

ASTRONOMÍA DIGITAL

Número 3 , 10 de enero de 1999

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



Introducción

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

Condiciones de publicación

Los artículos enviados a *Astronomía Digital* deben ser originales y no haber sido publicados anteriormente o haber sido enviados para su edición simultáneamente. Los artículos se distribuirán sin cargo alguno. El autor retiene los derechos de copia para publicaciones comerciales. Cualquier publicación que haga uso de los artículos publicados en *Astronomía Digital* debe indicar "Artículo extraído de *Astronomía Digital* número x , <http://www.astrored.org/digital>".

Instrucciones generales

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

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

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

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

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

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

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

Instrucciones de envío

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

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

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

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

Índice General

Carl Sagan, una vela en la oscuridad, <i>Lourdes Villarreal Lujan</i>	4
Stonehenge, donde los astros y dólmenes danzan, <i>Jesús Gerardo Rodríguez Flores</i>	11
Un poquito más cerca de las estrellas (I), <i>José G. Tomé</i>	15
El Sol, <i>Víctor R. Ruiz</i>	19
Pasado, presente y futuro de la LIADA, <i>Rodolfo Zalles Barrera</i>	25
CG-2: CCD para Astronomía, <i>Cristóbal García</i>	28
Ssystem: Explorando el Sistema Solar, <i>Raúl Alonso</i>	32
Estrellas en explosión en la ciencia ficción, <i>Cristóbal Pérez-Castejón Carpena</i>	34
Biblioteca astronómica, <i>Sección coordinada por Javier Susaeta</i>	38

Editorial

Comienza el año 1999, y con él el debate sobre el 2000. ¿Comienza el milenio el próximo año o en el 2001? Estoy seguro de que poco valdrán las explicaciones sesudas sobre el asunto, porque lo importante va a ser el aspecto psicológico del número 2000. Desgraciadamente el debate no sólo se reduce a cuándo celebrar una fiesta.

La llegada del año 2000 va a traer un sinfín de noticias relacionadas con el fin del mundo, aunque los hay más optimistas y sólo nos auguran un año muy catastrófico. Por ejemplo, el más famoso de los astrólogos, Nostradamus, anunciaba un gran cambio para la mitad de 1999. Buscando señales en el cielo, algunos se han preocupado por las conjunciones planetarias. El 2 de enero del recién estrenado 1999 llegaba una nota de prensa de un observatorio chino. Los astrónomos orientales explicaban que la forma de cruz que formarán los planetas en agosto de este año es totalmente casual y no producirá ningún “desperfecto” aquí en la Tierra. En el mismo sentido no son pocos los preocupados por la conjunción planetaria del próximo 2000. Este fenómeno ha sido incluso comentado por el experto de mecánica celeste Jean Meeus en la revista *Sky & Telescope*, en previsión de la curiosidad que despertará entre la población.

Aunque de todos es conocida la futilidad de la superstición de estos fenómenos totalmente naturales que se vienen repitiendo desde la creación del Sistema Solar sin mayor problema, también en las puertas de la Ciencia ha tocado el “demonio” del 2000. Según nos bombardean en todos los medios de comunicación, el “efecto 2000”, hará que todos nuestros ordenadores dejen de funcionar, los cajeros automáticos se vuelvan locos y hasta los arsenales de misiles soviéticos se disparen sin previo aviso. Algunos estadounidenses, que son muy dados a estos asuntos, ya han desempolvado los búnqueres y acopian alimentos, seguros de que incluso los mercados y centros comerciales dejarán de ofrecer sus servicios. La industria informática ya hace algunos años que se está preparando y beneficiando. No tiene más que pasar por la tienda de ordenadores más cercana y observar que la mayoría de los programas comerciales incluye la etiqueta “preparado para el 2000”. Y el mismísimo Imperio del Software, también conocido como Microsoft, ha renombrado su producto estrella, el Windows NT 5.0, a Windows 2000. Por supuesto, avisan que su Windows98, acabadito de salir a la calle, aún no está del todo apunto para recibir al próximo milenio. ¿Dónde termina el problema y comienza el rumor?

En este número podrás encontrar la biografía de Carl Sagan, el científico que más pasiones ha levantado entre el público general por su dedicación a la divulgación, al lado de Jaques Costeau. Esperemos que su vela siga llamando a muchos, durante mucho tiempo, por el camino de la razón.

Buenas noches... de observación, naturalmente.

