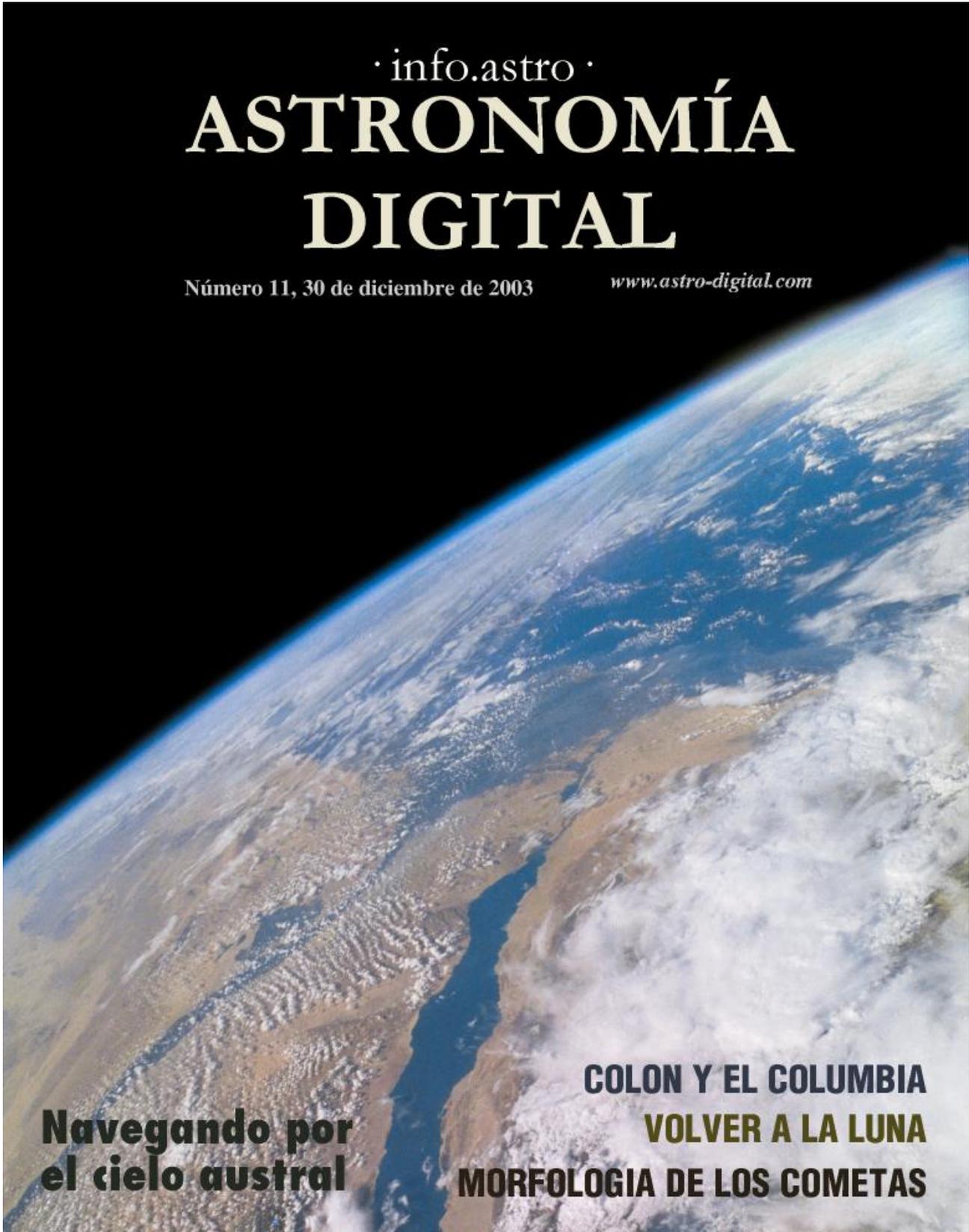


· info.astro ·
ASTRONOMÍA
DIGITAL

Número 11, 30 de diciembre de 2003

www.astro-digital.com



**Navegando por
el cielo austral**

COLON Y EL COLUMBIA
VOLVER A LA LUNA
MORFOLOGIA DE LOS COMETAS

Guía para autores

Introducción

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

Instrucciones generales

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

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

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

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

Instrucciones de envío

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

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

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

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

Índice

Colón y el Columbia — <i>Víctor R. Ruiz</i>	4
Volver a la Luna — <i>Javier Armentia</i>	6
Moda y tecnología espacial — <i>Marcos Pérez</i>	8
La variabilidad del interior del Sol y sus posibles efectos climáticos — <i>Ángel R. López Sánchez</i>	10
Morfología de los cometas — <i>Claudio Elidoro</i>	15
Cómo crear un club astronómico y no morir en el intento (y II) — <i>Jesús Gerardo Rodríguez Flores</i>	22
Magnitudes estelares — <i>Luis Salas López</i>	26
Navegando por los cielos australes — <i>Silvia I. D. Smith</i>	32

Editorial

En unas pocas horas se acabará el año 2003, profílico en noticias astronómicas y astronáuticas. En este número de *Astronomía Digital* dedicamos especial atención al Espacio, la *Última Frontera*. La portada con la que abrimos es un sentido homenaje a los siete astronautas que perecieron en el *Columbia*. Se trata de una fotografía de la península del Sinaí, el Mar Rojo, Egipto, el Nielo y el Mediterráneo. El rollo, sin revelar, fue recuperado en Texas, entre los restos del siniestro.

Ante estas desgracias, es lógico que nos preguntemos si vale la pena tanto esfuerzo, tantas vidas, tanto dinero dedicados a la exploración del Espacio. En este número publicamos varios artículos en los que se reflexiona sobre esta cuestión, que debe ser vista desde la perspectiva del futuro de la Humanidad pero también del mismo afán explorador que guió a los primeros navegantes a conquistar océanos y tierras desconocidas.

No en vano, estos días se especula con la posibilidad de que el Gobierno estadounidense lance en fechas próximas el anuncio de un ambicioso programa de reconquista espacial. El debate se ha hecho público y ex-astronautas y expertos intercambian argumentos sobre si el objetivo debe ser la colonización lunar, la llegada a Marte o una estación orbital, más lejana, que sirva de espaciopuerto.

Sea como sea, recordemos el dicho “los dinosaurios desaparecieron porque no tenían programa espacial”. Feliz 2004.

(Y buenas noches... de observación, naturalmente).

Víctor R. Ruiz

Astronomía Digital es una iniciativa de [info.astro](http://www.infoastro.com/) <http://www.infoastro.com/>, con la colaboración del Planetario de Pamplona <http://www.pamplonetario.org/> **Coordinación:** Víctor R. Ruiz (rvr@infoastro.com). **Webmaster:** Gabriel Rodríguez chewie@astro-digital.com, **Editores asociados:** Jesús Gerardo Rodríguez Flores (jesus@astro-digital.com), Silvia Díez Smith (Tour Celeste, astro@cielosur.com). **Redacción:** Pablo Suárez (pablo@astro-digital.com), Mario Gaitano (mario@astro-digital.com) y Luis Salas (luis@astro-digital.com).

Astronomía Digital se distribuye libremente en versiones HTML y PDF disponibles en <http://www.astro-digital.com/>.



Colón y el Columbia

Víctor R. Ruiz | Astronomía Digital

Reflexiones sobre el desastre del transbordador Columbia.

El transbordador espacial Columbia debe su nombre a un barco que, capitaneado por Robert Gray, en 1792 se internó por vez primera en un gran río, que ahora lleva su nombre. Con este barco y este capitán, los estadounidenses dieron su primera vuelta al mundo. El nombre de Columbia, personificación femenina de EEUU, está derivado del apellido Colón.

Cristobal Colón fue ese loco al que se le ocurrió cruzar la Tierra en dirección contraria a la que establecían los cánones. Colón fue ese pelmazo que empeñó años en convencer a alguien para que subvencionara un viaje imposible. Colón fue ese mentiroso que descontaba millas recorridas a su tripulación. Colón fue ese irresponsable que abandonó a parte de sus hombres para justificar el regreso. Colón fue ese terco que empeñó sus cuatro expediciones en encontrar un paso al otro lado de las nuevas tierras.

Colón era un enamorado del mar y no estaba interesado en la tierra firme. Ayer, como hoy, los cronistas, los clérigos, los panaderos, los herreros, los zapateros, los granjeros se pudieron preguntar por qué Isabel la Católica

malgastaba el dinero de la Corona en hacer feliz a un pobre infeliz. ¿Acaso no existían problemas más acuciantes en Castilla?

En nuestros días, la aventura de Colón se cuenta como uno de los grandes hitos de la Humanidad. Se relatan minuciosamente sus expediciones, y las tantas otras (y los tantos otros) que le siguieron. Su descubrimiento cambió el rumbo de la Historia. Nadie se pregunta si valía la pena. Ahora, quinientos años después, la hazaña se contempla con perspectiva.

Por el contrario, hoy, como ayer, son muchos los que se preguntan si vale la pena el dinero invertido en la exploración espacial. ¿Acaso no hay gente muriendo de hambre en África? O de frío en EEUU. Pero dentro de 500 años, los mismos que nos separan de Colón, ¿verán que la inversión realizada en la conquista del espacio era un desperdicio de dinero? ¿O quizás nadie planteará esa cuestión por obvia y absurda?

¿Ha sido suficiente la cobertura informativa en España del desastre del Columbia? Puedo aceptar que el público español no esté suficientemente sensibilizado, como el

estadounidense, acerca de la exploración espacial. Sin embargo, sí espero de los profesionales de los medios que valoren los acontecimientos en su justa medida. El accidente del Columbia va a obligar a los políticos estadounidenses, europeos y rusos a replantearse la exploración espacial tripulada. Se nos plantean preguntas importantes. ¿Vale la pena correr el riesgo? ¿Existen soluciones más seguras, aunque cuesten más? ¿Vale la pena una estación espacial poco versátil? ¿Qué queremos hacer en el espacio? Estamos, por tanto, en un punto de inflexión. Pero este acontecimiento no ha merecido igual espacio informativo que problemas tan históricos como los devaneos varios de famosetes o futbolistas.

Desde que los últimos estadounidenses volvieron de la Luna, estamos inmersos en la Edad Media Espacial. Los cohetes no son más potentes que el Saturno V. Los astronautas no han hecho nada que no hicieran durante la década de los 60 y 70. Las sondas espaciales, tras el Gran Tour de los 80, son más bonitas, más rápidas y más baratas, pero solo recorren el camino abierto por las Voyager y Pioneer.

¿Vale la pena correr el riesgo? ¿Existen soluciones más seguras?

Tras el desastre del Challenger, los ingenieros de la NASA construyeron un nuevo transbordador, reforzaron la seguridad en el resto de unidades activas y continuaron con su plan de vuelos tripulados, sin mayores cambios. Los transbordadores fueron diseñados originalmente para poner en órbita satélites a un coste menor que los cohetes, pero fracasaron en ese objetivo. La construcción de la Estación Espacial Internacional ha servido para justificar los altos costes de mantenimiento de la flota de transbordadores. Ahora, las lanzaderas, la Estación Espacial y el Congreso estadounidense arrastran a la NASA en una espiral presupuestaria de difícil salida.

Por tanto, la disyuntiva a la que se enfrenta en estos momentos la administración norteamericana es, o cerrar el programa tripulado, dado que los objetivos actuales no justifican el enorme costo humano; o realizar una apuesta más fuerte, más segura y con más recursos. También se podría continuar como si nada hubiera pasado, pero esa carta ya la jugaron con el Challenger.

Si la NASA cancela su programa tripulado, la Estación Espacial quedaría gravemente herida. Es posible que el resto de países, especialmente europeos y rusos, quisieran continuar, pero no es probable que los estadounidenses quieran ceder el liderazgo en ese terreno (aunque me temo que, justo en ese terreno, nunca lo han tenido).

En el caso de impulsar el programa espacial, caben varias velocidades. La más lenta, desarrollar un vehículo más seguro que reemplace a los transbordadores. La más rápida, embarcarse seriamente en la conquista de Marte, en un plazo de 10 a 15 años.

El físico Robert Park y el astrofísico real Marten Rees opinan que el retorno científico que ofrecen las sondas es mucho mayor que el realizado por los vuelos espaciales



Figura 1: La Luna sobre el horizonte terrestre. Fotografía obtenida días antes del desastre, por la tripulación del Columbia. Cortesía NASA.

tripulados. Ciertamente es que la NASA vende a los transbordadores y la estación espacial como laboratorios científicos, aunque la mayor parte del retorno es tecnológico. En ese sentido, es reprochable que se estén poniendo en peligro vidas humanas cuando no hay nada especial en juego. El precio a pagar está resultando excesivo.

Al contrario, sí me parece justificada, de sobra, la exploración espacial tripulada. No por el retorno científico. Pisar la Luna en condiciones tan precarias fue sin duda un acto temerario. Tan temerario como viajar a las Indias por el Occidente. Pero el eco de Armstrong aún vibra con intensidad en nuestra sociedad y su pisada aún está fresca en nuestras memorias. Tan intensa como la hazaña de Colón, tan fresco como el desembarco en San Salvador.

Las víctimas del Columbia han pasado a la Historia. Y ahora, nosotros, los que quedamos vivos, preguntémosnos ¿queremos hacerla? ¿De qué forma? Ω

Víctor R. Ruiz
Editor, Astronomía Digital
rvr@infoastro.com
Gran Canaria, ESPAÑA

Volver a la Luna



Javier Armentia | Planetario de Pamplona

El 14 de diciembre de 1972, tras permanecer tres días en la región de Taurus-Littrow, Cernan y Schmitt, los dos últimos humanos que han pisado ese mundo lo abandonaron... ¿para siempre?

La Luna había recibido desde julio de 1969 a doce astronautas norteamericanos, dentro de las misiones *Apolo*. Y a partir de entonces, y hasta ahora, nadie ha vuelto. Al menos vivo, porque es cierto que el 31 de julio de 1999 se estrellaron contra la Luna las cenizas del astrónomo Eugene Shoemaker, uno de los principales expertos en ciencias planetarias. Estas cenizas eran un tributo que la NASA incorporó a la misión *Lunar Prospector*, una de las pocas misiones que desde los años 70 han vuelto por allí.

Lo cierto es que la empresa ciclópea que supuso el programa Apolo tuvo su sentido dentro de la propaganda norteamericana en la Guerra Fría y de la verdadera carrera espacial que establecieron las dos potencias mundiales: la Unión Soviética y los Estados Unidos. Desde el comienzo de la era espacial eran los rusos quienes habían ganado sistemáticamente todas las batallas: fueron los primeros en poner en órbita un satélite (*Sputnik-1*, el 4 de octubre de 1957); el primer ser vivo en el espacio subió con ellos (la perra Laika, a bordo del *Sputnik-2* un mes después del primer *Sputnik*); también el primer astronauta (Yuri Gagarin, el 12 de abril de 1961), y hasta la primera mujer (Valentina Tereshkova, el 16 de junio de 1963).

Antes de eso, el presidente estadounidense J.F. Ken-

edy había expresado el deseo (y la orden de hacerlo) de, antes de finalizar el decenio, llevar un norteamericano a la Luna y traerlo de vuelta sano y salvo. Kennedy murió mucho antes de ver cumplido su sueño con el viaje del *Apolo 11*, cuando Neil Armstrong (el primer humano que lo hacía) pisó la Luna. Era el 21 de julio de 1969 en Europa, aún el 20 en EEUU. Y los americanos estuvieron a punto de perder también esta partida: la primera vuelta en torno a la Luna la había dado una nave soviética, la *Luna 1* a comienzos de 1959; y el primer objeto terrestre que llegó a la superficie lunar fue la nave *Luna 3*, en septiembre del mismo año. Sin embargo, una vez perdido el interés de llegar primero y poner la bandera, las dos potencias parecieron olvidarse de la Luna.

Aunque es cierto que los soviéticos siguieron mandando misiones automatizadas durante unos años (la última, llamada *Luna 24*, fue allí se posó y volvió con muestras a mediados de 1976) la carrera espacial, ya desinflada, se transformó en otros proyectos tripulados, de laboratorios en el espacio. Y los proyectos que desde mediados de los años 60 parecían prever una colonización masiva de la Luna, para la década de los 80 se aparcaron casi definitivamente. De hecho, hasta enero de 1994 no se volvió a

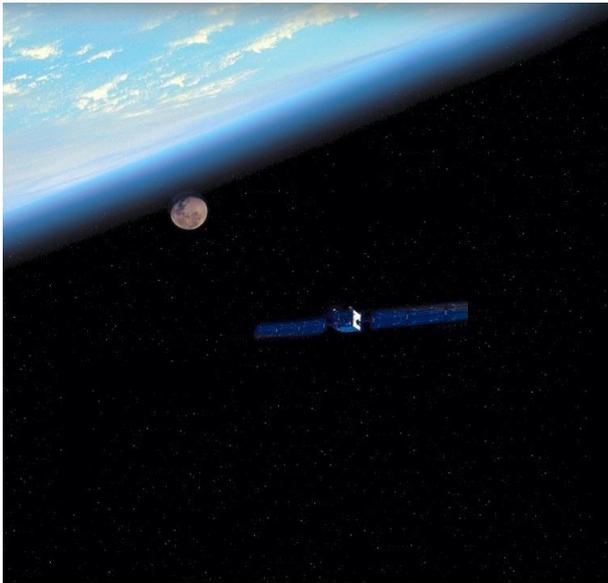


Figura 1: Representación artística de la sonda europea *SMART-1*, dirigiéndose hacia la Luna. Cortesía ESA.

mandar una nave espacial a la Luna. La sonda *Clementine* volvió para investigar la composición de la superficie orbitando en torno a nuestro satélite. Los datos que indicaban que podría haber hielo de agua en el polo sur lunar, en el fondo de los oscuros cráteres de esa región, reavivó el interés de una Luna que, por otro lado, había quedado bastante abandonada. Cuatro años después, la Lunar Prospector, también norteamericana como la *Clementine*, volvía a poner de moda el asunto del hielo lunar. Y con ello, planes que estaban olvidados desde hacía más de veinte años de montar una base lunar. O incluso, un hotel: el fundador de la cadena de hoteles Milton, Barron Milton, había afirmado en 1967: “la entrada del Lunar Milton estará en la superficie, pero gran parte del hotel se situará bajo la superficie, para controlar la temperatura de forma adecuada”. Ni que decir tiene que ese hotel aún no se ha construido, ni tiene visos de hacerse en breve.

Estados Unidos apostó desde hace años, en lo que se refiere a misiones tripuladas, por el sistema de lanzaderas espaciales (ahora paralizado tras la catástrofe del *Columbia*) y por la construcción en colaboración con otros quince países, de la Estación Espacial Internacional *Alfa*. Se estima que subir un kilogramo de cualquier cosa desde la superficie de nuestro planeta hasta posarlo en órbita cuesta unos 6000 euros. Dos terceras partes de ese precio es lo que cuesta sólo escapar de la gravedad terrestre. Evidentemente, sin recursos que se puedan utilizar de manera sencilla -de ahí el interés que había en encontrar agua en la Luna-, pensar en que alguna potencia espacial (y sólo queda una realmente, EEUU) pague la construcción de una base lunar, o de un hotel, cuando apenas puede costear el mantenimiento de los programas espaciales en curso es ilusorio.

Por eso ha sorprendido saber que los chinos quieren

ir antes de 10 años a la Luna. Desde luego, los intentos chinos por comenzar viajes espaciales tripulados vienen de antiguo, desde finales de los 60, pero nunca se han sustanciado en proyectos concretos, hasta ahora, con el lanzamiento de su primer *taikonauta* en órbita terrestre el pasado mes de octubre. Teniendo en cuenta que China es una potencia emergente en lo económico, posiblemente sean los únicos capaces, en todo el mundo, de apostar las -nunca mejor dicho- astronómicas cifras que un viaje de estos requerirá.

