho de otra forma, el día solar medio resultaría de imaginar una Tierra esférica perfecta girando con velocidad uniforme alrededor del Sol. El día solar medio comienza cuando el Sol pasa por el meridiano superior del observador, es decir, al mediodía. Su duración es de 24 horas.
- ❖ El **día civil** es de duración idéntica al día solar medio, pero comienza a la medianoche civil.

Así, podemos definir como **tiempo verdadero** al basado en la medida del movimiento aparente del Sol. Una medida del tiempo verdadero sería la realizada con un reloj solar, y es diferente según el día del año y el meridiano terrestre en el que estemos situados. Por otro lado, si tenemos en cuenta el movimiento medio del Sol, estaremos midiendo el **tiempo civil**. El tiempo verdadero y el tiempo civil se refieren sólo al meridiano del lugar desde el que estemos observando, ambos difieren en un mismo instante, debido a que el movimiento aparente del Sol no es uniforme. La diferencia entre tiempo verdadero y tiempo civil está dada por la **ecuación de tiempo** y nunca es mayor de 17 minutos.

Al ser estas medidas de tiempo referidas únicamente a los lugares situados en un meridiano concreto, no son nada prácticas cuando las unidades administrativas o estados necesitan cada día una mayor coordinación interna. Imaginemos el trastorno que supondría tener que ajustar el reloj cada vez que hiciéramos un viaje: si salimos de Jaén a las diez de la mañana (hora civil), y tardamos una hora y media en llegar a Córdoba, ¿cuánto tendríamos que atrasar o adelantar el reloj?

Pues bien, justo al salir eran en Jaén las 10 horas, 0 minutos. El meridiano que pasa por esa capital corresponde a una longitud de 3° 45' oeste, aproximadamente. Córdoba tiene una longitud de unos 4° 45', también oeste. Al viajar a Córdoba nos hemos desplazado un grado, más o menos, en dirección oeste. Como el día civil dura 24 horas, que suponen una revolución de 360° de la Tierra, un grado equivale a $(24 / 360) = 0.067$ horas, unos 4 minutos. Así que, si en el momento de llegar a Córdoba nuestro reloj marcara las 11:30, ésta sería la hora civil del meridiano de Jaén. En ese momento serían en Córdoba las 11:26. ¡Vaya complicación de vida si tuviéramos que regirnos por la hora civil!

Por eso se llegó al acuerdo de dividir la Tierra en **Husos Horarios**. En cada huso se toma como referencia la hora civil de su meridiano central, de modo que el territorio que queda dentro de él tiene la misma hora en un momento determinado, por convenio.

A ésta se le denomina **hora legal**. La Tierra se divide en 24 husos horarios, de modo que los cambios se realizan de hora en hora, retrasándola al desplazarnos hacia el Oeste, adelantándola hacia el Este. El meridiano origen de horas coincide con el origen de longitudes, y es el de Greenwich. Al tiempo civil en el meridiano de Greenwich se le denomina **Tiempo Universal**, y es el utilizado para referir cualquier evento en Astronomía.

Por último, para realizar un mejor aprovechamiento de la luz solar, algunos países, como España, introducen una **hora oficial**, que consiste en adelantar una hora sobre el horario legal en verano.

A los astrónomos aficionados nos interesa conocer el Tiempo Universal, pues tanto mapas como efemérides vienen referidas a él. En España, durante los meses en que está vigente el horario de verano, vamos **dos horas** adelantados respecto a él, mientras que durante el resto del año sólo **una hora**. En agosto, si comenzamos una observación a las 23:30 hora oficial (con la que solemos tener sincronizado nuestro reloj), en nuestro cuaderno de observación deberemos anotar: "*Hora de Inicio: 21:30 T. U.*" Y si en las efemérides del mes de Enero, nos indican que comenzará una ocultación de Saturno por la Luna a las 2:45 T. U., tenemos que tener en cuenta que equivale a las 3:45 hora de nuestro reloj, para plantar nuestro telescopio en el momento adecuado y no pillar una pulmonía esperando una hora antes.

4. LA ESFERA CELESTE

Ya hemos hablado de la Esfera Celeste realizando un recorrido por los modelos cosmológicos en el segundo apartado (*ver boletín anterior*). La Esfera Celeste era denominada también "Esfera de las Estrellas Fijas", y es la última de las que rodean a la Tierra en el modelo Homocéntrico. Aunque se creyó en la Esfera Celeste como una realidad física hasta hace relativamente poco tiempo, hoy sabemos que no existe al haberse podido calcular distancias a las estrellas, y deducir con su estudio que no son esencialmente diferentes del Sol, algo que ya intuyó Giordano Bruno.

Pero el hecho de que las estrellas presenten posiciones casi "fijas", y los únicos movimientos apreciables sean aparentes, debidos a los movimientos propios de la Tierra, hace que la idea de la Esfera sea una herramienta muy útil para abordar el estudio de los astros.

Una de las preguntas más frecuentes en la iniciación a la Astronomía suele plantear la dificultad de identificar y localizar constelaciones, estrellas y otros objetos. En el primer contacto con el cielo estrellado resulta desesperante la identificación de las constelaciones, pues miremos donde miremos, se pueden configurar esas figuras geométricas que en los libros llevan esos nombres tan peculiares. Y es lógico: para conformar un trapecio bastan con cuatro puntos, y en el cielo podemos ver miles de ellos, aunque de distinto brillo. Hay constelaciones fáciles: Orión, Escorpio y parte de la Osa Mayor (el Gran Carro) son inconfundibles. Pero el resto requiere de una buena dosis de paciencia e imaginación, y la ayuda imprescindible de un planisferio.

Un **planisferio** no es más que un mapa del cielo nocturno, una proyección de una parte de la Esfera Celeste en un plano, del mismo modo que el mapa de Europa es una proyección de una parte de la Esfera Terrestre. Normalmente, los planisferios representan la mitad de la Esfera visible desde una latitud determinada en unos momentos determinados. Otros planisferios tienen una plantilla móvil, que nos permite situarla según el día del año y hora, delimitándonos la porción de cielo que veremos en ese momento.

Pero de cualquier modo, la correcta utilización e interpretación de un mapa (celeste o terrestre), pasa por comprender sus fundamentos, pues un mapa es algo más que un simple dibujo: un mapa se construye a partir de un **sistema de referencia**, de modo que todos sus puntos se pueden identificar con unas **coordenadas**.

Todos conocemos el sistema de referencia establecido en la Tierra: un punto sobre la Esfera Terrestre es identificado por dos coordenadas:

- ❖ La **latitud**, es la distancia angular al Ecuador. El **Ecuador** es una circunferencia imaginaria (perpendicular al eje de rotación) que divide a la Tierra en dos Hemisferios, Norte y Sur. De este modo, la latitud puede ser Norte (positiva) o Sur (negativa). Se mide en grados, minutos y segundos (sexagesimales). A las circunferencias que unen puntos con idéntica latitud se les denomina **paralelos**.
- ❖ La **longitud** es la distancia angular, también en grados sexagesimales, a un meridiano de referencia, conocido como **Meridiano de Greenwich** o meridiano 0. Un meridiano es una circunferencia imaginaria que pasa por los polos. El meridiano 0 divide a la Tierra en un Hemisferio Occidental y un Hemisferio Oriental. Todos los puntos de un meridiano tienen la misma longitud.

En los polos confluyen todos los meridianos, de modo que no tienen longitud definida. La latitud del Polo Norte es de 90° , y la del Polo Sur de -90° . Cada 15° de longitud que nos desplazamos hacia el oeste tendremos que atrasar nuestro reloj una hora. Si es hacia el este, habrá que adelantarlo una hora.

En los polos confluyen todos los meridianos, de modo que no tienen longitud definida. La latitud del Polo Norte es de 90° , y la del Polo Sur de -90° . Cada 15° de longitud que nos desplazamos hacia el oeste tendremos que atrasar nuestro reloj una hora. Si es hacia el este, habrá que adelantarlo una hora.

La Tierra es asumida como una esfera con un eje de rotación inclinado $23'5''$ respecto a la vertical, y que la corta en dos puntos, el Polo Norte y el Polo Sur. Perpendicular a este eje se sitúa el plano ecuatorial, que corta a la esfera terrestre formando una circunferencia que es el Ecuador.

Imaginemos ahora la **Esfera Celeste**: sería una esfera imaginaria concéntrica a la Tierra, que compartiría el mismo eje de rotación. Éste corta a la Esfera Celeste en dos puntos, el **Polo Norte Celeste** y el **Polo Sur Celeste**.

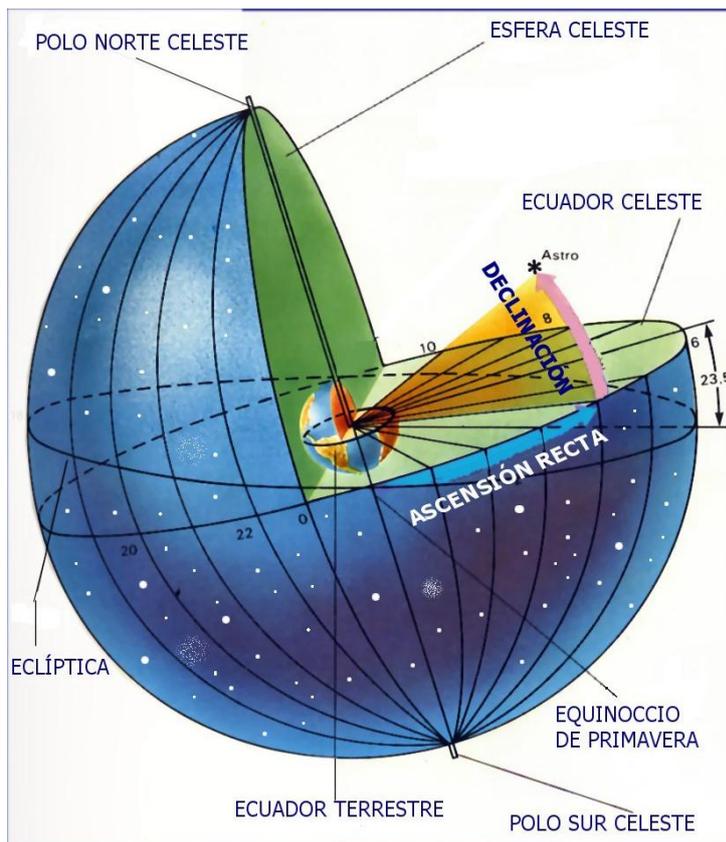


Figura 5: La Esfera Celeste y sus elementos. Las coordenadas ecuatoriales. (Fuente: elaboración propia).

De igual forma, el plano ecuatorial, perpendicular al eje de rotación, cortaría a la Esfera Celeste en una circunferencia, llamada **Ecuador Celeste**. De forma análoga a la Tierra, se establecen en la Esfera Celeste **paralelos y meridianos** (figura 5).

