



SIRIO

Publicación de la Agrupación Astronómica de Málaga Sirio

Revista de Divulgación Astronómica

Nº 23 Enero - Febrero - Marzo - Abril 2008

Dos nuevos cinturones de Kuiper en estrellas cercanas

La Iglesia y la astronomía,
años 1200 a 1800

Disparador casero
para la canon 400D

El pájaro cósmico

La astronomía en la
corte visigoda

Colabora e imprime



Alameda Principal, 31. Tlf: 952 21 04 42



INFORMACIÓN DE INTERÉS

Contacto:

	Agrupación Astronómica de Málaga SIRIO Centro Ciudadano Jack London, Pasaje Jack London s/n 29004 – MÁLAGA
	www.astrored.net/astromalaga www.iespana.es/astrosirio www.malagasirio.tk
	628 918 949
	952 082568
	malagaastro@eresmas.com

Número de Registro de Asociaciones de la Junta de Andalucía: 5471, Sección 1ª
Número de Registro de Asociaciones del Excmo. Ayuntamiento de Málaga: 1399 C.I.F. G92249952

REUNIONES DE TRABAJO:

	Todos los <i>miércoles</i> no festivos de ⌚ 20'00 a ⌚ 22'00 horas en el local de la de la Agrupación sito en Centro Ciudadano Jack London, Pasaje Jack London s/n 29004 – MÁLAGA
	Revista elaborada por el Equipo de Redacción de la Agrupación Astronómica de Málaga SIRIO. Esta publicación se distribuye gratuitamente entre los Socios de SIRIO así como entre las Agrupaciones y las Entidades con las que Sirio mantiene relaciones institucionales.
<i>La Agrupación Astronómica de Málaga SIRIO, no comparte necesariamente las opiniones de los autores de los artículos o cartas publicados en SIRIO.</i>	

Colaboración :

D^a. Carmen Sánchez Ballesteros (Profesora de Educación Secundaria).

ENTIDADES CON LAS QUE COLABORA SIRIO

Minor Planet Center	Centro de Ciencia	Sociedad Observadores de Meteoros y Cometas de España
Parque de las Ciencias de Granada	Observación Solar	Spanish Fireball Network

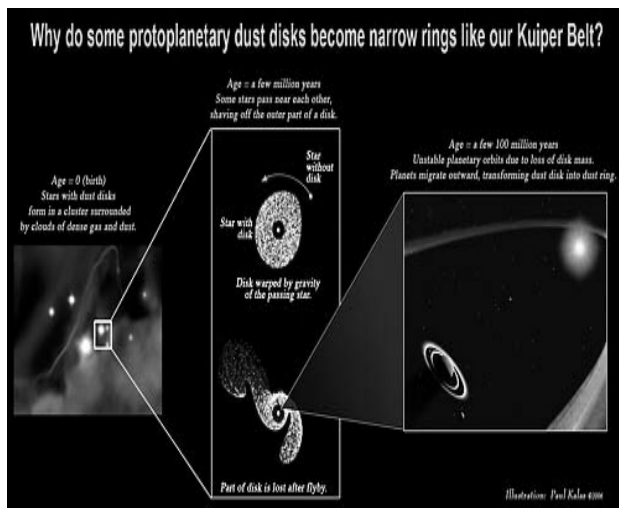


Dos nuevos Cinturones de Kuiper en estrellas cercanas

Fuente: <http://www.astroseti.org/>

Los investigadores piensan que los discos de escombros que rodean a algunas estrellas pertenecen a dos categorías: anchos y angostos. Y si el de nuestro sistema

solar, un anillo de rocas heladas que se encuentra más allá de la órbita de Neptuno y que es la fuente de cometas de período corto.



Paul Kalas y sus colaboradores especulan qué acontecimientos tempranos en la vida de una estrella ponen en movimiento un camino evolutivo que lleva a un disco ancho o a uno angosto. Típicamente, las estrellas nacen con discos circum-estelares y, a menudo surgen dentro de un cúmulo que contiene otras muchas estrellas recién nacidas.

En algunos casos, las estrellas pasan tan cerca unas de otras que canibalizan mutuamente sus discos de polvo, afeitando sus bordes externos. Las simulaciones teóricas muestran que si una estrella tiene un sistema planetario, entonces la pérdida de masa del disco puede llevar a órbitas planetarias inestables. Los planetas pueden terminar emigrando a grandes distancias de la estrella, recortando el borde interior del disco.

Con el borde exterior recortado por otra estrella y el interior recortado por un planeta voluntarioso, el disco original de escombros queda reducido a un anillo.

Crédito: Paul Kalas / UC Berkeley

solar es del segundo tipo, podría ser un indicio de algo muy interesante...

Un estudio sobre 22 estrellas cercanas realizado por el Telescopio Espacial Hubble de la NASA ha revelado dos brillantes discos de escombros que parecen ser el equivalente del Cinturón de Kuiper de nuestro sistema

Los discos de escombros que rodean a estas estrellas caen dentro de dos categorías (anchos y angostos), que parecen describir a todas las nueve estrellas, incluida nuestro Sol, que se sabe poseen estos discos relacionados con la formación planetaria. De hecho, los bien definidos bordes exteriores de los cinturones angostos, tales como nuestro Cinturón de Kuiper, pueden ser un indicio de la existencia de una compañera estelar que acicala continuamente el borde, de la misma forma en que las lunas pastoras recortan los bordes de los anillos que rodean a Saturno y a Urano.

El astrónomo investigador Paul Kalas, el profesor de astronomía James Graham y el estudiante graduado Michael Fitzgerald de la Universidad de California, Berkeley, junto a Mark C. Clampin del Centro Goddard de Vuelo Espacial en Greenbelt, Maryland, informaron acerca de su descubrimiento y conclusiones en el número del 20 de enero de 2006 de la revista *Astrophysical Journal Letters*.

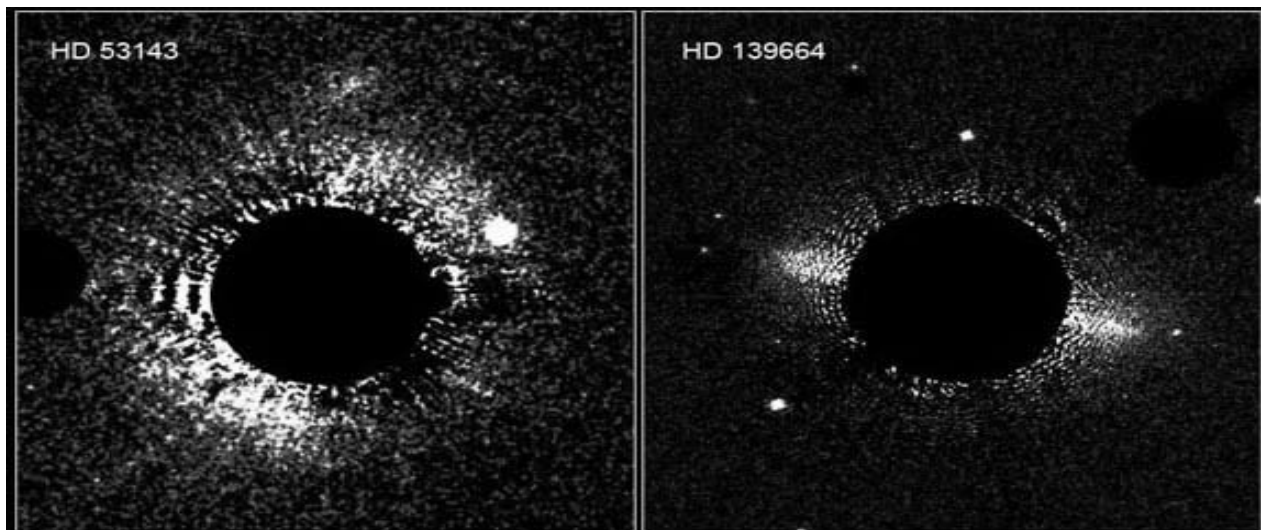
Los recientemente descubiertos discos estelares, cada uno de ellos a unos 60 años luz de la Tierra, hacen llegar a 9 el número de estrellas con discos polvorientos de escombros observables en las longitudes de onda visibles. Estos nuevos son, sin embargo, diferentes en el sentido de que son lo suficientemente antiguos (más de 300 millones de años) como para haberse conformado. Los otros 7, con la excepción del Sol (que tiene 4 600 millones de años), son jóvenes según los estándares cósmicos. Además, las masas de estas estrellas son más cercanas a la de nuestro Sol.

“Estos son los discos de escombros más antiguos que se pueden ver con luz reflejada, y son importantes porque muestran cómo puede lucir el Cinturón de ➡

Kuiper visto desde fuera”, dijo Kalas, el investigador principal. “Estos son tipos de estrellas alrededor de las cuales se podría esperar encontrar zonas habitables y planetas que pudieran desarrollar vida”.

La mayoría de los discos de escombros se pierde en el resplandor de la estrella central, pero la alta resolu-

caen dentro de dos categorías: aquellos con un cinturón ancho, de más de 50 unidades astronómicas, y los delgados, con un ancho de entre 20 a 30 UA y con un límite exterior bien definido, probablemente como nuestro Cinturón de Kuiper. Una unidad astronómica, o UA, es la distancia promedio entre la Tierra y el Sol,



Estos dos brillantes discos de hielo y polvo parecen ser el equivalente de nuestro Cinturón de Kuiper. El ancho disco de la izquierda, oblicuo a nuestra línea de visión, rodea a HD 53143, una estrella tipo K ligeramente más pequeña que nuestro Sol y de aproximadamente mil millones de años de edad. El disco angosto de la derecha, que se encuentra inclinado mostrándose casi de borde, rodea a la estrella HD 139664, una tipo F ligeramente más grande que el Sol pero de apenas 300 millones de años de edad. Los bien definidos bordes exteriores del cinturón angosto puede ser una evidencia indicadora de la existencia de un compañero invisible que mantiene “acorralados” a los escombros, en forma similar a las lunas pastoras que recortan los bordes de los anillos alrededor de Saturno y Urano. Las imágenes en falso color fueron tomadas por la Cámara Avanzada para Inspecciones del Hubble en septiembre de 2004.

Crédito: NASA, ESA, P. Kalas / UC Berkeley

ción y sensibilidad de la Cámara Avanzada para Inspecciones del Telescopio Espacial Hubble han hecho posible encontrar estos discos después de bloquear la luz de la estrella. Durante los dos últimos años, Kalas ha descubierto discos de escombros alrededor de otras dos estrellas (Au Microscopii y Fomalhaut), uno de ellos con el telescopio Hubble, y ha estudiado detalles de la mayoría de las otras estrellas con discos conocidos.

“Conocemos más de 100 estrellas que presentan emisión infrarroja en exceso con respecto a la emitida por la misma estrella, y ese exceso de emisión termal proviene del polvo circum-estelar”, dijo Kalas. “La parte difícil es obtener imágenes con resolución que brinde información espacial. Ahora, dos décadas después de que fueran descubiertos, finalmente comenzamos a ver los discos de polvo. Estas detecciones recientes son realmente un tributo a todo el duro trabajo que significó la mejora de los instrumentos del Hubble durante la última misión de servicio”.

La pequeña muestra ya confirma que esos discos

unos 150 millones de kilómetros. Se cree que nuestro Cinturón de Kuiper es angosto, extendiéndose desde la órbita de Neptuno, a unas 30 UA, hasta unas 50 UA.

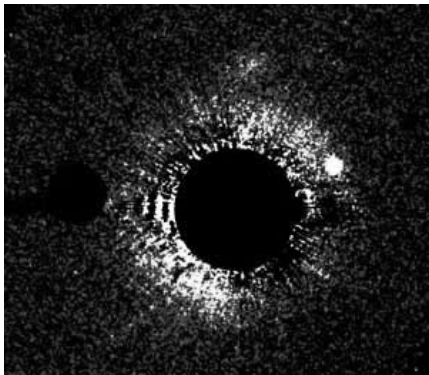
Si eso fuera correcto, significaría que el Sol también tiene una compañera que mantiene al Cinturón de Kuiper confinado dentro de una frontera bien delimitada.”

La mayoría de los discos de escombros conocidos parece tener un área central limpia de restos, quizás por la presencia de planetas que son probablemente los responsables por los bien definidos bordes interiores de muchos de estos cinturones.

Kalas y Graham especulan que las estrellas que también tienen bordes externos bien definidos tienen una compañera (una estrella o quizás una enana marrón) que evita que el disco se extienda hacia fuera, en ➡

forma similar a la que las lunas de Saturno dan forma a los bordes de muchos de los anillos de los planetas.

“La historia de cómo se hace un anillo alrededor de un planeta podría ser la misma que la que hace anillos alrededor de una estrella”, dijo Kalas. Solamente se sabe que una de las nueve estrellas tiene una compañera, pero en realidad, dijo, nadie ha observado a la mayoría de estas estrellas para comprobar si tienen compañeras poco luminosas a grandes distancias de la estrella primaria.



HD 53143

Crédito: NASA, ESA, P. Kalas / UC Berkeley

Él sugiere que una estrella perdida que pasó cerca puede haber desgarrado los bordes del disco planetario original, pero sería necesaria una compañera de tamaño estelar para evitar que el material remanente, como son asteroides, cometas y polvo, se extienda hacia fuera.