Víctor R. Ruiz

Carl Sagan, una vela en la oscuridad

Lourdes Villarreal Lujan | México

Siempre consideraré al Dr. Sagan mi guía intelectual, y nunca podré reponerme de la trágica pérdida que significó su fallecimiento. He pensado en miles de cosas para honrar su memoria, y creo que la más adecuada es haciendo lo que él mismo hizo con tanto entusiasmo y valor: enseñar las maravillas de la ciencia al individuo normal, común y corriente. Esta biografía que dista mucho de ser perfecta, pero que trata de ser lo más precisa posible.

Infancia y adolescencia.

Carl Edward Sagan nació el 11 de noviembre de 1934 en el barrio de Bensonhurst, en el corazón de Brooklyn, N.Y., hijo de inmigrantes provenientes de la Europa central. El mismo cuenta algo acerca de sus humildes orígenes en “Nómadas”, la introducción de su libro “Un Punto Azul Pálido” (Ed. Planeta, Barcelona, 1996):

“Dudo mucho que, en toda su existencia, Leib (Gruber, su abuelo) se hubiera alejado más de cien kilómetros de Sassow, el pequeño pueblo que le vio nacer. Pero entonces, en 1904, según cuenta una leyenda familiar, a fin de evitar una condena por asesinato decidió de repente huir al Nuevo Mundo, dejando tras de sí a su joven esposa. Qué distintas de aquella atrasada aldea hubieron de parecerle las grandes ciudades portuarias alemanas, qué inmenso el océano, qué extraños los altísimos rascacielos y el frenético ajeteo de su nuevo hogar. Nada sabemos de su viaje transoceánico, pero encontramos la lista de pasajeros correspondiente al trayecto cubierto con posterioridad por su esposa, Chaiya, que fue a reunirse con Leib en cuanto hubo conseguido ahorrar lo suficiente. Viajó en la clase más económica a bordo del Batavia, un buque registrado en Hamburgo. En el documento se aprecia una concisión que, en cierto modo, parte el corazón: «¿Sabe leer o escribir?» «No.» «¿Habla inglés?» «No.» «¿Cuánto dinero lleva?» Me imagino lo vulnerable y avergonzada que debió de sentirse al responder: «Un dólar»”.

Desembarcó en Nueva York, se reunió con Leib, vivió el tiempo suficiente para dar a luz a mi madre y a mi tía y luego murió a causa de complicaciones del parto. Durante esos pocos años en América, en algunas ocasiones habían adaptado su nombre al inglés y la llamaban Clara. Un

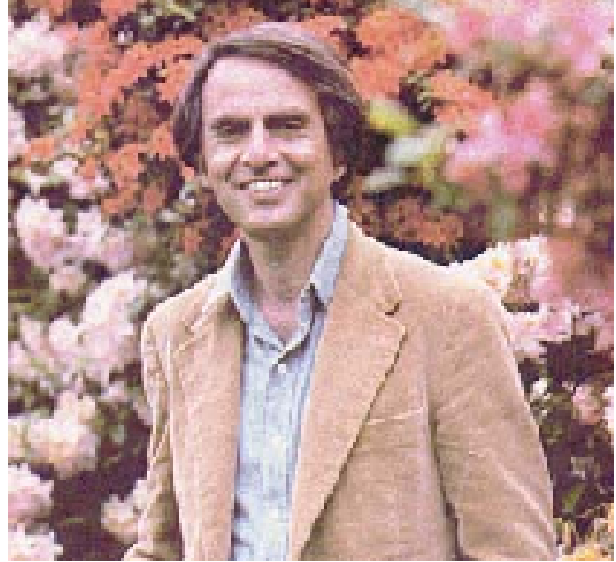


Figura 1: Carl Sagan en la contraportada de su libro “Miles de millones”.

cuarto de siglo después, mi madre puso a su primogénito, un varón, el nombre de la madre que nunca llegó a conocer.

Samuel Sagan, su padre, fue un judío emigrante de Rusia que trabajó de cortador en tela en una fábrica de ropa y llegó a ser un próspero comerciante aún durante los años de la Depresión. Rachel, su madre, fue una ama de casa que dedicó todo su tiempo a educar a sus hijos con amor y dedicación. Los Sagan siempre se preocuparon por la educación del pequeño Carl, quien siempre mostró vocación hacia la ciencia. Un buen ejemplo es cuando a la edad de 5 años, los Sagan llevaron a su hijo a la Exposición Mundial de 1939 en Nueva York. Carl quedó impresionado ante las visiones futuristas de aquella época.