Para este año, en la Luna

De todas formas, los chinos podrían no ser los primeros en volver a la Luna, porque en septiembre de 2002 el gobierno estadounidense autorizó a una compañía privada de California, TransOrbital Inc., a planificar una misión no tripulada para finales de este año, llamada *Trailblazer*. Una sonda de prueba fue ya puesta en órbita a finales de diciembre con un cohete lanzador ruso.

Y la Agencia Espacial Europea ha lanzado *SMART-1*, una pequeña sonda que llegará el próximo año a órbita lunar, con una serie de instrumentos abordo para investigar la superficie de nuestro satélite. Esta misión, dentro de un nuevo programa de la ESA, va a poner en marcha nuevas tecnologías de propulsión, guiado y telecomunicación, que se usarán también en otras misiones de exploración planetaria. La Luna vuelve a ponerse en el punto de mira... Ω

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

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



Moda y tecnología espacial

Marcos Pérez | Casa de las Ciencias de La Coruña

Durante el 2003 los visitantes de la Casa de las Ciencias pudieron disfrutar de una exposición sobre la exploración espacial soviética.

Antoine de Saint-Exupery describe en *El Principito* un mundo en el que nada es más complicado de lo necesario. El autor de este hermoso libro reflexiona en otra obra sobre la simplicidad, afirmando que “la perfección se alcanza no ya cuando no quede nada por añadir, sino cuando no queda nada por suprimir”. Este parece ser el espíritu que anima a los diseñadores de los objetos que se usan en el espacio, y es normal que así sea. Cada gramo de peso inútil que se pone en órbita cuesta mucho dinero y resta sitio para cosas más importantes. Por eso, los objetos empleados en la exploración espacial pueden parecernos antiguos, pero no *pasados de moda*. En la exposición *Cosmonáutica rusa* que durante este año puede verse en la Casa de las Ciencias, es posible seguir la evolución de los trajes espaciales desde las telas engomadas y cierres de cordón con que se fabricaron los de los primeros perros, hasta los sofisticados tejidos sintéticos que visten a los cosmonautas actuales. En la exposición tam-

bién aparecen representados los avances en los materiales con que se fabrican naves, instrumentos y herramientas. Hay un largo camino que lleva desde la baquelita y los plásticos amarillentos de los interruptores de la cápsula Vostok al titanio con que se fabrican las herramientas utilizadas en la Estación Espacial Internacional. Pero estos cambios no siguen los criterios de la moda, sino los de la funcionalidad, ligereza y sencillez.

A lo largo del siglo pasado la exploración espacial ha sido una importante fuente de innovaciones tecnológicas. Por una parte, los programas espaciales forman y emplean a miles de técnicos y científicos que tienen la oportunidad de trabajar en proyectos de alta tecnología. Pero además, en el camino de encontrar las soluciones más simples y económicas para los complejos retos que plantea la salida al espacio, se descubren materiales y técnicas que en pocos años encontramos en multitud de objetos de consumo masivo. La NASA ha llegado a afirmar que cada



Figura 1: Visitante de la exposición de la Casa de las Ciencias. Las imágenes son cortesía del autor.

euro invertido en investigación espacial genera siete euros en forma de aplicaciones diversas. Buen ejemplo de ello son los avances en la protección y miniaturización de circuitos electrónicos, los tejidos resistentes al fuego, nuevos equipos de diagnóstico médico, materiales ultraligeros, hornos de microondas o detectores de humo. La lista completa incluye más de mil aplicaciones y adaptaciones desarrolladas al amparo de la investigación espacial. Por no mencionar los satélites que nos permiten hablar por teléfono, ver la televisión, predecir el tiempo o seguir la evolución de la desertización en nuestro planeta.

Quiero ser astronauta

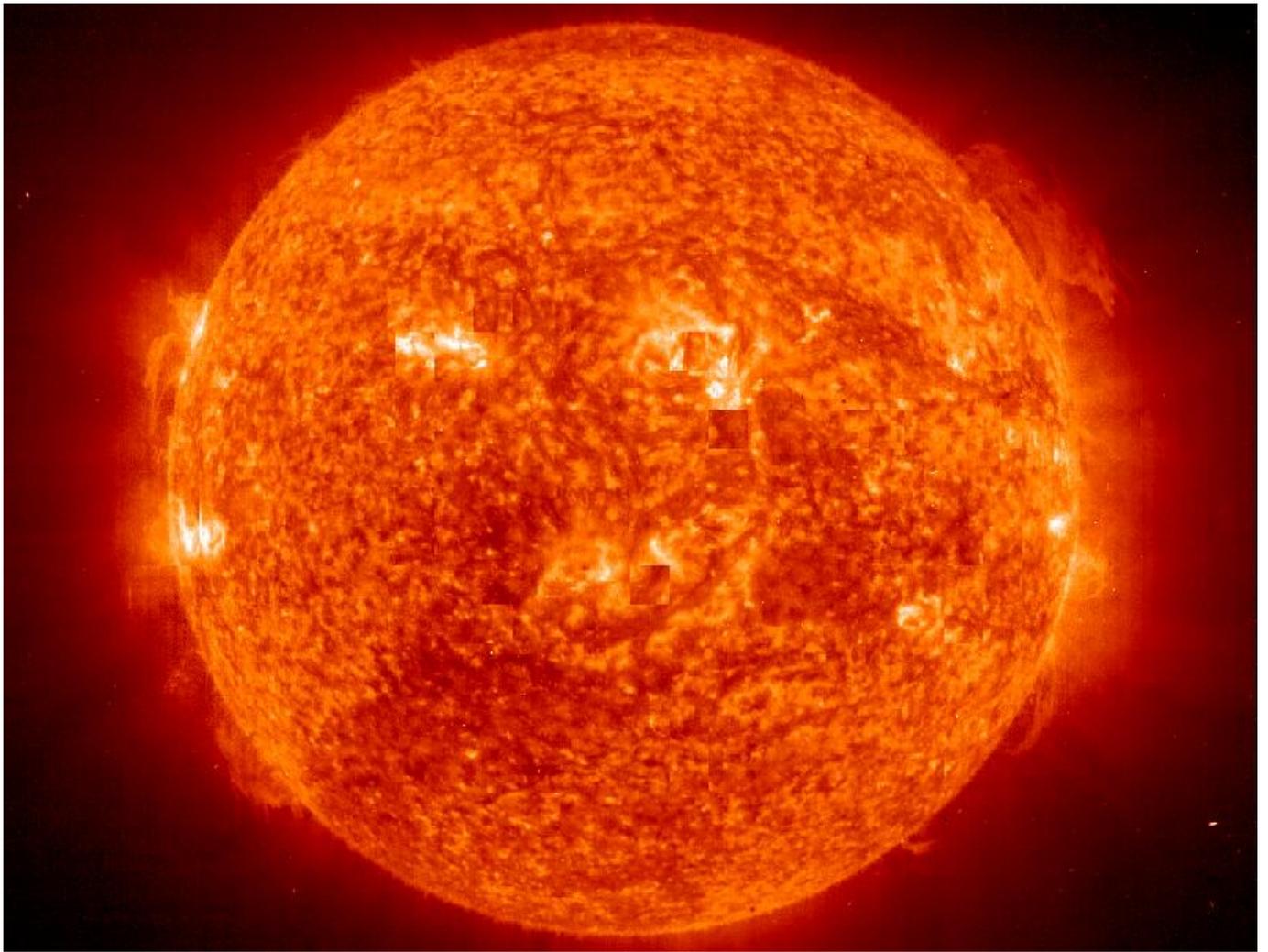
La Casa de las Ciencias es uno de esos lugares que se prestan a que la gente converse sobre el futuro. Es habitual escuchar a los visitantes hablar sobre el futuro del planeta, el de nuestra especie o incluso sobre su propio futuro profesional. Por lo que hemos podido oír estos días, dentro de veinte años nuestro país estará lleno de veterinarias, futbolistas, biólogos, pilotos y personas que trabajan en lo mismo que sus padres. A comienzos de año, coincidiendo con el estreno de *Cosmonáutica Rusa*, se pudo apreciar un notable incremento de las vocaciones de astronautas o cosmonautas, como denominan en Rusia a los viajeros espaciales. Al fin y al cabo, se trata de un trabajo emocionante, divertido, bien pagado, con posibilidad de ascender, viajar y ver mundo. De hecho, cuando salen astronautas en televisión solemos verlos sonriendo mientras flotan por su nave y gastan bromas a sus compañeros. Sin embargo, el accidente del transbordador espacial *Columbia* ha puesto en evidencia que existe un lado negativo. El oficio no está exento de peligros y la vida en una nave resulta un tanto claustrofóbica. Además, exige años de preparación que en el mejor de los casos culminan en una misión más corta que unas vacaciones, pues son pocos los astronautas que tienen la fortuna de repetir la experiencia.

Rusia y los Estados Unidos son los países que más esfuerzo han invertido en la exploración espacial. Ambos compiten desde hace más de 40 años para demostrar la superioridad de su tecnología, aunque cada vez colaboran en más proyectos conjuntos, como ocurre con la Estación Espacial Internacional. Japón, Canadá, China y los países europeos a través de la Agencia Espacial Europea (ESA) también se han sumado a la carrera del espacio, que para muchos es una cuestión estratégica y de *orgullo nacional*.

Es natural que las oficinas de prensa de las agencias espaciales nos muestren una imagen excesivamente pomposa de las misiones tripuladas

Por ello es natural que las oficinas de prensa de las agencias espaciales nos muestren una imagen excesivamente pomposa de las misiones tripuladas, en la que priman las banderas, los relatos épicos de máquinas infalibles y héroes que siempre dicen palabras que quedan estupendamente en los libros de Historia. En el lado contrario de la balanza, la literatura de ciencia ficción, y sobre todo el cine, nos han dejado algunos relatos muy detallados aunque poco verosímiles del día a día de los astronautas. Al final, sabemos poco de los detalles de la vida en el espacio, los objetos de uso cotidiano, en qué emplean el tiempo los astronautas o cómo resuelven tareas como comer o ir al aseo que para nosotros son tan sencillas que ni pensamos en ellas. Es necesario transmitir al público una imagen lo más realista posible de los motivos y los logros de las misiones tripuladas; sus limitaciones y las alternativas que se plantean de cara al futuro. Contar, en definitiva, la épica de la aventura colectiva de una especie capaz de alcanzar las fronteras de su propia imaginación y la emoción y las dificultades que viven los astronautas, a la vez héroes y conejillos de indias en una exploración que no ha hecho más que comenzar y podría estar muy cerca de su final. Ω

Marcos Pérez
Jefe de Sección de la Casa de las Ciencias
marcos@casaciencias.org
La Coruña, ESPAÑA



La variabilidad del interior del Sol y sus posibles efectos climáticos

Ángel R. López Sánchez | Instituto de Astrofísica de Canarias

¿Es responsable nuestra estrella de los cambios climáticos en la Tierra?

¿Por qué estudiamos el Sol?

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

esforzamos por comprender cómo funciona: estudiamos el Sol por motivos culturales, porque es fuente de ciencias básicas y porque tiene importantes efectos directos sobre la Tierra.

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

de nuestro mundo rebosa de referencias al Sol.

Nuestra estrella ha sido fuente de ciencias básicas a lo largo de toda la Historia

Si nos situamos en el punto de vista científico, nuestra estrella ha sido fuente de ciencias básicas a lo largo de toda la Historia. Aparte de su utilidad calendárica, sirvió para demostrar que nuestro planeta no era plano, sino esférico. Ya en la antigua Alejandría macedónica, Eratóstenes llegó a calcular el radio de la Tierra gracias a la sombra que los obeliscos egipcios proporcionaban a distintas latitudes. Fue entonces cuando se comprendió que girábamos alrededor de él, y no viceversa. Sin embargo, el modelo heliocéntrico fue postergado, y durante más de mil años la hipótesis geocéntrica de Ptolomeo fue la aceptada (o la impuesta). Copérnico, Brahe, Galileo y Kepler recolocaron el Astro Rey en el lugar que le correspondía, provocando el cambio de paradigma científico más importante de la Historia, y abriendo camino a la exitosa teoría de la Gravitación Universal de Newton. En la actualidad, el Sol continúa siendo vital para el estudio de los fenómenos físicos. Uno de los grandes logros de la Astrofísica es la comprensión del ciclo de vida estelar, y el conocimiento de que, dentro de 1000 millones de años, nuestra estrella emitirá tanta energía que la vida en la Tierra será imposible, transformándose paulatinamente en una gigante roja. Pero el fin último del Sol, dentro de unos 4500 millones de años, será una nebulosa planetaria, en cuyo interior descansará una enana blanca. La física de plasmas, la magnetohidrodinámica y la física nuclear se han desarrollado gracias al esfuerzo de entender cómo funciona el Sol. Un gran éxito fue encontrar la fuente de energía de las estrellas, la fusión termonuclear, en la que cuatro núcleos de hidrógeno se funden para proporcionar uno de helio, y energía. Este tipo de energía nuclear por fusión es eventualmente la solución al problema energético al que el mundo se precipita. Más recientemente, el Sol ha sido banco de pruebas para la física de partículas, sobre todo para el estudio de los escurridizos neutrinos. En las últimas décadas del siglo pasado se pensaba que esta partícula elemental, que tiene tres clases y aparece muy involucrada en los procesos de fusión nuclear, no tenía masa. Las dificultosas detecciones de neutrinos provenientes del Sol no concordaban con las cantidades teóricas predichas por los modelos solares: eran tres veces menor de lo esperado. Los físicos de partículas sostenían que el problema era de los modelos astrofísicos del interior solar; los astrofísicos argüían que el fallo era de los modelos de partículas. Recientemente se ha demostrado que el neutrino tiene masa, propiedad que hace que el neutrino pueda *cambiar* entre sus tres clases posibles. Científicamente, este fenómeno se conoce como *oscilaciones de neutrinos*. Como nosotros detectamos mayoritariamente sólo un tipo de neutrino (el neutrino del electrón), el factor tres de las observaciones solares es correcto. El problema está resuelto.

Efectos del Sol sobre la Tierra

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

Una de las causas más importantes por las que interesarse en estudiar la variabilidad solar es por su efecto directo sobre nuestro planeta

Una de las causas más importantes por las que interesarse en estudiar la variabilidad solar es por su efecto directo sobre nuestro planeta. Desde el descubrimiento de las manchas solares sobre la fotosfera solar por Galileo, se observó que en algunos años aparecían más manchas o grupos de manchas que en otros, encontrándose un ciclo de once años. Cuando se alcanzan momentos de mayor número de manchas, se tiene un máximo de la actividad solar, y se suceden las fulguraciones y protuberancias, la atmósfera solar se expande, y se incrementan las tormentas magnéticas. En el último siglo se ha podido estudiar con más detalle la actividad solar, encontrándose que la variación de la irradiación solar a lo largo del ciclo de 11 años es de sólo 0,1%. ¿Afecta sobre la temperatura media terrestre? Puede ayudarnos a responder a esta pregunta el hecho de que en el siglo XVII un período de varias décadas de bajos máximos solares correspondía a una pequeña edad de hielo en la Tierra, en la que se sucedieron las bajas temperaturas. A este período se le conoce como *Mínimo de Maunder*, durante el que la radiación solar fue entre 0,2 y 0,3% menor de lo que es en la actualidad. Debería existir alguna relación entre el descenso de la radiación solar y la bajada de la temperatura media terrestre. Sabemos que uno de los problemas medioambientales más serios en la actualidad es el calentamiento global de la Tierra debido fundamentalmente al efecto invernadero. Pero vamos

a ver que este calentamiento también está asociado a la variabilidad solar.

¿Por qué necesitamos comprender la variabilidad solar?

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

El estudio de las oscilaciones solares es parecido al realizado para conocer cómo es el interior terrestre a través de los terremotos

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

Se detectan variaciones de la temperatura fotosférica, alcanzándose incluso variaciones en un 0,1 % al día

¿Ocurren realmente estos cambios estructurales internos? Las observaciones indican que sí. Por ejemplo, se

detectan variaciones de la temperatura fotosférica, alcanzándose incluso variaciones en un 0,1 % al día (recordemos que es el mismo valor de la variación que se tiene a lo largo de todo el ciclo solar) que en parte parecen explicarse por los cambios internos. También se producen cambios en el radio del Sol y variaciones de las oscilaciones del interior solar, además de diferencias de la irradiancia total entre dos períodos de mínima actividad.

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

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

Los gases invernadero, fundamentalmente el dióxido de carbono, CO_2 , y el vapor de agua, pero también otros como el óxido de nitrógeno (NO_2), el metano (CH_4), los clorofluorocarbonatos (CFCs) y el ozono (O_3) retienen la radiación infrarroja que emite el suelo como consecuencia de la incidencia directa de la radiación solar sobre la superficie. Sin los gases invernadero, esta radiación infrarroja se escaparía hacia el espacio. Un poco de efecto invernadero es bueno: si no existiera, la Tierra sería un mundo cubierto de hielo. Pero el crecimiento constante de la concentración de los gases invernadero, sobre todo dióxido de carbono, hace aumentar la temperatura media de la atmósfera terrestre. Este hecho está actualmente totalmente comprobado, como se observa en las gráficas que muestran la variación de la concentración de CO_2 en los últimos 150 años. Este crecimiento no es lineal, sino exponencial. El problema es realmente grave.

El año pasado se reunieron en Shanghai los científicos internacionales más importantes en el estudio del cambio climático, alcanzándose dos conclusiones fundamentales. La primera, que la mayoría del calentamiento observado durante los últimos 50 años es debido a gases de efecto invernadero. La segunda, que el calentamiento para 2100 será entre $1,4^\circ$ y $5,8^\circ$ si sólo se doblase la concentración actual de CO_2 en 100 años. Una subida de $1,4^\circ$ durante este siglo es un problema serio, pero subir $5,8^\circ$ sería un desastre total. El calentamiento se realiza sobre todo en latitudes altas, provocando el deshielo de los polos y el

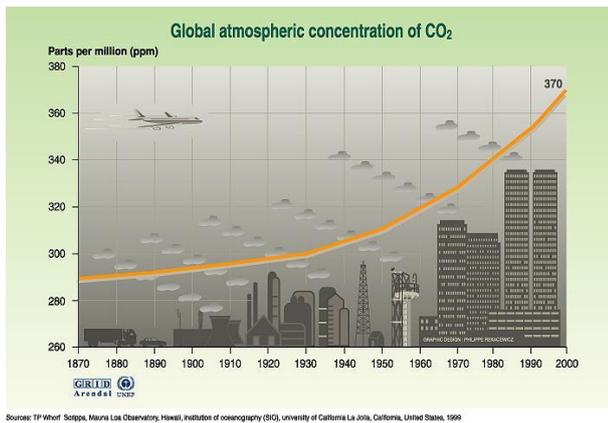


Figura 1: Evolución de la concentración de CO₂ durante los últimos 130 años. Datos del observatorio de Mauna Loa, en Hawaii.

consecuente aumento del nivel de los océanos como resultado de la fusión de enormes cantidades de hielo continental. La faz de la Tierra cambiaría totalmente, muchas islas desaparecerán, y grandes ciudades costeras quedarán bajo el agua. Además el cambio climático desastroso asociado a este aumento de la temperatura atmosférica media induce un desecamiento de las zonas continentales lejanas de los océanos, ampliándose los desiertos interiores, y una subida de la humedad en las zonas costeras, que se traducen en el incremento descontrolado de las lluvias y fenómenos atmosféricos violentos como huracanes. Ambas variaciones, destacando ésta última, están sucediendo ya.