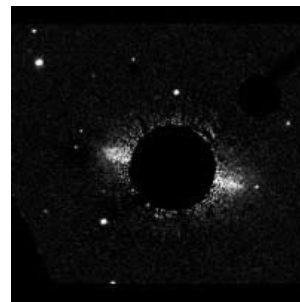
Si eso fuera correcto, significaría que el Sol también tiene una compañera que mantiene al Cinturón de Kuiper confinado dentro de una frontera bien delimitada. Aunque con anterioridad ya ha sido propuesta una estrella compañera (lo más reciente fue presentado por el profesor de física de UC Berkeley, Richard Muller, que bautizó a la compañera con el nombre de Némesis), hasta ahora no se ha descubierto ninguna evidencia sobre su existencia.

Una incertidumbre clave, dijo Kalas, es que si bien podemos ver muchos de los grandes planetesimales de nuestro Cinturón de Kuiper, apenas si podemos detectar el polvo.

“Irónicamente, nuestro disco de escombros es el más cercano, sin embargo es el menos conocido de todos”, dijo. “Realmente nos gustaría saber si el polvo de nuestro Cinturón de Kuiper se extiende en forma significativa más allá del borde de las 50 UA de los objetos más grandes. Recién cuando consigamos esta informa-

ción, podremos ubicar correctamente a nuestro Sol dentro de las categorías de discos anchos o angostos”.

El estudio estelar de Kalas, Graham, Fitzgerald y Clampin fue uno de los primeros proyectos para la Cámara Avanzada para Inspecciones que se encuentra a bordo del Hubble, instalada en 2002. Las 22 estrellas fueron observadas a lo largo de un período de dos años que finalizó en septiembre de 2004. Las estrellas con discos de escombros detectables en luz visible fueron HD 53143, una estrella tipo K ligeramente más pequeña que el Sol y con mil millones de años de edad, y HD 139664, una estrella tipo F un poco más grande que el Sol pero con apenas 300 millones de años de edad.



HD 139664

Crédito: NASA, ESA, P. Kalas / UC Berkeley

“Una es una estrella tipo K y la otra es una estrella tipo F, por lo tanto es más probable que formen sistemas planetarios con vida que otras estrellas masivas y de vida más corta, como por ejemplo Beta Pictoris y Fomalhaut”. “Cuando observamos a HD 53143 o a HD 139664, podríamos estar viendo gemelos astrofísicos de nuestro Cinturón de Kuiper”.

El disco que rodea a la más vieja de las dos estrellas, HD 53143, es ancho como el de Beta Pictoris (Beta-Pic), que fue el primer disco de escombros que haya sido observado jamás, hace unos 20 años, y como el AU Microscopii (AU Mic), que Kalas descubrió el año pasado. Tanto Beta-Pic como AU Mic tienen unos diez millones de años de edad.

El disco que rodea a HD 139664, sin embargo, es angosto, similar al que rodea a la estrella Fomalhaut, y al que Kalas fotografió por primera vez el año pasado. HD 139664 tiene un borde muy bien definido a 109 UA, similar al nítido borde exterior de nuestro Cinturón de Kuiper a 50 UA. El cinturón de HD 139664 comienza a unas 60 UA de la estrella y alcanza su pico de densidad a una distancia de 83 UA.

“Si podemos comprender el origen del nítido borde exterior de HD 139664, podríamos entender mejor la historia de nuestro sistema solar”, dijo Kalas.



El pájaro cósmico

Fuente : Astroseti.org



Arriba, la galaxia irregular, en medio la galaxia espiral barrada y la tercera galaxia. Los núcleos son muy visibles en forma de puntos amarillos rodeados en naranja. La imagen se ha obtenido a partir de observaciones hechas por el Hubble y el VLT

© ESO

Utilizando la técnica de la óptica adaptativa, un equipo de astrónomos del ESO demostró que lo que se tomaba por una colisión de dos galaxias, observada con el telescopio Hubble, era de hecho una colisión triple. Un acontecimiento excepcional que nos muestra posiblemente una galaxia elíptica en formación.

La técnica de la óptica adaptativa comenzó a ser utilizada en astronomía al principio de los años 1990 pero ya estaba preparada desde hacía más tiempo en el marco del programa de "La guerra de las galaxias" lanzado por el presidente norteamericano Ronald Reagan a

principio de los años 1980. Pero, como el secreto militar obliga, esta tecnología sólo se aplicó en el campo civil algunos años más tarde.

Gracias a ella, el instrumento NaCo, que equipa el VLT, puede corregir los efectos de las turbulencias atmosféricas sobre el grado de resolución de un telescopio. Recordemos que si un telescopio de un cierto diámetro puede observar detalles de una cierta finura a una longitud de onda dada, la agitación turbulenta de la atmósfera rebaja el grado de resolución de la capacidad teórica del instrumento. No obstante, deformando el espejo del telescopio con la ayuda de gatos elevadores controlados por ordenador, es posible corregir en cierta medida los efectos de la turbulencia sobre la formación de las imágenes. En la práctica, esto es sólo posible para el infrarrojo cercano.

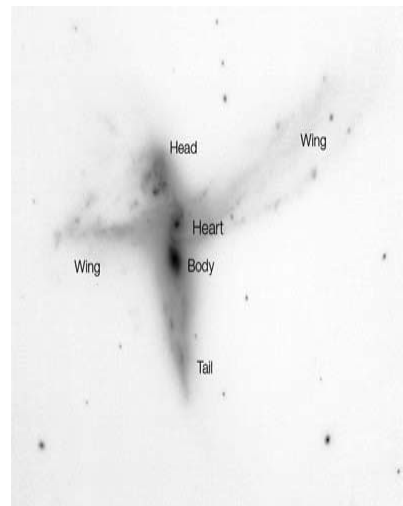
Un equipo internacional de astrónomos acometió con esta técnica el estudio un poco más de cerca de una colisión de galaxias situadas a 650 millones de años de luz y catalogada bajo los nombres siguientes: ESO 593-IG 008 e IRA 19115-2124. El infrarrojo permitió penetrar a través de las nubes de polvo, y los investigadores concluyeron que en la colisión observada con el Hubble intervenían tres cuerpos, de los cuales uno era una

nueva pequeña galaxia.

Además de ambas galaxias espirales masivas, de las que una está barrada, la mirada del VLT mostraba ahora una tercera galaxia irregular, el lugar de una explosión de nuevas estrellas.

¿El hada campanilla en el cielo?

La imagen obtenida recuerda a la de un ave, y hasta, según algunos, a el hada campanilla del cuento de Peter Pan. La "cabeza" corresponde a la pequeña galaxia donde el índice de formación estelar está estimado en 200 estrellas al año aproximadamente. Las "alas" se corresponden, a las corrientes gravitacionales, las estrellas arrancadas bajo el efecto de la atracción gravitacional. Y se extienden sobre una superficie de 100.000 años luz.



La colisión de las galaxias vista únicamente con el VLT.

© NACO/VLT



DISPARADOR CASERO PARA LA CANON 400D

por Isaac Lozano Rey

Dicen que la Astrofotografía es una de las partes de la Fotografía más complicada. Y no les falta razón, en mi corta experiencia he podido comprobar hay que tener mucha paciencia tanto en la toma de fotos como en el posterior apilado y procesado.

En primer lugar, podríamos dividir la Astrofotografía en dos partes. La primera está dedicada a los objetos de cielo profundo: cúmulos, nebulosas, galaxias... Y en la segunda tenemos objetos de planetaria: La Luna, Marte, Júpiter, Saturno...

Para los objetos de cielo profundo, las cámaras idóneas son las réflex y las CCDs. En cambio, para planetaria, mejor disponer de una cámara de vídeo, o bien de un método muy barato: las webcams, pues los planetas son objetos muy luminosos y necesitamos buscar buenos frames en esos vídeos para poder sacar un resultado decente.

Con objetos de cielo profundo, necesitamos tomas de larga exposición (siempre evitando saturar la imagen) y cuantas más mejor, para que en el posterior apilado podamos sacar los detalles más débiles del objeto. Se han popularizado en estos tiempos las réflex, y en especial la Canon EOS 350D y su sucesora la 400D.

El principal problema al disparar la foto se encuentra en el movimiento que le propinamos a la cámara al pulsar sobre el disparador.

Esto se denomina “trepidación”, y hace que el telescopio se mueva ligeramente durante un breve periodo de tiempo (dependiendo de la estabilidad de la montura). Por ello, el resultado final de la foto saldrá deteriorado por culpa de la trepidación.

disponer de un disparador remoto o teleconmutador RS-60E3 (figura 1). Si miráis el precio, veréis que cuesta unos 25 ó 30€, dependiendo de la tienda. Y, sin embargo, su funcionamiento es tan simple que la mejor solución es la de hacer un poco de astrobricolaje. A continuación voy a



Figura 1 – Teleconmutador RS-60E3 de Canon

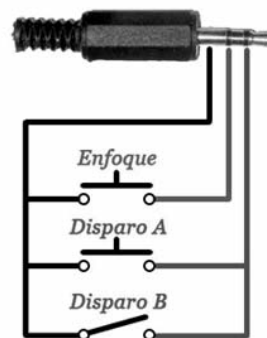


Figura 2 – Esquema del circuito enfocador/disparador

No hay que alarmarse, porque esto se puede evitar fácilmente. La mayoría de estas cámaras disponen de temporizador o cuenta atrás de unos diez segundos, y si lo activamos se nos solucionarán los problemas. Esta es la solución fácil. Existe otra, pero no es gratuita. Y es la de

describir el método que realicé yo (que no soy muy manitas por cierto). Para ello, solo me gasté 3€ aproximadamente. ¿Merece la pena o no?

Lista de materiales:

- Cable de auriculares →



Figura 3 – Cables de auriculares cortados

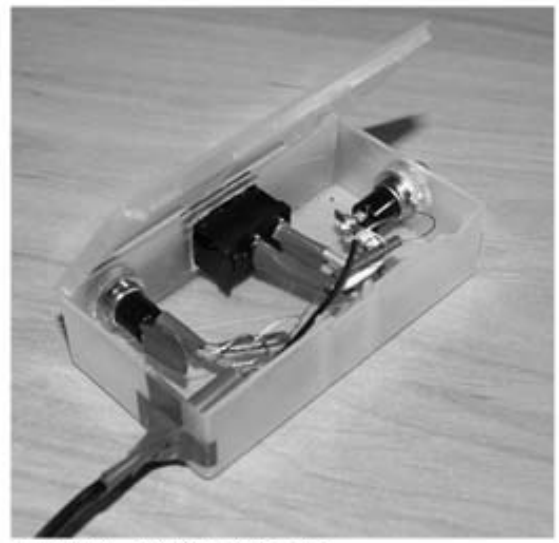


Figura 4 – Interior de la caja

- 2 pulsadores (para el disparo y enfoque)
- 1 interruptor (tomas bulb o de larga exposición)
- Una caja vieja de un kit de reparación de bicicletas
- Un poco de estaño
- Clavija estéreo mini-jack de 2.5mm

Y el esquema del circuito se muestra en la figura 2. Como veis, es bastante simple. El conector mini-jack tiene 3 conexiones, una de ellas es la masa, y las otras dos el positivo y el negativo. Uniendo la masa con uno de ellos haréis que la cámara enfoque, mientras que si cortocircuitáis la masa con el otro, provocaréis el disparo de la cámara.

Ahora bien, ¿para qué tenemos en nuestro circuito un pulsador y un interruptor en paralelo? El pulsador lo ponemos para realizar fotografías rápidas, mientras que el interruptor lo tenemos para tomas de larga exposición, porque resulta lógico que pulsar el otro durante un rato puede llegar a cansarnos y no es la solución idónea.

Hay que tener en cuenta que estos disparadores, además de

disparar, realizan un enfoque previo. Como a nosotros no nos interesa el enfoque en fotografías de cielo profundo, y el objetivo lo tenemos quitado para fotografías a foco primario, al pulsar tanto el pulsador como el interruptor vamos a disparar automáticamente sin realizar ningún enfoque.

Esta es la parte esencial del disparador casero. Antes comenté que los cables usados eran los de auriculares. Esta “extraña” elección la hice porque estos auriculares tienen unos hilos de masa y otros hilos que van a parar a las otras dos conexiones del minijack. Si abris estos cables, veréis lo que se muestra en la figura 3. Estos hilos están recubiertos por una especie de pintura para evitar el contacto entre ellos. Así que una vez cortados los cables, para poder estañarlos necesitamos eliminar la pintura. Es una tarea muy complicada, por lo que tal vez la mejor opción es comprar cable paralelo apantallado (que viene sin pintura). Si de todos modos os queréis complicar la vida como yo, la pintura se puede quitar quemando los hilos con un mechero (no mucho tiempo porque si no también se os van a chamuscar los

hilos además de la pintura). Después, con un cúter o un cuchillo, elimináis con cuidado la pintura quemada.

Lo demás, a gusto del consumidor, yo usé la primera caja pequeña que encontré para albergar el interruptor y los pulsadores. Venden cajas de pequeño tamaño en tiendas de electrónica, pero seguramente sea más rentable reciclar cualquiera que tengáis con polvo acumulándose por casa.

En las figuras 4 y 5 tenéis el interior de la parte del esquema mostrado anteriormente y el resultado final recubierto por cinta aislante (para que quede más bonito), respectivamente.



Figura 5 – Resultado final del disparador



La Astronomía en la corte Visigoda

Recopilado por Paco Medina



San Isidoro de Sevilla (560-636) escribió un tratado científico titulado "De rerum natura" (Sobre la naturaleza), a inicios del siglo VII, a petición del rey Sisebuto, que reinó en la Hispania visigoda entre los años 612 y 621.