También el cielo nocturno despertó su curiosidad. Al no haber nadie a su alrededor que le supiera o quisiera explicar qué eran las estrellas, en cuanto tuvo 7 u 8 años su madre lo llevó a la Biblioteca Pública de Nueva York, y el mismo Carl pidió un libro acerca de *estrellas*. La amable empleada le dio un libro que tenía en su portada a Clark Gable y Greta Garbo: estrellas de Hollywood. Muy pronto Sagan supo que no toda la gente tenía muy claro el concepto de *estrella*.

Cuando le hubieron traído el libro correcto, Carl lo leyó completo. También las lecturas de ciencia ficción de la época despertaron su imaginación en cuanto a la posibilidad de vida en otros mundos. En “Cosmos” (Editorial Planeta, Barcelona, 1982) nos relata:

“Yo recuerdo haber leído de niño, fascinado y emocionado, las novelas marcianas de Edgar

Rice Burroughs. Viajé con John Carter, caballero y aventurero de Virginia, hasta “Barsoom”, el nombre que daban a Marte sus habitantes. Seguí a manadas de bestias de carga con ocho patas, los thoat. Y conseguí la mano de la bella Dejah Thoris, princesa de Helium. Me hice amigo de un luchador verde de cuatro metros, llamado Tars Tarkas. Me paseé por las ciudades en aguja y por las abovedadas estaciones de Barsoom, y a lo largo de las verdes veredas de los canales de Nylosirtis y Nephentes (...) John Carter consiguió llegar allí simplemente al situarse de pie en un campo extendiendo sus manos y deseándolo. Recuerdo haberme pasado, de niño, bastantes horas con los brazos resueltamente extendidos en un campo solitario implorando a lo que creía que era Marte, para que me trasladara hasta allí. Nunca dio resultado. Tenía que haber otros sistemas”.

Según cuentan quienes lo conocieron, en aquella época no había palabra para lo que quería ser: quería viajar e investigar la vida en otros planetas, quería estudiar las estrellas, quería diseñar naves espaciales... pero a pesar de sus sueños por viajar hacia las estrellas, Carl era sensato y comprendió que quizá para cuando existieran naves espaciales él ya sería demasiado viejo. Pero decidió que estudiaría a las estrellas. Recibió algunos desaires, como el de su abuelo, quien le preguntó que a qué le gustaría dedicarse cuando fuera mayor. Carl muy orgulloso le contestó: “quiero estudiar astronomía”. El abuelo volvió a preguntarle: “Eso está muy bien. ¿Y qué piensas hacer para ganarte la vida?”. Mas eso no detendría a la inquieta mente de Sagan, quien muy pronto descubrió que muchas gente estudiaba astronomía y en realidad ganaban dinero con su profesión. Junto con el total e incondicional apoyo de sus padres y algunos maestros, el destino del futuro científico y divulgador ya estaba escrito.

Estudios.

Hacia el final de la Segunda Guerra Mundial, los Sagan se mudaron a Nueva Jersey donde tendrían una vida mejor. Ahí Carl realizó sus estudios preparatorios en la Radway High School, en donde fue escogido como el estudiante más inteligente y que tenía más posibilidades de tener éxito en la vida.

Al terminar la preparatoria, Carl se trasladó a Chicago para estudiar en la universidad de aquella ciudad. Ahí tuvo que abandonar su interés hacia los cohetes como un posible medio para viajar al espacio, debido a que dicha universidad no contaba con un departamento de ingeniería. Entonces se concentró en estudiar lo que siempre le fascinó: las estrellas.

Avanzó rápidamente en su carrera como científico; muy pronto destacó entre sus compañeros, y durante las vacaciones de verano trabajó en el laboratorio del científico ganador del Premio Nobel H.J. Mueller, quien en aquella

época se dedicó a investigar el origen de la vida en este planeta. Ahí Sagan, sin embargo, realizó actividades de poca importancia.

Sagan finalizó su doctorado en astronomía y astrofísica bajo la tutela del Dr. Gerard Kuiper, otro científico intrépido que estudió la posibilidad de vida en otros planetas, y a quien se le conoce como El Padre de la Ciencia Planetaria Moderna. Hay que aclarar que hombres como estos tuvieron que luchar por sus ideas, pues en aquella época sus colegas, concentrados en temas más convencionales, consideraban la investigación de vida en otros planetas como *ciencia ficción*. Mas pronto cambiarían las perspectivas del espacio para siempre, cuando científicos soviéticos realizaron con éxito el impactante lanzamiento del Sputnik hacia el espacio para colocarlo en órbita alrededor de la Tierra, en 1957.

En ese mismo año, el 16 de junio de 1957, Carl contrajo nupcias con la estudiante Lynn Alexander (más tarde Lynn Margulies), quien al igual que Sagan, causó controversia con sus teorías revolucionarias acerca de la evolución de la vida en la Tierra. Tuvieron dos hijos, Dorion y Jeremy.