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

El experimento del Sextante del Disco Solar

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

Si se puede estimar la franja exacta de la totalidad para cada eclipse solar, se puede conocer el radio del Sol

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

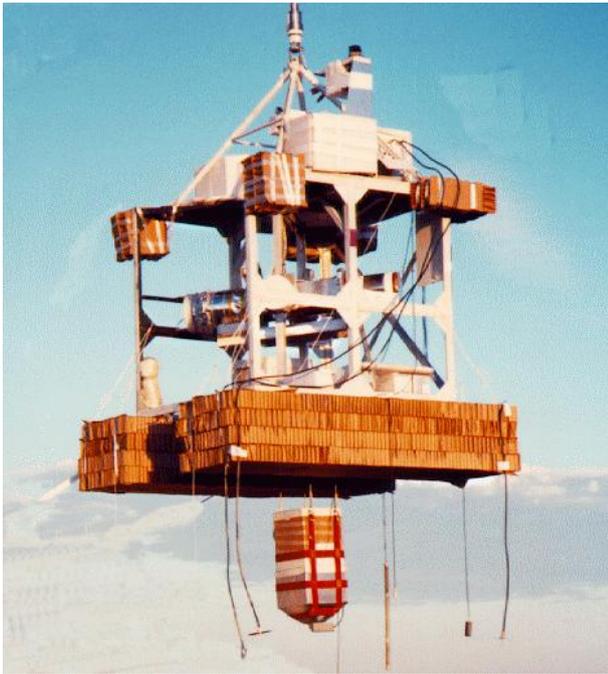


Figura 2: Experimento del profesor Sabatino

ansitados espectros de la cromosfera solar, porque el eclipse sólo duró 5 segundos desde su lugar de observación. Conociendo la posición de este astrónomo, justo a unos 80 kilómetros al norte de Nueva York, se determinó con un margen de error de 50 metros el límite norte de la totalidad y, de ahí, el radio del Sol aquel día.

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

Ángel R. López Sánchez
angelrls@11.iac.es

Astrofísico residente, Instituto de Astrofísica de
Canarias (IAC)

Presidente Agrupación Astronómica de Córdoba (AAC)
Tenerife, ESPAÑA



Morfología de los cometas

Claudio Elidoro | Italia

¿Cómo son los cometas y cómo se estudian?

El modelo del montón de grava

El modelo más aceptado al inicio del siglo XX suponía que los cometas estaban constituidos por un aglomerado de partículas de material meteorítico, de naturaleza extremadamente porosa, con una cantidad notable de moléculas de gas que, liberadas por la acción del Sol, originaban la coma. Tal modelo, denominado el *montón de grava*, se dedujo a partir del análisis de la coma y del material meteorítico, cuya procedencia se asociada hacía tiempo a restos de cometas. El problema de la estabilidad gravitacional, considerado crucial para la supervivencia del cometa a la acción del Sol, fue resuelta en 1902 por O. Callandrea. Este investigador demostró que para un aglomerado de 10 km de radio y 10^{17} g de masa la estabilidad gravitacional estaba garantizada.

Del modelo del montón de grava se pueden hacer las siguientes consideraciones (Tempesti, 1985):

1. El número de moléculas de C_2 de la coma se puede estimar en 10^{35} - 10^{37} , indicación derivada del estudio de los espectrogramas. La vida media de la coma es inferior a un día, lo que implica que se renueva completamente de forma cotidiana.
2. Análisis de laboratorio indican que el material meteorítico es capaz de absorber, por término medio, 10^{19} moléculas de gas por gramo. Esto lleva a supo-

ner, considerando un núcleo de 10^{18} g, la presencia de un total de 10^{37} moléculas absorbidas.

3. En este punto las cuentas no salen. Asumiendo que el número total de moléculas de la coma es 10 veces el de C_2 , se puede ver enseguida que la coma cometaria producida según el modelo del montón de grava sólo podría ser alimentada durante un día.

El modelo de Whipple

En 1950 F. L. Whipple puso en discusión este modelo y propuso uno nuevo, la *bola de nieve sucia*. Resumiendo, Whipple descartaba el concepto de núcleo cometario como agregado de materiales meteoríticos agrupados por la gravedad. Introduce en su lugar un núcleo compacto compuesto por hielo y materiales no volátiles. En el modelo de Whipple, 1 gramo de hielo puede producir entre 10^{22} y 10^{23} moléculas, lo que implica una disponibilidad teórica de 10^{40} - 10^{41} moléculas. Por lo tanto, respecto al modelo anterior, es posible una actividad cometaria de 10^3 a 10^4 veces más larga.

Al delinear las características de su modelo, Whipple inicia el análisis de las temperaturas de fusión y ebullición de las moléculas responsables de la formación de la coma (CH_4 , CO_2 , NH_3 , C_2N_2 y H_2O). Cuando el núcleo

se aproxima al perihelio, el aumento de irradiación solar hace aumentar a su vez la temperatura superficial de la zona expuesta al Sol. De este modo, provoca la evaporación del hielo y su dispersión en el espacio circundante. Además, el material meteorítico con dimensiones por debajo de cierto límite es expulsado a causa de la baja atracción gravitatoria del núcleo, dando origen a la formación de la cola de polvo. Se puede verificar también que cualquier partícula más grande o de mayor densidad puede desaparecer por choque térmico, pero normalmente permanecerán en la superficie. Se produce así un estrato aislante responsable de la reducción de pérdida de gas del núcleo en los pasos sucesivos del cometa.

Si toda la radiación solar fuese absorbida por un objeto esférico situado a 1 UA (Unidad Astronómica) del Sol, el objeto perdería en un año, por evaporación de su superficie, una capa de hielo de alrededor de 4 metros (Whipple, 1950). Hay que tener presente, sin embargo, que si el material meteorítico fuese una agregación de grano grueso y débilmente cementado, la conducción calorífica sería bajísima a causa de la reducida superficie de contacto entre las partículas. Esto implicaría una reducción del coeficiente de transmisión del calor en un factor de 10^4 respecto al de un cuerpo sólido compacto, volviendo poco eficaz a esta forma de transmisión del calor. El mecanismo más eficiente para la transferencia del calor solar desde la superficie del núcleo a su interior parece ser la emisión de radiación a baja temperatura.

De esta forma, la parte más interna del núcleo comenario siempre estará extremadamente fría, no sólo por la descrita baja conductividad térmica, sino también porque el calor disponible ha estado implicado en la evaporación. Éste es un mecanismo muy eficaz de refrigeración en el vacío.

Además de la producción y el mantenimiento de la coma en el curso de un paso por el perihelio veremos otros tres hechos cruciales por los cuales el modelo precedente (montón de grava) era inadecuado:

1. *La presencia de cometas usualmente denominados sungrazers.* Se aproximan muchísimo al Sol pero no se desintegran por completo. El calor extremadamente elevado debería sublimar todo el gas absorbido y gran parte de su material meteorítico. Por otra parte, las fuerzas de marea disgregarían fácilmente los pequeños cuerpos que componen el núcleo.
2. *La presencia de cometas periódicos.* La estructura de montón de grava no puede absorber nuevos materiales para reemplazar los expulsados durante el paso anterior, dada la bajísima disponibilidad que ofrece el espacio interplanetario. Por lo tanto, sería imposible para un cometa presentarse varias veces a su cita con el contenido necesario de sustancias volátiles.
3. *El movimiento no gravitacional de los cometas.* El modelo que se creía válido antes de Whipple no explica cómo algunos cometas anticipan su retorno al perihelio y otros, al contrario, lo retrasan. El Encke,

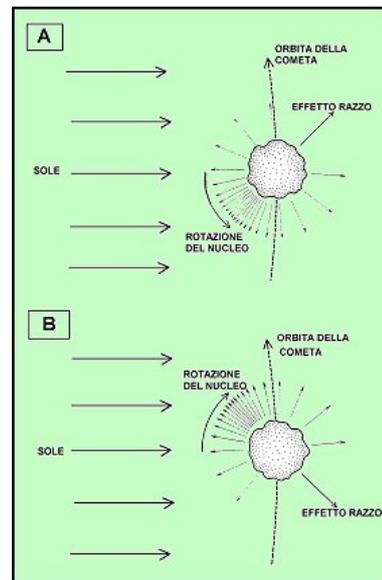


Figura 1: **A)** Si la rotación del núcleo es acorde con el movimiento de revolución, la reacción del chorro empujará al cometa hacia delante en su órbita, alargándola y haciendo que aumente el periodo (retardo en los pases sucesivos). **B)** Si el núcleo rota en dirección opuesta a su movimiento orbital entorno al Sol, el *efecto cohete* causará una fuerza desaceleradora que empujará al cometa hacia el interior en dirección al Sol, con la consiguiente disminución del periodo (anticipo en los pases sucesivos).

por ejemplo, anticipa su retorno, por término medio, 2 horas y media, teniendo en cuenta todas las perturbaciones gravitacionales. Mientras, el Halley, se retrasa alrededor de 4 días.

El modelo propuesto por Whipple superaba brillantemente todos estos obstáculos:

1. Un cuerpo compacto, con las dimensiones de un núcleo comenario, tiene éxito al pasar por la vecindad del Sol sin volatilizarse del todo, ya que solamente *consume* una fina capa exterior. Es posible que se puedan producir fracturas del núcleo, como en el Ikeya-Seki, pero no la completa dispersión.
2. Si el núcleo está compuesto principalmente por hielo, no hay necesidad de reemplazar en órbita el material sublimado que ha dado origen a la coma. La masa estimada del núcleo comenario puede, de hecho, dar sobrada cuenta de los numerosos pasos de los cometas periódicos.
3. La causa del movimiento *no gravitatorio* de los cometas puede identificarse con una fuerza de reacción a la expulsión de gas del núcleo. Fue propuesta por Bessel en la primera mitad del siglo XIX y se contrapone a la hipótesis de la existencia de un medio interplanetario resistente. En el modelo del montón de grava, el cálculo no tenía en cuenta que el gas liberado podía tener intensidad suficiente. En el modelo

de Whipple, por el contrario, la velocidad térmica de expulsión de las moléculas del núcleo, como consecuencia de la sublimación del hielo (con valores de decenas de m/s), pueden justificar un *efecto cohete*. En el Halley, la sonda *Giotto* encontró verdaderos chorros de gas y polvo saliendo a través de fisuras en la corteza superficial del núcleo, en el lado opuesto al Sol. El anticipo o retardo de la vuelta al perihelio de un cometa se puede explicar recurriendo a este *efecto cohete* (véase figura 1) y a la presencia de rotación en el núcleo.

Resumiendo, un cometa está, esencialmente, compuesto por un *núcleo* de aglomerado de hielo y polvo, cuya estructura interna nos es desconocida, y que orbita en torno al Sol. La subida de la temperatura al aproximarse al perihelio provoca la evaporación del hielo, con la consiguiente expulsión de materiales volátiles y polvo que forman la *coma*. La interacción de esta estructura con el campo magnético interplanetario y con el viento solar origina una estela visible, denominada *cola*. La cola, siempre revuelta, señala (como una bandera) la dirección opuesta al viento solar (véase figura 2).

Creo que es interesanate, antes de pasar a analizar la morfología de un cometa, presentar una tabla que muestra la abundancia relativa de las sustancias gaseosas volátiles (hielos) y no volátiles (a la temperatura terrestre ordinaria) de los cuerpos del Sistema Solar. Verificamos de este modo la consistencia de la teoría que identifica la zona de Urano y Neptuno con la zona principal de formación de los cuerpos cometarios.

Una segunda tabla, según los datos obtenidos durante la exploración del cometa Halley, permite una ulterior confrontación entre el material cometario y los valores típicos del Sistema Solar, analizando la abundancia relativa de isótopos de algunos elementos. Tal confrontación permite expresar dos consideraciones:

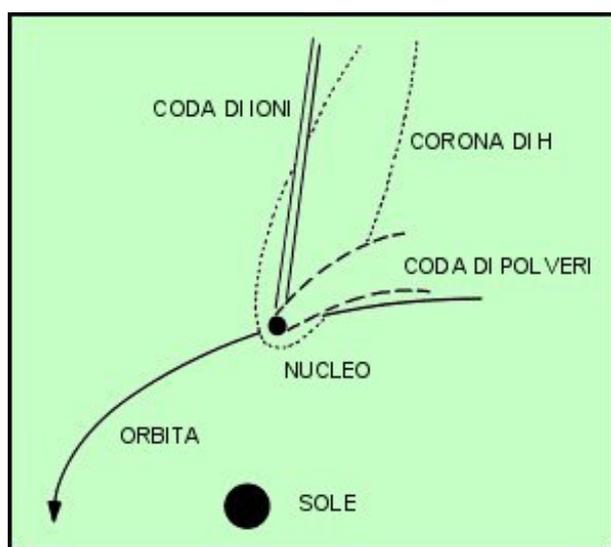


Figura 2: Reproducción de: Hamilton, <http://bang.lanl.gov/solarsys/comet.htm>, mayo 1996.

	Gases	Volátiles	No volátiles
Sol	0,99	0,015	0,0025
Planetas terrestres	Trazas	Trazas	1,0
Júpiter	0,9	0,1	Trazas
Urano/Neptuno	Trazas	0,85	0,15
Cometas	Trazas	0,90	0,10

Figura 3: Fuente: Tempesti, Diario de Astronomía vol.11, n.2, 145; 1985

	Halley	Sistema Solar
D / H	5×10^{-4}	10^{-5}
C ₁₂ / C ₁₃	80 + / - 20	89
N ₁₄ / N ₁₅	250 + / - 100	270
S ₃₄ / S ₃₂	0,045 + / - 0,01	0,044

Figura 4: Fuente: *L'Astronomia*, 98, 30; 1990

- La concordancia sustancial de los parámetros del Halley con los que se refieren al Sistema Solar para el carbono, nitrógeno y azufre no puede más que confirmar el origen *solar* del material cometario;
- La discordancia en el caso de la relación deuterio/hidrógeno se puede interpretar en términos evolutivos, en el sentido de que la intensa fotodisociación del agua produce la liberación de enormes cantidades de hidrógeno y este fenómeno afecta preferentemente al hidrógeno normal, más ligero que el deuterio (Guaita, 1990).

El núcleo

Lo que más asombra cuando se afronta el análisis de un núcleo cometario es la imposibilidad de su observación directa. Cuando la distancia a nosotros es favorable para una observación fácil, en realidad el núcleo está completamente escondido en la coma que él mismo ha originado. Cuando, por el contrario, la coma está ausente, el núcleo se halla ya a una distancia tal que no puede ser observado debido a sus dimensiones reducidas. Un fenómeno tan majestuoso como la aparición de un cometa no puede resultar más decepcionante.

Las dimensiones actualmente estimadas para los núcleos cometarios van desde algunos cientos de metros a algunas decenas de kilómetros. El análisis completo del núcleo del cometa Halley por la sonda *Giotto* en marzo de 1986 ha hecho posible determinar las medidas en $15 \times 7,2 \times 7,2$ km, evidenciando también una forma altamente irregular. La localización del máximo de actividad del núcleo del Halley (encontrado por las sondas *Vega* y *Giotto*), justo en los extremos del elipsoide resultante de excluir la forma irregular del núcleo, puede depender de un mecanismo de sublimación preferencial en ciertas zonas. Es, por lo tanto, preferible pensar que el cometa ha nacido con forma irregular como un aglomerado de fragmentos (Keller y Thomas, 1989).

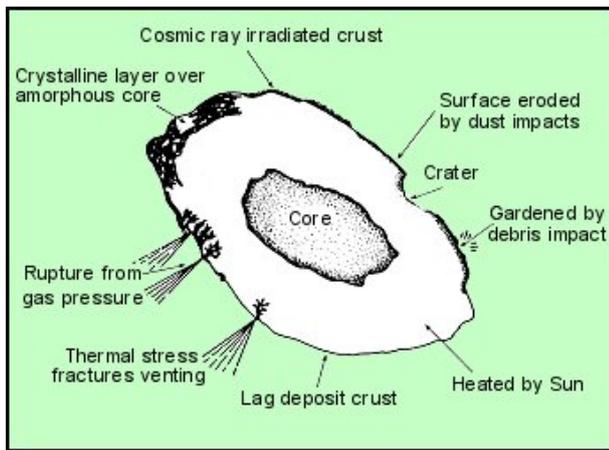


Figura 5: Representación de un núcleo cometario.

En el modelo más recientemente propuesto para los núcleos cometarios se prevé no una estructura compacta, como la sugerida por Whipple, sino un agregado de fragmentos con el hielo que actuaría como cemento (Mc Sween y Weissman, 1989). Tal descripción está en línea con la hipótesis de la estructura de algunos asteroides (montón de grava) y puede explicar el origen de los fenómenos meteoríticos mediante la dispersión de material cometario en el espacio. Inevitablemente, sin embargo, tenemos que convenir con Taylor (1992) que, en el estado actual, la estructura interna del núcleo cometario es todavía un misterio. Óptimas perspectivas para desvelarlo se ponen en la futura misión espacial *Rosetta* que analizará in situ el núcleo de un cometa.

De gran importancia para la determinación de los parámetros físicos del cometa ha sido, también en este caso, la contribución de las sondas, la primera de todas la *Giotto*. Ésta ha permitido medir la emisión del núcleo del Halley, cuantificando la de gas en 2×10^7 g/s y la de polvo en $0,3 - 1,0 \times 10^7$ g/s. De estos datos se deduce que cada paso por la proximidad del Sol supone la pérdida de alrededor de 10^{14} g. Dado que la estimación de la masa total sugiere un valor de 10^{17} g, podemos aceptar con gran probabilidad sus numerosos pasos (una treintena) minuciosamente registrados en las crónicas históricas. Otro dato extremadamente significativo procurado por las observaciones en la vecindad del núcleo del cometa Halley es su color oscuro: de hecho, refleja sólo un 4% de la luz solar incidente.

Continuando con el análisis del núcleo cometario, la figura 5 (Taylor, *Solar System Evolution*, pag. 124, fig. 3.10.1) esquematiza su estructura de un modo muy significativo y halla confirmación sustancial en las imágenes enviadas a la Tierra por la sonda *Giotto*.

Se puede notar los diferentes procesos que han modificado la morfología inicial del cometa: lo más importante, desde el punto de vista observacional, son las fracturas que dejan salir el gas y el polvo destinados a alimentar las estructuras de la coma y de la cola.

Una última información importante obtenida en la aproximación de la *Giotto* (la sonda transitó a una distan-

cia de alrededor de 600 km del núcleo del Halley¹) es la localización de las zonas de sublimación del gas. Éstas aparecen bien delimitadas localmente y corresponden a una superficie activa evaluable entorno al 10% de la del núcleo.

Las modestas dimensiones calculadas para los núcleos cometarios han sido confirmadas también por las observaciones de radar. En el caso de las campañas de la NASA-JPL efectuadas sobre el cometa Hyakutake, ha registrado un núcleo de sólo 1-3 km. De ahí se concluye, dada la intensa actividad manifestada, que la parte de la superficie nuclear activa ha sido superior al 10% de la obtenida para el Halley (Cremonese, 1996).

Diferente, sin embargo, es el caso del Hale-Bopp, para el cual, suponiendo una fracción del 10-20% de la superficie como zona activa, lleva a estimar un núcleo de 30-40 km. Esta medida ha sido confirmada por el análisis de la radiación térmica emitida por el núcleo, por las imágenes infrarrojas tomadas por el satélite europeo *ISO* y a través del análisis del perfil de luminosidad de la coma (de donde se deduce la cantidad de la luz reflejada por el núcleo y de ahí, sus dimensiones).

Ya se ha señalado el hecho de que en una revolución se consumiría la reserva interna de hielo a no ser por la imposibilidad de salir del material a causa de la presencia de una corteza protectora. En caso contrario, el aspecto del núcleo no sería muy distinto del de un asteroide y la discriminación entre objetos que pertenecen a las dos clases sería prácticamente imposible (Wetherill e Shoemaker, 1982).

Un último aspecto a subrayar, respecto al núcleo de un cometa, se presenta en el análisis de su rotación. En la descripción del modelo de Whipple se había evidenciado que la rotación del núcleo, asociada al *efecto cohete*, es fundamental para interpretar el movimiento considerado *no gravitacional* (anticipo y retraso del retorno al perihelio) del cometa.