Hasta aquí todo es análogo al sistema de referencia terrestre. Pero ahora vamos a introducir una novedad: se denomina **Eclíptica** a la trayectoria aparente que siguen Sol y planetas en su recorrido anual por la Esfera Celeste. O lo que es lo mismo: es la intersección entre la imaginaria Esfera Celeste y el plano orbital en el que se traslada la Tierra alrededor del Sol. El plano de la eclíptica y el plano ecuatorial forman un ángulo entre sí de $23'5''$, que es la inclinación del eje terrestre respecto a la vertical. Ecuador Celeste y Eclíptica se cortan en dos puntos, llamados **Puntos de Equinoccio**, que son los puntos en los que aparentemente está el Sol cuando la duración del día se iguala a la de la noche, el 21 de Marzo o Equinoccio de Primavera (**Punto Vernal**), y el 23 de Septiembre, o Equinoccio de Otoño (**Punto Autumnal**).

Una vez definidos los principales elementos de la Esfera Celeste describiremos el sistema de coordenadas que se utiliza para localizar un astro: **coordenadas ecuatoriales**:

- ❖ Se denomina **Declinación** a la distancia angular de un astro al Ecuador Celeste. Puede ser Norte (positiva) o Sur (negativa), y se mide en grados sexagesimales. Es análoga a la latitud terrestre.

- ❖ Se llama **Ascensión Recta** a la distancia angular de un astro a un meridiano de referencia, en concreto, al meridiano que pasa por el Punto Vernal o Punto Equinoccial de Primavera. Es análoga a la longitud terrestre, pero se mide en **horas, minutos y segundos**, de modo que 1 hora de ascensión recta equivale a 15° sexagesimales. Cada hora se divide en 60 minutos, y cada minuto en 60 segundos.

Este sistema permite asignar unas coordenadas prácticamente constantes a un punto cualquiera del cielo, y en ellas se fundamenta la **montura ecuatorial** de la mayoría de telescopios astronómicos para aficionados. Esta montura permite la localización de un objeto conociendo sus coordenadas celestes (previamente orientada y estacionada), así como el seguimiento en su recorrido por el cielo por medio de un motor, imprescindible para la realización de astrofotografía. Por eso, el conocimiento y manejo de las coordenadas celestes es imprescindible a la hora de realizar una actividad que requiera cierta precisión.

Naturalmente, en una aproximación a simple vista del cielo nocturno no necesitaremos manejar un sistema de coordenadas. Nos bastará con la ayuda de un planisferio y una buena dosis de paciencia. Para que el planisferio sea de alguna utilidad deberemos orientarnos correctamente, e identificar en el mapa los puntos cardinales. Para ello debemos localizar el Polo Norte Celeste.

En cualquier lugar del mundo observaremos como mucho una mitad de la Esfera Celeste, pues la otra mitad nos la tapa la misma Tierra. Situados justo en el Polo Norte geográfico tendríamos sobre nuestras cabezas el Polo Norte Celeste, y todas las estrellas describirían trayectorias paralelas al horizonte: contemplaríamos el Hemisferio Norte Celeste en su plenitud, sin que ninguna estrella se ponga jamás por el horizonte.

En el caso opuesto, situados justo en el Ecuador terrestre, la situación sería diferente: el Polo Norte Celeste estaría en la misma línea de horizonte, y opuesto, tendríamos el Polo Sur Celeste, en el mismo horizonte sur. Las estrellas seguirían trayectorias perpendiculares al plano del horizonte, y todas se pondrían en algún momento de la noche, mientras otras saldrían por el este. El Ecuador Celeste pasaría por encima de nuestras cabezas, de este a oeste.

Pero ni una ni otra son situaciones muy comunes. En la mayoría de los casos nos encontraremos en latitudes medias, y en particular, del hemisferio norte. El Polo Norte Celeste en estos casos estará a una altura sobre el horizonte igual en grados a la latitud del lugar de observación. Las estrellas parecerán describir trayectorias oblicuas al horizonte, cortándolo con un ángulo igual al complementario del valor de la latitud (figura 7). Habrá estrellas que podremos ver durante toda la noche, pues por su cercanía al Polo Norte Celeste nunca llegan a cortar al horizonte en su trayectoria. A las constelaciones que no se ocultan durante la noche se les denomina **Constelaciones Circumpolares** (figura 6).

En el hemisferio norte tenemos la suerte de que una estrella coincide prácticamente con el Polo Norte Celeste, a la que se le llama **Estrella Polar**, y gracias a ella podemos

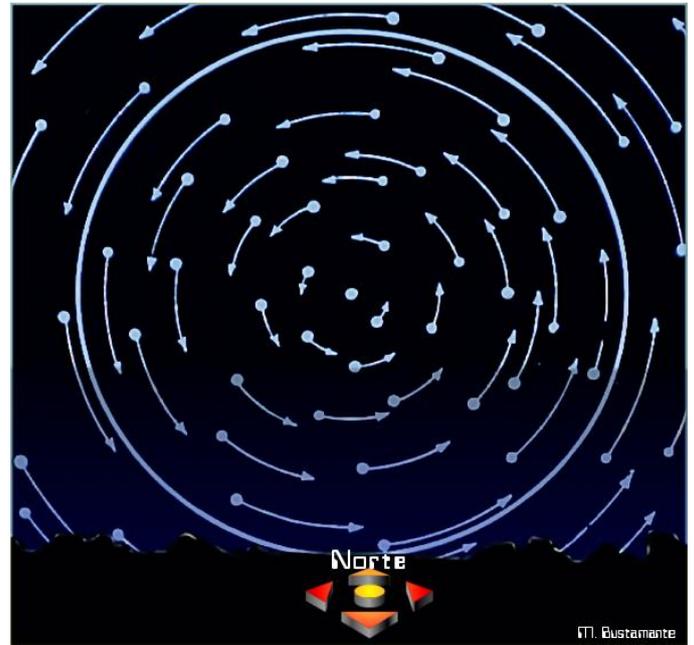


Figura 6: Movimiento aparente de las estrellas en las cercanías del Polo Norte Celeste en latitudes medias. Las estrellas incluidas en el círculo se considerarían circumpolares.



Figura 7 (arriba) : Movimiento aparente de las estrellas durante unas horas mirando hacia el Este en latitudes medias. Figura 8 (abajo): Trayectorias aparentes de las estrellas mirando hacia el Sur en latitudes medias.

Figuras 6, 7 y 8 elaboradas por el autor.



orientarnos sin problema. Pero, en contra de lo que se suele pensar, la estrella polar no es especialmente brillante, ni la constelación de la que forma parte (la Osa Menor) especialmente fácil de identificar. Por esta razón nos debemos ayudar con otras constelaciones para localizarla. La más utilizada para este fin es la Osa Mayor, en concreto una parte de ella, conocida como **Gran Carro**, que está formada por siete estrellas de igual brillo formando una figura muy característica: un carro o una sartén bastante grandes. Seguro que alguna vez nos ha llamado la atención este asterismo. Fijémonos en las dos estrellas del frente del Carro: se llaman *Dubhe* y *Merak*. Tracemos una línea imaginaria que las una, hacia la parte superior de nuestro imaginario carro. Si llevamos sobre esta línea más o menos cinco veces la distancia entre estas dos estrellas, tropezaremos con otra de similar brillo: la Estrella Polar (figura 9).

Pues bien, la dirección en la que se encuentra la Polar coincide con el Norte geográfico. El Sur estaría a nuestras espaldas, el Oeste a nuestra izquierda y el Este a nuestra derecha. Ahora, identificando los puntos cardinales en nuestro mapa celeste (que suelen venir marcados), sólo tenemos que, partiendo del Gran Carro y la Estrella Polar, ir identificando algunas constelaciones circumpolares, y luego pasar a las más características de las que se encuentran en ese momento en el cielo. Cada planisferio viene dado para unos momentos determinados, o si es de plantilla móvil traerá las instrucciones para su correcto uso. Eso sí, hay que tener en cuenta que las horas siempre son referidas al Tiempo Universal.

Es cuestión de unos cuantos días para desenvolvemos con las principales constelaciones, y en seguida se nos quedará pequeño el planisferio, teniendo que recurrir a mapas más detallados para identificar las constelaciones más confusas.

Para distinguir los planetas no podemos dar un patrón fijo. Simplemente, cuando haya una estrella brillante que no figura en el mapa, será un planeta⁹. Venus es el más fácil de reconocer: el Lucero del Alba o el Lucero Vespertino. Es el astro más brillante después del Sol y la Luna, y como sus nombres populares indican, sólo se ve al atardecer o al amanecer. Además, se aprecia su desplazamiento propio día tras día. Para salir de dudas, mirémoslo con prismáticos y veremos un disquito (en alguna de sus fases, si tienen cierto aumento) muy blanco y brillante. Mercurio sigue un comportamiento similar a Venus, pero es menos brillante y hay que buscarlo justo después de ponerse el Sol o poco antes de que salga, por lo que la luz del día dificulta su observación.

Marte puede confundirnos si está en posiciones alejadas de la Tierra, pues será un astro rojo bastante débil, y no se distinguirá su disco con prismáticos. Pero si se encuentra en oposición, será muy brillante y de un color rojo intenso. Su desplazamiento sobre las estrellas del fondo se puede apreciar, sobre todo cuando retrograda.

Júpiter y Saturno son planetas más constantes, con un brillo casi invariable, y su movimiento es apreciable a lo largo del año, en menor medida en el caso de Saturno. Júpiter es inconfundible a través de prismáticos por el peculiar cortejo de los cuatro satélites galileanos (Ío, Europa, Ganimedes y Calixto). Saturno se aprecia a través de los prismáticos como un disco ovalado, sin llegar a separarse los anillos del cuerpo esférico del planeta. Urano se puede ver a simple vista con un cielo muy oscuro, pero con la ayuda de un mapa celeste bastante detallado, pues es un astro muy débil. Neptuno y Plutón no son visibles a simple vista, e incluso con telescopio su búsqueda es complicada.

Por último, comentar que al brillo aparente de un astro se le denomina **magnitud relativa**, y se mide con una escala numérica, de modo que cuanto menor es el número, mayor es el brillo que representa. Por ejemplo, el Sol tiene una magnitud relativa de -27.7 ; la Luna en fase llena de -12.5 ; Venus de -4.4 como mucho; Sirio, la estrella más brillante, cerca de -2 . El límite del ojo humano en buenas condiciones de observación se sitúa sobre la magnitud $+6$. Las estrellas más débiles observadas por el Telescopio Espacial pueden llegar a la magnitud $+30$.