Sagan finalizó su doctorado en astronomía y astrofísica bajo la tutela del Dr. Gerard Kuiper

Durante esos años, Sagan dio a conocer los resultados de su primera gran investigación como científico, en donde sugería un efecto invernadero en Venus. Sus cálculos perfectos causaron sensación, y fue invitado por la NASA para trabajar como científico colaborador. Los datos transmitidos por el Mariner II desde Venus comprobaron la veracidad de las teorías de Sagan.

Ya no había nada que impidiera el comienzo de la Aventura Espacial. Y mucho menos hubo algo que impidiera que Carl Sagan participara en ella.

Sus primeros años como investigador

Aunque la NASA se proponía principalmente enviar una misión tripulada por el hombre a la Luna, Sagan nunca vio con buenos ojos el programa espacial Apollo. Lo consideraba un desperdicio de dinero y un riesgo hacia las vidas de los astronautas; sin embargo, el colaborar con la agencia espacial le permitiría hacer sus sueños realidad: explorar otros mundos e investigar la posibilidad de vida en ellos. Mas el concentrarse en sus ambiciones llevaron su matrimonio al fracaso, y en 1963, se divorció de Lynn Alexander. Ella se llevó a los niños y Carl, ya solo, se concentró en sus actividades en la NASA, además de que aceptó un puesto como astrónomo en la renombrada Universidad de Harvard.

El Mariner 4 fue la primera sonda en llegar a Marte, en el mes de junio de 1965, y todos los científicos que participaron en el proyecto, especialmente Sagan, esperaban ansiosos las imágenes que la sonda habría de transmitir.

Marte era un punto en el cielo que resultaba particularmente atractivo en aquella época; todavía se recordaban los famosos “canales” observados por Percivall Lowell a principios de este siglo. A pesar de que las observaciones con telescopios más potentes habían ya descartado la idea de que dichos canales podían haber sido construidos por alguna civilización inteligente, Marte no perdía su fascinación...

Pero después que los científicos hubieron observado todas las imágenes y analizado los valiosos datos enviados por las sondas, se concluyó que no había indicios de erosión causada por agua, excluyendo casi por completo la posibilidad de que alguna vez pudo haber existido siquiera la forma de vida más elemental en el planeta rojo. Sagan, lejos de desanimarse, optó por comenzar a monitorear señales de vida mediante aparatos que no requerían de condiciones atmosféricas óptimas como los telescopios ópticos, ni el costoso lanzamiento de una sonda espacial: radiotelescopios.

La conservadora Universidad de Harvard no vio con buenos ojos sus actividades

Simultáneamente, Carl empezó a colaborar con el científico soviético I. S. Shklovski y juntos organizaron debates y discusiones junto con otros colegas interesados en buscar vida extraterrestre; el contenido de dichas discusiones fue después publicado en el libro “OVNIS: Un Debate Científico”, que trata precisamente acerca de los inicios de la búsqueda de vida en otros mundos. Desde un principio Sagan dejó muy en claro que el objeto de sus investigaciones no tenían nada que ver con el cada vez más popular fenómeno OVNI. Sin embargo, la conservadora Universidad de Harvard no vio con buenos ojos sus actividades, y al año siguiente le negaron la renovación de su contrato.

Esto significó un duro golpe en la carrera de Sagan, pero casi inmediatamente recibió una oferta de la Universidad de Cornell, en Ithaca, Nueva York, la cual tenía la fama de tener entre sus filas a científicos que investigaban temas especulativos y poco convencionales. Como es de suponer, Carl Sagan fue recibido con los brazos abiertos. Sagan se mudó a Ithaca al lado de su flamante esposa, la artista Linda Salzmänn, con quien contrajo nupcias el 6 de abril de 1968. Carl se convirtió en el director del Laboratorio de Ciencias Espaciales en Cornell, puesto que, junto con sus clases en dicha universidad, ocupó por el resto de su vida.

A pesar de todas estas actividades, Sagan formó parte del equipo de operadores y científicos encargados del proyecto Apolo 11 en 1969. Pero lo más significativo en ese año para él fue la misión del Mariner 9 a Marte, la cual excedió todas las expectativas al orbitarlo dos veces al día ese y fotografiar el 100 alguna vez fue activo, por lo que pudo haber vida.

La misión Pioneer.