La hipótesis de la rotación del núcleo se basaba inicialmente sólo en argumentos de tipo estadístico (no se conoce ningún cuerpo celeste que no esté dotado de rotación), pero al refinarse las técnicas fotométricas han contribuido a confirmar los datos teóricos. Quedan algunas dudas al cuantificar con precisión el periodo de rotación, pero esto depende de las dificultades observacionales que se derivan de la pequeñez del núcleo, de su forma a menudo irregular y de la posible impredecibilidad del mecanismo de emisión del gas y polvo que sigue a una variación de la reactividad al calor solar. Para el Halley, por ejemplo, hay indicaciones contradictorias entre la periodicidad de 53 horas sugerida por las observaciones de la raya Lyman- α del H (confirmadas en las imágenes ópticas tomadas por la *Giotto*) y la periodicidad de 7,4 días que se deduce de medidas fotométricas en la banda del C₂, del CN y del OH.

El Hyakutake, por el contrario, ha mostrado una rota-

¹Habiendo citado muchas veces la misión *Giotto* recordemos, por ser precisos, que el primer encuentro de una sonda espacial con un cometa ha sido el del *Explorador Cometario Internacional* (ICE) el 11 de septiembre de 1985 con el cometa Giacobini-Zinner

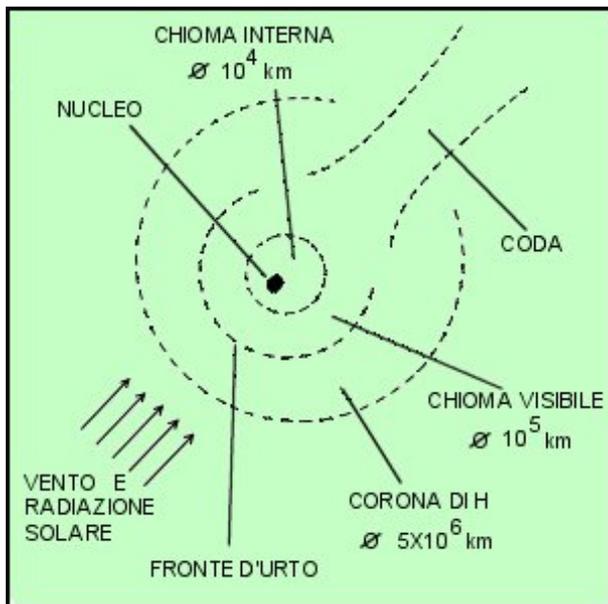


Figura 6: Estructura interna de un cometa.

ción más rápida, con un periodo estimado de 6-8 horas. Esta elevada velocidad de rotación, unida a las pequeñas dimensiones del núcleo y a la intensa actividad (interpretada como consecuencia de una superficie joven y no recubierta todavía de ninguna corteza protectora) que sugiere la hipótesis de que este cometa sea un fragmento separado recientemente (¡siempre en relación al tiempo cósmico!) de un cuerpo cometario mucho más grande (Crippa et al., 1996).

La coma

La coma es el elemento morfológico que da el nombre a los cometas

El primer aspecto a notar respecto a la coma es su enorme extensión, respecto al núcleo. Por la imposibilidad de efectuar una medida unívoca, se puede asumir, en el momento de máximo desarrollo, unas dimensiones típicas de entre 30 mil y 100 mil km.

La coma está constituida por gas expulsado por el núcleo. Las variaciones en sus dimensiones, durante la aproximación al Sol, depende de dos mecanismos que se oponen entre sí: por un lado, la subida de las temperaturas que, aumentando la producción de gas, tiende a extenderla; por otro lado, la mayor presión de la radiación solar, que tiende a reducirla.

La coma de un cometa está formada por tres capas concéntricas: procediendo desde el núcleo hacia el exterior encontramos una primera capa reducida llamada *coma interna* o *molecular*, a continuación la *coma intermedia* o *de radicales* y finalmente una capa enorme llamada *coma de hidrógeno*.

La estructura y las dimensiones típicas de una coma se esquematizan en la figura 6. Notemos, sin embargo, que los valores mostrados son extremadamente variables de

un cometa a otro, como se puede ver también en dicha tabla (los valores mostrados son el diámetro expresado en km).

La formación de la coma es el elemento que permite localizar al cometa en observaciones visuales cuando se halla por término medio entorno a 3 UA del Sol. Es la observación de la nebulosidad de la coma lo que busca el cazador de cometas, una figura más actual que nunca, como confirma la circunstancia de que el reciente cometa C/1996 B2 fue descubierto el 31 de enero de 1996 por un fotógrafo japonés, Yuji Hyakutake.

Hablando de la localización visual de los cometas, es oportuno hacer una breve consideración sobre la luminosidad de estos cuerpos celestes. Si el núcleo fuese un objeto inactivo bajo la luz solar, su magnitud dependería de la distancia al Sol (r) y de la distancia al observador (Δ) según una proporción cuadrática, sugiriendo una relación del tipo

$$m = m_o + 5\log(\Delta) + 5\log(r)$$

Pero el núcleo es fuertemente reactivo a la radiación solar y por lo tanto la relación debe ser sustituida por

$$m = m_o + 5\log(\Delta) + 2,5n\log(r)$$

En la cual la dependencia es del tipo r^n .

En la mayor parte de los casos los valores de n están comprendidos entre 2,5 y 11,5. n es, por lo tanto, muy variable de un cometa a otro y, a menudo, también para un mismo cometa. A este propósito bastará recordar la gran desilusión asociada al cometa Kohoutek (1973 XII). El valor estimado inicialmente (4,0) lo habría llevado a la magnitud aparente -3, pero el parámetro n , por el contrario, bajó al valor 2,0. Por lo tanto, el cometa, en el momento de máxima luminosidad, solamente llegó a la cuarta magnitud.

De las primeras observaciones espectroscópicas (por obra de G.B. Donati y W. Huggins en 1864) se descubrió que la coma de los cometas está constituida por compuestos del C, H, O y N.

En la coma de un cometa que se acerca mucho al Sol se ven otras rayas importantes de emisión de metales en estado atómico, como Na, K, Mn, Cu, Fe, Co y Ni. Estos metales provienen de la vaporización del material meteorítico del núcleo. La doble raya amarilla del Na fue encontrada por primera vez analizando el cometa 1882 II en la proximidad del perihelio, situado solamente a 0,06 UA del Sol. El análisis detallado de las sustancias encontradas en la coma sugirió que las moléculas observadas no eran más que emanaciones del núcleo. Esto implica que las moléculas expulsadas del núcleo deberían ser más complejas². Estas moléculas madre constituyen la coma interna, estructura no directamente accesible a la observación, que originan, por disociación provocada por la radiación solar, las consiguientes moléculas-hijas (que a su vez constituyen la capa intermedia o coma visible).

Las moléculas hijas son principalmente, la parte del radical OH, el carbono bi-molecular C_2 que origina la banda de Swan, el cianógeno CN y el óxido de carbono ionizado CO^+ .

²Proviene de otras moléculas-madre

Nombre del cometa	Coma visible	Coma de hidrógeno
Tago-Sato-Kosaka (1969 IX)	500 mil	15 millones
Bennett (1970 II)	900 mil	2 millones
Encke	400 mil	1 millones

Figura 7: Datos obtenidos de Tempesti, *Giornale di Astronomia*, vol.11, N.2, 145; 1985)

La abundancia espectroscópica del oxidrilo OH^+ y el hecho de que se viene encontrando un aumento de luminosidad de la coma a distancias inferiores a 3 UA^3 induce a concluir que es el propio hielo de agua el que predomina entre los hielos cometarios. Lo sugiere también la presencia del hidrógeno.

La confirmación llegó en 1970 cuando el satélite *QA02* encontró en torno a la coma del Tago-Sato-Kosaka (1969 IX) una capa enorme de hidrógeno, inobservable desde la Tierra, mediante de observaciones en el ultravioleta. Del análisis de los datos, encontrados también gracias al satélite, se puede deducir que el agua constituye alrededor del 80 % de las moléculas que emanan del núcleo. A parte del agua, entre las moléculas madre hay, pero en cantidad mucho menor, anhídrido carbónico CO_2 , ácido isocianhídrico HNC , amoníaco NH_3 , cianuro de metilo CH_3CN y metano CH_4 .

El estudio de la abundancia relativa del ácido isocianhídrico HNC respecto al ácido cianhídrico HCN observada en el cometa Hyakutake han llevado a W.M. Irvine y colaboradores (1996) a constatar como tal relación es muy similar a la observada en las nubes moleculares interestelares. Se constata asimismo que es distinta de la relación de equilibrio que se encuentra en la zona más externa de la nebulosa solar, donde se piensa que se han formado los cometas. Este hecho, del cual se han propuesto varias explicaciones, no hace más que confirmar que todavía hay muchos puntos oscuros en la comprensión plena de estos objetos celestes.

De observaciones de radio del Hyakutake también emerge la presencia de abundantes emisiones ($2,2 \times 10^{26}$ moléculas/s) de etano (C_2H_6) con el pico en la región nuclear, hallazgo que induce a considerar el etano como moléculamadre y no como producto de disociación (Cremonese, 1996).

Causó cierta perplejidad el descubrimiento de emisiones de rayos X de baja energía en el cometa Hyakutake, realizado el 27 de marzo de 1996 por el satélite alemán en órbita *ROSAT* (IAUC 6373). Actualmente este fenómeno ha sido observado en otros ocho o nueve cometas y ya están en estado avanzado hipótesis que explicarán las emisiones.

Una primera hipótesis prevé un mecanismo de captura de rayos X de origen solar por parte de la nube molecular de agua y la sucesiva reemisión en un proceso de fluorescencia. Por otra parte, una segunda hipótesis explica el fenómeno recurriendo al mecanismo de reflexión de rayos X de origen solar por obra de los granos submicroscópicos

³Distancia a la que se llega a una temperatura que permite la evaporación del hielo de agua.

del polvo expulsado del núcleo (Caprara, 1996; Cremonese, 1996).

Sugerida por los investigadores de la Universidad de Michigan, la hipótesis que se piensa más plausible es que el fenómeno es debido a la violenta interacción entre los átomos y las moléculas de la coma con el viento solar. Esto llevaría a la captura de electrones, cuya sucesiva caída a niveles energéticos inferiores tendría como resultado la emisión energética en la región de rayos X del espectro.

La cola

Siendo tradicionalmente lo más característico de un cometa (y lo más espectacular), la cola no siempre acompaña las apariciones de estos cuerpos celestes. En otras ocasiones, las colas alcanzan proporciones considerables, como en el caso del Ikeya-Seki (1965 VIII) cuya cola llegó a tener la excepcional longitud de casi 1 UA. Que la cola estuviese de alguna manera ligada a la emisión de material del núcleo empujado por la fuerza general repulsiva del Sol se había supuesto desde el inicio del siglo XIX (Olbers y Bessel). La teoría estaba también soportada por el dato observacional que sugería para la cola siempre una orientación en dirección opuesta al Sol. Ya desde finales de 1800 Svante Arrhenius identificaba esta fuerza con la presión ejercida por la radiación electromagnética.

El análisis espectroscópico de la cola cometaria muestra la presencia de dos componentes distintos, coexistiendo, de hecho, uno con espectro continuo de tipo solar con otro de espectro de bandas luminosas. La interpretación que se deriva es que el continuo es debido a la reflexión de la luz solar por obra del polvillo (expulsado del núcleo como el gas), mientras que el de emisión es causado por el gas excitado por la radiación solar. Esta doble naturaleza se vuelve evidente en algunos casos en el cual se ha podido notar una verdadera bifurcación de la cola cometaria, caso del cometa Mrkos (1957 V).

Además del análisis espectroscópico, también la observación visual permite identificar la tipología de la cola. En el caso de la cola de polvo se puede notar una estructura de arco, mientras que la cola de plasma está caracterizada por una estructura rectilínea dispuesta a lo largo de la dirección sol-cometa. La forma típica arqueada de la cola de polvo se explica gracias a la acción de tres componentes: la velocidad del cometa en su movimiento orbital, la fuerza gravitatoria (atractiva) que se ejerce sobre los granos de polvo y la presión de la radiación solar (repulsiva). La relación entre las dos últimas debe permanecer prácticamente constante, a iguales dimensiones de las partículas y a cualquier distancia del Sol porque ambas varían con

el inverso del cuadrado de la distancia. No es constante, en cambio, la velocidad del cometa en su órbita, para la cual vale la tercera ley de Kepler, que prevé un aumento progresivo de la velocidad en la aproximación al perihelio. Esto tiene esencialmente dos consecuencias para la cola de un cometa en su aproximación al Sol: lo primero un aumento de sus dimensiones y, en segundo lugar, una mayor evidencia de la curvatura de la cola de polvo. A partir de la mitad del siglo XX se ha intentado aplicar el mismo mecanismo para la cola de plasma. Sin embargo, en comparación con la radiación, las moléculas no tienen el comportamiento puramente mecánico del polvo, sino que sufren procesos de absorción y reemisión de la radiación, que solamente el desarrollo de la mecánica cuántica ha podido definir.

La solución del problema, juzgada válida hasta hoy, fue formulada en los años 1950 por L.F. Biermann quien identificó el viento solar⁴ como responsable del origen de la cola de plasma del cometa. Fueron estos fenómenos observados en la cola los que dieron indicación y proporcionaron prueba de la existencia de una radiación solar de tipo corpuscular. Bajo esta óptica tuvieron éxito en explicar las repentinas desconexiones y sucesivas reconexiones de la cola de plasma del núcleo, observadas en repetidas ocasiones. Estando constituido por nubes no homogéneas de cargas eléctricas en movimiento, el viento solar genera campos magnéticos de gran variación en el tiempo, en el que las partículas constituyentes de la cola se mueven siguiendo trayectorias no siempre lineales.

Se han recogido datos que han hecho posible estudiar la estructura de la cola, en concreto con el *International Cometary Explorer*, misión espacial destinada al estudio del cometa Giacobini-Zinner durante su paso de 1985. La cola estaba formada por dos lóbulos distintos, cada uno de ellos compuesto por las líneas de campo magnético que se extendían desde la coma. Cada lóbulo estaba dotado de polaridad magnética opuesta y entre ellos había una división de corriente eléctrica (véase figura 8).

Esta estructura tenía su origen en la interacción del de la ionosfera del cometa con las líneas del campo magnético interplanetario. La acción del viento solar sobre la superficie externa generaba entonces una estructura compleja, un arrollamiento de las líneas del campo magnético entorno al núcleo "como spaghetti en un tenedor" (Von Rosenvinge et al., 1986).

Las observaciones llevadas a cabo con ocasión del paso de los dos últimos cometas espectaculares (el Hyakutake y el Hale-Bopp) han aportado nuevos importantes conocimientos sobre las colas cometarias. Gracias a las campañas internacionales de observación fue posible descubrir una tercera cola formada por iones pesados. Mediante el empleo de filtros particulares en las observaciones del cometa Hale-Bopp se puso en evidencia una cola constituida por átomos de Na neutro que hasta entonces había escapado las observaciones (IAUC 6631). Esta última cola ha resultado 50 millones de km de largo y 500 mil km de ancho, muy distinta de las otras dos colas y si-

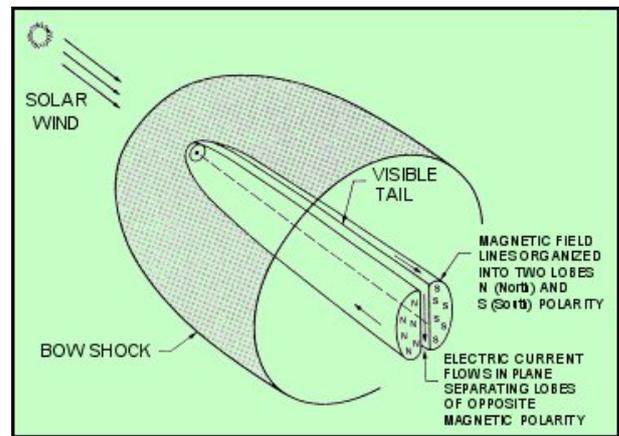


Figura 8: *The Giacobini-Zinner handbook*, pag. 1-8, fig. 1-4. Contrariamente a lo que se representa, sin embargo, no se halló ninguna onda de choque (*bow-shock*) en la parte de proa de la proximidad del núcleo.

tuada angularmente a algunas decenas de grado respecto a ellas. Observaciones concretas, posteriores, han permitido demostrar que tal cola no tiene nada que ver con la tradicional cola de plasma. En el estado actual, todavía no está claro el mecanismo que está en el origen de esta cola. La mayor sorpresa está en el hecho de que el Na se encuentra a gran distancia del núcleo, pero en ese punto, según el modelo estándar, se debe hallar ionizado y por lo tanto no debería dejar traza.

Un segundo aspecto problemático es la enorme aceleración a la que están sometidos los átomos de Na, que no es explicable recurriendo únicamente a la acción del viento solar. La velocidad de los átomos de Na es de 58 km/s a una distancia de 5 millones de km del núcleo y de 95 km/s al doble de distancia.

Es muy fácil en este punto terminar el discurso relativo a los cometas subrayando que todavía hay muchos puntos oscuros en su comprensión. Lo importante es no desistir en la esperanza de conseguir aclararlos. Esperamos el día, no muy lejano, en el que los últimos secretos de estos cuerpos helados, auténticos *vagabundos del espacio* sean desvelados (Lang e Whitney, 1994). Ω

Traducido del italiano por Juan Lacruz.

Claudio Elidoro
Licenciado en Astrofísica
<http://www.geocities.com/elidoro/>
ITALIA

⁴Fundamentalmente compuesto por protones y electrones emitidos por el Sol a una velocidad de 500 km/s.



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

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

En nuestra colaboración anterior dimos todos los detalles a tomar en cuenta para convocar y organizar la formación de una asociación astronómica. Igualmente dimos los detalles de como constituirnos legalmente y la estructura organizativa que debe de tener.

Nuestro grupo astronómico ya esta funcionando. Pero lo más difícil está por venir. ¿Qué pasos debo de seguir para que mi club perdure por muchos, muchos años?

Lo difícil es mantenerse.

Nuestro sueño se ha convertido en realidad, tenemos nuestro club astronómico. Ahora depende de nosotros que ese sueño no se convierta en una pesadilla. Son muchas las asociaciones astronómicas que se fundan en el mundo, pero su gran mayoría desaparecen al cabo de pocos años, o peor aún terminan con cismas, donde ninguno de los dos grupos resultantes difícilmente resultaran mejor que el previamente existente. Recuerda que tu asociación perdurará dependiendo de los siguientes puntos:

- La calidad de los eventos que ofrezcas al publico.
- El valor agregado que le des a la membresía.
- La política de la mesa directiva.

Para empezar los clubes astronómicos resultan exitosos entre más abiertos al publico sean. Trata de organizar cuando menos un evento publico cada quince días. Una conferencia, una observación con telescopios, la proyección de algún documental, mesas redondas o al menos un noticiero científico. Apóyate de los medios de comunicación mediante el envío de gacetillas, como lo vimos en sugerencias anteriores. El público que atraigas a estos eventos serán prospectos interesantes para reclutarlos para tu club astronómico. De esta manera incrementarás el numero de miembros. Seguramente te encontraras con clubes de profesionistas, asociaciones altruistas o escuelas que te solicitaran conferencias, organízate con tus socios para cubrir tales solicitudes. Todo ello dará publicidad a

tu asociación, atraerá a nuevos reclutas y en algunas ocasiones recibirás como retribución donativos para tu club, ya sea en especie o dinero para la tesorería.

A este nivel de nuestro desarrollo espero que tu membresía siga creciendo. El reclutamiento entre los jóvenes es vital, pues en su gran mayoría son los miembros más activos y los que disponen de más tiempo para dedicar a la asociación. Los adultos aportan recursos, experiencia y aportaciones de mucha calidad, pero sus múltiples compromisos reducen considerablemente la disponibilidad que tendrán para la asociación. Por eso... ¡juventud divino tesoro!