Este libro, que pronto fue conocido en toda Europa, trataba de sintetizar el

conocimiento científico en su tiempo, y abarcaba diversas materias, con un especial hincapié en la divulgación de la astronomía.

El propio rey Sisebuto, en la respuesta a San Isidoro tras recibir el libro, trató de dar una explicación a los eclipses de Luna y de Sol. A partir de entonces, el libro de

Isidoro y la carta de Sisebuto fueron conocidos de forma conjunta. Pese a que hay discusiones, en el caso de Sisebuto, su creencia en una tierra esférica, parece desprenderse de la lectura de su texto, ya que habla de umbra rotae (sombra redonda) y de globus. El proceso de un eclipse en su conjunto (un Sol que al girar ocasiona siempre una forma igual en la sombra que es cortada por la Luna) también implica una tierra en forma de esfera.

Pese a su admiración al sabio hispalense, Sisebuto no siguió al pie de la letra sus teorías, y así su creencia en la luminosidad propia de las estrellas y de los planetas contradice a San Isidoro, que pensaba que éstas no tenían luz propia y que eran iluminadas por el Sol, al igual que lo era la Luna.



Astronoticias

ENCUENTRAN MOLECULAS ORGÁNICAS FUERA DEL SISTEMA SOLAR.

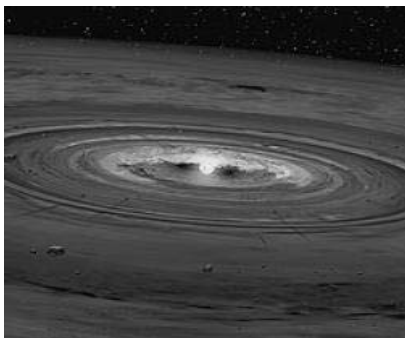
04 de enero de 2008.

Astrónomos en Instituto Carnegie han encontrado los primeros indicios de moléculas orgánicas muy complejas en el disco de polvo rojo que rodea a una estrella distante. La estrella de ocho millones de años de edad, conocida como HR 4796A, se infiere que está en las últimas etapas de la formación de planetas, sugiriendo que los bloques básicos para la creación de la vida tal vez sean comunes en los sistemas planetarios.

Más información en:

<http://www.scienceblog.com/cms/red-dust-planet-forming-disk-may-harbor-precursors-life-15141.html>

<http://www.universetoday.com/2008/01/04/organic-molecules-found-outside-our-solar-system/>



¿ENANA BLANCA O PÚLSAR?

03 de enero de 2008.

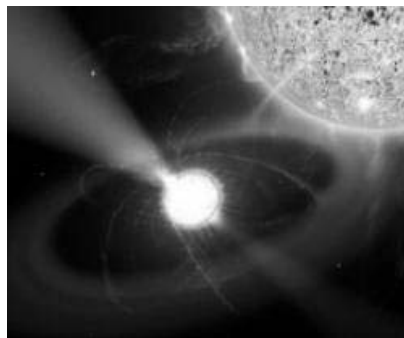
Un grupo de astrónomos ha descubierto algo que nunca espera-

ron encontrar. Los científicos estaban estudiando estrellas enanas blancas, buscando establecer si las mismas eran las responsables de los rayos cósmicos que atraviesan de nuestra galaxia y de vez en cuando chocan con la Tierra. En cambio, encontraron que una estrella enana blanca conocido como AE Aquarii actúa como un Pulsar, retando todo lo establecido por los científicos sobre este tipo de estrellas.

Más información en:

<http://www.universetoday.com/2008/01/03/white-dwarf-or-pulsar/>

http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2007/whitedwarf_pulsar.html



EL NUEVO CICLO SOLAR COMENZÓ CON EL AÑO NUEVO.

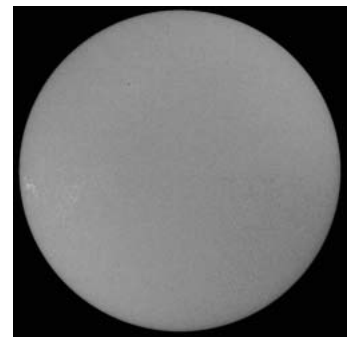
05 de enero de 2008.

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos, un nuevo ciclo solar se encuentra a punto de empezar. La previsión original establecía como fecha de inicio del Ciclo Solar 24, el mes de marzo del 2008, pero ya se encuentra en evolución en el hemisferio Norte del Sol, la primera mancha

solar magnéticamente invertida del nuevo ciclo undecenal.

Más información en:

<http://www.universetoday.com/2008/01/05/new-solar-cycle-begins-with-new-year/>



EL GRAN COLISIONADOR DE HADRONES Y LA BÚSQUEDA DEL BOSÓN HIGGS.

04 de enero de 2008.

Cuando fue desarrollado el modelo standard de la física de partículas, los científicos predijeron una colección de partículas y gracias a los colisionadores desarrollados desde entonces, los físicos han podido encontrarlos a todos excepto a uno: el bosón Higgs. Esta partícula elemental es una de los más importantes porque debe explicar cómo los objetos tienen la masa. El gran colisionador europeo de Hadrones debe tener la sensibilidad para encontrarlo.

Más información en:

<http://www.universetoday.com/2008/01/04/podcast-the-large-hadron-collider-and-the-search-for-the-higgs-boson/>



LA IGLESIA Y LA ASTRONOMÍA, AÑOS 1200 A 1800

Por Rafael Estartús

INTRODUCCION

"La Iglesia Católica ha dado más apoyo financiero y social al estudio de la astronomía por más de seis centurias, que ninguna otra institución en el mismo tiempo, y, probablemente, que todas las instituciones juntas; esto ha sido desde la Baja Edad Media hasta la Ilustración".

Es decir, desde 1200 hasta 1800 aproximadamente.

Con esta tajante afirmación, J.L Heilbron comienza su libro "The Sun and the Church" (Ver Bibliografía al final). En la pág. 20, explica que no se trata de una defensa de la Iglesia Católica, sino de una defensa de la verdad.

Heilbron, un distinguido profesor de la Universidad de California en Berkeley, y autor de numerosas obras de divulgación de historia de la ciencia, cuenta (pág. 4) que el libro se originó en su mente durante la visita a cuatro catedrales italianas y una francesa, donde en tiempos pretéritos se había instalado un "heliómetro", (instrumento para observaciones solares, como veremos). Le fascinó la belleza de las catedrales y de lo que quedaba de los heliómetros integrados en ellas, desde donde se han realizado durante siglos muchos estudios fundamentales de astronomía. Y la astronomía fue la primera ciencia moderna en aparecer, seguida por la mecánica, que el hombre ha aprendido mirando al cielo (viendo el

movimiento de los astros).

En las 366 densas páginas del libro se documenta, con lujo de gráficos, fórmulas y cálculos, los nombres y la obra de muchos científicos poco conocidos, pero muy productivos, reclutados y promovidos total o parcialmente por las órdenes religiosas, los obispos, los cardenales... A cualquier fraile, clérigo o laico alumno de una escuela católica que tuviese facilidad e interés por las matemáticas y sus aplicaciones, se le animaba a dedicarse a esas actividades, cuya vertiente científica tenía mucho que ver con la astronomía. Y se procuraba darles licencia de otras ocupaciones si eran frailes o sacerdotes, o bien obtenerles alguna colocación si eran laicos, para que pudieran dedicar muchas horas al estudio tranquilo y a la investigación. Se les proporcionaba libros, se les buscaba financiación para adquirir instrumentos de investigación; y si escri-

bían, antes de la invención de la imprenta se procuraba hacer copias de sus escritos, y cuando la imprenta ya se popularizó, fácilmente recibían fondos para editarlos y distribuirlos.

En el Perú tenemos un ejemplo - al menos uno, seguramente muchos más- de eclesiástico promotor de la investigación científica e interesado en ella: el Arzobispo de Trujillo Martínez de Compañón (1737-1797). Aunque sobre todo fomentó estudios geográficos y etnográficos, en su biblioteca de Trujillo estaban obras del famoso científico jesuita Atanasius Kircher (1601-1680).

La generosidad de la Iglesia Católica hacia la astronomía no era sólo una cuestión de amor a la ciencia, sino además un problema administrativo: había que establecer y promulgar las fechas de la Pascua en los años sucesivos, celebrando el día de la resurrección de Cristo en el



Catedral de Fraunberg, en la actualidad. Ha sido conservada y restaurada, para que quede como cuando Copérnico era canónigo de la misma



domingo siguiente al primer plenilunio de primavera. Esa era una preocupación antigua, pues ya el Primer Concilio de Nicea, celebrado el año 325, (donde se definió el Dogma de la Santísima Trinidad, contra Arrio) estableció que la fecha de la Pascua debía ser un día fijo para toda la cristiandad, y encomendó a los sabios de Alejandría el cómputo adelantado de esa fecha. Esta orden era muy difícil de cumplir, y de hecho los cristianos celebraban la Pascua en varios días diferentes según las regiones. Ya habían pasado más de mil doscientos años desde Nicea, cuando por fin se pudo reformar el calendario juliano, pasándolo al llamado calendario gregoriano (promulgado por Gregorio XIII en 1582).

CAPITULO I. ANTECEDENTES DE LA REVOLUCION COPERNICANA (HASTA 1543)

La Cosmología, antes de Copérnico

Las teorías admitidas en la cosmología eran una herencia no despreciable, pero muy primitiva. Representaban lo que se le ocurre a un hombre a primera vista. Entre ellas hay que destacar: La Tierra está inmóvil, y el Sol y los astros giran a su alrededor. Esta proposición no fue impuesta por la Iglesia como dogma (como a veces se dice), sino que es muy anterior a la Iglesia y era admitida sin discusión por la inmensa mayoría. Se debe a lo que vemos y deducimos espontáneamente, que el Sol se mueve. La Tierra parece quieta. Los poquísimos científicos griegos que en la Edad Antigua habían insinuado que era la Tierra la que se movía, y no el Sol, fueron considerados como mentes insanas y peligrosas. Un cuerpo que se mueve tiende a

pararse a menos que se le siga empujando. La experiencia lo muestra, también a primera vista. Por eso Aristóteles pensaba que una flecha que surcaba el aire era empujada por los remolinos de aire, y que los astros eran empujados continuamente por el Primer Motor. De lo contrario, se detendrían de inmediato.

Si la Tierra se moviera, las flechas no se detendrían: quedarían atrás, se perderían de vista porque su reposo no seguiría el movimiento terrestre. Los pájaros también quedarían atrás, decían otros, y nunca podrían regresar a su nido.

Estas argumentaciones parecían convincentes. El aspecto meramente cinemático era el más fácil de poner del revés: ya Virgilio había dicho que "Cuando salimos del puerto, la tierra y las ciudades se alejan". Se daba cuenta de que el movimiento era relativo: el barco se alejaba, o bien el puerto se alejaba; éstas pueden ser expresiones equivalentes. Sin embargo, el aspecto dinámico era más comprometido: los pájaros al volar no quedaban atrás respecto a la tierra, luego la tierra estaba inmóvil. Faltaba ni más ni menos que la comprensión de la ley de la inercia.

El Sistema de Ptolomeo. En el siglo II de la Era Cristiana, Ptolomeo de Alejandría había escrito notables obras de astronomía que compartían las anteriores ideas. Además, para él los movimientos del sol y los astros eran circulares, y para que se aproximasen más a lo observable el centro de las órbitas circulares no era la Tierra, sino un punto exterior (la circunferencia era una excéntrica). Uno de los muchos méritos de Ptolomeo es que con sus construcciones geométricas y los cálculos que él ideó, por cierto bien complicados, se podían predecir con

bastante aproximación las posiciones de los astros en la esfera celeste. Ptolomeo también escribió una obra de astrología que tuvo mucho éxito en la Edad Media.

La prehistoria de la Ley de la Inercia

Aristóteles afirmó que el mundo no tiene principio ni fin, sino una historia que se repite periódicamente. Una vez más, una observación primera de la naturaleza, induce a pensar así: suceden las 4 estaciones, y se vuelven a repetir. Los hombres mueren y nacen y se renuevan. Nada hay nuevo bajo el Sol. Averroes, filósofo musulmán español, comentó a Aristóteles, ahondando en los errores del griego, o sea, la eternidad del mundo y la falta de libertad (determinismo total, todo lo que va a pasar está escrito). Propuso la teoría de la doble verdad (lo que es verdadero en religión puede ser falso en filosofía y recíprocamente).

El 7 de marzo de 1277, el Obispo de París, Esteban Tempier, alarmado por el gran prestigio de los averroístas en la Universidad de París, decretó la condenación de gran número de proposiciones que estaban en circulación, entre ellas las siguientes:

- La eternidad del Mundo.
- El determinismo total (no hay libertad, todo lo que sucede "estaba escrito").
- La influencia decisiva de los astros sobre las acciones humanas (condenaba la astrología).
- La doctrina del Gran Año, según la cual cada 36,000 años la historia volvería a repetirse de forma idéntica.
- La teoría de la "doble verdad".

Al declarar que tales doctrinas eran incompatibles con la fe católica, Tempier obraba en estrecha unión con el Papa, Juan XXI. ⇨

Buscaban sólo proteger la ortodoxia católica, pero su resultado fue tan beneficioso para el enfoque científico, que Pierre Duhem dice que hay que considerar este decreto como la partida de nacimiento de la ciencia moderna.

Se necesitaba un golpe de timón firme y enérgico para cerrar las rutas falsas, y sólo una institución con poder y prestigio como la Iglesia Católica podía darlo (ni el judaísmo ni el mahometismo estaban en condiciones de hacer algo parecido).