5. LOS PLANISFERIOS

Un mapa, como se ha dicho, es algo más que un simple dibujo. Tanto en el caso de la esfera terrestre como la celeste se pretende realizar una representación lo más exacta posible (aunque esto depende de los fines del mapa) de la superficie terrestre, en un caso, o de la posición de las estrellas, en otro. En los dos ejemplos hay que plasmar una superficie curva (esferoidal) sobre una superficie plana (el papel), problema que se resuelve utilizando diferentes **proyecciones**.

Una superficie esférica no puede desarrollarse en un plano sin sufrir una importante deformación, y las proyecciones consisten en establecer un principio según el cual se tenga la mínima deformación posible. Estos sistemas se basan en proyectar la superficie esférica directamente sobre el plano, o bien hacerlo sobre una superficie curva que se pueda desarrollar en un plano, como un cilindro o un cono. En cualquier caso, no existe sistema de proyección capaz de mantener todas las condiciones de igualdad con la esfera: igualdad angular, igualdad superficial e igualdad de forma. De este modo, cada proyección mantiene una de estas condiciones de igualdad, según los fines del mapa que se obtenga. En cartografía tenemos los siguientes tipos de proyecciones:

- **Proyecciones equiáreas**, en las que se mantienen las proporciones superficiales. Son las que menos deformaciones ocasionan (figura 10).

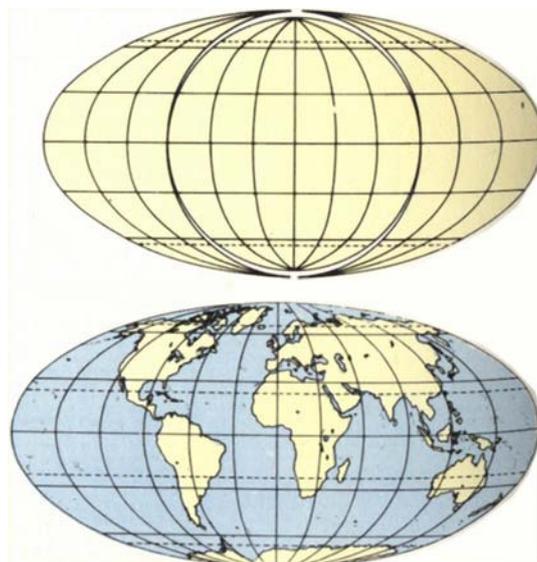


Figura 10: proyección equiárea de Mollweide
(Fuente proyecciones: cartografía Aguilar).

- **Proyecciones acimutales**: se obtienen proyectando la superficie del globo sobre un plano tangente al mismo desde un centro de perspectiva, que puede ser el centro geométrico de la esfera (el centro de la Tierra), o bien el infinito, resultando en el segundo caso una proyección paralela que ocasiona más deformaciones al acercarnos al borde del mapa (figura 11).

⁹ También podría tratarse de una nova o de una supernova, pero estas no suelen ser muy frecuentes y menos las que son visibles a simple vista.



Figura 11: proyección acimutal equivalente de Lambert

- Proyecciones cilíndricas:** Se supone a la esfera celeste o terrestre rodeada por un cilindro tangente al ecuador. Sobre éste se proyecta la superficie de la esfera, resultando el mapa del desarrollo del cilindro. En estas proyecciones se produce una distorsión mayor a medida que nos acercamos a los polos, aunque tienen como ventaja el mantenimiento de la igualdad angular. La más conocida es la proyección Mercator, muy utilizada en navegación al ser la única que permite representar la línea de rumbo como una línea recta (figura 12).

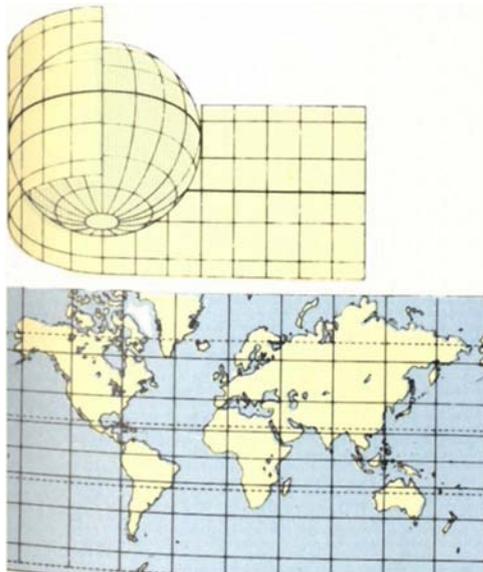


Figura 12: proyección cilíndrica de Mercator

- Proyecciones cónicas:** en ellas se supone a la esfera rodeada por una superficie cónica, sobre la que se proyecta la superficie esférica. El mapa resulta del desarrollo de este cono (figura 13).

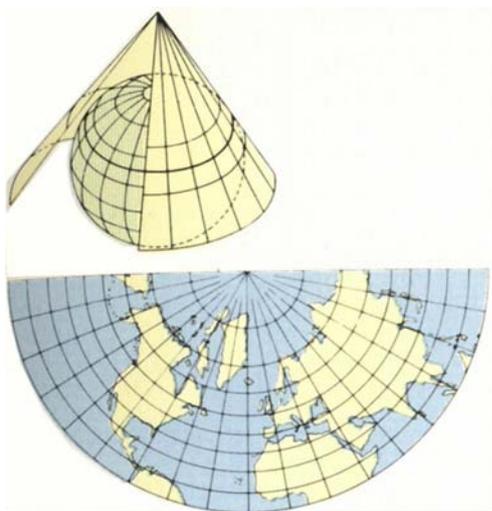
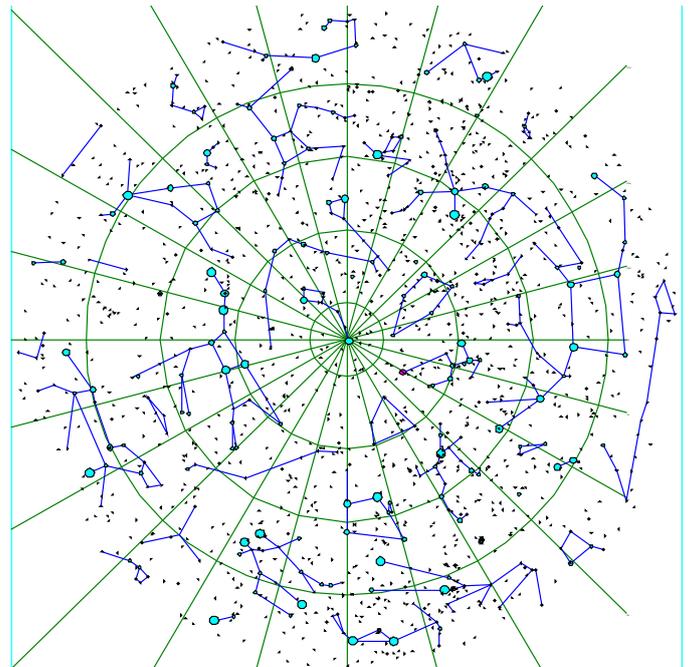


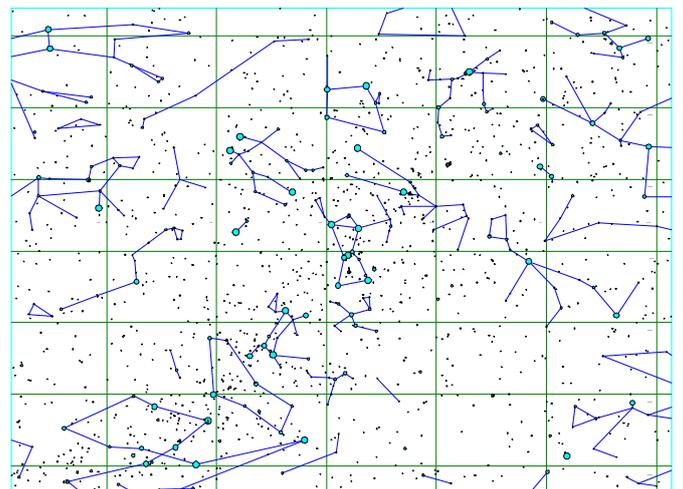
Figura 13: proyección cónica simple

Para la representación de la esfera celeste se utilizan sobre todo proyecciones acimutales, y en menor medida cilíndricas. Además, podemos clasificar los mapas celestes en dos tipos básicos, dependiendo si se tiene en cuenta la línea de horizonte (representaciones altacimutales) o no (representaciones ecuatoriales). Para un acercamiento al cielo nocturno son más útiles los mapas altacimutales, que presentan como ventaja incluir la línea de horizonte, lo que facilita la tarea de reconocer las constelaciones al tenerla como referencia. Pero el inconveniente es que sólo son válidos para una latitud y una hora concreta, por lo que la mayoría de los mapas detallados de constelaciones son representaciones ecuatoriales.

Por ejemplo, en los mapas 1 y 2 no se tiene en cuenta la línea de horizonte: son representaciones ecuatoriales. El mapa 3 es resultado de una proyección acimutal de plano tangente al Polo Norte Celeste, de modo que en él se representa el Hemisferio Norte Celeste. Al acercarnos al Ecuador, las deformaciones son mayores. El mapa 4 resulta de una proyección cilíndrica de parte de la esfera celeste.



Mapa 1 (arriba) y Mapa 2 (abajo)



Astrofísica para aficionados: ¿Cómo medir estrellas? (II)

José Manuel
Ramos Bolaños

9. TIEMPO POTENCIAL DE VIDA (T_{pv})

El tiempo que una estrella pasa dentro de la Secuencia Principal antes de convertirse en Gigante Roja depende de dos cosas: de su combustible (la Masa) y del ritmo al que lo consume (su Luminosidad). Naturalmente, la estrella no necesita transformar todo su Hidrógeno en Helio para pasar a la siguiente etapa de su ciclo evolutivo, sino cuando haya consumido alrededor del 10% de su Masa.

Conociendo la potencia energética del Sol ($3,826 \cdot 10^{26}$ W) y aplicando la conocida fórmula de Einstein ($E = mc^2$), sabemos que el Sol transforma cada segundo 590.000 millones de kg de hidrógeno (H) en 587.500 millones de kg de helio (He), siendo la diferencia de masa (= 0,72 %) lo que se convierte en energía. ¿Cuánto tiempo se necesita para que el Sol transforme en He alrededor del 10 % de su Masa, es decir $0,1 \cdot 1,9891 \cdot 10^{30}$ kg? Pues nada menos que 10.800 millones de años.

Y ya que tomamos al Sol como patrón de referencia, la fórmula para conocer el Tiempo potencial de vida de una estrella es:

$$T_{pv} = 10.800 \frac{M}{L} = 10.800 \frac{M}{M^n} = 10.800 M^{1-n} \text{ (m.años)} \quad (16)$$

de donde se deduce que cuanto más masiva es una estrella, y por tanto más luminosa, menor es su tiempo de vida en la Secuencia Principal (una vida gloriosamente derrochadora, pero muy breve). En el caso de SIRIO, su tiempo es de **833 millones de años**.