Por supuesto que lo importante no es el numero de miembros, sino la calidad de sus participaciones e interacción entre ellos. Para que tus miembros se mantengan interesados y participando debes consentirlos. Con mayor razón si están pagando una cuota mensual. Debes realizar actividades que sean exclusivas para los socios, y en la medida de las posibilidades ofréceles verdaderos valores agregados: una revista, cursos o campamentos exclusivos para socios, convivios y demás. Si posteriormente empiezas a trabajar sobre la idea de una tienda de materiales astronómicos realiza descuentos para los socios que se encuentren al corriente de sus pagos. Algo que no debes olvidar es buscar la interacción entre socios antiguos y socios de recién ingreso. Muchas veces cometemos el error de reducir nuestro circulo de amistades a nuestros antiguos socios y eso provoca incomodidad y decepción en los socios de reciente ingreso. De seguir esa situación tus nuevos miembros solo duraran unas pocas semanas y se marcharan. Debemos tomar la precaución de presentar los nuevos socios a nuestros actuales miembros y motivar que se involucren con ellos. Un plan interesante puede ser trabajar un concepto de *padrinazgo* en el cual unos de nuestros actuales socios se convierta en *padrino* de nuestro más novel elemento, quedando bajo su respon-

sabilidad éste último empiece a relacionarse con el resto del club y se involucre en las actividades.

Ahora vamos a la parte más delicada. La política de nuestro club.

La política: éxito o muerte de nuestro club.

Hay una frase muy sabia que dice: “el poder corrompe, y el poder absoluto corrompe absolutamente”. Y la verdad es que tiene toda la razón. Si la mesa directiva no sabe manejarse con cuidado pueden convertirse en la perdición de lo que en su momento fue una buena idea. Para empezar, desde antes de formar un club astronómico nos debe quedar claro un asunto: nuestro grupo no nos hará ricos. Si quieres hacerte rico trabaja, o cuando como muchos vivales funda un partido político, un sindicato o una religión. Una asociación astronómica es para servicio de la comunidad y de sus miembros, exclusivamente. Al iniciar nuestra asociación astronómica muchas veces nos vemos en la necesidad de tomar las riendas de su administración, son pocos los que aceptan una responsabilidad grande cuando una agrupación inicia. Por ello, la primera mesa directiva debe durar solo lo estrictamente necesario mientras nuestra agrupación se va solidificando. Ser presidente de un club astronómico no solo significa administrar y ordenar en ella, sino rendir cuentas a los miembros, tanto de nuestras actividades y logros, sino de los ingresos y egresos de la tesorería. Es saludable que cada seis meses realicemos una *asamblea general* donde demos a conocer un reporte de nuestras actividades, el estado de nuestra tesorería, así como una sesión de asuntos generales para que directiva y socios sugieran actividades, proyectos y diversas ideas que puedan ser aprobados o rechazados de manera democrática por los miembros.

Es muy conveniente que la primera directiva de la sociedad astronómica solamente dure un año, su periodo de gestión solo es una etapa de transición. Al cabo de transcurrido este periodo, cita a tus socios a una asamblea general y convócalos a formar planillas para constituir la nueva mesa directiva. De antemano, esto debe estar incluido en sus estatutos, así como la forma de votación, la cual podrá ser abierta o secreta. Las siguientes mesas directivas pueden durar más tiempo, dependiendo del criterio que la asamblea proponga. Pueden durar en el cargo un año, aunque para algunos proyectos, un año es poco. Una opción muy buena es que el periodo sea de dos años, con ratificaciones cada año. De esta manera si la mesa directiva no llena las expectativas de la asamblea puede cesar en funciones al año de ser elegido y ser sustituida por una nueva planilla. Si la asamblea ratifica a la mesa directiva tras su primer año, ésta podrá seguir en funciones hasta completar sus dos años de funciones.

La reelección siempre es un arma de doble filo desde el punto de vista de la política. Pero si una mesa directiva fue notable en su desempeño durante sus dos años, la asamblea bien podría votar su reelección por otros dos años más. Aunque una mesa directiva sea reelegida para otro periodo de dos años, también deberá ser ratificado

por la asamblea al cabo de un año. Aunque una mesa directiva resulte muy eficiente, nunca será aconsejable reelegirla más de una vez. Aunque tengamos un magnífico presidente, es malísimo perpetuarlos en el puesto pues luego se convierten en “dinosaurios” que poco a poco se van engolosinando con el poder. Al cabo de un tiempo pueden pasar dos cosas: o dejan de pedir parecer a los socios, o la sociedad se hace tan dependiente del líder que el día que falte el club caerá en una crisis.

Por lo mismo una reelección es más que suficiente. No más. Por supuesto podemos sugerir que un buen líder que concluya sus dos periodos administrativos consecutivos podría ser nuevamente elegible al cabo de unos pocos años.

Esto en cuanto a las mesas directivas, y más en preciso con respecto al presidente. Por otro lado es más que obvio que los movimientos de la tesorería tiene que ser bastante claros y sus datos estar disponibles en todo momento para consulta de los socios.

Lamentablemente nunca faltarán descontentos entre algunos miembros sobre el desempeño de la mesa directiva. Aquí es donde el presidente y los demás socios deben saber manejar con sabiduría la situación. La sabiduría no tiene nada que ver con la inteligencia, simplemente es cuestión de saber discernir entre lo bueno y lo malo. Y para evaluar ello, el líder debe saber escuchar todas las opiniones de los miembros. Si no sabemos escuchar a nuestros afiliados, empezará la desbandada de miembros y se enrarecerá el ambiente de nuestra sociedad. No hay nada peor que un grupo astronómico donde se empieza a agriar el ambiente por cuestiones políticas.

Para complicar las cosas nunca faltará el *iluminado* que opine: “pues vamos fundando otra sociedad astronómica”. Nunca sabremos que será peor, la sugerencia de iluminado, o el grupo de socios que le hacen caso. Aquí una advertencia contundente: una vez que ocurre un cisma en una asociación astronómica, nunca más volverán a reconciliarse los grupos antagónicos. En muchas ciudades esto ha ocurrido, un grupo astronómico se divide en dos, y los dos grupos resultantes nunca más se volverán a unir. Y lo que es peor siempre estarán compitiendo uno contra el otro con lo cual será tal el ruido que se provoquen mutuamente que ningún club prosperará. Obvio que esto es decepcionante para los aficionados que buscan un club astronómico donde afiliarse y que llene sus expectativas. En lo personal mi buzón se llena de correspondencia de aficionados frustrados por la situación de los clubes astronómicos que hay en sus comunidades.

Alternativas a las mesas directivas.

Casi es imposible evitar los problemas de orden político en los clubes astronómicos. “Cada cabeza es un mundo”, dice un dicho popular, y por ello es que no a todos los miembros les parece bien el proceder de la mesa directiva en algunos acontecimientos. Otros, por si fuera poco, tienen un innato problema de “rebeldía contra la autoridad”. Por ello es vital que la directiva siempre tenga

informado a sus miembros de las actividades y les pida parecer en las decisiones complejas. La democracia siempre será la mejor manera de tener a una membresía conforme con nuestro proceder.

Una sugerencia adicional con respecto a la constitución de mesas directivas y ramas operativas es que deben contar con una mezcla equilibrada de experiencia y juventud. La madurez y experiencia de los adultos es vital para una asociación y su administración, pero la sangre joven siempre es el motor del éxito de un club astronómico. Hay que saber ceder terreno a los jóvenes y darles acceso a responsabilidades cada vez mayores. Muchas asociaciones astronómicas sufren problemas por un fenómeno que le llamo *Factor BG: Brecha Generacional*. Si no hay un verdadero equilibrio de responsabilidades y autoridad entre jóvenes y adultos, la situación se desencadenara en una continua competencia entre jóvenes y *viejos*. Y al cabo de un rato esa competencia se convertirá en una rivalidad declarada. Cuando los *viejos* se adueñen de todos los puestos de autoridad y solo buscan a los jóvenes para mandarlos y cargarlos de responsabilidades sin autoridad, estos llegara un momento en que se revelarán. Y el problema es que llegado el momento en que los jóvenes tomen el mando de la agrupación, los *viejos* se desaparecerán dejando solos a los jóvenes. A lo mejor fundarán su propio club astronómico o empezarán a gestar en lo oscurito la manera de regresar a tomar el control de la agrupación. Si logran este ultimo objetivo, entonces serán los jóvenes los que se iran en desbandada. Por ello es tan importante el equilibrio. En un grupo astronómico no hay lugar para la rivalidad, la competencia ni la envidia.

De antemano hay que sentenciar que resulta infantil las actitudes de aquellos que tratan de ganar el poder por el poder. ¿Cuál poder? ¡Solo es un pequeño club de astronomía! ¡No es un país, no es una empresa trasnacional ni un sindicato! Es ridículo que busquemos un control de algo que no deja de ser un hobby. Que esto quede claro: “gobernar es mandar obedeciendo”. Ser líder de cualquier agrupación es una obligación de servicio, nunca una licencia para el poder. Debe actuarse con sabiduría y saber en que momento dejar el paso a elementos con capacidad e ideas frescas.

Si en tu club astronómico las pugnas se han vuelto constantes, será el momento de buscar otras opciones para la administración del mismo. Algunas sociedades astronómicas están trabajando con una alternativa muy interesante: el colegiado.

El colegiado es un sustituto de la mesa directiva. En ello se eliminan los puestos antes conocidos y se eligen a cinco miembros que con poderes y responsabilidades equilibrados se encargaran del liderazgo de la sociedad astronómica. Aquí no hay presidentes, vicepresidentes, secretarios o puestos semejantes. Es una administración compartida donde cada uno de los miembros son elegidos en distintos asambleas. Una opción que puedo sugerir para una transición de mesa directiva a colegiado es que, una vez que se apruebe este tipo de administración el presidente y vicepresidente saliente automáticamente sean nombrados colegiados uno y dos, respectivamente. Los colegiados

tres, cuatro y cinco serán elegidos por la asamblea. Las decisiones durante el periodo administrativo deberán ser tomadas por los miembros del colegiado de manera democrática. Al ser un grupo impar, nunca habrá *tablas* en la votación y no habrá necesidad de un *voto de calidad*. Cada seis meses, durante la asamblea general será elegido un nuevo miembro para el puesto de colegiado cinco, al momento de ser elegido, el colegiado uno abandona el puesto y los demás colegiados ascienden de puesto. Y así cada semestre, uno sale y un nuevo *quinto* entra. De esta manera siempre tendremos un colegiado fresco donde nadie perdurará en la administración mas de dos años y medio.

El colegiado definirá la elección del tesorero y el secretario general, pudiendo ser estos miembros o externos al colegiado. Obviamente esta agrupación administrativa postulara a los miembros de las ramas operativas, siempre con la aprobación de la asamblea de socios.

Esta alternativa administrativa ha sido un alivio para aquellas agrupaciones astronómicas que tiempo atrás tuvieron graves problemas de orden *político* en su seno. Incluso en algunos países se están formando coordinaciones o federaciones nacionales de sociedades astronómicas las cuales piden como requisito a los grupos interesados que sustituyan las mesas directivas por colegiados para ser afiliados.

Consejos para mantener el interés en la astronomía.

La ventaja de superar los problemas políticos que pueden surgir en una sociedad astronómica es que permitirá que nos concentremos en lo importante, las actividades que debemos desarrollar para mantener el interés de nuestros miembros y la sociedad en general. En la edición de julio del 2000 la revista *Astronomy* publicó una guía muy interesante de lo que debes hacer para mantener vigente a tu club astronómico. A continuación reproduzco dichos puntos:

1. Aprovecha los eventos astronómicos. Lluvias de estrellas, alineamiento de planetas, eclipses, cometas y demás eventos astronómicos que ocurren en el año resultan de interés para el público. Aprovecha dicho eventos para mantener el interés.
2. Motiva e involucra a los recién llegados. Muchas veces subestimamos el potencial de los nuevos socios, pero la iniciativa que han tenido para suscribirse es una prueba del animo que pueden proyectar en las actividades de nuestro club.
3. Delega y hazlo. Ya lo dice el refrán “el que mucho abarca poco aprieta”. El buen líder es aquel que saber guiar y delegar responsabilidades. Confía parte de esas responsabilidades a los nuevos socios, por lo regular buscaran la forma de causar una buena impresión en el grupo. Mejor oportunidad no hay.

4. Piensa en Internet. Una de las mejores formas de divulgación de nuestro club es tener una pagina de internet. Te servirá para darte publicidad, distribuir comunicados, reclutar nuevos miembros y entrar en contacto con otros grupos similares en tu país o el extranjero.
5. Sal y observa. Tus actividades en el exterior son vitales. Hay que realizar campamentos astronómicos. Las veladas astronómicas son sensacionales sobre todo cuando se combinan con la exploración del entorno natural que nos rodea. Un muy amplio porcentaje de los aficionados le da más prioridad a las observaciones astronómicas que a las conferencias u otras actividades bajo techo.
6. Enseña e inspira. Uniformizar el conocimiento de los socios es un verdadero reto. Organiza cursos de astronomía y manejo de telescopios.
7. Emprende proyectos para el club. Motiva a tus socios a desarrollar actividades interesantes como construir maquetas, o tomar el reto de construir sus propios telescopios.
8. Invita a conferencistas. Lo novedoso es un gran atractivo. En las medidas de las posibilidades contacta a universidades y centros astronómicos e invita a sus divulgadores a dar conferencias en tu club.
9. Muestra tu equipo. Invita a tus miembros que muestren a los demás sus telescopios y demás utensilios astronómicos. Compartan experiencias sobre sus logros con los telescopios que tienen.
10. Interactúa con otros clubes. Identifica los clubes astronómicos que hay en tu región y organicen en conjunto campamentos astronómicos. También intercambien conferencistas para darle frescura a tus actividades.

Con estos puntos será suficiente para asegurar el éxito de tu club astronómico. Solo es cuestión de poner manos a la obra.

Conclusión.

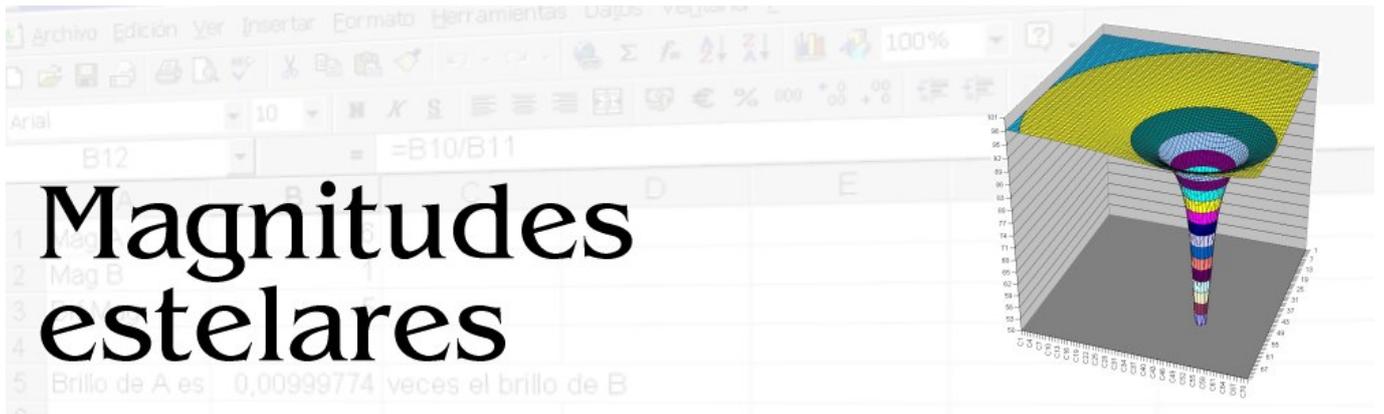
Si, definitivamente formar un club de astronomía literalmente evoca a esa frase de “meterse en camisa de once varas”. Es un proyecto anhelado, pero su desarrollo y consolidación puede llegar a ser un calvario. Por fortuna este tipo de iniciativas da frutos: es fuente de muchas satisfacciones, hacemos grandes amistades, incrementamos nuestro conocimiento sobre nuestra ciencia favorita y además es un vehículo perfecto para hacer contactos con otros grupos en el país y el extranjero. Los más entusiastas no solo tendrán una plataforma desde donde divulgar la astronomía, aparte tendrán la oportunidad para viajar a otras provincias y países para participar en eventos astronómicos y grandes experiencias con otros grupos semejantes.

¿Entonces vale la pena? ¡Definitivamente! Que no te abrume lo retador del proyecto. Las grandes empresas han surgido de la misma manera: de la idea de un solo individuo, el esfuerzo de un pequeño puñado de individuos y la perseverancia de toda una comunidad. El comediante español Gila en alguna de sus obras se maravillaba del éxito y el alcance de algunos grandes proyectos: “allí tienen al catolicismo, gran negocio, pensar que inicio con un pesebre”. De igual manera, Steve Jobs empezó su *Apple Computer* en el garaje de su casa, y Billy Gates con un par de amigos empezó desde cero su actual corporación Microsoft, un imperio hasta ahora invencible.

¿Entonces? ¿A qué esperas? En la actualidad el inicio de un gran sueño inicia con tan solo un puñado de llamadas telefónicas.

¡Adelante! Ω

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



Luis Salas López | Círculo Científico de Canarias

¿Cual es la escala que utilizan los astrónomos para medir el brillo de las estrellas? Aprende a utilizar las magnitudes con una hoja de cálculo.

La escala al revés

El primer tropezón

La escala de la magnitud estelar, es uno de los primeros tropiezos con los que se encuentra la persona que se interesa por la astronomía. Y esto es así porque al novicio lo primero que le cuesta entender es que la “escala está al revés”. Es decir, los números más grandes corresponden con una cantidad de luz menor, lo que entra en contradicción con el uso y las buenas costumbres del resto de las escalas de pesos y medidas que usamos.

Esto es un problema no sólo para los novatos, sino para el buen entendimiento entre los más expertos aficionados a la astronomía. ¿Por qué se puede afirmar esto? Pues muy fácil. Es frecuente el problema de comunicación que ocurre entre aficionadas cuando comentan “la estrella variable tal está subiendo”. Siempre hay alguien que pregunta “Pero qué ha subido el brillo o la magnitud”. Y es que, claro, que suba el brillo es lo contrario de que suba la magnitud. Así pues, hay aclarar bien de a qué concepto se refieren. Este tipo de preguntas no ocurren en otras escalas de la vida. Si sube el IPC, el caudal de un río, o si aumenta el volumen, el peso, o el plazo de cualquier cosa, no tenemos problemas para saber a que se refieren.

El culpable

Bueno, aclaremos. La culpa la tiene Hiparcos (120 AC) a quien se le ocurrió la sencilla idea de que las estrellas más brillantes son de *primera magnitud*. Esto tiene cierta lógica pues así se enfatiza que las más brillantes son las más importantes. Hiparcos denominó a las estrellas un poco menos brillantes, como estrellas de segunda magnitud. Y así sucesivamente hasta las estrellas que apenas podía ver a simple vista que las llamó de *sexta magnitud*.

Esta clasificación fue utilizada por posteriores astrónomos, consolidando de esta forma su uso. Y precisamente

Nombre	Distancia (años luz)	Magnitud visual
Sol	-	-26,72
Sirio	8,6	-1,46
Canopus	74	-0,72
α Centauro	4,3	-0,27
Arturo	34	-0.04
Vega	25	0.03
Capella	41	0,08
Rigel	1400	0,12
Procyon	11,4	0,38

Figura 1: Estrellas más brillantes.

con el uso del telescopio se descubrieron estrellas más débiles que las de sexta magnitud, Estas estrellas, más débiles que las visibles a simple vista, tuvieron que clasificarse como de *séptima magnitud*. Algo parecido sucedió con las siguientes estrellas más débiles, las de *octava magnitud*, *novena magnitud*, y así... hasta nuestros días. Con unos prismáticos se pueden ver estrellas tan débiles como las de magnitud 10. Con un telescopio de aficionado, estrellas de magnitud 14. Con uno profesional se llega a magnitud 20 y 25. Y con el Hubble se puede llegar a estrellas de magnitud 30.