La matriz cultural cristiana

Llamaremos así al conjunto de convicciones, conocimientos y hábitos que caracterizaron al mundo católico de la Baja Edad Media, marcado por el cristianismo. En particular, podemos considerar como de gran relevancia para la ciencia no nacida aún, las siguientes convicciones:

- El mundo ha sido creado de la nada. No es un ser divino, ni ha sido formado de la substancia de Dios. En cambio, quien tiene la misma substancia de Dios es Jesucristo, Unigénito, Consustancial al Padre. Pero no el mundo, que no es por tanto, divino. El mundo es criatura, es manejable, es comprensible. Así se cierra la puerta a cualquier desviación panteísta, fatal para la ciencia.

- El hombre ha sido creado a imagen y semejanza de Dios. Por tanto es capaz de conocer a los demás seres que Dios ha creado. La misión que Dios ha encomendado al hombre ("creced y multiplicaos, y llenad la Tierra, y dominadla"), exige, para poder ser cumplida, que el hombre sea capaz de realizarla. En otras palabras, el uso espontáneo de nuestras capacidades naturales de conocer y de obrar no nos conducirá al caos, sino al conocimiento y a la

acción correctos: el hombre está preparado para dominar la naturaleza.

- La persona humana tiene la dignidad de ser amada por Dios, en particular, hasta el punto de que Dios es capaz de sufrir la Pasión por cada uno. El trabajo humano, manual e intelectual, es digno y grato a Dios. El hombre es el rey de la Creación.

- La Providencia Divina puede intervenir en el mundo sin violentar las leyes de la naturaleza (Providencia ordinaria), porque el determinismo no es total. También puede violentarlas cuando le parezca oportuno, y en ese caso tendríamos el milagro.

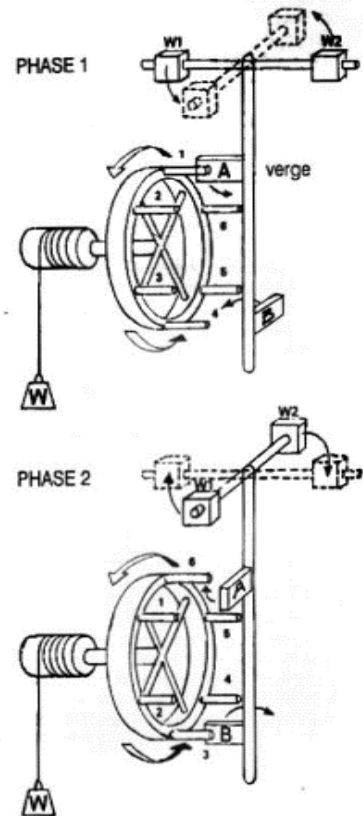
- El tiempo de mundo es lineal, no cíclico. Ha habido un principio y habrá un final, por una única vez. El tiempo para dominar la tierra está limitado. Cabe un progreso, no necesariamente seguido por un retroceso.

- Un conocimiento profundo puede a veces contradecir las apariencias, las primeras impresiones: así sucede en el Sacramento de la Eucaristía, donde se ve un trozo de pan pero la substancia es el Cuerpo de Cristo.

La invención del reloj mecánico

Hacia el año 1250 se inventó el reloj mecánico. Ocurrió en Inglaterra. Hacía tiempo que se investigaba cómo hacerlo, entre otras cosas por la necesidad que de él sentían los conventos: los monjes trabajaban el campo, en los alrededores del monasterio, pero tenían que reunirse a hora fija para sus rezos en la capilla. Necesitaban el reloj. Los relojes de arena y los hidráulicos, sea por poca precisión sea por necesitar continuos cuidados, no servían.

El mecanismo que se conserva



Esquema de funcionamiento de un reloj mecánico, hecho en 1300, que se conserva en la catedral de Salisbury. De Jaki, "The Only..."p.33

de un reloj de 1300, de la catedral de Salisbury, es muy simple y muy ingenioso. El problema resuelto consiste en transformar la caída de una pesa, que tendería a ser uniformemente acelerada, en una rotación de velocidad constante. Hay dos piezas de la máquina que se regulan una a otra, mediante un mecanismo de retroalimentación (feedback). No es todavía un reloj de péndulo (inventado por Huygens hacia 1763, 400 años después), pero su precisión podía ya ser mejorada progresivamente.

Estos relojes fueron no sólo muy prácticos, sino también ornamentales, y símbolo de modernidad y de progreso. Rápidamente coronaron las torres de las iglesias, y se consiguió que diesen campanadas para señalar las horas. ➡

Al invento del reloj siguieron otros muchos, de modo que se habla a veces de la "revolución industrial del siglo XIII". Con máquinas nuevas aplicadas al trabajo de la madera, se hizo posible la fabricación de papel barato, lo que a su vez provocó el uso de la imprenta en bloques de tipo chino hacia 1300, que en 1400 conseguía libros primorosos (pero caros), y el perfeccionamiento de la misma mediante caracteres móviles, culminado por Gutenberg hacia 1450.

Por lo que respecta a la astronomía, el reloj introdujo la idea de un tiempo continuo, medible cada vez con más precisión. Es la variable "t" de las ecuaciones de la mecánica, comprobable por la experimentación. Dígase lo mismo del valor del concepto tiempo en la evolución. El reloj fue considerado durante siglos como la máquina por excelencia, a la que se comparaba el mundo para decir que necesita un relojero, haciendo así una demostración de la existencia de Dios poco afortunada pero que ha sido usada profusamente hasta nuestros días. Descartes, 300 años después, pensará que los animales son como relojes. En forma muy parecida, los salvajes del siglo XIX, al ver moverse las agujas de un reloj pensaban que se trataba de un animal. Queda claro que el reloj es una máquina con carisma.

Los balbuceos de la Ley de la Inercia

Juan Buridan (muerto en 1360), fue Rector de la Universidad de París en dos ocasiones. Son conocidos sus comentarios a la "Física" y al "Libro de los Cielos" de Aristóteles, en los que con mucho respeto toma distancias con las teorías aristotélicas.

Para Buridan el comienzo temporal del Universo era un hecho indiscutible, un punto de partida. El Concilio IV de Letrán lo había definido así en 1214, bastante antes del decreto de Tempier. El mundo es una creatura, y tanto la hipótesis antigua de la divinidad de las esferas como la de la eternidad de las mismas y su incorruptibilidad, debían ser rechazadas. Las inteligencias semidivinas que movían las esferas aristotélicas tampoco eran admisibles para Buridan, porque Dios crea seres con autonomía, no simples marionetas (tan autónomos, que algunos incluso pueden rebelarse y ofenderle). Sentado esto, pudo dedicarse a imaginar el "cómo": ¿Cómo empezó el Universo a moverse? ¿Cómo continúa haciéndolo? Veamos cómo lo imaginó Buridan, meditando sobre el primer capítulo del Génesis que habla de la creación del mundo en siete días:

"Así como la Biblia no dice que ciertas inteligencias muevan los cuerpos celestes, tampoco parece necesario suponer que haya inteligencias de esa índole, pues podría responderse que Dios, cuando creó el mundo, movió los cuerpos celestiales como le plugo, y moviéndolos les comunicó los 'ímpetus' que los siguen moviendo sin que Él tenga que seguir moviéndolos; excepto por la influencia general con que concurre como co-agente en todo lo que sucede. Y el séptimo día descansó de todo el trabajo que había hecho, encomendando a otros (seres) las acciones y las pasiones. Y esos 'ímpetus' que Él imprimió en los cuerpos celestes no fueron disminuidos ni corrompidos después, porque los cuerpos celestes no tenían inclinación hacia otros movimientos. Ni había resistencia

que pudiera corromper o reprimir esos 'ímpetus'. Pero esto no lo digo afirmándolo, sino sólo tentativamente, para buscar el asesoramiento de los maestros de la teología que me puedan enseñar en esas materias cómo sucedieron las cosas".

"Cuando uno quiere saltar una gran distancia, viene corriendo desde atrás para correr más rápido, y así adquirir un ímpetus que lo lleva a saltar una mayor distancia. Y la persona que va así corriendo o saltando no siente que el aire la mueva, sino al contrario, que le opone resistencia."

Buridan superó todos los viejos prejuicios, heredados de la antigüedad: la materia de los cielos está sujeta a las mismas leyes que un atleta. El aire no empuja, como había enseñado Aristóteles, sino frena; el 'ímpetus' es algo parecido a nuestra energía cinética o a la cantidad de movimiento. La ley de la inercia está contenida, como en germen, en Buridan, ni que sea limitada al movimiento de rotación uniforme alrededor de un eje. La fe cristiana, lejos de ser un impedimento, le ha abierto los ojos a la realidad física. Ha ayudado haciéndole comprender que el mundo es una realidad autónoma, que no necesita ser continuamente movido directamente por el Primer Motor. Esto es un ejemplo de la fertilidad de ciertas ideas de gran alcance.

Es famosa una historieta, llamada "el asno de Buridan". Según ella, Buridan había enseñado que un asno hambriento, situado a igual distancia de dos montones de alfalfa iguales, moriría de hambre, pues no tendría ningún motivo para escoger uno de los montones con preferencia al otro y por tanto no sería capaz de hacer nada. Lo cierto es que en su libro *De coelo*, comenta que un perro (no un asno) ⇨

hambriento, a igual distancia de dos montones de alimentos idénticos, tiene que escoger al azar, o sea con libertad, dado que hay simetría de información y simetría de preferencia. Esto le llevó a vislumbrar la Teoría de la Probabilidad.

Oresme: la Dinámica en buen camino

El gran descubrimiento de Buridan, la inercia, tuvo un continuador no menos ilustre: Nicolás Oresme, sacerdote y teólogo, profesor de la Universidad de París, que falleció en 1382, siendo Obispo de Lisieux. Pero es más conocido como matemático, físico y economista. Muchas de sus obras han sido impresas (unos cien años después de su muerte, porque cuando vivía aún no había imprenta). Su Tratado de las Monedas, en latín y francés, le hace precursor de la moderna ciencia de la Economía.

Estudió el movimiento uniformemente acelerado (como el de la caída de un cuerpo pesado), representó gráficamente la velocidad en función del tiempo (diríamos en coordenadas cartesianas, si no fuera 250 años anterior a Descartes), y en el triángulo que obtuvo al hacerlo



Nicolás Oresme

llegó a descubrir que la velocidad media es la velocidad del tiempo medio (usando para la demostración los mismos triangulitos y el mismo argumento que Galileo, sólo que 250 años antes).

No era el único en estudiar ese movimiento en su tiempo. Pues en Oxford y hasta en Salamanca se estudiaba el movimiento acelerado y se lo representaba gráficamente.

No obstante su importancia en el nacimiento de la física moderna, no está en la enciclopedia bibliográfica de científicos de Asimov, ni en la de Williams, aunque ambos tienen en su catálogo a científicos de menor talla.

En la obra de Layzer se le hace justicia, como adelantándose a Galileo dos siglos y medio en la fórmula del movimiento uniformemente acelerado. Si bien se le califica de "matemático francés" (y lo fue), para nosotros es importante saber que fue también sacerdote y obispo, además de físico, cosmólogo y economista. Por desgracia, en el índice alfabético del libro de Layzer, en la edición española, no figura, suponemos que por omisión involuntaria.

Oresme, a medida que avanzaba en su carrera científica, se mostró cada vez más partidario de la rotación de la Tierra sobre su propio eje. Afirmó que no se puede demostrar, por experiencias o razonamientos, que el cielo se mueva con rotación diaria y la Tierra no. Los razonamientos de Oresme desempeñaron más tarde una importante función en manos de Copérnico y Galileo.

Oresme examinó también las posibles objeciones al movimiento de la Tierra, que se basaran en textos

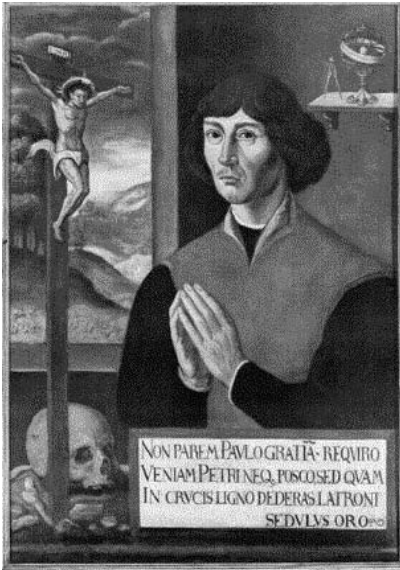
de la Sagrada Escritura. Donde se habla del movimiento del Sol, de la quietud de la Tierra, y de que el Sol se detuvo en tiempo de Josué. Oresme, eclesiástico ortodoxo, concluyó, con firmeza, que no constituyen una objeción real al movimiento de la Tierra. Oresme dice al respecto que si esos pasajes la Escritura se conforma con la manera usual de hablar, como lo hace en muchos otros lugares.

La objeción de que una piedra lanzada hacia arriba, caería muy retrasada o se perdería en el espacio por el movimiento de la tierra, ya estaba también resuelta. La teoría de "impetus" que Buridan había elaborado, y Oresme perfeccionó, explicaba que la piedra sería arrastrada igual que la tierra misma. En realidad, Oresme proporcionó un Principio de Inercia y una ecuación del movimiento uniformemente acelerado, o sea de la caída libre de los cuerpos, que sirvieron mucho a Galileo y a Descartes, y que son los dos primeros principios de la mecánica de Newton. Pero ellos (Galileo, Descartes y Newton), los emplearon y mejoraron, sin revelar su procedencia.