10. LÍMITE DE LA ZONA HABITABLE

Se entiende por **zona habitable** (Z_{hab}) la región del espacio que circunda a una estrella y en la que debería encontrarse un planeta rocoso y similar a la Tierra en su bioclimatología. En su límite interno y más próximo a la estrella, la temperatura no debe superar los 100° C y en su límite externo y más alejado no debe bajar de los 0° C. Naturalmente, se requieren otras muchas condiciones: unas, referidas a la estrella (que pertenezca a la Secuencia Principal, que su tipo espectral sea el correcto para la vida humana, que su luminosidad sea estable, que tenga suficientes elementos pesados –carbono, nitrógeno, oxígeno y hierro- y que tenga la suficiente edad como para que la vida haya podido evolucionar); otras condiciones se refieren al planeta en sí (su masa, su albedo, su mezcla de gases, el grosor y presión de la atmósfera, la presencia y distribución de los océanos etc, etc.). Como puede verse, sólo este conjunto de condiciones hace muy difícil encontrar, y no digamos “ocupar” y transformar (“terraformar” diríamos) un planeta o un satélite extrasolar.

El Radio de la Zona Habitable (R_{ZH}) depende la Luminosidad y la Masa de la estrella y, por consiguiente, es muy variable dentro de las estrellas de la Secuencia

Principal. Este Radio se expresa en Unidades Astronómicas (una U.A. es la distancia media entre la Tierra y el Sol, aproximadamente 150 millones de km).

En nuestro sistema solar, la **Zona Habitable Optima** está, lógicamente, a 1 U.A., pero con las condiciones mencionadas la Zona Habitable se extendería entre **0,75 y 1,50 U.A.** (la región comprendida entre Venus y Marte). En las estrellas más calientes de la Sec. Ppal. (espectros O a A) dicha región será más lejana y ancha, en las más frías (espectros K a M) más delgada y próxima a la estrella.

¿Cómo calcular la extensión de la Zona Habitable? Empleando la **ley del “Cuadrado Inverso”** de la Luminosidad. Por ejemplo, si una fuente luminosa multiplica por 3 su intensidad, el observador deberá retirarse 3^2 veces de su posición inicial si quiere continuar percibiendo la misma intensidad anterior. Y a la inversa, si la fuente luminosa se debilita 3 veces, el observador deberá aumentar 3^2 veces su aproximación a la fuente luminosa. En definitiva,

$$R_{ZH} \text{ óptima} = \sqrt{L} \quad (17)$$

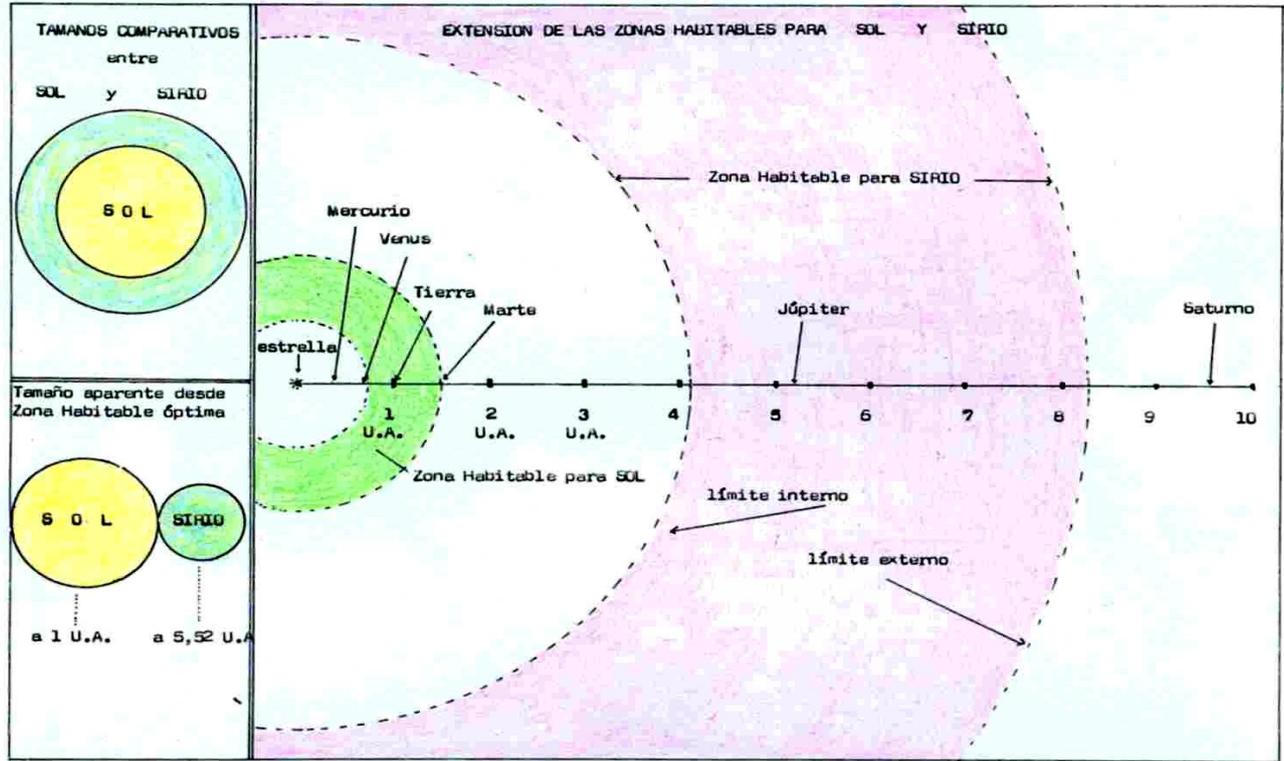
$$R_{ZH} \text{ mínima} = 0,75 \sqrt{L} \quad (18)$$

$$R_{ZH} \text{ máxima} = 1,50 \sqrt{L} \quad (19)$$

En el caso de SIRIO, los resultados son los siguientes: la distancia óptima = **5,52 U.A.**, la distancia mínima = 4,14 U.A. y la distancia máxima = 8,28 U.A.

Dicho de otro modo, si por arte de magia nuestro Sol fuera reemplazado por Sirio, la Tierra debería orbitar en una zona de más de 4 U.A. (comprendida entre el límite exterior del Cinturón de Asteroides y las proximidades de Saturno), siendo el lugar óptimo el correspondiente a donde se encuentra Júpiter.

Sin embargo, esta posibilidad está radicalmente excluida para SIRIO por una razón de peso. La única Vida que conocemos se ha desarrollado sólo en nuestro planeta, y se han necesitado aproximadamente 3.000 millones de años para que se construyera una Biosfera. Y puesto que SIRIO vivirá como estrella estable poco más de 800 millones de años, es materialmente imposible que un planeta en el lugar adecuado tuviera tiempo de construir una Biosfera similar a la nuestra. Las estrellas poco masivas tienen, en cambio, un tiempo de vida enormemente largo (más de 15.000 millones de años), pero el supuesto planeta habitable tiene que estar muy próximo a la estrella y probablemente le ocurra lo que a la Luna con respecto a la Tierra, que tendrá una órbita sincrónica y presentará la misma cara a la estrella, lo que también impediría la construcción de una Biosfera. De ahí que la mayoría de los astrónomos centren su búsqueda en estrellas con masas comprendidas entre **0,5 y 1,5** masas solares.



11. DURACIÓN DEL AÑO

Como ya dejaron bien establecido Kepler y Newton “el cuadrado del tiempo –medido en años terrestres- que tarda un objeto de masa *m* en su órbita alrededor de otro objeto de masa *M* es proporcional al cubo del semieje mayor de la órbita –medida en U.A.- del objeto de masa *m*”, es decir,

$$T^2 * (M + m) = a^3 \tag{20}$$

Puesto que *m* es despreciable en comparación con *M*, *m* = 0, y *M* se expresa en términos de masas solares:

$$T^2 = a^3 / M \Rightarrow T = \sqrt{\frac{a^3}{M}} \tag{21}$$

La duración del año en cada una de las tres órbitas habitables calculadas para el supuesto planeta de SIRIO es la siguiente:

- a la distancia óptima (5,52 U.A.): **8,46 años terrestres**
- a la distancia mínima (4,14 U.A.): 5,49 “ “
- a la distancia máxima (8,28 U.A.): 15,54 “ “

Tomando como siempre el tamaño de nuestro Sol como unidad (visto desde la Tierra), el diámetro aparente (\emptyset) de la estrella es el cociente entre su Radio (*R*) y su distancia al planeta (*R_{ZH}*):

$$\emptyset = \frac{R}{R_{ZH}} \tag{22}$$

y si se quiere saber cuál es su tamaño angular habrá que multiplicar por el valor medio correspondiente al del Sol ($\approx 0,53^\circ$) visto desde la Tierra. Para las 3 órbitas mencionadas los resultados son los siguientes:

	T. aparente	T. angular
- a la distancia óptima:	0,296°	0,157°
- a la distancia mínima:	0,394°	0,209°
- a la distancia máxima:	0,197°	0,104°

Comparación de las extensiones de las zonas habitables para el Sol y Sirio. Se indica la posición de los planetas del Sistema Solar. Diagrama confeccionado por el autor.

12. CONSTELACIÓN DONDE ESTARÍA EL SOL

Dado que la distancia a la Tierra desde esa estrella es muy pequeña en comparación con la zona galáctica visible desde aquí, las distancias relativas de las estrellas en una esfera celeste centrada en ese supuesto planeta extrasolar apenas sufrirían modificaciones significativas con respecto a las coordenadas basadas en la Tierra, excepto, quizá, en las estrellas muy próximas al planeta. Las coordenadas de nuestro Sol serían las siguientes:

- a) **Ascensión recta (α):**
la de la estrella en cuestión ± 12 horas (23)
- b) **Declinación (δ):**
la de dicha estrella con signo cambiado (24)

Así, pues, desde el planeta de SIRIO nuestro Sol tendría las coordenadas: $\alpha = 18h 45m 09s$, $\delta = +16^\circ 42' 58''$, lo que corresponde a la **Constelación de Hércules**, cerca de la estrella nº 110 del Catálogo de Flamsteed, SAO 86406.

13. MAGNITUD VISUAL APARENTE DEL SOL

Volviendo a aplicar la fórmula vista en el primer apartado (ver Boletín anterior) y teniendo en cuenta que la Magnitud Absoluta Visual del Sol es +4,83, la Magnitud Aparente de nuestro Sol, desde dicho planeta, es (ver 2)

$$m = M - 5 - 5 \cdot \log \pi'' = 4,83 - 5 - 5 \log 0,375 = 1,959$$

que aproximadamente es la de CASTOR (α Gem): +1,95. Como la distancia entre SIRIO y Sol es de 2,67 pársec, es decir, 550.040 U.A., el brillo aparente del Sol habría disminuido, según la ley del Cuadrado Inverso (ver Décimo Paso) 300.000 millones de veces a como lo vemos desde la Tierra.