¡Incluso bajo cero!

En tiempos recientes, se observó que algunas estrellas (muy pocas) eran en realidad más brillantes que las de *primera magnitud*, y por tanto se las clasificó de *magnitud cero*. Pero podemos extender esa escala, no sólo a las estrellas, sino también a los planetas. Como algunos de ellos se ven mucho más brillantes que cualquier estrella de *magnitud uno*, e incluso de *magnitud cero*, se puede decir que planetas como Marte, Júpiter y, sobre todo, Venus tienen magnitudes *negativas*. De hecho, Venus tiene magnitud -4. Si seguimos con esta escala, tendríamos que situar a la Luna llena, que brilla mucho más que Venus,

con la magnitud -12. Y, por tanto el Sol le correspondería magnitud -27.

En resumen, cuando la magnitud de una estrella es un número grande, se indica que es muy débil. Y al contrario, una estrella con magnitud baja, cero, e ¡incluso negativa!, es muy brillante.

Y además logarítmica

La escala de magnitudes aparte de estar al revés, también es logarítmica, (para mayor sufrimiento de los aficionados).

2º Culpable: la sensibilidad

Ya en el siglo XIX, los astrónomos fueron conscientes de que hacía falta un método más preciso que el ojo de buen cubero para asignar magnitudes. Y precisamente hablar de ojos nos viene muy a cuento. Los ojos, al igual que el oído o el tacto, no tienen una sensibilidad proporcional al estímulo, sino que todos los sentidos intentan ser muy sensibles a los estímulos muy débiles y en cambio ser muy toscos, burdos o poco sensibles a los estímulos muy fuertes.

El tacto, millonario

Por ejemplo, en la piel podemos sentir el roce suave de una pluma, el caer de un clip o una grapa. Es interesante, y necesario para la supervivencia, percibir el más leve roce o presión. Pero si esa sensibilidad fuese proporcional, con un estímulo 1000 veces superior, deberíamos sentir un dolor inaguantable. En cambio, la forma en que nuestra piel funciona, es que cuanto más fuerte es la presión más insensible nos hacemos a ella. Así, si ponemos sobre la mano una caja con 1000 grapas (unos 30 gramos), notaremos una ligera presión. Habría que poner sobre nuestra mano no una, sino 1000 cajas, que hacen un peso de unos 30 Kg., para perder la sensación de tacto y comenzar a percibir el dolor. Es decir, el tacto puede percibir desde una presión muy débil a otra un millón de veces más fuerte.

El oído, billonario

Algo parecido ocurre con el oído. Podemos apreciar el más leve susurro de la brisa o de las hojas de los árboles, pero no nos quedamos sordos al hablar nosotros mismos o al escuchar a otra persona, a pesar de que la intensidad sonora es un millón de veces superior. Podemos incluso soportar el ruido del tráfico o el despegue de aviones que producen una intensidad sonora ¡un billón! de veces más fuerte que el de las hojas de los árboles, ¡y sin quedarnos sordos!. La sensibilidad del oído abarca desde el sonido más débil, que puede percibirse hasta uno un billón de veces superior. Estas diferencias tan abismales, de 1 a un billón, hacen difícil de manejar y comparar los sonidos y los ruidos. Por tanto, interesa transformar esa escala en otra más manejable.

La intensidad sonora se mide en una escala logarítmica conocida: los decibelios. En esta escala, los belios, equivale a contar el número de ceros de una cifra. Una cantidad de 10, al tener un cero, equivale a 1 belio, mientras que 1000000 (un millón), con sus seis ceros, equivale a 6 belios. En cambio, los decibelios, (décima parte de un belio), cuentan también el número de ceros de una cantidad pero multiplicada por 10. Por ejemplo, 1000, como tiene 3 ceros, correspondería a 3 belios, pero en decibelios sería diez veces más. Por tanto, 1000 equivale a 30 db. Un millón, como tiene 6 ceros, corresponde a 60 decibelios. Y un billón, que es difícil de manejar, como tiene 12 ceros equivale a 120 decibelios.

Algunas referencias para concretar: El oído puede percibir sonidos tan débiles como unos pocos decibelios. Una conversación normal tiene unos 60 db. Y un sonido de más de 120 db nos produce dolor.

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 1: Podemos utilizar la hoja de cálculo para probar estos casos y así poder entender mejor las escalas logarítmicas. Abrimos el programa (por ejemplo, *Excel* de Microsoft o *Calc* de OpenOffice), y en una hoja de cálculo nueva, ponemos en la celda A1 el rótulo "Cantidad:", y en A2 el rótulo "Decibelios:". De momento en la celda B1, escribiremos la cantidad "1000", y en la celda B2 teclearemos una fórmula para que nos dé los decibelios equivalentes a la cantidad que especificaremos en B1. Todas las fórmulas en *Excel* y *Calc* tienen que empezar por el signo "=", así que en B2 escribimos "=10*log10(B1)", todo seguido sin espacios.

Al pulsar ENTER, debería salir el número 30, que indica que una cantidad de 1000 equivale a 30 db. Cambia el número 1000 por 100, y verás que corresponde a 20 db. Si pones una cantidad de 1.000.000.000.000 (un billón) le corresponde 120 db, que es lo máximo que aguanta el oído sin dolor.

Nota: La función LOG10() es una función que da el logaritmo en base 10 de lo que esté entre paréntesis.

Vamos a probar con cantidades menores que la unidad. Si en la celda B1 ponemos "0,1", veremos que correspon-

	A	B	C	D	E	F
1	Cantidad:	0				
2	Decibelios:	-60				
3						
4						
5	Cantidad A:	100				
6	Cantidad B:	100				
7	Cociente:	1				
8	Decibelios:	0				
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Figura 3: Ejemplo 1 y 2.

Fuente de sonido	dB	Efecto
Umbral de audición. Aleteo de mariposa	0	
Respiración normal. Escasamente audible	10	
Rumor de hojas	20	
Murmullo suave. Susurro	30	
Biblioteca	40	
Oficina tranquila	50	
Conversación normal	60	
Tráfico abundante. Restaurante ruidoso	70	
Oficina ruidosa con máquinas de escribir. Secador de pelo	80	
Camión pesado (a 15 m). Cataratas del Niágara.	90	
Tren subterráneo	100	
Ruido de una construcción	110	
Concierto de rock con amplificadores. Despegue de avión a reacción alejado	120	Umbral de dolor
Martillo neumático. Ametralladora. Trueno	130	
Despegue de avión a reacción próximo	150	Fuerte dolor
Motor cohete grande	180	Perdida irreversible del oído

Figura 2: Equivalencia entre sonidos familiares, su intensidad en decibelios y su sensación de dolor.

de a -10 db, y si introducimos una millonésima, es decir "0,000001", comprobaremos que equivale a -60 db. Por tanto una décima, al tener un decimal, cuenta como -10 db, pero una millonésima al tener 6 decimales equivale a -60 db.

Resumiendo: las cifras mayores que 1 tienen db positivos y las menores que 1 tienen db negativos. Los decibelios vienen a ser el número de ceros (si cantidad > 1) o de decimales (si cantidad < 1) multiplicado por 10.

Nota: No se pueden poner cantidades negativas. Prueba y verás que aparece error en la celda B2.

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 2: En realidad, el ejemplo anterior está muy simplificado. Siendo más estrictos el número de decibelios nos indica cuánto más fuerte es una señal o sonido respecto a otro. Observa que para calcular los decibelios siempre hay que comparar un sonido con otro: no hay un valor cero de referencia que indique que la señal o sonido es nulo. Por la misma razón no se puede calcular los decibelios de una cantidad negativa. Las proporciones son siempre positivas. Estas son propiedades características de todas las escalas logarítmicas.

Volviendo al programa, escribiremos en la celda A5 el rótulo "Cantidad A:", en A6 "Cantidad B:". En A7 "Cociente:", y en A8 "Decibelios:". Después de estos rótulos vamos a poner los datos. Por ejemplo, en la celda B5, la cantidad 1000, y en B6 un 10. En B7 introducimos la fórmula que nos dé la proporción entre una cantidad y otra, o sea " $=B5/B6$ ". Al pulsar ENTER, saldrá 100, pues 1000 es 100 veces mayor que 10. Ahora en la celda B8 tecleamos la fórmula " $=10*\log10(B7)$ ".

Al pulsar ENTER da como resultado 20 db. Esto quiere decir que A es 20 decibelios mayor que B. Y esto es correcto pues la cantidad A es 100 veces mayor que la B, y el factor 100 equivale a 20 db según vimos anteriormente. Si ponemos en B5 la cantidad 10.000.000 (diez millones), nos da que A (diez millones) es 60 db más fuerte que B (diez). ¿Qué pasa

si ponemos las cantidades al revés?, Pues si cambiamos la cantidad A a 10 y la B a 10.000.000, ahora nos sale -60db. Es decir, A es 60 db más débil que B, lo que equivale a decir que A es un millón de veces más débil que B.

Antes decíamos que no había un valor cero de referencia. Si en B5 escribimos "100" y la misma cifra la ponemos en B6, veremos que al ser las dos cantidades iguales, el cociente es 1, que equivale a 0 db. Cuando tenemos 0 db no estamos diciendo que no hay sonido, sólo estamos diciendo que 0 db es equivalente a 1, o sea que una cantidad es igual que otra.

El ojo, 13 veces billonario

¿Y qué pasa con el ojo?. Algo parecido. El ojo se adapta asombrosamente bien a condiciones de luz tan cambiantes como la noche estrellada sin luna, o un día cegador de verano con el Sol resplandeciente en lo alto. ¿Cómo lo hace?, Los aficionados a la astronomía conocemos bien los dos mecanismos. Uno de ellos, el que se adapta más rápido, es el de agrandar (o disminuir) la abertura de la pupila, relajando o contrayendo el iris. El otro mecanismo es más lento, pues consigue un aumento o disminución de la sensibilidad a la luz, cambiando la química de la retina.

Respecto al primer mecanismo, está muy extendido un mal uso de este vocabulario, pues se dice que la pupila se dilata, cuando en realidad es el iris el que se relaja. La pupila es sólo el hueco que deja el iris para que pase la luz. La pupila es pasiva, el iris es la parte activa. Este método es muy rápido ya que simplemente hay que mandar una señal nerviosa a los músculos del iris, y éstos reaccionan en décimas de segundo. Pero sólo adapta la sensibilidad a la luz en un factor de 20, que es la consecuencia de abrir la pupila a su máximo diámetro, (unos 7 mm), o cerrarla (hasta un mínimo de unos 2 mm). Viene muy bien durante el día, para las múltiples ocasiones en que pasamos de un ambiente a otro con diferente grado de iluminación, o si miramos un objeto a la luz del sol, o a la sombra.

El segundo método, aunque mucho más lento (15 minutos de adaptación), es el que hace el gran ajuste de la sensibilidad a la luz en condiciones extremas. Va ajustándose poco a poco a lo largo de las horas del día. Nos permite ver perfectamente a la luz del Sol, al igual que más tarde, durante su puesta, para terminar adaptándose a la noche en la que podemos ver casi sin luz. Este solución puede ajustar la sensibilidad a la luz en un factor de un billón.

A los fotógrafos les vendrá muy bien la siguiente analogía: El método que utiliza los músculos del iris equivale a ajustar el diafragma del objetivo desde f:5 a f:17. Por el contrario, el método que modifica la química de la retina se parece a cambiar la química de la película fotográfica, es decir, a modificar su ASA. Sólo que el ASA debería variar de ASA uno hasta ASA un billón.

El ojo, además de esta magnífica capacidad de adaptación, funciona de forma parecida al tacto y al oído, también es logarítmico. Ya en el siglo XIX, se observó que en la escala de Hiparcos, entre una magnitud y otra había una proporción real aproximadamente de 2,5. Si vemos una estrella A de magnitud 2 y otra B de magnitud 3, en realidad A es unas 2,5 veces más brillante que B. De esta manera, 2 magnitudes corresponde, aproximadamente a una diferencia de $2,5 \times 2,5 = 6,25$. Lo que quiere decir que en el caso de dos estrellas de magnitudes 1 y 3, la de magnitud 1 es en realidad 6,25 veces más brillante que la de magnitud 3. A una diferencia de 3 magnitudes le corresponde $2,5 \times 2,5 \times 2,5 = 15,625$, y así sucesivamente.

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 3: En la parte inferior de la hoja de cálculo verás unas etiquetas señaladas como hoja1, hoja2, hoja3. Haz clic en la hoja2 para crear en ella una tabla que nos de la correspondencia aproximada entre diferencias de magnitudes y las diferencias de brillo reales. En la celda A1 escribimos "Dif Mag" para indicar la diferencia de magnitud. En B1 "Dif Bri Real" para rotular la diferencia de brillo real. En la celda A2 introducimos la cantidad "1", en A3 un "2". Ahora vamos a realizar una técnica llamada "llenado automático" que utilizaremos a menudo. Primero seleccionamos la celda A2 y la A3. Las dos deben quedar dentro de un borde negro. Si ahora te fijas en la esquina inferior derecha de este borde negro veras un cuadradito que se llama precisamente "llenado automático", si señalas con el ratón en él, el puntero se transforma en una cruz negra pequeña. Pues en esa situación arrastra el ratón hacia abajo hasta la fila 35, y se genera una serie que va desde el 1 hasta el 34 sin tener que escribirla. Por último en la celda B2 introduciremos la fórmula " $=2,5^{(A2)}$ ". Fíjate que usamos el acento circunflejo ^, que está a la derecha de la tecla P. Los paréntesis en realidad no son necesarios pero es para forzar que el acento circunflejo no acentúe la letra A. Esta fórmula viene a decir que el número 2,5 lo elevamos a lo que haya en la celda A2. Si pulsas ENTER, debe salir precisamente el número 2,5. Ahora sólo falta usar otra vez la técnica de llenado automático. Haz clic en la celda B2 y observa su borde negro. De nuevo en su esquina inferior aparece el cuadradito de llenado automático. Señálalo y arrástralo como antes hasta la fila 35.

Ya tenemos una tabla que nos muestra la corresponden-

	A	B	C	D	E	F	G
1	Dif Mag	Dif Bri Real		Factor Brillo		Dif Mag	Dif Bri Real
2	1	2,5		2,511886431510		1	2,51188643151
3	2	6,25				2	6,30957344480
4	3	15,625				3	15,84893192461
5	4	39,0625				4	39,81071705535
6	5	97,65625				5	100,00000000000
7	6	244,140625				6	251,18864315096
8	7	610,3515625				7	630,95734448019
9	8	1525,878906				8	1584,89319246112
10	9	3814,897266				9	3981,07170553498
11	10	9536,743164				10	10000,00000000000
12	11	23841,85791				11	25118,86431509590
13	12	59604,84478				12	63095,73444801950
14	13	149011,6119				13	158489,31924611200
15	14	372529,0298				14	398107,17055349800
16	15	931322,5746				15	1000000,00000000000

Figura 4: Ejemplos 3, 4 y 5.

cia aproximada entre diferencias de magnitudes y proporciones reales de brillo. Comprueba que una diferencia de dos magnitudes equivale a un factor de brillo de 6,25, pero tres magnitudes corresponde a un factor de brillo de 15,625. Curiosamente cinco magnitudes equivale casi a un factor de 100. Es decir una estrella que tenga 5 magnitudes más que otra es en realidad 100 veces más débil.

La Luna llena tiene magnitud -12, por tanto si la comparamos con una estrella débil de sexta magnitud, hay una diferencia de magnitudes de 18, (12 + 6). Si comprobamos en la tabla, una diferencia de 18 magnitudes equivale a 14 millones de veces más brillante. Dicho de otra manera, si en el cielo pusiéramos 14 millones de estrellas de magnitud 6, darían tanta luz como la Luna llena.

De la misma forma vemos que el Sol, que tiene magnitud -27, es 33 magnitudes (27 + 6) más brillante que una estrella de magnitud 6. Pero en la tabla, 33 magnitudes equivalen a $1,35E+13$ que es la forma científica de un 1 seguido de 13 ceros, o también un 13 seguido de 12 ceros, es decir, 13 billones. Por tanto, si durante la noche vemos una estrella tan débil como de magnitud 6, y al día siguiente miramos al Sol, quiere decir que nuestros ojos tienen una capacidad de adaptarse y ver, en dos condiciones de luz tan dispares como 13 billones de veces más brillante una que otra. El ojo es 13 billionario.

Y también caprichosa

100 es más redondo que 97,6

Como decíamos anteriormente, en el siglo XIX, se pretendía establecer una escala bien determinada de magnitudes y que se ajustara bastante a la escala de Hiparcos, ya universalmente aceptada, pero no bien definida. Si de una magnitud a otra hay una proporción de brillo real de 2,5 veces, una diferencia de 5 magnitudes equivale a $2,5^5 = 97,6$ veces. A un astrónomo de Oxford llamado Norman R. Pogson, en 1856, se le ocurrió redefinir la nueva escala proponiendo que una estrella con 5 magnitudes

más que otra, sería exactamente 100 veces más débil. Esto obligaba a cambiar el factor de 2,5 para que al elevarlo a la quinta potencia nos diera el número 100. En plan matemático, había que calcular un nuevo factor x tal que $x^5 = 100$. Una vez resuelto da $x = \sqrt[5]{100} = 2,512$.

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 4: En la hoja2 que utilizamos para el ejemplo anterior vamos a calcular de forma más precisa el valor de 2,512 que indica cuantas veces es más brillante una estrella cada vez que le añadimos una magnitud. En la celda D1 escribimos el rótulo: "Factor Brillo", y en D2 introduciremos la fórmula " $=100^{(1/5)}$ ", (elevar algo a 1/5 es como hallar su raíz quinta).

Al pulsar ENTER te dará el resultado 2,51188643 que es más preciso que el anterior. Si vas señalando con el ratón en los botones de la derecha de la barra de herramientas formato encontrarás un botón que dice "Aumentar decimales". Púlsalo varias veces y verás este factor con mayor precisión. Como sospechas es un número con infinitas cifras decimales.

Quedaba así definida de forma exacta la nueva escala. Cada vez que nos movamos 5 magnitudes por la escala multiplicaremos o dividiremos por 100 el brillo real. Una estrella 10 magnitudes más débil que otra sería justamente $100 \times 100 = 10,000$ veces menos brillante. Si la diferencia entre dos estrellas es de 15 magnitudes significa que una estrella es exactamente $100 \times 100 \times 100$ veces más brillante que la otra. ¿A qué diferencia de brillo real equivale una diferencia de 30 magnitudes? Hmmm, exacto, justamente a un millón.

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 5: Vamos a repetir la tabla que hemos hecho en el ejemplo 3, pero esta vez con el valor real del factor de brillo que hemos calculado en el ejemplo 4. Así tendremos la correspondencia exacta entre diferencias de magnitudes y las diferencias de brillo reales. En la celda F1 escribimos "Dif Mag". En la celda G1 ponemos "Dif Bri Real" para indicar esta vez la diferencia de brillo real y exacto. En la celda F2 ponemos la cantidad "1", en la F3 la cantidad "2", seleccionamos la celda F2 y la F3. Las dos quedarán dentro de un borde negro. Señalamos con el ratón en el cuadradito de llenado automático y arrastramos hasta la fila 35, generando la serie del 1 hasta el 34. En la celda G2 introducimos la fórmula " $=D2^{F2}$ ". Al dar al ENTER, saldrá el número 2,51188643. Hacemos clic en la misma celda G2 y de nuevo cogiendo su esquina inferior hacemos llenado automático hasta la fila 35. Si en algunas celdas sale "#####" es que tienes que hacer más ancha la columna G, o bien disminuir el número de decimales.