CAPÍTULO II. RESUMEN DE LA VIDA DE COPÉRNICO

Científico y clérigo cristiano

Nicolás Copérnico (1473-1543) se matriculó en la Universidad de Cracovia (Polonia) en 1492, al año en que Colón descubrió América. Esa Universidad, fundada en 1364 por el rey Kazimierz Wielki con el nombre de Academia de Cracovia, y reorganizada y convertida en Universidad por el rey Wladislaw Jagello en 1400, es la actual Universidad Jagellónica. ⇨



Retrato de Copérnico pintado hacia 1580

Después de más de 600 años sigue funcionando y tiene, además de Copérnico, otros ex alumnos ilustres como el Papa Juan Pablo II.

Copérnico quedó pronto huérfano de padre y fue su tío materno, el Obispo Lucas Watzelrode, quien se encargó de su educación. En Cracovia cultivó su afición a la astronomía y a las matemáticas y por consejo de su tío estudió medicina. Más tarde, se trasladó a Italia, y en Bolonia y Padua estudió derecho y amplió sus conocimientos de medicina y astronomía. Aprendió griego para poder leer los textos originales de los astrónomos griegos antiguos. Llegó a ser profesor de astronomía de la Universidad de Roma.

En 1504, regresó a su patria, teniendo un amplio conocimiento de matemáticas, astronomía, medicina y teología. Primero vivió 6 años en Heilsberg, donde su tío residía. Allí practicó la medicina en beneficio de obispos y príncipes, pero sobre todo de los pobres, a los que atendía gratis.

En 1512 fue a vivir a

Frauenberg, de cuya catedral fue nombrado canónigo. Este cargo le permitió dedicar mucho tiempo a la investigación. En Frauenberg pasó la mayor parte de los 31 años que aún vivió.

En esa ciudad trabajó mucho en astronomía: lecturas, observaciones desde la torre de la catedral, cálculos y escritura de libros. Sabía compaginar su trabajo científico con sus deberes como canónigo; tiempo después como administrador de la diócesis, e incluso como investigador de la reforma monetaria, componiendo un libro en latín sobre la moneda, que fue substancialmente aprobado y aplicado por el rey de Polonia, y que motivó que Copérnico fuese nombrado además consultor de las regulaciones monetarias de Prusia.

Su preocupación mayor era la astronomía, y dentro de ella la comprensión del sistema solar y la reforma del calendario. Copérnico fue gradualmente adquiriendo la convicción de que el modelo usual del sistema solar, la Tierra quieta y el Sol y los planetas girando en torno a ella, no era adecuado. Copérnico pensó que el Sol estaba quieto, y la Tierra y los demás planetas giraban a su alrededor.

Así fue escribiendo en obras menores, que sin embargo tuvieron gran resonancia, y finalmente, el año en que murió, apareció el libro "De Revolutionibus Orbium Coelestium", en que sistematizaba su teoría heliocéntrica, además de tratar cuestiones de matemáticas, cálculos y mediciones que había hecho.

La revolución copernicana

Al cambio de concepción del Universo, desde considerar la Tierra

como centro inmóvil (geocentrismo) hasta la Tierra como un planeta más dando vueltas alrededor del Sol (heliocentrismo), se le llama la revolución copernicana, que se produjo en forma gradual, llegando a su culminación y demostración 300 años después de Copérnico.

CAPÍTULO III. EL COPERNICANISMO EN SU PRIMER SIGLO

Impacto del libro "De Revolutionibus Orbium Coelestium", de Copérnico

Publicado en 1543, y dedicado al Papa Paulo III, es impresionante por la cantidad y calidad del trabajo realizado. Contiene 330 páginas en folio (en la traducción inglesa), 143 diagramas, un centenar de páginas de tablas, y más de 20,000 números tabulados. Es uno de los frutos del trabajo de 40 años de su vida. Tenía un prólogo redactado por el luterano Osiander (sin firma), quien parecía prever posibles tormentas: hacía constar que el heliocentrismo no pretendía ser la verdad absoluta, sino sólo un método de cálculo e interpretación para "salvar los fenómenos". El tiempo demostró que las precauciones de Osiander no eran exageradas.

Lutero y Calvino fueron los primeros que se indignaron contra Copérnico. Los protestantes, tomando la Biblia al pie de letra, no podían admitir el heliocentrismo. Josué, decían, paró el sol durante una tarde para poder perseguir a sus enemigos. También en otros pasajes de la Biblia se habla como si el Sol girara y la Tierra estuviera quieta.

El alto clero católico romano, reaccionó con mucha más calma. Al principio aceptó la obra, pues las palabras de la Biblia se pueden tomar en sentido descriptivo o ➡

vulgar, como forma correcta de entenderse, sin pretensiones de profundidad filosófica. El heliocentrismo salvaba los fenómenos (las apariencias), como dijo Osiander y como había dicho Platón, es decir, era una hipótesis útil para cálculos y representaciones.

Detrás de las incomprendiones del heliocentrismo latía un problema que recién ahora se está aclarando: la estimación correcta del valor realista de las teorías de la ciencia experimental, cosa nada sencilla, y que depende de cada tipo de ciencias. Como dice Mariano Artigas: "... en las ciencias naturales buscamos teorías que puedan ser sometidas a contrastación empírica... En la actualidad, cualquier persona bien informada sabe que la contrastación experimental de las teorías nunca es completa. En epistemología nos referimos a esa situación hablando de la infra-determinación de las teorías, lo cual significa que cualquier teoría contiene tantos casos particulares que es imposible contrastarlos todos, y que, por tanto, no existe ningún conjunto particular de datos empíricos, por muy bien escogido que esté, que pueda establecer la verdad definitiva de ninguna teoría."

¿Es el Sol quien se mueve de verdad alrededor de la Tierra, o es al revés?. En aquel momento, las ventajas predictivas y explicativas del heliocentrismo copernicano podrían haber sido transferidas al sistema tolemaico, adecuadamente corregido. Por tanto, nadie tenía la respuesta. En cambio, estaba claro que el heliocentrismo era más simple de manejo y más estético.

En general, el libro tuvo una amplia difusión y fue bien recibido. Su ventaja respecto a su principal

competidor, Ptolomeo, no era una mayor precisión de cálculos, que Copérnico no consiguió, sino una mucha mayor simplicidad de concepción y explicación, y mayor facilidad en el trabajo de los investigadores. Simplemente al colocar la Tierra en la tercera órbita alrededor del Sol, explicaba el porqué del extraño movimiento adelante-atrás de los dos planetas interiores, Mercurio y Venus. Como estos dos están más cerca del Sol, nunca se ven lejos de él ni opuestos al Sol, lo que sí hacen Marte, Júpiter y Saturno.

Los competidores de Copérnico

Además del sistema de Ptolomeo, el heliocentrismo tuvo otro competidor de calidad, en el campo científico: Tycho Brahe (1546-1601), luterano, astrónomo de mucha y bien ganada fama, se opuso a él basándose en sus propios conocimientos y en la seguridad que le daba su capacidad de hacer mediciones astronómicas de una precisión muy superior a todo lo anterior. Su sistema planetario, no era el heliocentrismo: en él la Tierra estaba quieta y el sol giraba a su alrededor, pero los planetas giraban alrededor del Sol. Tycho había conseguido superar a Ptolomeo en la precisión con que sus cálculos se aproximaban a las medidas experimentales, cosa que no había logrado Copérnico. Tycho Brahe pensaba que la Tierra era demasiado gorda y demasiado pesada como para moverse velozmente en el espacio.

Por último, hubo otro competidor, bufo: un sistema en que todo giraba alrededor... de la Luna. Nadie le dio la menor credibilidad.

Primer seguidor incondicional no conflictivo: Johannes Kepler (1571-1630)

Alemán y luterano, consiguió las tablas astronómicas de Tycho Brahe, el último gran astrónomo sin telescopio, en las cuales se contenían todas las mediciones de posiciones aparentes de los planetas, realizadas en la larga vida profesional de Brahe. Con ellas emprendió un largo trabajo de gabinete para averiguar las órbitas de los planetas. Este trabajo duró más de 20 años, realizado por Kepler en solitario y sin aplausos del público ni de los científicos.

Fueron las profundas convicciones religiosas de Kepler la fuerza que permitió un trabajo tan arduo, original y largo como no hay noticia de otro similar realizado por un científico. Kepler pensaba que Dios tenía una idea del Universo desde toda la eternidad, y la puso en práctica en la Creación. La mente humana, creada a Su imagen y semejanza, era también capaz de captar esa idea observando la creación de la misma (Crombie, "Historia de la Ciencia", Madrid, Alianza, p. 170). Kepler estaba



HelioMetrico de Danti en el Vaticano



persuadido de que las leyes naturales pueden ser conocidas por el hombre, puesto que, como dijo: "Dios quiso que las conociéramos al crearnos según su propia imagen, de manera que pudiéramos participar de sus mismos pensamientos". "... Nuestro entendimiento es del mismo tipo que el divino...", y añade que esto no supone irreverencia, puesto que los designios de Dios son impenetrables, pero no lo es su creación material.

Kepler era copernicano: pensaba que el Sol estaba quieto y la Tierra y demás planetas giraban en círculos, y esa era la opinión más común, pues ¿acaso no era el círculo una figura perfecta, como ya sabían los griegos?. Enunció tres leyes. Las dos primeras en 1609, sólo para Marte. Diez años después, las había comprobado para los 6 planetas conocidos y enunció además la tercera ley

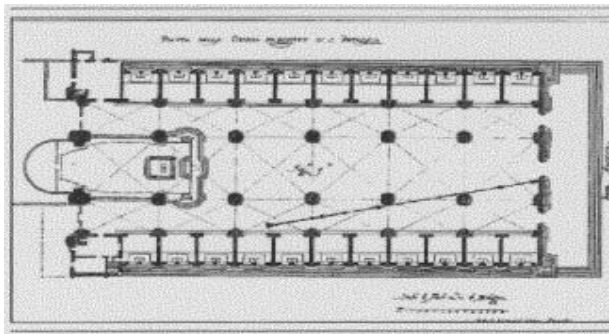
Primera ley de Kepler. Los planetas se mueven en órbitas que son elipses, uno de cuyos focos está ocupado por el Sol. Era el final de la creencia de que los astros debían moverse en círculos.

Segunda ley de Kepler: El radio vector que une el planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales. Esto significa que cuando el planeta está más cerca del sol, va más deprisa.

Tercera ley de Kepler: Los cuadrados de los períodos de revolución (o años) de los planetas, son proporcionales al cubo de sus distancias al Sol. $T^2 = k * D^3$

En la que T es la duración del año y D la distancia media (semieje mayor de la elipse).

Las leyes enunciadas por Kepler, sustentadas en un gran aparato



Planta de la Iglesia de San Petronio, en Bolonia. Puede verse la recta inclinada que pasa entre las columnas: es la meridiana del heliómetro construido por Danti en 1574 y renovado por G.D. Cassini en 1655.

numérico, fueron recibidas con frialdad por el público culto. Seguramente no fueron bien entendidas, y es porque no son nada triviales, tanto en su enunciado concreto como en tanto que "leyes" de la naturaleza. El mismo Galileo comentó en 1614 (sólo había aparecido la primera ley), que "el autor no sabe lo que está tratando", y siguió pensando que los astros describen círculos y no elipses. Pero significaban el primer triunfo científico verdadero de la revolución copernicana, mostrando que el nuevo enfoque hacía los cálculos más sencillos y más acordes a los valores medidos.

Un partidario importante es Jeremías Horrocks (1619-1641), sacerdote anglicano inglés que en su corta vida (22 años), fue un entusiasta astrónomo, gran conocedor y divulgador de las leyes de Kepler, que a su través fueron conocidas por Newton y orientaron mucho el trabajo de este último.

Partidarios contraproducentes

Al libro de Copérnico le salieron partidarios que no le ayudaron. Giordano Bruno, hereje declarado, era un hombre de tanta fantasía y capacidad de intriga como escasos de conocimientos científicos.

Su labor en pro del copernicanismo fue contraproducente. Giordano Bruno acabó en la hoguera, condenado por herejía y

otros cargos. Su defensa de Copérnico consiguió que los eclesiásticos católicos empezaran a verlo con recelo.

Otro entusiasta contraproducente fue Galileo. Con sus argumentos, vehementes y descarriados, a favor del copernicanismo, consiguió que la obra de Copérnico fuera prohibida por la Iglesia (a los 73 años de su publicación). En 1620, cuatro años después, era permitida de nuevo con algunas enmiendas de poca monta, en la línea de lo indicado por el prólogo de Osiander (no usar sus hipótesis más que como... hipótesis, para facilitar el trabajo). Galileo no habría tenido ningún problema si hubiera considerado el heliocentrismo como no demostrado pero útil, como le habían indicado. En cambio, se ganó un arresto domiciliario en los últimos 9 años de su vida.

Los heliómetros, un hito en la historia de la Astronomía

Deseamos aclarar que la palabra heliómetro puede interpretarse de varias maneras. Aquí la usaremos según el significado que exponemos a continuación:

La herramienta más simple y poderosa para estudiar los movimientos del Sol, llamada heliómetro, consistía en una recta meridiana exactamente una línea en dirección norte-sur en el piso de un local grande con un hueco pequeño circular en su techo (llamado →

gnomon), justo encima de la meridiana. El edificio ideal ha sido una iglesia grande, que ya esté construida, y añadirle el heliómetro es más cuestión de habilidad que de dinero. Por el efecto de cámara oscura, se formará una imagen del Sol en el piso. Cuando la imagen cruce la meridiana será mediodía, hora local. Con esos heliómetros se han medido con aproximación creciente, y mayor que la conseguida con los telescopios de la época, los valores de: la latitud del lugar, el paso del sol por los equinoccios, la distancia (relativa) del Sol a la Tierra... A veces se les llama meridianas, usando la parte para designar el todo.