Observación de satélites artificiales

Jesús Tejederas Dorado
jesustd@terra.es

Aunque no es una observación propiamente astronómica, esta práctica de observación astronómica nos servirá para dos objetivos principales:

- Orientarnos con coordenadas terrestres y celestes, y habituarnos a ellas.
- Observar fenómenos puntuales y de breve duración (ideales para iniciar en la Astronomía a quien sólo la ve con interés incipiente o como simple curiosidad).

A los más habituados al cielo, también nos servirá para gozar de la observación celeste; o como entretenimiento mientras esperamos algún otro fenómeno. Y para quien quiera "rizar el rizo" incluso utilizarlas como "dotes adivinatorias de fenómenos celestes" con el que reírse con los amigos-as, anticipando fenómenos desconocidos para el gran público.

Otra gran ventaja es que no necesitamos ningún instrumento óptico, por lo que su observación es asequible incluso desde la ciudad.

En primer lugar vamos a distinguir los objetos por orden de facilidad para observarlos:

- Estación Espacial Internacional (ISS)
- Satélites Iridium
- Destellos en pleno día
- Satélites observables todas las noches
- Otros objetos visibles

Vamos a analizar cada uno de ellos:

A. OBSERVAR LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

Conocida como ISS (International Space Station), es sumamente sencillo verla puesto que su alto brillo (similar al de Venus o Júpiter) nos permite observarla a simple vista incluso desde la ciudad. Lo único que necesitamos es saber cuándo pasa por nuestro lugar de observación.

Para ello entramos en la dirección de Internet:

<http://www.heavens-above.com/>

(está en inglés pero apenas hay que leer casi nada y es muy fácil moverse por ella) y localizamos nuestra ciudad ("click" en "Spain" y tecleamos el nombre de nuestro pueblo o ciudad).

Para poner ejemplos elegiré la ciudad de Córdoba. Aparecen entonces nuestras coordenadas de observación y esto nos permite obtener las efemérides de diversos objetos. Elegimos un objeto (nombrados antes como A-B-C-D-E) y nos aparece una página con las efemérides para la próxima semana a partir de ese momento (a veces no hay pasos visibles, y otras veces hay más de 30).

Pondré como ejemplo la **ISS para el día 30 de Mayo de 2004 en Córdoba**.

EFEMÉRIDES:

30 May -0.1 23:08:48 10 WNW 23:11:39 44 SW
 23:12:16 38 S

EXPLICACIÓN DE LOS DATOS:

Si ese día estáis en Córdoba (y localidades cercanas), podréis ver lo siguiente:

El domingo 30 de Mayo 2004 a las 23:08:48 horas aparecerá la ISS por el horizonte Oeste-Nor-Oeste (por donde se pone el Sol) moviéndose en dirección Sur-Oeste (hacia el Castillo de

Almodóvar) justo a media altura en el cielo (44°) a las 23:11:39 donde alcanzará magnitud -0.1, y dirigiéndose hacia el Sur. Pero justo a las 23:12:16 desaparecerá (38°) puesto que entra en la zona de sombra de la Tierra. Este fenómeno es muy curioso porque podemos ver cómo se va apagando suavemente.

Ya sólo queda comprobar que las nubes no nos lo impedirán. La forma de observar el resto de objetos es la misma. Seguid estos 3 pasos:

- Obtener efemérides,
- Localizad azimut (Norte-Sur-Este-Oeste) y altura (de 10=horizonte a 90=cénit),
- Observad ese día y a esa hora: el objeto aparecerá puntualmente.

B. SATÉLITES IRIDIUM: ("Iridium Flares")

Posiblemente habréis observado alguna vez un destello en el cielo y no os supisteis explicar qué era. La primera vez que me ocurrió, pensé que fue una estrella fugaz o algún meteorito que se dirigía derecho a mí. Pero no. La explicación es otra: se trata del reflejo del Sol sobre los paneles solares de los satélites de comunicaciones **Iridium**, que a veces llegan hasta la superficie terrestre (¡desde **800 km** de altura!). Tenemos muchos satélites por encima de nuestras cabezas (más de los que podéis imaginar).

Bien, y ¿qué es lo que se ve? Si nos encontramos en la zona del reflejo, veremos un gran destello en el cielo, y en muchas ocasiones incluso la trayectoria del satélite que parece "encenderse" justo en ese momento. Es como esos espejitos rotos con los que jugábamos de pequeños, alumbrado ventanas y edificios y deslumbrando a nuestros amigos :-). Este reflejo oscila entre 2 y 5 segundos de duración y podemos ver todo el proceso de comienzo, máximo brillo y final, en "todo" ese período de tiempo. El fenómeno es breve, pero el destello es majestuoso: hasta magnitud -8 (habéis leído bien: Venus "sólo" llega a -4,3). Cuanto más cerca estemos del lugar del reflejo más brillante será. Pongamos un **ejemplo real** para que podáis observarlo si estáis en Córdoba:

EFEMÉRIDES: 17 Jun 23:07:10 -7 49° 68° (ENE) 5.4 km (E) -8 Iridium 68

Lo que significa que el jueves 17 de Junio 2004 a las 23 horas 07 minutos 10 segundos, se producirá un destello de intensidad -7 (esto significa que será muy brillante) a una altura de 49° (es decir, algo más alto del punto medio entre cénit y horizonte) en dirección Este-Nor-Este (68° ENE) (mirando hacia la Universidad Laboral). El centro del reflejo está a 5.4 Km hacia el Este, y allí lo veríamos con magnitud -8 (la máxima). El satélite que lo provoca es el Iridium 68.

También podéis localizar el punto del destello con un programa de ordenador y así fijar mejor el punto de aparición. Pero con algo de práctica esto no llega a ser necesario.



C. DESTELLOS A PLENA LUZ DEL DÍA:

("Daytime Iridium Flares")

Tan magno brillo nos lleva a otro espectáculo singular: ver ese destello a plena luz del día. ¿Es esto posible? Sí, puesto que el brillo es muy grande. En la página citada buscad el apartado "Daytime Iridium Flares" y cada semana podréis ver uno o dos destellos a pleno día. Eso sí, son más difíciles de observar pues el cielo está iluminado (de azul, claro); por eso la perfecta orientación y localización del lugar del destello en el cielo es imprescindible.

Y alguien dirá: "Pero hay que estar en el lugar del destello". Eso tiene fácil solución. Como ya conocemos nuestra posición terrestre (recordad que la página citada ya nos la ofrece) realizamos una búsqueda de los destellos para nuestra posición. Entonces aparecerán sólo los que podremos ver, es decir los únicos que nos interesan.

Pongamos otro ejemplo real para que podáis observarlo (recordad que estas efemérides son sólo para Córdoba. Podéis averiguar las de vuestra zona en <http://www.heavens-above.com>). Aquí hay que contar también con los datos de la posición del Sol.

EFEMÉRIDES: 26 May 18:38:42 -6.4 50° 284° (WNW) 0.6 km (E) -6.5 32° 273° (W) 20° Iridium 29

Lo cual significa que el día 26 de Mayo 2004 a las 18 horas 38 minutos 42 segundos, se producirá un destello de intensidad -6.5 (esto significa que será muy brillante) a una altura de 50° (algo más alto del punto medio entre cénit y horizonte) en dirección Oeste-Nor-Oeste (284° WNW) (mirando hacia la



sierra, por Medina Azahara). El centro del reflejo está a 0.6 Km hacia el Este. El Sol se encontrará a 32° (esto es, muy cerca del destello), por el Oeste (W) es decir, próximo a ocultarse. El ángulo entre el destello y el Sol será de 20°. Es decir que el destello se producirá a 20° a la derecha del Sol y a una altura de 50°. El satélite que lo provoca es el Iridium 29.

Es **MUY IMPORTANTE** el dato de 284° WNW, porque os indica la dirección del cielo a la que hay que mirar (si miráis a otro lado no lo veréis), y la altura 50°. Además el Sol está bastante cerca lo que dificultará su observación. Procurad ocultarlo.

D. SATÉLITES ARTIFICIALES

Su observación se rige por los mismos parámetros que la ISS, así que podéis seguir las mismas instrucciones. Las únicas diferencias son (una buena y otra mala). La mala: que no superan la magnitud 3, por lo que desde la ciudad pueden ser necesarios los prismáticos. La buena: que cada noche podéis observar más de 20 satélites ya que conoceréis tanto su trayectoria como su hora exacta de paso. Es muy divertido por su alta frecuencia (uno cada 10 minutos aproximadamente) y por ver cómo en su trayectoria parecen "colisionar" con las estrellas del fondo, especialmente con las más brillantes. En una de mis observaciones coincidieron tres satélites dentro del mismo campo de mis prismáticos: aquello parecía "la guerra de las galaxias". ¡Impresionante!

Simplemente mirando a su posición y siendo la hora indicada, aparecerán. Sin duda alguna.

E. OTROS OBJETOS:**EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE:**

Tiene una órbita muy al sur, así que desde Córdoba la máxima altura sobre el horizonte es de sólo 23° y su magnitud no supera la 3.0, pero es visible. Cuanto más al sur estéis, mejores condiciones tendréis para verlo.

MÁS DIFÍCIL TODAVÍA

Ya os he dado instrucciones para observar estos cuerpos, que sin ser astronómicos tienen el incentivo de que se mueven en el cielo (algo que se agradece mientras esperamos algún otro fenómeno planetario, estelar, etc.) Y para cuando ya tengáis alguna experiencia en su observación, aún hay un reto más: ¿alguien se atreve a "cazar" uno de ellos fotografiadamente? Yo también lo intentaré. ¡Suerte con ello!

Fotografía del destello de un Iridium. Se pueden confundir con una estrella fugaz brillante.

ALGUNOS DATOS ORBITALES

Para los que dispongáis de software que admita datos orbitales, podréis prever los pasos por vuestra localidad en vuestro propio ordenador.