Y ahora ya tenemos la tabla de equivalencias exactas entre diferencias de magnitudes y diferencias reales de brillo. Fíjate que cada cinco magnitudes, el brillo corresponde a números redondos. Puedes comparar esta tabla con la otra. Sólo para diferencias de magnitudes muy grandes, la diferencia es apreciable.

Generalizando

Ya sabemos como funcionan las escalas logarítmicas, y en concreto cómo funciona la escala de magnitud estelar. Podríamos generalizar nuestro conocimiento. Hasta ahora sabemos la diferencia de brillo real que hay entre dos estrellas de magnitud conocida, pero sólo de magnitudes enteras, como magnitud 3 ó 4. Pero en realidad hay estrellas que tienen un brillo intermedio entre estrellas de magnitud 3 y estrellas de magnitud 4. Por tanto esas estrellas tendrán que tener magnitudes con números decimales. Si tenemos una estrella de magnitud 2,7 y otra de magnitud 3,4 ¿cuántas veces es más brillante la primera que la segunda?. Pues tendremos que restar sus magnitudes y elevar 2,512 al resultado de esta diferencia. La fórmula matemática sería

$$\frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B} = 2,512^{(\text{Mag}_B - \text{Mag}_A)}$$

El cociente de los brillos es igual al factor de brillo elevado a las diferencias de magnitudes.

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 6: Vamos a utilizar esta vez la hoja3. Comenzamos por los rótulos. En la celda A1 ponemos "Mag A", en A2 escribimos "Mag B", en A3 "Dif Mag", en A5 "Brillo de A es", en C5 "veces el brillo de B". Ahora le toca el turno a los datos, en B1 ponemos 2,7, en B2 ponemos 3,4. Por último las fórmulas: en B3 escribimos " $=B2-B1$ ", y en B5 ponemos " $=2,512^{B3}$ ".

Al dar ENTER tendremos que el brillo de A es 1,9 veces el brillo de B. Si ponemos que la magnitud de A es 1 y la de B es 6, por tanto A es 5 magnitudes más brillante que B, veremos que sale que el brillo de A es 100 veces el brillo de B. Si lo hacemos al revés, y ponemos que la magnitud de A es 6 y la de B es 1, ahora tenemos que A es 5 magnitudes más débil que B, y veremos que el resultado dice que el brillo de A es 0,00999 veces el brillo de B. Pero 0,00999 es aproximadamente 0,01, es decir una centésima, que es lo esperado, pues una diferencia de 5 magnitudes equivale a un factor de brillo de 100.

Nota: Hemos utilizado en la formula el valor de 2,512 por sencillez, el error producido es mínimo.

Cálculo Inverso

Podemos plantearnos el caso contrario. Sabemos que una estrella A es por ejemplo 10.000 veces más brillante que otra estrella B, ¿Cuál es su diferencia de magnitudes? Este caso es sencillo y lo podemos calcular mentalmente. Sabemos que 10.000 es igual que 100×100 , y que cada factor de 100 corresponde a 5 magnitudes, así que la diferencia de magnitudes es de 10 (5+5). Esto es lo mismo que decir que $2,512^{10} = 10000$.

Pero si resulta que el brillo de la estrella A es 100.000 veces el brillo de B (osea que $\text{Brillo}_A / \text{Brillo}_B$ es 100.000) es más difícil hacer el cálculo mentalmente. En este caso habría que encontrar un x tal que al elevar 2,512 a x , nos dé el número 100.000. Si lo planteamos matemáticamente quedaría así:

$$100000 = \frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B} = 2,512^x$$

Lo mejor, para despejar x es tomar logaritmos:

$$\log\left(\frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B}\right) = \log(2,512^x)$$

que equivale a

$$\log\left(\frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B}\right) = x \log(2,512)$$

Pero el 2,512 en realidad es exactamente la raíz quinta de 100 o lo que es igual $100^{\frac{1}{5}}$, por tanto el $\log(2,512)$ que de forma más exacta es $\log\left(100^{\frac{1}{5}}\right)$ será $\frac{1}{5}\log(100)$, como el $\log(100)$ es 2, tenemos que el $\log(2,512)$ es exactamente $\frac{1}{5} \times 2 = \frac{2}{5}$. La fórmula queda por tanto como:

$$\log\left(\frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B}\right) = x \times \frac{2}{5}$$

Si despejamos x tenemos que

$$x = \frac{5}{2} \times \log\left(\frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B}\right)$$

Qué resulta ser la archiconocida fórmula de Pogson. A veces tiene esta presentación:

$$\text{Mag}_B - \text{Mag}_A = 2,5 \times \log\left(\frac{\text{Brillo}_A}{\text{Brillo}_B}\right)$$

Entiéndelo mejor con hoja de cálculo

Ejemplo 7: En la misma hoja3, vamos a implementar la famosa fórmula de Pogson. Comenzando por los rótulos, en la celda A10 ponemos "Brillo A:", en A11 escribimos "Brillo B:", en A12 "Cociente Bri:", en A14 "Estrella A es", y en C14 escribimos "magnitudes más brillante que la estrella B". Vamos con los datos, en B10 ponemos 100000, en B11 ponemos 1000. Sólo faltan las fórmulas: en B12 escribimos "=B10/B11", que nos dará un resultado de 100 pues el brillo de la estrella A (100000) es 100 veces el brillo de la estrella B (1000). En la celda B14 ponemos la fórmula de Pogson "=2,5*log10(B12)".

	A	B	C	D	E	F
1	Mag A	6				
2	Mag B	1				
3	Dif Mag	-5				
4						
5	Brillo de A es	0,00999774 veces el brillo de B				
6						
7						
8						
9						
10	Brillo A:	1000000				
11	Brillo B:	1				
12	Cociente Bri:	1000000				
13						
14	Estrella A es	15 magnitudes más brillante que la estrella B				

Figura 5: Ejemplos 6 y 7.

Al dar ENTER veremos que el resultado es que la "Estrella A es 5 magnitudes más brillante que la estrella B", pues si una estrella es 100 veces más brillante que otra, decimos que es 5 magnitudes más brillante. Vamos a poner ahora en B10 el número 1000 y en B11 el número 10. Ahora tenemos también que el brillo de la estrella A es 100 veces el brillo de la estrella B, y comprobamos que la "Estrella A es 5 magnitudes más brillante que la estrella B". Fíjate que lo importante para saber las diferencias de magnitudes es conocer los cocientes de los brillos, no su valor real. La fórmula de Pogson no da la magnitud de una estrella conociendo su brillo. Sólo hace comparaciones entre dos estrellas, estableciendo las diferencias de magnitudes en función de los cocientes de sus brillos.

Si además conociéramos la magnitud de una de las estrellas, entonces sí podríamos calcular la magnitud de la otra. Veamos un caso: Si sabemos que la estrella B es de magnitud 18, y que otra estrella A brilla un millón de veces más que la estrella B, podemos mediante Pogson saber la magnitud de A. Metemos los datos en nuestra hoja de cálculo. En B10 ponemos 1000000, en B11 escribimos 1, y veremos que el resultado dice que la estrella A es 15 magnitudes más brillante que la estrella B. Cómo nos han dicho que la estrella B es de magnitud 18, la estrella A será de magnitud 3 (18-15).

Para mayor claridad en estos ejemplos hemos usado números redondos, múltiplos de 10, pero puedes probar con cualesquiera brillo de estrellas. Si bien, entonces, te saldrán magnitudes con decimales. Ω

Las hojas de cálculo de este artículo, en formato MS-Office y OpenOffice pueden descargarse desde <http://www.astro-digital.com/11/magnitudes.html>

Luis Salas López
Círculo Científico de Canarias
Editor asociado, Astronomía Digital
luis@astro-digital.com
<http://www.cicican.org/>
Gran Canaria, ESPAÑA



Navegando por los cielos australes

Silvia I. D. Smith | Cielo Sur

¿Quién descubrió para Occidente los cielos australes?

“Cuando tengas preocupaciones, alza la vista hacia las estrellas y habla de ellas a tus hermanos” (Xokonoschtletl, *Lo que nos susurra el viento*)

Hace poco, viajando por la Patagonia Argentina, pensaba en aquellos audaces navegantes que se aventuraron por estas aguas y estas tierras, descubriendo nuevos cielos. Claro, que no era su meta la de descubrir nuevos cielos, la necesidad de encontrar otra ruta para las valiosísimas especias del Oriente, hacía que cualquier sacrificio fuera poco, perder de cinco naves cuatro, valía la pena ante un cargamento de estos, la pérdida de cuatro naves y unos doscientos hombres en el camino, nada valían en comparación. Esta apremiante necesidad en el medioevo, se debía a que las posibles rutas a tan preciados bienes, estaban por un lado, en manos de Venecia, que había conseguido abrir una ruta por el Canal Grande, pero por otro, los musulmanes, ningún navío cristiano tenía permitido cruzar el Mar Rojo, así dividida Europa y la India, había que encontrar otra ruta para hacerse de tan preciados cargamentos.

La historia, la hacen los historiadores, algunos cronistas, tal vez no tan interesados en relatar la veracidad de los acontecimientos, mas que quedar en buenos términos con aquellos a quienes servían o respondían, tanto como salvar su persona en circunstancias difíciles, tal vez, no hayan sido fieles a la verdad. Es por esto, que en la investigación de los hechos históricos, nos encontramos con multitud de datos en franca oposición unos con otros.

Lo fascinante de la historia de la llegada a estas tierras, es la pasión personal de cada uno de aquellos que estuvieron involucrados, algunos de los cuales, dejaron una marca en la historia tan tremenda que no creo que ninguno de ellos haya podido calcular en su grandiosa medida.

Es difícil, casi imposible, llegar a saber si realmente fueron los primeros en tocar y cartografiar estas costas los navegantes portugueses, españoles o de otras nacionalidades. La historia relata, con cuidadoso análisis, acontecimientos escritos por cronistas, que antes mencionados, pueden ser ciertos e indudables, pero también está la otra historia: la protohistoria, de ella se suele tener alusiones

no del todo claras; algunos mapas, cartas de navegación de procedencia que suele perderse en el tiempo, han servido a los navegantes que luego hicieron ésta, la historia escrita, la que llega a nuestros días. Los astros como puntos de referencia (faros), era esto lo único que podían observar para orientarse. Durante el día, la observación solar que consiste en el registro del instante de paso de los bordes superior e inferior por un determinado círculo de altura. Los datos diarios obtenidos permiten medir las variaciones del diámetro del Sol. También se determina, mediante el seguimiento de su órbita aparente, la posición del punto origen de las coordenadas ecuatoriales de las estrellas.

Esta extraordinaria pasión de explorar costas desconocidas se dificulta al no poder las embarcaciones seguir rutas reconocidas. Explorar regiones incógnitas, hace que un buen descubridor deba transmitir a los demás sus hallazgos, y debe fijar las posiciones absolutas, no las posiciones relativas a la última costa o puerto de recalada. Para ello hay que observar el rumbo y, calcular bien la velocidad, es por esto, que en estas épocas de navegación astronómica se podían calcular las coordenadas (la longitud y la latitud) en alta mar mediante la observación del Sol o de las estrellas, siendo absolutamente preciso, un verdadero y profundo conocimiento de la astronomía.

La latitud se podía calcular con cierta facilidad utilizando sencillos instrumentos de cálculo, pero no así la longitud, que es la referencia al meridiano en el que se encuentra la nave. A diferencia de las expediciones de los portugueses por África, en las que sin grandes variaciones de longitud se descendía 75° de latitud (desde Sevilla hasta la extremidad meridional de África), los españoles, al cruzar el océano, eran fieles a la misma latitud: avanzan grados de longitud, que eran difíciles de calcular.

Explorar regiones incógnitas, hace que un buen descubridor deba transmitir a los demás sus hallazgos

En general, la longitud se suponía calculando la posición según la distancia recorrida, siguiendo un rumbo dado; para ello se calculaba la velocidad según la experiencia y respecto a la estela que deja el navío sobre la superficie del mar, o calculándolo respecto a hierbas u otros objetos flotantes. En cada turno de guardia se anotaba la velocidad calculada en una pizarra, dato que luego se pasaba al cuaderno de bitácora (libro en que se anotaban todos los acontecimientos de la travesía, y que se guardaba en la bitácora, armario próximo al timón). Con buenos vientos, esos cálculos podían resultar aproximados, pero si había vientos contrarios todo era puro azar. Los marineros se guiaban por su instinto. Normalmente iban en dirección norte o dirección sur hasta alcanzar la latitud deseada. Entonces se dirigían, sin más preocupación, hacia el este o el oeste hasta tocar la primera tierra.

Ahora bien, si no se encontraban con maderas, hierbas, etc., flotando o ballenas que daban la idea de estar cerca de tierra firme, claro, las cosas se complicaban mucho,

sobre todo, si pasan no solamente semanas, sino, muchos meses.

Fernández de Quirós (1560-1616) dice en uno de sus escritos:

1. Anotar los vientos y mudanzas dellos, de los aguaceros, corrientes, pájaros, cardumes de peces y otras señales que son de tierra, y el paraje donde topare con ellas.
2. Al salir y poner el sol y más veces si le pareciese convenir, hacer subir a los toques a dos hombres para explorar la mar a todas partes del horizonte.
3. Si navegare con mar y viento y se hallare de golpe sin los dos, si fuere de noche, reparo y sonda y buena guardia, porque suele ser por interposición de tierra cercana.
4. Si estando el cielo claro el sol, luna y estrellas salieren, o se pusiesen más altas que el horizonte, por ser señal cierta de tierra, si fuere de noche reparo y sonda y de día demandarla.

El procedimiento clásico para orientarse en altamar, y la guía de los marineros, era la Estrella Polar, que indica el Norte. Como su altitud (es decir, el ángulo con que aparece en el horizonte) disminuye conforme se avanza hacia el Sur, señala la latitud. Al navegar en dirección Este u Oeste podía mantenerse también un curso recto y corregir errores de brújula manteniendo la latitud polar constante. Todos estos conocimientos y muchos más, debían tener estos arriesgados navegantes con naves que no creo podamos imaginar cuanta audacia era necesaria para hacerse a la mar tan desconocida como hoy lo es para nosotros el infinito Universo.

Américo Vespuccio

Américo Vespuccio, hijo de influyente familia de origen florentino nacido en 1454, según alguna documentación, la cual, hasta el día de hoy se encuentra en duda la veracidad de las cartas escritas por él dando cuenta de su llegada hasta latitudes como el Puerto de San Julián¹ dado que en ningún momento da datos precisos (como si lo hace la expedición de Magallanes) sobre las costas recorridas. No obstante, relato aquí aquellos datos de archivo en los cuales la historia dice que navegó estas costas de Sudamérica hasta aproximadamente lo que hoy conocemos como Puerto San Julián. De ahí, según la historia, cree que esta tierra que va costeano, son un nuevo continente, dando cuenta de demasiadas leguas de costa ininterrumpida para no considerarla un continente. Fue por

¹En la expedición que comandó Alonso de Ojeda por encargo del cardenal Fonseca, primeramente, no habría sido éste el viaje que lo llevó hasta Puerto San Julián, ni tampoco el segundo viaje que realiza acompañando la expedición de cuyo comando se ignora el nombre llegando tal vez hasta las cercanías del Río de La Plata, sino, en un tercer viaje.



Figura 1: Américo Vesputio en un grabado de Crispin de Pasee.

el año 1499 que debido al interés comercial que tenía y también por la geografía, es que Vesputio, aficionado a la lectura de libros sobre cosmografía, astronomía y mapas, se hace en Sevilla armador dicen algunos historiadores, pero no parecía tener el capital ni el conocimiento para ello. Es por esto, que más bien parece haber estado ligado por lazos comerciales a este tipo de empresas, lo que lo llevó en toda esta combinación a explorar nuevas rutas comerciales acompañando expediciones. Así, por las mismas razones que impulsaron a otros osados navegantes, Vesputio, se hace a la mar buscando las anheladas rutas por Occidente.

Con los antecedentes de los viajes de Colón, Vesputio, también se aventura en la navegación hacia el Oeste buscando la ruta hacia Asia por ese rumbo. Como todos, marcado por las lecturas de Ptolomeo y Marco Polo, avizora un futuro promisorio buscando un paso por el sur de las nuevas tierras descubiertas por Colón, en realidad, desconociendo que eran nuevas por cierto.

Sus anotaciones sobre la búsqueda de una estrella polar en el sur celeste, donde deja sentado también que la estrella Polar, la Osa Mayor y la Osa Menor no se ven, pero sí se aprecian nuevas y notables estrellas, son de gran relevancia. Él, hace mención a *La Divina Comedia* del Dante en el pasaje del Purgatorio sobre estas estrellas que está observando nuevas para él, las cuales, le permitirán servir de guía en estas latitudes. Vesputio, deseaba fervientemente ser el primero en descubrir una estrella polar que identificara el Polo Sur celeste. Pasaba largas noches en vela, sin dormir para observar en el movimien-

to de las estrellas circumpolares sureñas, cual de ellas en ese fascinante círculo, se movía menos, denotando así, que era la que podía identificarse como Polaris Australis. Estas estrellas, absolutamente opuestas a las conocidas en el hemisferio norte e invisibles desde el mismo, deslumbran por su magnitud, belleza y abundancia a Vesputio. La longitud en estas travesías hacia el Oeste, era un problema que develaba a Vesputio como ha otros navegantes. Las tablas astronómicas de la Luna y los planetas lo obsesionaban. La noche del 23 de Agosto de 1499, debía producirse una conjunción entre la Luna y el planeta Marte, la misma, de acuerdo a los datos que poseía Américo de la ciudad de Ferrara, debía producirse cercana a la medianoche. Pero ocurrió que al salir la Luna una hora y media luego de la puesta del Sol, Marte ya había pasado por aquella posición en el este. Vesputio, utilizó este dato para hacer el cálculo de la distancia que había recorrido hacia el Oeste. El método, lo acercaba bastante más que a otros navegantes, como Colón, para hacer las estimaciones de distancias recorridas, pero aún le faltaban exactitudes que solo podían dársela instrumental de precisión.

Recordemos, que según Ptolomeo, era irrealizable cualquier emprendimiento por la ruta meridional, a lo largo de la costa africana. Ptolomeo, fue autoridad indiscutible en estos temas por 400 años. Según él, era imposible vivir bajo el Ecuador o en sus inmediaciones, su afirmación que bajo el Sol verticalmente ardiente no podía sobrevivir ser humano o planta de alguna especie, era indiscutible. Sus disquisiciones al respecto, llegaban a declarar la imposibilidad de navegar alrededor de este desierto de arena, ya que estas tierras inhóspitas se hallaban unidas hasta el Ártico así como también lo estaban hasta la terra incógnita australis. Detrás del Cabo de Non, comenzaba el llamado verde mar de la oscuridad. Allí, el calor solar hacía hervir el mar por aquellas latitudes, incendiándose irremediamente las naves y cualquier hombre que tratara de hacer pie en estas tierras, se convertiría en negro. Sobre esto, Vesputio escribe a Lorenzo de Médici:

“Me parece excelentísimo Lorenzo, que mediante este viaje he impugnado con éxito la



Figura 2: Viñeta del mapa de Waldseemüller de 1506, Américo Vesputio con su mapa.



Figura 3: Retrato de Fernando de Magallanes, óleo del siglo XIX, Museo Naval de Madrid.

opinión de la mayoría de los filósofos, que afirman que nadie puede vivir en la *zona tórrida* a causa del intenso calor, pues en este viaje, hallé que sucede exactamente lo contrario. El aire es más puro y templado en esta región, y en ella vive tanta gente que su número es muy superior al de los que viven fuera de sus límites. Lógicamente, y digámoslo en voz muy baja, la experiencia es, por cierto, mucho más valiosa que la teoría”.