El primer heliómetro fue construido por Paolo del Pozzo Toscanelli, en el año 1475, en la iglesia de Santa María del Fiore, en Florencia. La altura de la cúpula donde se colocó el gnomon es de 90 metros. La imagen que se formaba del sol sobre el piso era demasiado grande (excepto en el solsticio de verano, cuando el sol está más alto), y la planta quedaba demasiado pequeña para los desplazamientos de la imagen del sol, que pasaba

en un momento en que el heliómetro era lo mejor y más preciso de su época en instrumentos de observación astronómica.

Los constructores de heliómetros fueron aprendiendo unos de otros. Egnatio Danti, un dominico polifacético (era pintor, topógrafo, astrónomo... y todo lo hacía muy bien) había hecho un heliómetro en la iglesia de Santa María Novella, en Florencia, en el año 1574. En 1576 estaba en Bolonia (tuvo que dejar Florencia porque el sucesor de Cosme de Médicis no quiso patrocinarlo), donde construyó otro en la iglesia de San Petronio. Toda catedral que se preciara tenía que tener su heliómetro, al que recurrían los ciudadanos para poner sus relojes en hora al llegar el mediodía (hora local). Los gobiernos locales financiaban con gusto su construcción, pues era bonito y barato, daba prestigio y además era útil para la ciencia y para la vida diaria.

La reforma del calendario.

La Pascua cristiana debía celebrarse el domingo siguiente al primer plenilunio de primavera, día en que Jesucristo resucitó.

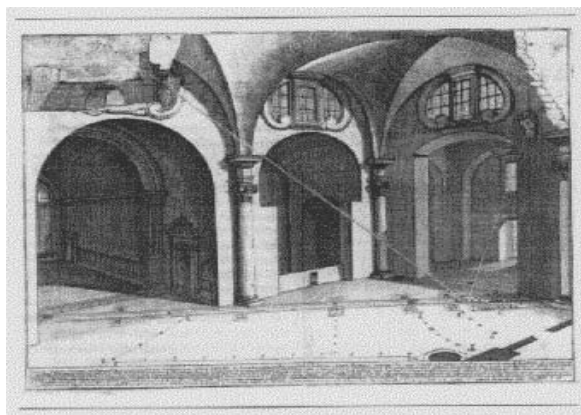
fico de Alejandría llamado Sosígenes. La reforma de Dionisio el Exiguo en 526 (a petición del Papa) se limitó a cambiar el año cero que era el inicio del gobierno del emperador Diocleciano, y colocarlo en el nacimiento de Cristo. Así, el año 248 se convirtió en el 532. Pero todo lo demás siguió igual. Se sabía que el año juliano era demasiado largo.

En 1514, León X pidió la opinión de Copérnico sobre la reforma del calendario. La respuesta fue que la duración del año y de los ciclos lunares o meses aún no eran suficientemente conocidos, y por tanto que la reforma debía esperar.

Pero en 1578 las cosas habían cambiado. El año solar y el movimiento de la Luna eran ya bien conocidos. El Cardenal Sirleto, hombre de humilde origen que debía su encumbramiento entre otras razones a su dominio de tres idiomas bíblicos y a su conocimiento de las matemáticas, presentó al Papa Gregorio XIII a un equipo al que se encargó la reforma del calendario. Se llamaban Antonio Giglio, Christoph Clavius, y Egnatio Danti (el experto en heliómetros de que hemos hablado antes).

Ellos enviaron una propuesta a todas las Universidades de Europa. Las respuestas de las Universidades fueron variadas y confusas, pero como muchas aprobaban el plan, se lo promulgó como "calendario gregoriano" en el año 1582.

Para el año solar, conocido ya con gran aproximación por los heliómetros, se modificó la regla del calendario juliano que prescribía un año bisiesto (con 366 días) cada cuatro años, pues se quitaron todos los bisiestos terminados en 00, cuando las centurias no eran ⇒



Heliómetro de la iglesia de Santa Maria degli Angeli, en Roma. El Rayo de la derecha viene del sol. El de la izquierda, de una estrella cerca de la Estrella Polar

mucho tiempo por las paredes. Aun así, esa primorosa obra de arte fue un instrumento científico útil. Permitted también hacer experiencia

Europa seguía el calendario juliano, implantado en el 44 antes de Cristo por Julio César. Era un calendario solar, preparado por un cientí-

múltiplos de 4 (así, 1600 fue bisiesto, pero 1700 no). En cuanto a la luna, a los ciclos lunares del año se les quitó un día, siete veces cada 300 años, en años múltiplos de 100; y una vez 400 años después, repitiéndose el ciclo.

Para sincronizar el nuevo calendario al tiempo astronómico, se perdieron 10 días (el error acumulado del juliano), pues se pasó directamente del 5 de octubre de 1582 al 15 de octubre del mismo año.

El nuevo calendario funcionó muy bien, con pequeños errores de interpretación (debidos a Clavius) que se corrigieron cuando Cassini (de quien hablaremos después) se ocupó del tema. Se pudo prever que en varios miles de años el calendario gregoriano no necesitaría corrección alguna.

Los países protestantes no se adhirieron hasta unos 50 años después, de modo que al pasar de un país católico a uno protestante se "ganaban" 10 días, que se "perdían" cuando se regresaba.

CAPITULO IV. GIOVANNI DOMENICO CASSINI (1625-1712)

Cassini y el medio en que se desarrolló

Durante sus estudios en un colegio jesuita, en Génova, Cassini era un muchacho muy piadoso. Lo siguió siendo toda su vida. En una carta a su amigo el jesuita Riccioli le pide que procure que se celebre la fiesta de la Inmaculada Concepción de la Virgen.

Se matriculó en la Universidad de Bolonia, que era uno de los mejores centros del mundo para estudiar matemáticas.

Allí asistió a las clases de



Giovanni Domenico Cassini

Buenaventura Cavalieri, eminencia matemática de la época (y sigue siendo actual). Su brillantez como alumno motivó que fuera designado profesor de la Universidad de Bolonia, donde empezó a dar clases en 1651, a los 25 años.

Se hizo amigo de otros profesores muy competentes, como el fraile carmelita Giovanni Ricci; como Geminiano Montanari, un buen técnico en aparatos astronómicos, que inventó un objetivo micrométrico para telescopios (que permite medir con más precisión y comodidad los ángulos de la visual a un astro). Fue un buen observador, él y Cassini fueron los primeros en ver estrellas variables; también era buen organizador, y lo demostró al fundar y regir la Academia de Ciencias de Bolonia.

Cassini hizo también amistad con el jesuita Giambattista Riccioli, autor de la enciclopedia astronómica *Almagestum Novum* (*Almagestum* era el título arabizado del libro más importante de Ptolomeo). Riccioli encontró los primeros valores correctos de la constante "g" de caída libre de los cuerpos.

A Riccioli le ayudaba el también jesuita Francesco Maria Grimaldi

(1618-1663), extraordinario investigador. Descubrió la difracción de la luz: un rayo de sol penetrando a través de un agujero en un recinto oscuro, llega a una pared también oscura con dos agujeros; en una pantalla detrás de los agujeros no hay dos puntos iluminados, sino franjas luminosas de luz entre franjas oscuras.

Su obra *Physico-mathesis de lumine* fue apreciada y usada por Newton en sus estudios de la luz. Hizo otros descubrimientos importantes y trabajó con Riccioli en un mapa de la Luna, el más detallado y exacto de su tiempo, donde pusieron nombre a los accidentes geográficos: los cráteres recibieron, por orden de magnitud, los nombres de Ptolomeo, Copérnico, Danti, Sacrobosco (Hollywood, astrónomo inglés de la alta Edad Media), Brahe, Clavius, Magini, Galileo, y Kepler.

Es de notar que hay astrónomos luteranos en la lista, y ningún rey o soberano. Grimaldi murió de tuberculosis, lo que causó gran pena en la comunidad científica del norte de Italia. Sus compañeros jesuitas dijeron de él: "Vivió entre nosotros sin querellas".

En este ambiente distinguido, de élite intelectual, sin servilismos, donde las colaboraciones eran mucho más numerosas que las rivalidades, donde el amor a la verdad podía tanto o más que el miedo o la fama, Cassini fue un caballero y un científico de primera categoría, autor de numerosos descubrimientos, que hay que atribuir a su intuición, a su capacidad de cálculo, y a su cuidado de los detalles pequeños. Cassini fue capaz de averiguar el radio de la Tierra, con error del 3%, sin salir a la calle: en dos obser- ➔

vaciones con telescopio, hechas en dos pisos distintos de la Torre degli Assinelli (de 98 metros de alto, en Bolonia) y luego mera labor de cálculo.

La vida de Cassini fue siempre laboriosa, pero en la época de Bolonia tuvo que trabajar, además de en la ciencia astronómica, en problemas hidráulicos, requerido por los gobernantes y por el Papa. Lo hizo con maestría, y con simpática arrogancia consideró que había desarrollado una "hidráulica nueva".

La Gran Meridiana de San Petronio

Cassini emprendió la remodelación del heliómetro de San Petronio, en Bolonia, construido por Danti 75 años antes. Puso otro gnomon o agujero circular en el techo, o sea, horizontal (estaba antes en una pared vertical), e hizo que su diámetro fuera una milésima de su altura sobre el suelo. Lo colocó en un punto cuyo pie de vertical o vertex permitiese trazar la meridiana norte-sur esquivando las columnas de la iglesia. Grimaldi, Riccioli y Ovidio Montalbano supervisaron la reforma. La posición de la meridiana se determinó trazando sobre el suelo varios arcos de círculo con centro en el vertex, y señalando los dos puntos en que los atravesaba diariamente el sol. La mediatriz de los pares de puntos tenía que coincidir y pasar por el vertex, y era la línea norte-sur. La meridiana era una plancha de hierro, cuidadosamente nivelada con un método muy preciso, elaborado por Cassini. Cuando la remodelación concluyó, en el año 1655, Cassini envió a las personas importantes una invitación para la inauguración que decía, en latín: "Este verano se colocará en San Petronio la primera piedra para

construir la ciencia celeste desde la base: se observará el solsticio de verano, ...el sol brillará sobre la meridiana justo al mediodía. Esa línea está destinada a hacer observaciones diarias del sol, de la luna y de las principales estrellas, y a hacer experimentos físicos...". Tan ambiciosas metas parecieron ridículas a algunos. "Acaba de nacer un nuevo oráculo de Apolo en la iglesia de San Petronio" se comentaba en son de burla. Pero Cassini consiguió hacer que esas metas quedaran cortas. Visto con la perspectiva que da el tiempo transcurrido, las bravatas de Cassini se fueron cumpliendo. Indudablemente San Petronio fue un antecedente necesario, así como la obra de Cassini y otros astrónomos de talla, para el libro de Newton Principia Mathematica Philosophiae Naturalis, publicado en 1686, o sea 31 años después.

La ciudad de Bolonia estaba cada vez más orgullosa de su meridiana de San Petronio

La investigación científica de Cassini en el heliómetro de San Petronio

Cassini trabajó las correcciones de las mediciones que la parecieron más urgentes. En primer lugar, estaba la refracción de la luz al atravesar la atmósfera, que hace que el Sol -y todos los astros- aparezca más elevado (excepto cuando está encima de nuestras cabezas). Con los pocos datos disponibles, Cassini formuló una teoría muy simple que le dio valores muy inferiores a la corrección usada por los astrónomos hasta entonces. Con la corrección de Cassini, datos discrepantes de astrónomos diversos se volvieron congruentes, lo que ya era una prueba de acierto.

Se ocupó también de la correc-



San Petronio, en Bolonia. La meridiana está a la izquierda, rozando las columnas

ción del error por paralaje: los ángulos que determinan la posición del Sol, se toman desde la superficie de la Tierra, pero convendría corregirlos para que sean los que se obtendrían desde el centro de la Tierra. Así los datos de distintos observatorios son comparables. Cassini ideó la forma de hacerlo.

Estudió los movimientos del Sol (o de la Tierra; él no tenía ningún escrúpulo en saltar de Ptolomeo a Copérnico o a Tycho cuando le convenía). Por la velocidad aparente del Sol en el solsticio de verano y en el de invierno, se puede calcular la excentricidad de su órbita. En verano el Sol se mueve más lentamente, por eso el verano es 3 días más largo que el invierno (en el hemisferio Norte). Con esas velocidades aparentes se calcula la excentricidad. En el sistema de Ptolomeo sale $e=0.0334$; un método independiente de obtener la excentricidad, basado en las distancias relativas del Sol, que se pueden medir por el tamaño de la imagen en la meridiana (la imagen tiene que ser ⇨

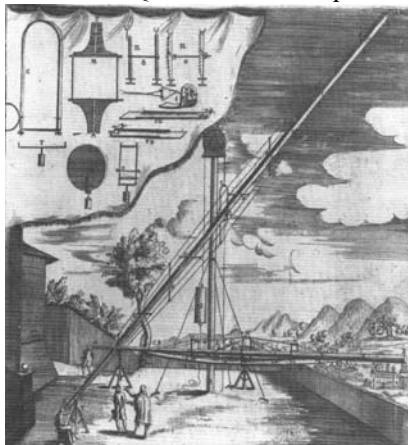
depurada con criterio, pues sus bordes aparecen borrosos y difusos) salió 0.0167, exactamente la mitad. Eso hizo cavilar a Cassini. Con las leyes de Kepler, la excentricidad calculada con las velocidades aparentes era también 0.0167. La experiencia, por tanto, reforzaba el modelo de Copérnico-Kepler, y era contraria al de Ptolomeo.