ISS: (Estación Espacial Internacional)

1 25544U 98067A 04086.21512709 .00022626 00000-0 21008-3 0 4453
2 25544 51.6304 28.4797 0010517 320.8009 192.4835 15.67287820305291

HST: (Hubble Space Telescope)

1 20580U 90037B 04084.96280787 +.00001507 +00000-0 +10815-3 0 00269
2 20580 028.4703 314.3282 0004302 190.0485 170.0020 14.99036498562758

ENVISAT: (Satélite)

1 27386U 02009A 04086.87053292 .00000110 00000-0 56876-4 0 3140
2 27386 98.5441 154.6765 0001002 94.7714 265.3584 14.32250511108330

MÁS REFERENCIAS

Imágenes de la ISS:

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/static/n/assembly/ndxpage6.html>

NASA's Space Flight:

<http://spaceflight.nasa.gov/realdata/index.html>

Vistas en 3-D de 500 satélites: (necesita Java)

Marshall Flight Center's Lift-Off J-Track 2.5:

<http://liftoff.msfc.nasa.gov/RealTime/JTrack/Sp:cecraft.html>

Don Barry's Earth Satellite

Ephemeris Service :

<http://www.donbarry.org/sat>

ESPACIO

Coordina: Dámaso Chicharro

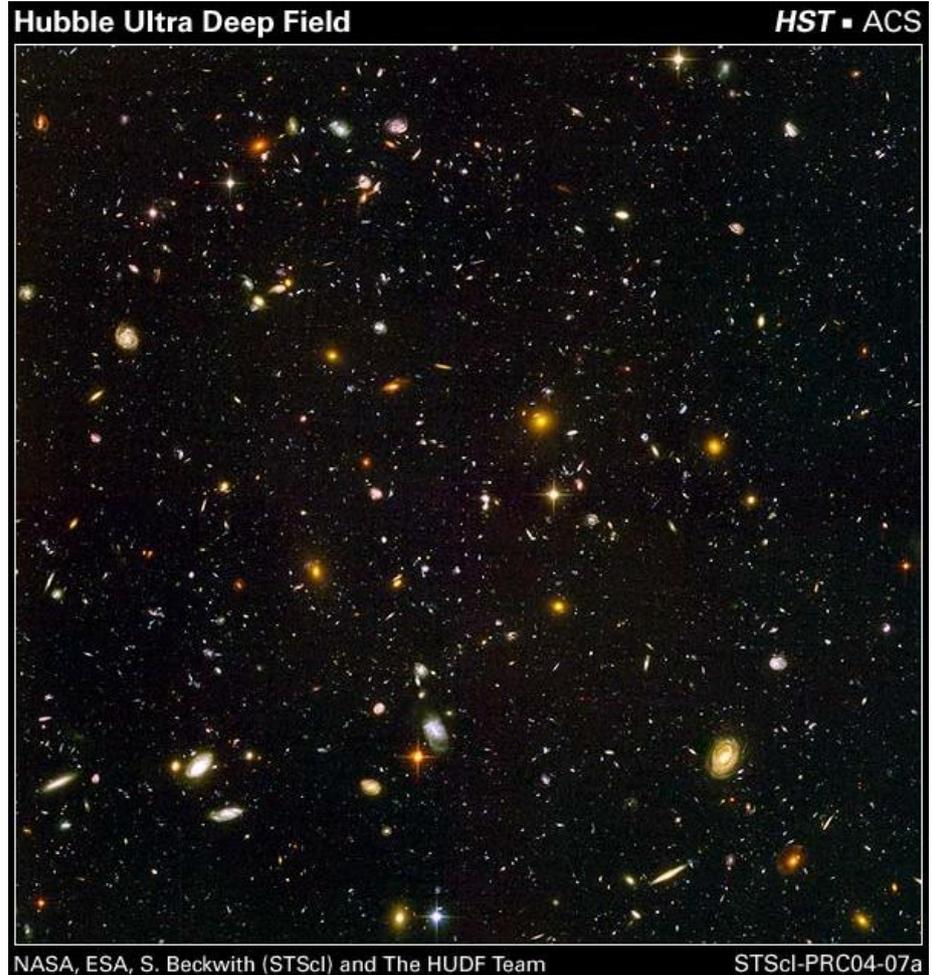
0612824@alumnos.ciencias.uma.es

La más profunda visión del Hubble revela las galaxias más antiguas

Una exposición de un millón de segundos, casi doce días, revela las primeras galaxias en emerger de la llamada **Edad Oscura**, que comprende el periodo de tiempo poco después del Big Bang en el que las primeras estrellas recalentaron el frío y antiguo universo. Esta imagen debería aportar luz sobre los tipos de objetos que calentaron el universo primitivo.

Esta imagen es combinación de dos obtenidas de forma independiente por la **Cámara Avanzada de Inspección (ACS)** y la **Cámara de Infrarrojo Cercanos y Espectrometría Multi-objetos (NICMOS)** del Hubble. Ambas imágenes muestran galaxias demasiado débiles para ser vistas desde la Tierra o para imágenes previas del Hubble tomadas en 1995 y 1998 con la cámara de campo profundo (HDF).

En la imagen se pueden encontrar galaxias de diversas edades, tamaños, colores y formas. Las galaxias más cercanas (las que están mejor definidas), de hace mil millones de años, son las más brillantes, mientras que las más diminutas y rojizas son de cuando el Universo sólo tenía 800 millones de años... se está observando el fin de la Edad Oscura.



NGC 604 in Spiral Galaxy M33



Brote de nacimiento estelar en M 33

NGC 604 es una de las regiones de creación estelar más grandes observables entre las galaxias cercanas, al situarse en la vecina **M 33**. Es parecida a regiones de nacimiento de estrellas de la Vía Láctea, como la nebulosa de Orión. Contiene más de doscientas estrellas brillantes azules repartidas a lo largo de una nube resplandeciente de gases de unos 1.300 años luz de largo, casi 100 veces el tamaño de la nebulosa de Orión.

VLT cumple 5 años

El 1 de abril, el famoso **Observatorio Europeo Austral (ESO) de VLT (Very Large Telescope)** cumplió 5 años. VLT se encuentra en el Observatorio de Paranal, en Atacama (Chile), a 2635 metros de altura. El observatorio consta de 4 grandes telescopios de 8.2 metros de diámetro efectivo y varios telescopios más pequeños de 1.8m. La idea es hacer *interferometría óptica* en un futuro muy cercano, combinando la luz de todos los instrumentos. Aprovechando la onomástica, ESO ha creado unas páginas especiales recopilando las **20 mejores imágenes astronómicas obtenidas con VLT**. Recomendamos visitar este enlace (en inglés) y disfrutar de las sensacionales imágenes. Realmente valen la pena.

<http://www.eso.org/outreach/gallery/vlt/images/Top20/>

¿El final del HST?

Víctor R. Ruiz y Ángel R. López
rvr@infoastro.com

El pasado 16 de enero de 2004 el administrador de la NASA, **Sean O'Keefe**, tomó la decisión de **cancelar la cuarta misión de servicio al Telescopio Espacial Hubble (HST)** que estaba originalmente prevista para este año, pero que había sido pospuesta al 2006 tras el desastre del Columbia. O'Keefe explicó que la misión requería medidas de seguridad adicionales a las utilizadas por las misiones a la **Estación Espacial Internacional (ISS)**, las únicas a las que se dedicará ahora la flota de transbordadores antes de su retirada en 2010.

Misiones de servicio

La **arquitectura del Hubble es modular** para permitir misiones de mantenimiento con el transbordador espacial. Con el brazo robótico se captura al Hubble y durante varios días los astronautas **cambian instrumentos y se reemplazan piezas** desgastadas, como los giróscopos (necesarios para el apuntado) o los paneles solares. También se le sube de órbita, ya que el rozamiento de la atmósfera produce un descenso de varios centenares de metros por año. Hasta el momento son **cuatro las misiones** de mantenimiento que la NASA ha enviado al Telescopio Espacial: En **1993**, se instaló un aparato para corregir el defectuoso pulido del espejo primario, por el cual las imágenes se obtenían borrosas. En **1997**, se instalaron nuevos instrumentos. La tercera misión de servicio se dividió en dos visitas, en diciembre de **1999** y en febrero de **2002**, en la que se reparó los giróscopos, se cambiaron los paneles solares y se instalaron, también, nuevos instrumentos.

Muerte anunciada

El Hubble tenía **fecha prevista de caducidad hacia el 2010**, un par de años antes del lanzamiento de su sucesor, el **Telescopio Espacial James Webb**. Sin embargo, este nuevo telescopio no está preparado para observar en longitudes de onda del ultravioleta, radiación sólo observable desde fuera de la atmósfera y vital para conocer las propiedades de las estrellas masivas y en formación. El tiempo que le resta al HST para su final depende de la vida de los **seis giróscopos** utilizados para el apuntado y de las **baterías**. También habría que tener en cuenta su caída debido al rozamiento de la atmósfera terrestre. Con dos nuevos instrumentos ya construidos a la espera de subir a órbita, el **Instituto Científico del Telescopio Espacial (STScI)** han comenzado a estudiar alternativas para mantenerlo a flote sin necesidad del *Shuttle*. Se han iniciado conversaciones informales con la ESA, que financió parte de su construcción.

Reacciones de todo el mundo

Desde el anuncio de O'Keefe astrónomos aficionados, astrofísicos, científicos de diversas ramas distintas de la Astronomía y público en general han cuestionado muy duramente la decisión. El 7 de febrero el periódico estadounidense The New York Times informó que, según varios estudios desarrollados por un ingeniero anónimo de la NASA, la decisión de abandonar el programa científico del HST **no puede justificarse por razones de seguridad**. La aparición de estos documentos hizo crecer el escepticismo de los astrofísicos sobre si fue la seguridad de los astronautas de la 4ª Misión de Mantenimiento al HST (y no la política o el dinero) la verdadera razón de su drástica cancelación. O'Keefe había declarado que su decisión fue consecuencia del informe final del **desastre del transbordador espacial Columbia**, que recomendaba diseñar un sistema para inspeccionar y reparar los posibles daños que pudieran ocasionarse al sistema de protección térmico del transbordador. Este sistema se está desarrollando para viajes a la ISS donde, en caso de peligro, los astronautas podrían quedarse durante algún tiempo. Sin embargo, es **demasiado caro y arriesgado** desarrollar algún tipo

de inspección autónoma que sea capaz de detectar los daños para una misión del transbordador al HST. No obstante, según conclusiones del informe del Accidente del Columbia, esta habilidad autónoma es totalmente necesaria y debe realizarse.

¿Es más seguro el viaje a la ISS?

En uno de los estudios presentados a principios de febrero se concluía que **las misiones al telescopio espacial son tan seguras o incluso más** que las misiones a la Estación Espacial Internacional. Precisamente, el ingeniero de NASA que escribió dichos informes usando datos internos de la Agencia Espacial ha querido permanecer en el anonimato por miedo a perder su trabajo. Los documentos también afirmaban que las misiones a la ISS podrían ser realmente más arriesgadas que al HST, dando varias razones para ello. Por ejemplo, como **la órbita de ISS está más alejada del ecuador**, los transbordadores tienen que usar más energía y tiempo, aumentando la probabilidad de que algo malo ocurra. Otra razón son los **impactos de micrometeoritos** sobre el transbordador, uno de los mayores peligros a los que se somete la nave. Precisamente, cuando el transbordador se encuentra parado en la Estación Espacial no puede protegerse correctamente de los impactos, algo que sí puede hacer cuando está junto a HST.