Pero, ¿qué se necesitaba aparte de expertos navegantes para estas extraordinarias aventuras? Claramente, conocedores del cielo, con avanzados conocimientos en astronomía, alguien que conociera ese otro mapa: el del cielo y el del inescrutable destino, ya que la astrología, también jugaba para estos hombres, un papel de importancia. Estos navegantes arriesgados, tenían esos conocimientos, entre esos ejemplos, tenemos también al gran navegante, absolutamente indiscutible, Fernando de Magallanes.

Fernando de Magallanes, el más extraordinario navegante de todos los tiempos

Fernando de Magallanes (1480-1521), también tuvo que llevarse entre otras cosas, por estrellas que no le eran familiares. Fernao de Magalhais, a quien conocemos como

Fernando de Magallanes, al haber renunciado a su nacionalidad portuguesa a favor de España.

Hizo sus comienzos en la navegación a los 24 años con la flota de Francisco de Alemeida, fueron estos, como los de cualquier joven embarcado, arriando velas, construyendo fuertes, luchar tanto en tierra como a bordo. Así aprendió a obedecer y también a mandar, en este aprendizaje, para llegar a ser el navegante que fue, también aprendió a conocer los astros, así como un verdadero experto en vientos. En estos viajes, exploró las Molucas, donde se encontraban las más codiciadas especias.

Para el 1510, luego de cinco años, ya era oficial, no obstante esto, llevó una vida sumamente dura sin ningún tipo de reconocimiento en su país de nacimiento: Portugal.

Luego de muchos contratiempos, mal herido de guerra, cojo de una pierna, a los 36 años es un desocupado en apariencia, relegado y menospreciado por el rey Manuel de Portugal, se dedica a estudiar profundamente toda la documentación sobre mapas de las costas y bitácoras de las últimas expediciones a Brasil. Entre una de sus aparentes rarezas, cultiva la amistad de Ruy Faleiro, un personaje que parece ser el polo opuesto de Magallanes, hombre ilustrado en astronomía, cartografía y astrología.

Poco se sabe del pasado de este hombre, de este joven nacido en el 1480, que luego haría historia. Cuando entra a revistar en la flota portuguesa a los 24 años, es solo un sobresaliente apenas. La historia, es apasionante y larga. Pero saltaré gran parte de ella, para plasmar aquí, un retazo de esta gran aventura, aquella que tiene que ver con ésas raras constelaciones de las que tuvo conocimiento cuando buscaba este intrépido navegante el paso hacia otro océano que en Panamá, había avizorado Vasco Núñez de Balboa (había oído Balboa de la existencia de un mar del sur por los aborígenes, éste, en septiembre de 1513 se embarcó para Coyba con ciento noventa hombres, y desde aquel punto, con sólo noventa que le siguieron, atravesó el istmo de Panamá a pie, luego de una terrible travesía, divisó desde una gran sierra, el Mar del Sur a finales de septiembre de 1513. Este mar, no fue denominado Pacífico hasta la llegada de Magallanes luego de atravesado el estrecho que lleva su nombre por el sur).

Jamás sabremos, en verdad, qué conocimientos secretos tenía Magallanes

Claro, que en gran parte, nada de esto habría llegado a nuestros días, sin la intervención de otro joven, Antonio Pigaffeta, un italiano de buena familia que se alistó para formar parte de esta flota expedicionaria que muy bien no se sabía hacia donde iba y que buscaba, el gran secreto de Magallanes y Ruy Faleiro (Faleiro al fin no fue parte de esta expedición), hoy, podemos presumirlo, pero jamás sabremos, en verdad, qué conocimientos secretos tenía Magallanes para ir con tanta seguridad en busca del ansiado paso hacia las Molucas navegando hacia el Oeste y llegando tan al sur como nadie conocido lo había hecho. Pigaffeta, fue el cronista de esta gran aventura a



Figura 4: El descubrimiento del estrecho de Magallanes en un cuadro de O. W. Brierly que representa esta travesía que requirió cinco semanas, donde apreciamos, ya las solamente tres naves que lo lograron de las cinco que componían la expedición en su partida.

través de sus escritos, podemos revivir gran parte de lo que sucedió en este extenso viaje.

Allá en el sur más al sur que se pudiera imaginar, ya en la tierra que Magallanes denominó Tierra del Fuego debido a las fogatas que aquí y allá se avizoraban sin que pareciera que ser humano alguno habitara estas tierras, la Cruz del Sur y su extraordinario cortejo, acompañaban y guiaban a estos hombres. Estas estrellas, parecían ser la única compañía de cuatro fantasmales naves, las primeras en la historia en atravesar estas misteriosas aguas. Estas desconocidas nuevas constelaciones, eran unas de las guías que podían darle una salida de estas tierras hacia las Molucas.

Antonio Pigaffeta relata en forma muy escueta, ya que el no es versado en temas astronómicos, qué ve en estos cielos del siguiente modo, cuando se dirigían con rumbo al Brasil para aprovisionarse y seguir bordeando las costas hacia el sur en busca del ansiado paso:

“Navegando con rumbo al Sur rebasamos la línea equinoccial, no viendo entonces la *tramontana*, o sea la estrella polar”.

Más adelante, en su diario, al ya haber logrado encontrar el paso y atravesar el estrecho después de grandes penurias, entrando en pleno Océano que hoy llamamos Pacífico, luego de tres meses de navegación y veinte días, habiendo hecho cerca de 4.000 leguas, siendo este mar completamente tranquilo² se le da el nombre así de *Pacífico* y entre otras cosas relata:

“Las constelaciones no están distribuidas en el polo Sur de igual manera que en el Norte, se ven dos grupos de pequeñas estrellas, de luz muy viva, cuyo movimiento es apenas perceptible; ellas determinan el polo S., aquí, Pigaffeta, evidentemente hace alusión a lo más destacado en estas latitudes, las que hoy llamamos Nubes de Magallanes”.

²En apariencia, ya que bien sabemos hoy que el Pacífico no lo es tanto.

Retrocediendo un poco en el relato de esta historia, antes de cruzar el estrecho, no se tenía noticias si El San Antonio, que era la nave mejor pertrechada, la más grande y mejor provista de los víveres que eran escasos, había regresado a España en rebeldía o había naufragado (cosa que parecía improbable debido a la calma que permitió al velero Concepción regresar de la exploración encomendada al canal del sur). Consulta Magallanes al astrólogo y astrónomo Andrés de San Martín, el único capacitado en la nave para leer algo en las estrellas. Recordemos que Magallanes, como muchos en su tiempo, también confiaba en la ciencia adivinatoria; parece extraño, que avezados navegantes, que circundaron un continente desconocido, utilizando las estrellas como la mejor y más infalible de las guías, confiaran también en ellas para que les desvelaran a través de las ciencias adivinatorias, cual había sido la suerte corrida por el San Antonio en este caso. Es así, que ordena a San Martín, sacar el horóscopo para conocer cual había sido el destino de esta nave. Basado en realidad San Martín en la actitud de rebeldía demostrada por Estevo Gomes en el consejo establecido para saber si se seguía a océano abierto a través del paso descubierto hacia las Molucas o se regresaba rumbo a España, vaticina que la nave había desertado.

Magallanes, decide seguir el viaje, un emprendimiento extraordinario, con naves que no estaban en condiciones y hombres con poco ánimo. Se arrojan así al vacío más aterrador, bordeando esas nuevas e inhóspitas tierras que debido a los pocos indígenas con los que tomaron contacto en el Puerto de San Julián, la enorme estatura y el sorprendente tamaño de sus pies bautizan a estos hombres *patagaos* denominando así a estas tierras *Patagonia*.

Nuestro querido cronista Antonio Pigaffeta, anota algo que nos da la idea de cuán importante era que un comandante que lleva a cabo tal emprendimiento, tuviese los conocimientos y la habilidad, realmente extraordinaria, aparte de su tenacidad y una personalidad impenetrable como la que poseía Fernando Magallanes. Pigaffeta co-



Figura 5: Forma en que vio Pigaffeta las Nubes de Magallanes en esa latitud y en esa época, evidentemente, cerca del polo sur celeste, los dos objetos más llamativos que se puedan apreciar.

menta lo siguiente mientras navegaban ya por el sur del Pacífico:

“La aguja de nuestra brújula indicaba siempre el N., pero desviándose algo del polo. Esto, lo había observado muy bien nuestro capitán general (Magallanes), por lo que cuando estábamos en pleno Océano, preguntó a todos los pilotos qué ruta anotaban en sus cartas y respondieron que la correspondiente al rumbo que les había dado. Magallanes les advirtió entonces que tenían que corregir sus anotaciones, a causa del error a que les inducía la aguja; porque esta se desviaba en razón a que en el hemisferio austral perdía alguna fuerza de atracción hacia el polo N”.

Esto, fue también notado por Cristóbal Colón en su primer viaje, quien debió ocultarlo a la tripulación por temor a que la misma se amotinara al sentirse perdida cuando navegaba rumbo supuestamente a las Indias (en realidad, a nuestro hoy continente americano).

Enrique, un esclavo desconocido, es el primero en cerrar el lazo al dar la vuelta al mundo

Muchas penurias pasaron estos hombres de la expedición de Magallanes, hambre, terribles enfermedades, desaliento, todo lo imaginable en este viaje hacia la nada o a demostrar algo con los hechos: la redondez de la Tierra. Y es en una pequeña isla Massawa, en el archipiélago filipino, donde se hace una de las comprobaciones más grandes en la historia. Antes de desembarcar, Magallanes toma la previsión de bajar a su esclavo malayo al cual llamaban Enrique para que haga contacto con los lugareños, dada la tez oscura y el aspecto de Enrique, pensó acertadamente Magallanes, que éste, causaría menos resquemores en los lugareños. Lo tremendo, lo inesperado, fue que los lugareños charlaron animadamente con Enrique, en una lengua que no le era extraña, comprende lo que dicen, es un reencuentro luego de años de haber sido arrebatado de su hogar. Este hombre, un esclavo desconocido, es el primero en cerrar el lazo al dar la vuelta al mundo, un momento extraordinario para la humanidad. Este gran paso no fue el del hombre al poner el pie en la Luna, pero fue el primer gran paso que dio la humanidad desde el Este hacia el Oeste. Hacia el Sol o contra él, se vuelve al punto de donde se partió. A través de un esclavo malayo que fue sacado de Sumatra a latigazos se demuestra que la Tierra es redonda, después de una larguísima y penosa travesía.

Entre la proeza que significó rodear la Tierra bajo condiciones realmente terribles, hay eventos que no fueron anotados o tal vez perdidos al ser destruidos por manos anónimas e interesadas en que esta gesta no se conociera en toda su gran magnitud. Pero Antonio Pigafetta, este cronista apasionado y cándido en algunos aspectos de su

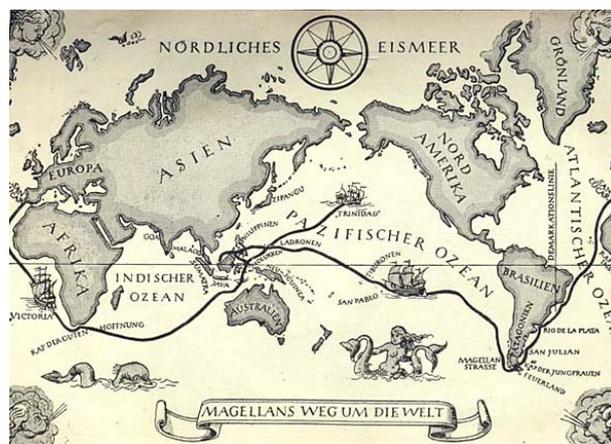


Figura 6: En este planisferio, ruta completa de la expedición desde que parte hasta su regreso solo la Victoria con apenas 18 hombres abordo ya al mando de Sebastián El Cano.

relato, anota algo en su diario de una relevancia extraordinaria. Esto sucede en Cabo Verde. En él, toma cuenta de un hecho sorprendente. Cuando bajan a proveerse de los víveres necesarios, la tripulación se sorprende profundamente: es jueves. Sí. Jueves. Cuando que a bordo de la nave Victoria es... ¡miércoles! Durante los dos años que duró este tremendo viaje, Pigafetta llevó rigurosamente su diario, día a día, en forma meticulosa. Sorprendiéndose ante este hecho, consulta al piloto Alvarado, que ha llevado la bitácora con sus registros día por día también. Y sí. De acuerdo a la cuenta, era indiscutiblemente miércoles. Esta observación de Pigafetta, asombró a todo el mundo culto. Ninguna de las brillantes mentes como Ptolomeo o Aristóteles habían tomado en cuenta este *detalle*. El viaje de Magallanes, entre tantas otras cosas, aportó este nuevo conocimiento: el seguir la marcha del giro de la Tierra *robando* una hora, o un día, nuevo conocimiento que revolucionó al mundo científico, pero parece haber pasado desapercibido en esta historia de navegar los mares y los cielos australes, cruzar inmensas masas de agua, bordear costas extraordinarias por sus riquezas y exotismo, o por la rudeza y hostilidad de sus tierras. Este nuevo conocimiento, también lo trajo la fantástica empresa de Magallanes.

Algunas otras expediciones a las tierras australes de América donde se obtienen datos astronómicos

Pedro Sarmiento de Gamboa, Expedición al Estrecho de Magallanes (1579-1580)

Pedro Sarmiento de Gamboa (1532-1592), Almirante de la Guarda de Indias, al servicio de su rey don Felipe II, navegante, científico y escritor reconocido por su sobresaliente expedición a estas tierras para fundar población en las tierras descubiertas por Magallanes en su

viaje por el estrecho que lleva su nombre, hace también descripciones de estos cielos australes y los fenómenos que en él detecta por primera vez en su vida.

De entre las muy conocidas crónicas de Sarmiento de Gamboa, de un total de cuatro, datadas en 1582, 1583, 1584 y 1590, es de destacar estos párrafos donde describe en la secuencia que abarca el resto del viaje (la tercera de ellas) la travesía a través del Estrecho durante la cual investigó, las posibles salidas del paso, la desembocadura en el Atlántico y la ruta hacia España, cruzando en diagonal el océano. En esta última fase resolvió el problema del cálculo de la longitud, sirviéndose de la distancia angular de Sol a Luna, método que parece ser, fue el primer marino en emplear. Localizó en el cielo austral dos estrellas polares de “muy Pequeña circunferencia”, el Polo Sur celeste, lo describe como muy oscuro. Los llamados *luceros de Sarmiento*, de muy secundaria magnitud, fueron observados por éste mediante procedimientos muy rústicos, ya que no contaba con telescopio o artificio que se le semejara para hacer exactas mediciones.

El rigor científico con el que escribe Pedro Sarmiento de Gamboa, es digno de destacar, hombre versado, curioso y detallista. En el libro de bitácora anota algo peculiar, relatado en forma totalmente desprovista de todo aquello que no sea rigurosamente científico:

“Esta noche vimos un arco que llaman los filósofos Iris blanco, en contraposición de la luna que se iba a poner y de la reciprocidad de sus rayos, que por antiperístasis herían en las nubes opuestas”

Añadiendo luego:

“Cosa es tan rara que ni la he visto otra vez, ni oído ni leído que otra persona la haya visto tal como éste, sino en la relación de Alberico Vespucio, que dice en el año de 1501 haber visto otro como éste”.



Figura 7: Planisferio portugués del año 1590.

Expedición de Cook en 1768 para la observación de Venus ante del disco solar en 1769

El navegante inglés James Cook efectuó tres importantes viajes hacia estas tierras australes, él fue quien dio comienzo a las navegaciones que, preparadas con objetivos científicos aumentaron los conocimientos geográficos, astronómicos y de la historia natural. En dos de los primeros viajes recorrió la parte más austral de América.

Zarpó de Plymouth en el Endeavour, equipado por la Real Sociedad, el 26 de agosto de 1768, con la finalidad de observar, desde alguna isla del Pacífico, el paso de Venus por el disco solar, que iba a producirse el 3 de Junio del año de 1769. Con este fin, se encontraba entre la tripulación, el astrónomo Green. Este viaje, duró aproximadamente 3 años, ya que Cook regresó el 1° de junio de 1771 a su país.

Malaspina llegó a navegar en latitud de 60°43', lo que ocurrió el 6 de enero

Alejandro Malaspina, en la corbeta Descubierta, y José Bustamante y Guerra, en la Atrevida, el 30 de julio de 1789

Cuando recalcan Puerto Egmont, entran en el puerto, en búsqueda de cualquier riachuelo para dar fondo frente a él. Malaspina, queda ciertamente impresionado por las islas Malvinas, relata detalles de sus bellezas naturales, en cierto modo especial. Daba la impresión, que había descubierto una especie de oasis después de tanto desierto patagónico. Cada uno de los científicos de la expedición, cumple con su cometido: Felipe Bausá hace marcaciones de importancia con el teodolito, Antonio Pineda reconoce el terreno y anota plantas y animales, Galiano y Venacci, son quienes realizan observaciones astronómicas.

Se establece en esta expedición también con precisión la longitud al oeste de Montevideo de 3°52' 30" y latitud sur de 51°21' 3".

Malaspina llegó a navegar en latitud de 60°43', lo que ocurrió el 6 de enero. Dan la vuelta al Cabo de Hornos en forma satisfactoria, siguiendo luego hacia norte. A su regreso se hallaron el 25 de diciembre de 1793, cruzando de poniente a naciente el cabo de Hornos, luego de haber estado en las islas Diego Ramírez. Desde el extremo norte de la isla de los Estados, la expedición tomó nuevamente rumbo a las islas Malvinas, para repetir sus observaciones astronómicas y reponer tanto a tripulación como pertrechos para proseguir sus viajes.

El 2 de febrero, partieron de las Malvinas rumbo a Puerto Deseado, de allí, iniciaron la navegación hacia España, llegando a Cádiz el 21 de setiembre de 1794. Este viaje duró cinco años y tres meses, la ciencia, se vio ampliamente enriquecida con esta nueva expedición. Ω

Bibliografía

- “Magallanes” Obras completas de Stefan Zweig, volumen 9, Editorial Claridad, primera edición año 1937.

- “Américo Vespuccio” Obras completas de Stefan Zweig, Editorial Claridad, segunda edición año 1942.
- “Primer viaje alrededor del mundo” de Antonio Pigafetta, Ed. Elefante Blanco, editada originalmente en Madrid en 1899. Primer edición Elefante Blanco 2001.
- “Lo que nos susurra el viento, la sabiduría de los Aztecas” de Xokonoschtletl, Ed. Plaza Janés.
- “Historia de las Constelaciones” Ensayo sobre su origen por Alberto Martos Rubio, Ed. Equipo Sirius.
- “Historia del Oriente, Egipto, Caldea, Palestina, Fenicia, Persia”, por Albert Malet, París, Livraría Hachette & Cía., Boulevard Saint-Germain 79, 1910.
- “Los Aborígenes de la Argentina” por G. E. Magrassi, Ed. Galerna.
- “En busca de las Antiguas Astronomías”, por E. C Krupp, Ed. Pirámide, S. A., Madrid, 1989.
- “Tratado de la Esfera y del Arte de marear: con el regimiento de las alturas”. Sevilla: Cromberger, 1535 (OBRAS CLÁSICAS DE NÁUTICA Y NAVEGACIÓN José Ignacio González-Aller Hierro (Compilador) Madrid: Fundación Histórica Tavera, 1998)
- “Viage al Estrecho de Magallanes”, por el Capitán Pedro Sarmiento de Gamboa. En los años 1579 y 1580 y Noticia de la Expedición que hizo después para poblarle. Madrid. Imprenta Real de la Gazeta. 1768. (Biblioteca Museo del fin del Mundo, colecciones reservadas. Ushuaia - Tierra del Fuego - República Argentina).
- “Los Descubridores”, Volumen I: el tiempo y la geografía, por Daniel J. Boorstin, Ed. Crítica (Grijalbo mondadori) 1986.
- “Viajes (El Milione)”, Marco Polo. Obras Maestras, Talleres Gráficos Agustín Nuñez, Barcelona 1957.

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

·info.astro·

ASTRONOMÍA DIGITAL