El telescopio se perfecciona

Los heliómetros se perfeccionaron para poder observar la Estrella Polar y sus movimientos (con ayuda de un pequeño telescopio móvil). Pero Cassini se aplicó también a la observación nocturna de los planetas mediante telescopios.

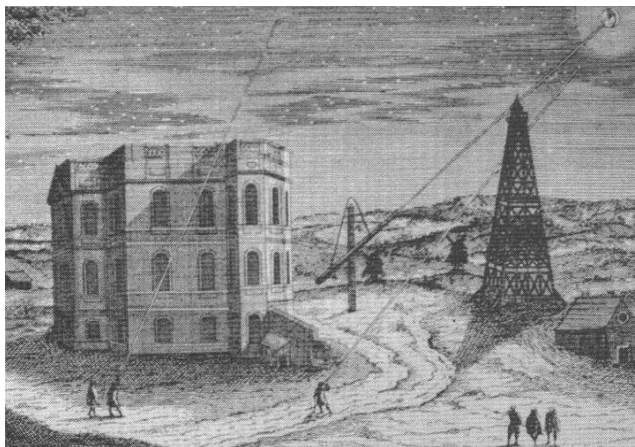
Los telescopios italianos eran en esos momentos, con diferencia, los mejores del mundo. El telescopio que construyó Galileo, tenía 32 aumentos. Los que construían en tiempos de Cassini los fabricantes Campani y Divini (dos fabricantes rivales, que habían aprendido las técnicas de Galileo) tenían hasta 600 aumentos.

Con ellos Cassini determinó los períodos de rotación de Júpiter, Marte y Venus (aunque este último resultó falso): se fijaba en alguna mancha que girase y que desapareciese al llegar al borde, para determinarlos. Quedaba claro que lo



Telescopio Campani

Telescopio sin tubo en el observatorio de París



lógico era que la Tierra también rotase sobre su eje, como postulaba Copérnico.

Pudo desentrañar las órbitas y los períodos de rotación de los 4 satélites de Júpiter (ya descubiertos por Galileo), y los ángulos que formaban los planos de sus órbitas. Con esos datos, encontraba un reloj natural muy exacto: por la posición de los satélites se podía deducir una hora mundial.

Cassini en París

La fama de Cassini atrajo la atención de Picard, científico francés que trabajaba en el Observatorio de París y reclutaba talentos para esa institución por orden de Luis XIV. Ya había contratado al holandés Christiaan Huygens (1629-1695) y al danés Ole Roemer (1644-1710). Picard consiguió llevar también a Cassini a París en 1669. El Papa se oponía a dejarlo partir, pero la intervención directa del Rey Sol y el acuerdo de que la ausencia sería temporal le obligaron a claudicar. Luego Cassini se quedó en Francia hasta su muerte. Puede haber influido en ello el sueldo muy elevado que le ofrecieron, un 50% mayor que el de Huygens (que era ya alto). Fue figura muy prominente en el Observatorio de París, y sus descendientes, de tres generaciones,

apodados afectuosamente Cassini II, Cassini III y Cassini IV, fueron también lumbreras del Observatorio (aunque menos que Cassini I). También fueron científicos muy buenos los Maraldi, sobrinos de Cassini I (o "Cassini el Grande").

Con ayuda del "reloj" formado por los satélites de Júpiter, Roemer pudo calcular la velocidad de la luz con aceptable precisión, por primera vez en la historia. Cassini perfeccionó el método de determinar la longitud geográfica por el mismo "reloj", procedimiento que no se pudo aplicar a los barcos en alta mar, pero que era muy práctico en tierra firme. Se determinaron las longitudes geográficas de muchas ciudades de Francia, y así resultó un país más pequeño que lo que se suponía. Por eso Luis XIV dijo que Cassini le había arrebatado más tierras que el peor de sus enemigos.

El Observatorio de París se dedicó a hacer triangulaciones sobre el territorio francés para determinar el radio terrestre. Picard dio a conocer el valor obtenido para ese radio.

Newton, en Inglaterra, había ya diseñado su mecánica celeste, y la puso a prueba calculando cuál debería ser el período de rotación de la Luna. Para ello usaba como dato un radio de la Tierra errado, del ⇨

que resultaba un período lunar muy diferente del observado. Esto sucedió en 1666. Hacia 1680 recibió el valor del radio obtenido por Picard, y con él el período calculado coincidía prácticamente con el observado. Esto animó a Newton para continuar su gran obra, la Mecánica moderna.

El equipo del Observatorio de París organizó dos expediciones, una a Laponia y otra al Perú para medir el tamaño "exacto" y la forma de la Tierra. Ese es el único tema en que Cassini no estuvo muy acertado.

Mediante triangulaciones, efectuadas tomando París y Cayena (en la Guayana Francesa) como vértices, pudieron averiguar la distancia Tierra-Marte, y como las distancias relativas de los planetas al Sol eran ya conocidas, se pudo calcular el tamaño real, en kilómetros (había entonces otras unidades de medida) de todo el sistema solar.

El primer satélite de Saturno descubierto (por Huygens) fue Titán, en 1655. Usando telescopios comprados a Campani y a Divini, Cassini descubrió cuatro satélites nuevos de Saturno. En 1671, fue Iapetus, de tamaño una cuarta parte del de Titán. En 1672, descubrió Rhea. Animado por esos descubrimientos, el gobierno compró lentes (a Campani y a Divini) para telescopios mayores (hasta de 136 pies). Usando esos telescopios, descubrió los pequeños satélites Dione y Thetis. El matemático Delambre observó que esos éxitos se debían no sólo al astrónomo sino a los fabricantes de las lentes.

Cassini presentó sus descubrimientos al Rey con un fingido servilismo no exento de humor. Ninguno de los satélites llevaba el nombre real. Los antiguos conocían cinco

planetas, dijo al Rey. Los astrónomos con telescopio han añadido otros 9 (4 satélites de Júpiter, descubiertos por Galileo; más los 5 de Saturno, descubiertos uno por Huygens y 4 por él). El total alcanza "el número de XIV, que ahora tiene el honor de estar unido al augusto nombre de Luis.

Lo malo de los grandes telescopios era la pésima maniobrabilidad. Los de 30 metros de largo perdían el enfoque a la menor brisa. Además, en Francia había un problema adicional: el ministro de Hacienda, Colbert, pagaba las lentes italianas, pero no los tubos (que se podían hacer en Francia, aunque de hecho no se hacían), y la consecuencia fue que los grandes telescopios tenían su objetivo en el tejado del Observatorio de París o en la punta de una torre de madera de 100 pies



Heliómetro del Templo del Recuerdo en Melbourne, Australia

o más, mientras que el ocular, pegado al ojo del astrónomo, desde el piso, tenía que enfocar primero el objetivo, después moverlo o hacerlo mover para hallar la estrella desada, volver a corregir... todo esto era

muy fastidioso y una gran pérdida de tiempo. El ojo del astrónomo estaba sujeto a un esfuerzo extraordinario. Ya Galileo (con un telescopio más manejable) quedó ciego los últimos años de su vida. Lo mismo le pasó a Cassini. Huygens, que quería descubrir algún otro satélite de Saturno para compartir la gloria con Cassini, no fue capaz de ver más que a Titán. Pareciera que los astrónomos de telescopio que llegaban a la edad madura teniendo algo de vista en el ojo izquierdo podían considerarse afortunados

Visitantes ilustres de los heliómetros

La reina Cristina de Suecia, convertida al catolicismo, estuvo en Bolonia en 1655. Le hicieron una gran recepción, con banquetes, discursos y fuegos artificiales. Se interesaba por la astronomía, y Cassini le explicó el funcionamiento del heliómetro de San Petronio. En Roma, se alojó en una estancia que tenía un pequeño heliómetro construido por Egnatio Danti, y decorado por él mismo con elegantes pinturas.

Otra visita notable fue la de Jaime III, siendo pretendiente al trono de Inglaterra. Fue a al templo de Santa Maria degli Angeli, en Roma, en 1703, acompañado por un séquito de 15 nobles. La visita al templo y su heliómetro les resultó muy emocionante, pues se produjo un terremoto que les hizo caer rodilla en tierra y encomendar sus almas a Dios.

Anders Celsius (1701-1744), astrónomo sueco, promotor de la escala centígrada del termómetro de mercurio, estuvo en 1734 seis meses en San Petronio de Bolonia ⇨

haciendo investigaciones astronómicas. Después fue a Roma y escribió: "No creo que hubiera ido a Roma, si no fuera por la meridiana de Santa Maria degli Angeli".

Jerôme Lalande (1732-1807), astrónomo francés, dijo del heliómetro de Santa María del Fiore: "Es el más bello monumento a la astronomía en el mundo". Lo dijo después de que Leonardo Ximenes, S.J., restauró y modernizó en 1755 ese primer heliómetro (que había construido Toscanelli en 1475). Lalande era un entendido en esas lides, pues conocía muy bien el heliómetro de Saint Sulpice, en la iglesia del mismo nombre, en París, hecho en 1720. De ese artefacto habla D'Alembert (1717-1783) en la famosa Enciclopedia: "...tantas novedades en su precisión, han hecho de la meridiana de Saint Sulpice un instrumento único, y uno de los más útiles que se han proporcionado a la astronomía".

Charles Dickens (1812-1870), famoso novelista inglés, escribió que nada le impresionó en Bolonia excepto "la gran meridiana en el pavimento de la iglesia de San Petronio, donde los rayos del sol marcan la hora entre los fieles arrodillados".

El fin de la era de los heliómetros

Los telescopios de lentes se fueron perfeccionando y se superó su peor enemigo, la aberración cromática: a partir de cierto número de aumentos, la luz blanca se descompone en los colores del arco iris y la imagen se pierde. Este inconveniente fue corregido con las lentes acromáticas (superposición de dos lentes con distintos índices de refracción de modo que las

dispersiones cromáticas se compensen).

Newton construyó el primer telescopio de reflexión (básicamente un tubo con un espejo cóncavo al fondo, desviando la imagen mediante un pequeño espejo plano a 45° con el eje del tubo, hacia un agujero desde donde se observa). El modelo se ha perfeccionado y es actualmente el usual.

Newton envidiaba a los franceses por los telescopios italianos que él no tenía. Pero los ingleses perfeccionaron mucho los cuadrantes con telescopio de lentes incorporado, que aunque no daban tantos aumentos permitían conocer con más precisión la altura de los astros. Por ello, a partir de 1700 pudo contar con un cuadrante mural de bastante precisión. Con él, y ayudado por acertadas correcciones, pudo confirmar sus teorías de los movimientos de la Luna.

En 1725 los cuadrantes ingleses de Graham ganaron una merecida aceptación. Más tarde se hicieron célebres los cuadrantes de Ramsden.

Los nuevos aparatos, con cada vez mayor precisión y más recursos, acabaron con las ventajas de los heliómetros.

Los heliómetros habían pasado ampliamente las fronteras de Italia, llegando a Francia, España y otros países. Algunos se instalaron en locales profanos, academias de ciencias, domicilios particulares u otros. En general éstos fueron mucho más pequeños y de utilidad más limitada que los de las iglesias.

A fines del siglo XVIII los astrónomos, incluso los italianos, querían tener aparatos ingleses. Así, el sacerdote teatino Giuseppe Piazzi, que instaló un hermoso heliómetro

en la catedral de Palermo en 1795, hizo sus 125.000 observaciones astronómicas (en 20 años) usando un cuadrante Ramsden, comprado en Inglaterra, con lo que pudo hacer el mejor catálogo estelar de su época. Siendo su observatorio el más meridional de Europa, pudo incluir estrellas no visibles desde los demás observatorios. En 1801 descubrió el primer asteroide, al que llamó "Ceres ferdinandea", por haber sido la diosa Ceres patrona de Sicilia y por llamarse Fernando el rey de Nápoles (que había pagado el cuadrante Ramsden).

En pleno siglo XIX (1846) el gobierno belga dispuso la construcción de heliómetros en las estaciones de ferrocarril, para mejorar la puntualidad de los trenes. Se construyeron, pero era algo anacrónico, pues ya los relojes mecánicos tenían más ventajas que los heliómetros.

La tecnología de los heliómetros hizo que se idearan curiosas aplicaciones de lujo. El arquitecto Francesco Borromini (1599-1667) proyectó, para la mansión de la familia Pamphili, una escalera cuyos escalones indicaran mediante su sombra, el día del mes y la hora; y un monumento al difunto Papa Inocencio X (un Pamphili), de tal forma que un rayo de sol besara los pies de su estatua el día 15 de septiembre, a la hora en que fue elegido Papa. Borromini no llegó a realizarlo, pero sirvió de inspiración en el siglo XX para el arquitecto australiano Philip B. Hudson, que construyó el Templo del Recuerdo, en Melbourne, en memoria de los australianos caídos en la Primera Guerra Mundial. El diseño de su heliómetro es tal que, cada 11 de noviembre a las 11, un rayo de sol, que entra por un gnomon del ⇨

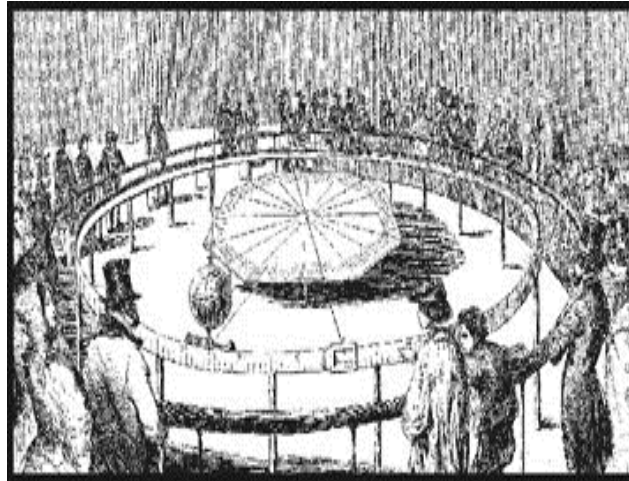
techo de la capilla, ilumina una lápida con la palabra LOVE (y sólo en ese momento del año el sol ilumina ese letrero).