Salvar el Hubble

La propia página del HST está recibiendo desde entonces cientos de comentarios sobre la polémica cancelación. El 22 de enero la **Sociedad Astronómica Americana (AAS)**, la mayor asociación de astrónomos y astrofísicos del mundo, remitió un comunicado al Congreso Estadounidense para revisar la cancelación de la misión al Telescopio Espacial, artículo que fue publicado en la revista *Sky & Telescope* al día siguiente. Sin embargo, una de las mejores iniciativas la está llevando a cabo el astrofísico brasileño Fernando Ribeiro (Universidad de Brasilia), quien el 26 de enero creó la página **Salvar el Hubble** (en inglés) donde se recoge y amplía mucha información sobre todo el asunto y que se espera sea un lugar de encuentro y debate entre todos los que quieren salvar al Telescopio Espacial, aunque también se incluyen los que apoyan su cancelación. La página recoge, además, los últimos estudios y descubrimientos en astrofísica en los que ha participado HST. Pero lo más importante es que se ha creado una **recogida de firmas**, que se enviarán tanto a NASA como al Senado de los Estados Unidos:

www.savethehubble.com/petition/

Comisión Parlamentaria

La última noticia relevante llegó el pasado miércoles 3 de marzo, cuando se hizo pública la resolución de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos que solicitaba la creación de una **comisión independiente** que revisara la decisión de la NASA en relación al futuro del HST. El documento público de la resolución indicaba las extraordinarias contribuciones del HST a la investigación científica y su gran labor divulgativa y didáctica. Finalmente, la Cámara de Representantes recomendó al Administrador de la NASA que solicite un equipo independiente de científicos e ingenieros para **examinar todas las soluciones posibles** para enviar de forma segura la Misión de Servicio 4 al HST. También se recomendó continuar con la preparación sin interrupción, según todo lo planeado e incluyendo el entrenamiento de los astronautas, hasta que el equipo de expertos informe de sus conclusiones y NASA anuncie que tanto las misiones a la Estación Espacial Internacional como la Misión de Servicio 4 al HST pueden realizarse de forma segura.

Estrellas Dobles

Rafael Benavides Palencia
rafaelbenpal@terra.es

44 BOYERO

La estrella 44 i del Boyero tiene una historia peculiar: fue descubierta como doble por Herschel en el año 1781, siendo descrita como dos estrellas de color amarillo fuerte de sexta y séptima magnitud separadas por una distancia de 2"8 y con un ángulo de posición (A.P.) de 63°. En 1802 la distancia había decrecido hasta 2"0 y el A.P. había cambiado a 72°, se acercaban lentamente. Nadie más volvió a desdoblarla durante 17 años, todos los intentos fracasaron. En 1819 se vio de nuevo a una distancia de 1"5 y un AP de 220°, este ángulo de posición era diametralmente opuesto al observado en las primeras mediciones. ¿Qué había pasado? El desconcierto era total entre los astrónomos de la época: unos opinaban que las primeras medidas eran erróneas, otros decían que las estrellas eran variables de largo periodo y la estrella que antes era más brillante ahora era la más débil.....Lo único que quedaba claro es que la distancia seguía disminuyendo. En 1830 se volvió a observar con una distancia de 2"7 y un AP de 230°. La cosa ya se complicaba bastante, la distancia aumentaba ahora al igual que el AP que seguía en el mismo cuadrante. Después de muchos quebraderos de cabeza se concluyó

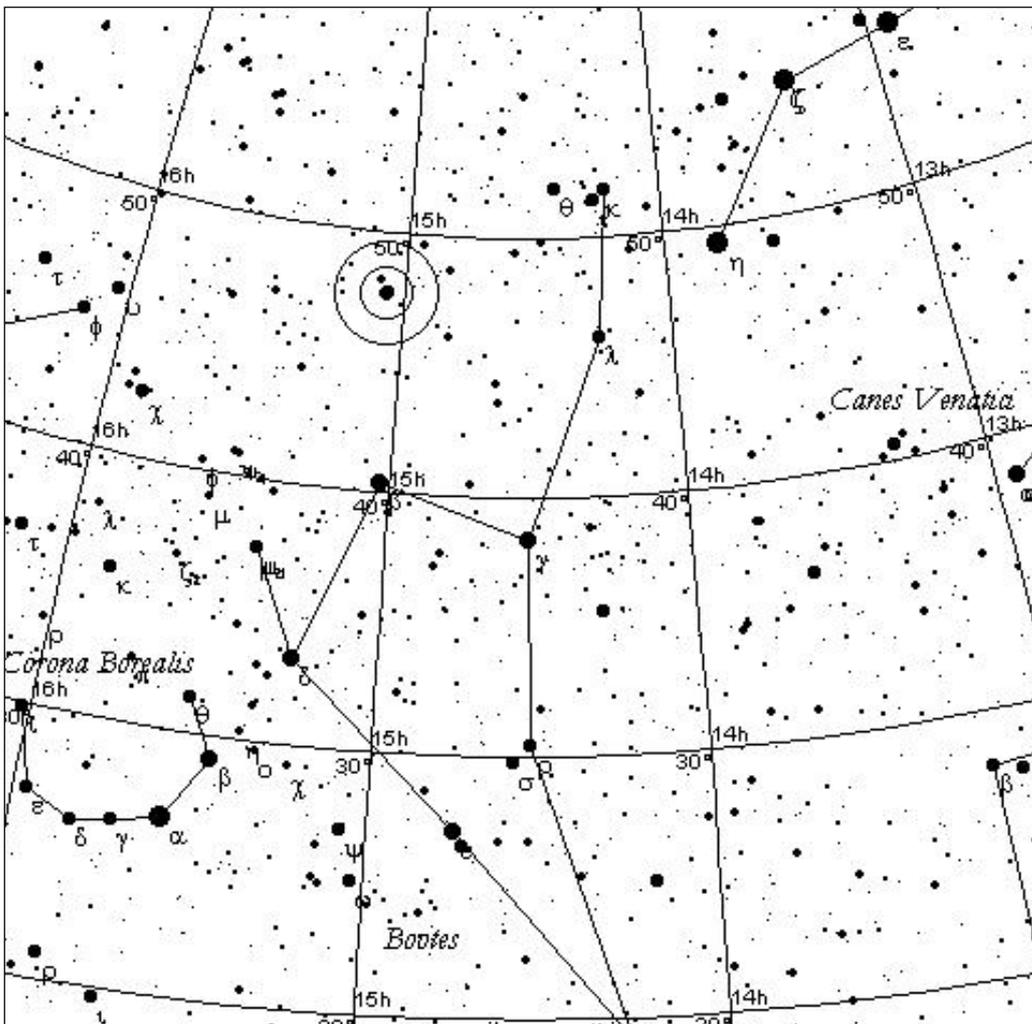
que nada raro había pasado, las medidas siempre habían sido correctas. El misterio se resolvía observando el gráfico de la órbita del sistema que es casi paralelo a nuestra visual, la estrella secundaria había cruzado de un lado a otro de tal modo que en 1813 ambas estrellas pasaron sólo a 0"2 de distancia (casi llegan a eclipsarse).

Podemos localizarla en la posición 15 h 03 min 47 seg + 47° 39' 15" brillando con una magnitud 4,8. Si la observamos con el telescopio la veremos simplemente como una estrella amarilla, será necesario forzar los aumentos por lo menos hasta 120x para advertir su duplicidad, pero aparecerán casi pegadas. Con aumentos fuertes (unos 260x) la imagen es magnífica, presentando ambas estrellas un intenso color amarillo.

Si nos detenemos algo más en sus propiedades astrofísicas veremos que aún quedan muchas sorpresas. La paralaje medida por el satélite Hipparcos la sitúa a 12,76 parsecs (41,61 años-luz), se trata de un sistema bastante cercano.

La estrella principal (A) es muy parecida al Sol con una masa y luminosidad similares. Su clase espectral es G1 V.

Lo más interesante de todo es que la estrella secundaria (BC) es a su vez una binaria eclipsante muy cerrada del tipo W Uma. Debido a la cercanía de la estrella principal (A), por el deslumbramiento que causaba contaminando las mediciones fotométricas, siempre resultó muy difícil el



(Arriba) Imagen de la estrella realizada por el autor en julio de 2003 a través de un refractor de 15 cm y usando una videocámara convencional acoplada a pulso sobre el ocular.

(Izquierda) Mapa de localización de 44 Bootes

	A	B	C
Masa solar	1,06 +/- 0,07	0,98 +/- 0,04	0,55 +/- 0,02
Radio solar	1,05 +/- 0,07	0,87 +/- 0,02	0,66 +/- 0,01
Temperatura °K	5900 +/- 65	5300 +/- 65	5035 +/- 120
Magnitud bolométrica	4,55 +/- 0,15	5,42 +/- 0,07	6,24 +/- 0,14
Magnitud	4,65	5,63	6,54

estudio de la variabilidad de dicha estrella, no conociéndose en detalle hasta hace relativamente pocos años sus propiedades físicas gracias a la espectrometría y espectrofotometría. Cada 6 horas y 26 minutos baja de la magnitud 6,1 a la 6,55 para recuperarse rápidamente. En este caso la distancia entre ambas es apenas el triple de lo que nos separa a nosotros de la Luna, esta extrema cercanía permite que entre ambas estrellas exista un flujo continuo de materia. Esto trae consigo que su curva de luz sea inestable, no produciéndose dos ciclos exactamente iguales.

En la tabla 1 resumimos sus propiedades astrofísicas más relevantes (G.Hill y otros, "Studies of late-type binaries", Astron. Astrophys 211, 1989).

Hablamos al principio un poco de la órbita del sistema principal, la última aceptada (Söderhjelm, 1999) indica un periodo de 206 años con una excentricidad de 0,55. Es evidente que el grado de confianza no es total y seguro que en los próximos años asistimos a modificaciones de la misma. Por ejemplo, Heintz sólo un par de años antes propuso un periodo de 220 años.

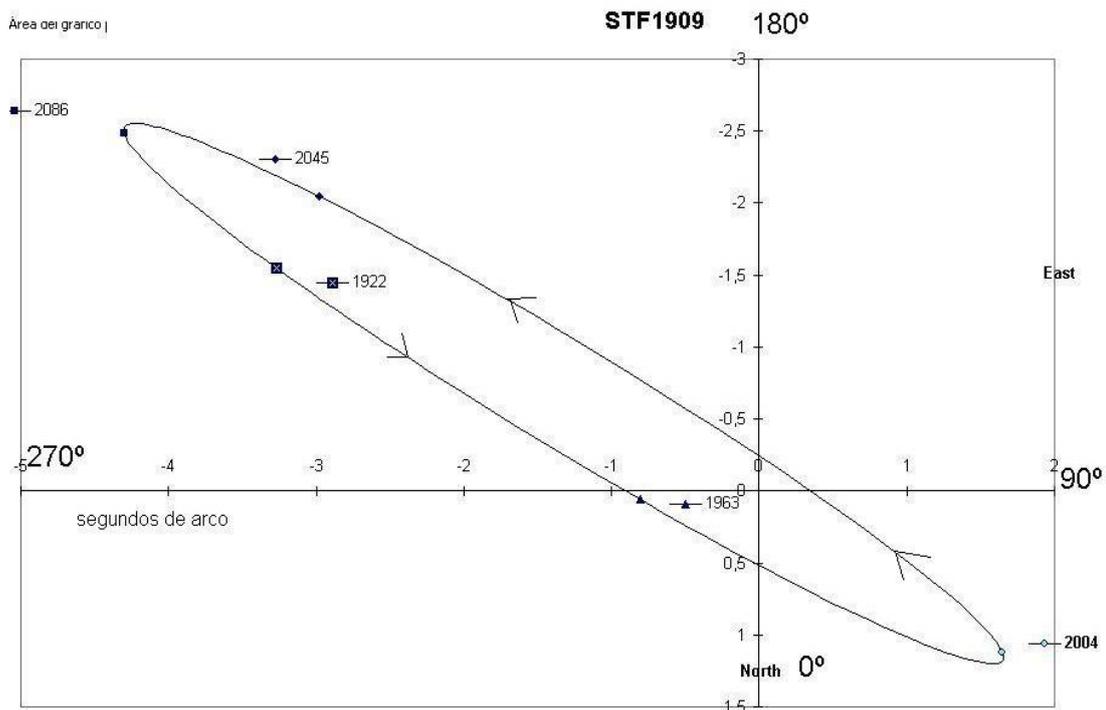
Tabla 1 (izq.) y
Tabla 2 (der.)

Año	Distancia	Ángulo de Posición
2004	2"00	55°7
2006	1"92	56°8
2008	1"79	58°1
2010	1"61	59°6
2012	1"36	61°6
2014	1"06	64°7

Apreciamos como poco a poco van a volver a acercarse hasta límites irresolubles con nuestro instrumental, así que tenemos que aprovechar antes de que llegue ese momento. Las efemérides en los próximos años se encuentran en la Tabla 2.

Nada más fácil que poder seguir su majestuosa evolución en el tiempo. El 29 de Mayo del 2001 mediante el ocular MicroGuide acoplado a un refractor de 12 cm pude medirle una separación de 2"12 y un AP de 54°1 en una media sobre un total de 9 estimaciones. En solo 2 años, el 24 de Julio de 2003 y ya mediante el refractor de 15 cm la distancia había disminuido hasta 2"06 y el ángulo de posición había aumentado a 55°7.

Por último y como curiosidad comentar que en el verano del año 2019 se encontrará en la misma situación que en 1813, a tan sólo 0"2 de distancia y por tanto únicamente al alcance de los grandes observatorios.





Cúmulos estelares al Sur del Escorpión

Ángel R. López Sánchez
angelrs@wanadoo.es

En plena Vía Láctea encontramos no sólo miríadas de estrellas sino también interesantes objetos de cielo profundo. Una zona muy interesante que investigar es la zona sur de la constelación de Scorpio. Unos simples prismáticos ya revelarán grandes concentraciones de estrellas, destacando los cúmulos abiertos **M6** (NGC 6405, **Cúmulo de la Mariposa**) y **M7** (NGC 6475, **Cúmulo de Ptolomeo**) justo al borde este de la constelación, lindando con Sagitario. Son tan brillantes (magnitudes conjuntas de 4.0 y 3.0, respectivamente) que se pueden observar sin dificultad a simple vista. Sin embargo es su visión a través de prismáticos o un ocular de muy bajo aumento y gran campo lo que mostrará la condición de cúmulos abiertos. Algo importante a recalcar es que ambos cúmulos siempre se ven a unas alturas muy bajas sobre el horizonte, por lo que la extinción atmosférica nos hace perder parte de su majestuosidad. Precisamente por esta razón la mayoría de los objetos que vamos a comentar no suelen ser muy observados desde nuestras latitudes.

Otros cúmulos muy interesantes con prismáticos son los amplísimos **NGC 6281** (al este de la preciosa doble μ scorpí, abarcando 8.25 grados cuadrados del cielo) y **Cr 316** (justo al norte de ζ scorpí). Esta zona está plagada de estrellas, de hecho

algunos autores no se ponen de acuerdo de dónde comienza un cúmulo y sigue otro. **NGC 6231** (justo 30' al norte de ζ scorpí) es un curioso cúmulo abierto de estrellas brillantes de los tipos espectrales O y B (las estrellas más calientes y más masivas), indicando que es bastante joven. La parte central del cúmulo es conocida como **Tr 24** ó **H 12** y contiene más de 200 estrellas. Parece formar una cola que se extiende hacia el noreste del cúmulo, terminando en la nebulosa **IC 4628**, objeto difícil de ver. Imágenes profundas de la región muestran aún más nebulosas y zonas oscuras: estamos observando una zona del brazo espiral fuertemente marcada por regiones H II (nebulosas ionizadas) grandes.

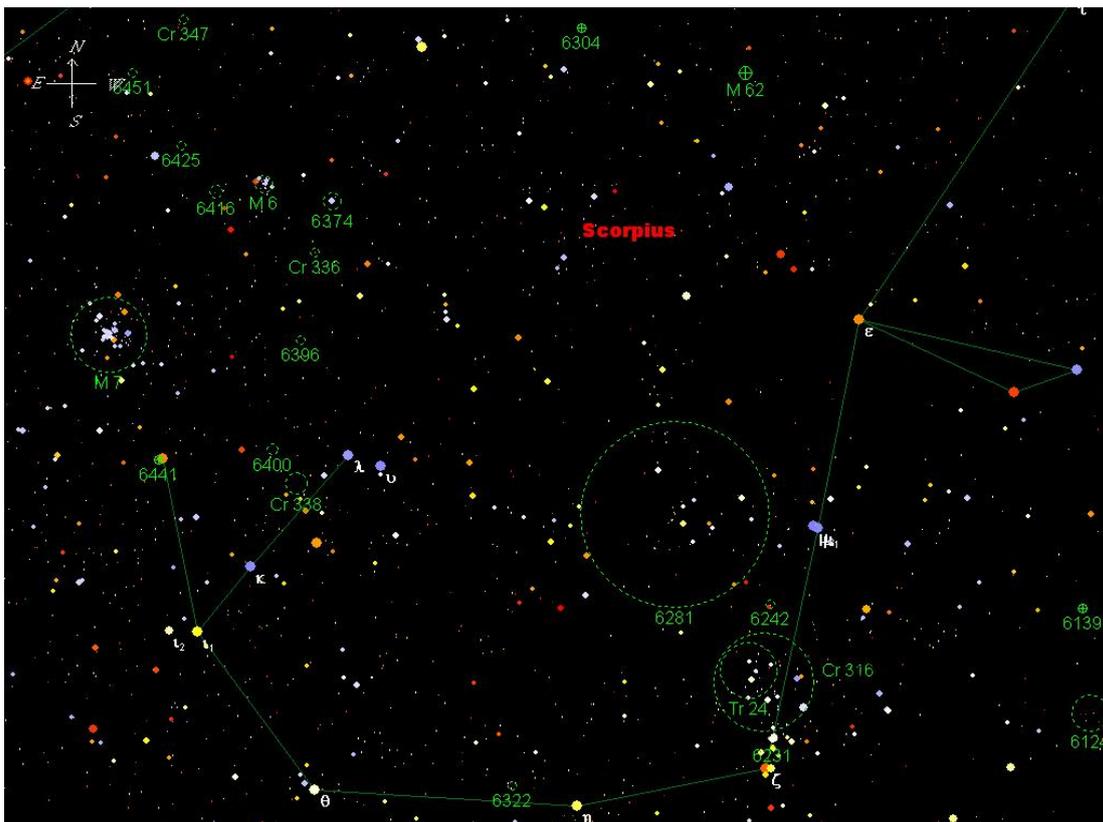
NGC 6242 es un cúmulo bastante compacto 1º al norte de la zona central de Tr 24: su tamaño es de sólo 9' pero tiene una magnitud de 6. **NGC 6322** aún es más compacto (5'), pero sólo contiene unas 30 estrellas. Se sitúa a 1.1º al este de η scorpí. Otros cúmulos abierto más sutiles son **NGC 6441**, **NGC 6400** y **NGC 6396**, en la cola del escorpión.

Podemos recomendar también dos cúmulos globulares en esta región. **M 62** (NGC 6266) está situado en la zona norte de Scorpio (de hecho, se encuentra en Ofiuco) y tiene un tamaño maño de 14.1'. Se trata de uno de los cúmulos globulares más asimétricos, aunque este detalle sólo está al alcance de los telescopios grandes. Su magnitud conjunta es 6.5, por lo que también se puede encontrar con prismáticos. De hecho, en una zona no tan plagada de estrellas como las anteriores, es muy fácil dar con él. **NGC 6193** es un globular algo más difícil. Con sólo 5.5' de tamaño y una magnitud de 9, se sitúa a unos 4,9º al oeste de μ scorpí.

Por último quiero recalcar que, posiblemente, las mejores vistas de toda la zona sur de Scorpio se consigan con unos prismáticos sobre trípode: seguro que conseguirás ver, además de varias zonas "oscuras", la mayoría de los objetos que hemos indicado y muchos objetos más.

Mapa de localización

Tabla con las características de los cúmulos estelares en el sur del Escorpión. M62 y NGC 6193 son cúmulos globulares.



OBJETO	A.R.	DEC.	MAG.	TAMAÑO
M 6	17h 40m 20.6s	-32° 15' 15"	4.0	20.0'
M 7	17h 53m 51.1s	-34° 47' 34"	3.0	80.0'
NGC 6281	17h 04m 42.0s	-37° 59' 00"	5.0	200'x150'
NGC 6231	16h 54m 10.8s	-41° 49' 27"	2.0	15.0'
Tr24 – H12	16h 57m 00.0s	-40° 40' 00"	8.6	60.0'
NGC 6242	16h 55m 33.3s	-39° 27' 39"	6.0	9.0'

OBJETO	A.R.	DEC.	MAG.	TAMAÑO
NGC 6322	17h 18m 25.7s	-42° 56' 02"	6.0	5.0'
NGC 6441	17h 50m 12.9s	-37° 03' 04"	7.2	7.8'
NGC 6400	17h 40m 12.7s	-36° 56' 52"	9.0	12.0'
NGC 6396	17h 37m 36.2s	-35° 01' 33"	8.0	3.0'
M 62	17h 01m 12.6s	-30° 06' 44"	6.5	14.1' CG
NGC 6193	16h 27m 40.4s	-38° 50' 56"	9.0	5.5' CG

Spiral Galaxy M64



Hubble
Heritage