La demostración más intuitiva del heliocentrismo: Foucauld

Cuando Newton publicó su Principia Mathematica, el copernicanismo estaba demostrado: ya no era posible usar el sistema ticomónico (de Ticho Brahe) según el cual la Tierra estaba quieta, y el Sol giraba a su alrededor mientras los astros giraban alrededor del Sol.

Este sistema funciona perfectamente igual que el heliocentrismo en los aspectos cinemáticos, de movimiento, pero no en los aspectos dinámicos (con fuerzas), que incorpora Newton y que le permitieron deducir matemáticamente, a partir de 4 principios fundamentales (ley de la inercia, relación entre fuerza y aceleración, acción y reacción, y atracción gravitatoria) las tres leyes descubiertas experimentalmente por Kepler.

Pero la demostración seguía siendo algo indirecta. En 1851, Léon Foucault (1819-1868) consiguió realizar un experimento (su famoso péndulo) que hacía intuitivo



El público viendo las oscilaciones del péndulo de Foucauld en 1851

el movimiento de la Tierra.

Foucault sabía que una barra de acero muy elástica y delgada, que vibra y está centrada en el mandril de un torno, conserva su plano de vibración aunque el torno esté girando. Esta experiencia, que parece paradójica, le hizo pensar que un péndulo en el Polo Norte, conservando su plano absoluto de vibración, no giraría con la Tierra y por tanto para un observador situado en la Tierra el péndulo giraría su plano 360° cada 24 horas, o sea 15° por hora.

¿Y si en vez de estar en el Polo Norte, el péndulo oscilara en París? Foucault hizo una prueba en el sótano de su casa: una bola con un estilete en la parte baja colgaba del techo y oscilaba, dejando la señal del estilete en un montículo de arena circular en el piso. La bola tendía a pararse por el rozamiento, y Foucault tenía que darle más energía cada cierto tiempo. Efectivamente giraba un ángulo constante por hora, que coincidía muy bien con 15° multiplicado por el seno de la latitud de París. Trabajando más el experimento, pudo realizarlo en 1851 en el Panteón de París. De su cúpula, pendía un hilo de 67 metros, con una bola metálica de 28 kg con estilete en su parte baja. El público

podía ver el experimento detrás de una baranda circular de caoba. En el centro, se elevaba un círculo de madera de 6 metros de diámetro, dividido en grados y cuartos de grado, y centrado en la vertical del punto de suspensión. En el borde superior de ese cilindro había un montoncito de arena.

La oscilación del péndulo, ida y vuelta, duraba 16 segundos, y cada vez el estilete regresaba habiendo adelantado 2.5 milímetros sobre la vez anterior. Cada 3 horas, con ayuda de un artefacto, el péndulo era re-energizado aumentando su amplitud sin variar su plano de oscilación.

El problema que más preocupó a Foucault fueron las corrientes de aire. Por fortuna fueron muy bien controladas y el experimento fue todo un éxito. Así se cerraba oficialmente la revolución copernicana.

¿Y la Iglesia? Aparentemente ya no estaba, ella, que acunó esa revolución, que la hizo posible, ya no estaba. ¿O sí?. Porque el Panteón, los Inválidos, es la antigua iglesia de Santa Genoveva, Patrona de París, que había sido requisada en 1791 por los jacobinos para secularizarla y dedicarla a "fines patrióticos". En el edificio y en buena ➡



Péndulo de Foucauld, restaurado y en su sitio original

parte del personal asistente, estaba la Iglesia muy bien representada. (Revista "Investigación y Ciencia", setiembre 1998, págs. 32-39, artículo "León Foucault", por William Tobin).

Epílogo

Los eclesiásticos favorecían los estudios de astronomía, no sólo por motivos prácticos (como la reforma del calendario), también porque implícitamente sabían lo que Juan Pablo II ha explicitado en la Carta Encíclica "Fides et Ratio": "La fe y la razón son como las dos alas con las cuales el espíritu humano se eleva hacia la contemplación de la verdad." (así comienza la Carta Encíclica "Fides et Ratio"). Y un pájaro no puede volar con una sola ala.

"La fe no brota de las cenizas de la razón" (Juan Pablo II, Discurso a los profesores, 9-set-2000). Y también: "La razón, privada de la aportación de la Revelación, ha recorrido caminos secundarios que tienen el peligro de hacerle perder de vista su meta final. La fe, privada de la razón, ha subrayado el sentimiento y la experiencia, corriendo el riesgo de dejar de ser una propuesta universal. Es ilusorio pensar que la fe, ante una razón débil, tenga mayor incisividad; al contrario, cae en el grave peligro de ser reducida a mito o superstición. Del mismo modo, una razón que no tenga ante sí una fe adulta no se siente motivada a dirigir la mirada hacia la novedad y radicalidad del ser." (Juan Pablo II, "Fides et Ratio", pág.75).

The screenshot shows the homepage of the 'AGRUPACIÓN ASTRONÓMICA DE MÁLAGA "SIRIO"'. The header features the group's logo and name. A navigation menu on the left includes links for: [INICIO], QUIENES SOMOS, ACTIVIDADES, ASTRONOMÍA, SIRIO EN LA PRENSA, REVISTA SIRIO, OBSERVATORIO, COLABORACIONES, ENLACES, EFEMERIDES, and CONTACTO. The main content area is titled 'BIENVENIDOS A LA NUEVA WEB DE SIRIO' and contains several sections: 'Últimas noticias:' with a sub-section 'OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA' announcing an event on Saturday (26) at the Torcal de Antequera; 'CURSO DE ASTRONOMÍA' with a notice that the course is postponed; 'Nueva sección: Astrofotografía. Descubre las magníficas fotos que realizan nuestros talentos.'; 'Recientemente hemos colgado en Sirio las "Efemérides astronómicas para este año"'; a link to 'astrocantabria.org' for 'JORNADAS ESTATALES DE ASTRONOMIA'; a link to 'Consultar las actividades de la Agrupación para este año'; and a note '¡EN CONSTRUCCIÓN!' with contact information for suggestions: 'Para cualquier sugerencia, advertencia o comentario, escriba a latinquasar_{[arroba]}lycos.es'. At the bottom left, there are two promotional banners: 'TELEXOSHOP Tu tienda de astronomía Condiciones especiales para los socios de SIRIO' and 'LATINQUASAR Tu web de Astronomía Astronomía, Fotos del Universo'.

The logo for the 'OBSERVATORIO ASTRONÓMICO' is set against a dark, starry background. The text 'OBSERVATORIO ASTRONÓMICO' is arched at the top. Below it, 'La Dehesilla' is written in a stylized font. In the center, there is a graphic of a telescope on a tripod. To the left of the telescope is the text 'MPC' and to the right is '212'. Below the telescope, the text 'Alhaurín el Grande' and 'Málaga Spain' is displayed.



ACTIVIDADES DESDE ENERO HASTA ABRIL DE 2008

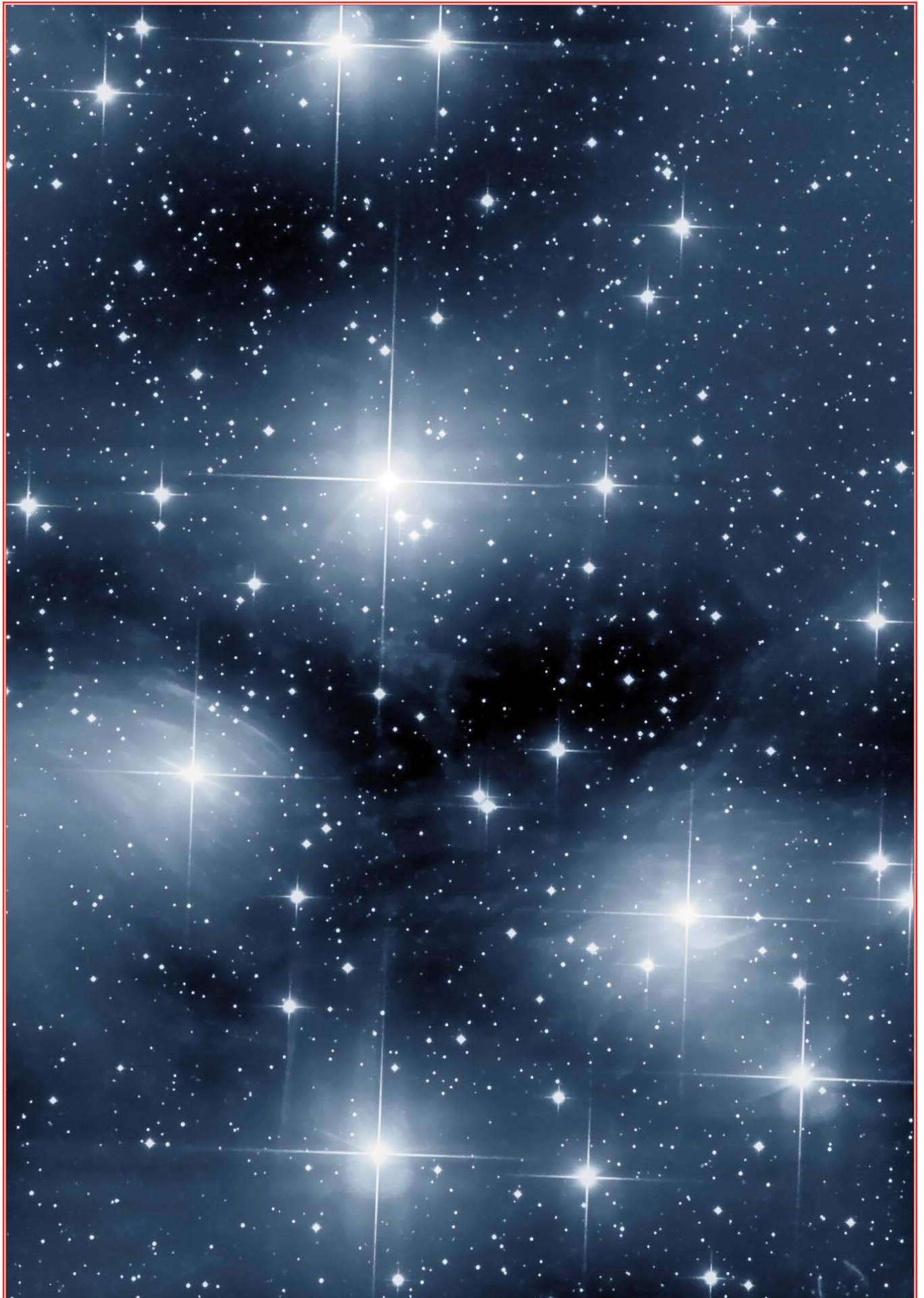


	DÍA	HORA	ACTIVIDAD	LUGAR	CLASE
ENERO	11	19:00	Observación pública	Museo Principia	Divulgación
	16	20:00	Reunión semanal y Remodelación del local	Local Social	Socios
	23	20:00	Reunión semanal y Remodelación del local	Local Social	Socios
	30	20:00	Reunión Junta Directiva – Elección vocales	Local Social	Socios
FEBRERO	6	20:00	Constelaciones de invierno	Local Social	Formación de socios
	9	18:30	Observación astronómica	El Serrato	Observación de campo
	13	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	15	19:00	Observación pública	Museo Principia	Divulgación
	20	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	27	20:00	Manejo del Sky-Sensor – GP-DX	Local Social	Formación de socios
MARZO	5	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	8	20:00	Observación astronómica	La Mesa de “El Chorro”	Observación de campo
	12	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	14	19:30	Observación pública	Museo Principia	Divulgación
	15	19:30	Observación pública	Parque del Oeste	Divulgación
	19	20:00	Reunión semanal – Montaje y manejo del LX200	Local Social	Socios
	26	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
ABRIL	2	20:00	Las constelaciones de primavera	Local Social	Formación de socios
	5	19:00	Observación astronómica	El Torcal de Antequera	Observación de campo
	9	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	11	20:00	Observación pública	Museo Principia	Divulgación
	16	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	23	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios
	30	20:00	Reunión semanal	Local Social	Socios

Estas actividades pueden sufrir alteraciones, por lo que recomendamos mirar la web de la Agrupación “Sirio” (<http://astrosirio.iespana.es>) para comprobar la planificación definitiva.

Por motivos meteorológicos se puede suspender/aplazar cualquier actividad, por ello, la Junta Directiva avisará por e-mail a sus socios y publicará una nota aclaratoria en la web.

Algunas actividades están subvencionadas por el Ayuntamiento de Málaga.



**M45. Realizada con cámara Atik 16 HR y telescopio VC200L
Autores: Javier Garcerán e Isidro Almendros.**