Poco a poco Sagan toma experiencia de sus años como maestro y científico, que junto con su gran capacidad de observación le permitió comprender que el individuo *normal*, sin preparación universitaria, debía ser introducido al mundo de la ciencia y a la astronomía. Con gran entusiasmo y sin importarle tomar algo de tiempo de sus propias investigaciones se emprendió a la tarea de popularizar la ciencia. Pero quizá ni él mismo estaba consciente de su enorme talento ya no para explicar temas complicados de una manera sencilla, sino para contagiar su entusiasmo y pasión hacia la ciencia y el saber. Carl comienza a publicar artículos de divulgación científica en revistas no especializadas y realiza esporádicas apariciones en programas de televisión. Paulatinamente empieza a ser reconocido por la gente común, amén de la popularidad con la que ya contaba entre la elite científica. Mas Carl Sagan pronto estaría en boca de todos a causa de... una placa.

En 1973 fueron lanzadas las sondas espaciales Pioneer 10 y 11 con el fin de transmitir imágenes y datos desde los gigantes de nuestro sistema solar: Júpiter y Saturno. Sagan y su colega y amigo Frank Drake consiguen autorización de la NASA así como los fondos necesarios para incluir en Pioneer 10 una placa grabado con símbolos, en caso de que alguna civilización extraterrestre se *topara* con la nave durante su viaje hacia el espacio exterior, hacia donde se está dirigiendo en estos mismos momentos. La placa fue diseñada por Drake y Sagan, y dibujada por Linda Salzmänn.

Se incluyeron grabados que mostraban a un hombre y una mujer desnudos

La clave para descifrar la placa radica en entender el agotamiento del elemento más común en el universo: el hidrógeno. Este elemento viene ilustrado en la parte izquierda de la placa en forma esquemática, mostrando la transición superfina del hidrógeno atómico neutro.

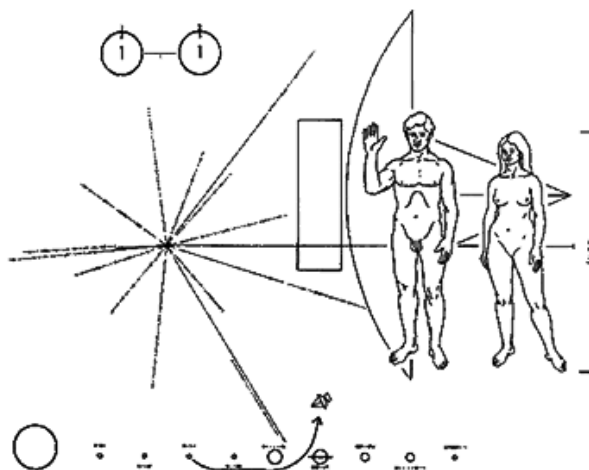


Figura 2: La placa del Pioneer 10.

Cualquier ser proveniente de una civilización con la suficiente educación científica para comprender el hidrógeno debería ser capaz de interpretar el mensaje. Igualmente se señala la posición de la Tierra en nuestro Sistema Solar... pero todo esto hubiera pasado casi desapercibido de no ser por el hecho de que también se incluyeron grabados que mostraban a un hombre y una mujer desnudos. Los medios se apresuraron a mostrar imágenes de la placa en periódicos, revistas y televisión, y la conservadora Norteamérica se volvió loca.

Aquí unos extractos de “Señales de la Tierra”, narrado por Frank Drake (traducido del alemán “Signale der Erde”, Droemersch Verlagsgesellschaft Th. Knaur Nachf. München/Zürich, 1980):

“La placa en el Pioneer 10 y 11 llevó, así de sencilla como era, a reacciones tanto divertidas como sorprendentes por parte de la opinión pública. Los medios de comunicación y las estaciones de televisión se confrontaron con el problema de enseñar la placa en todos sus detalles, a pesar de que se mostraba a humanos desnudos. En el *Chicago Sun-Times* los redactores de esforzaron desesperadamente por retocar las partes sexuales hasta hacerlas desaparecer, por lo que de una edición a otra durante el mismo día una parte delicada de la anatomía detrás de otra desaparecía. El jefe de redacción de *Los Angeles Times* recibió furiosas cartas de lectores que culpaban a la NASA de malgastar el dinero de los contribuyentes para enviar *obscenidades* al espacio. También había cartas de feministas ofendidas que por otro lado protestaban que la mujer de la placa parecía ser una subordinada del hombre. ¿Qué no parecía estar atrás del él? ¿Y por qué, por todos los cielos, el hombre era quien tenía la mano alzada y la de ella no? Todo esto fue una desagradable sorpresa para Linda Sagan, quien se consideraba una mujer emancipada.

También estaban sorprendidos y apesadumbrados algunos que pensaron que las imágenes de los humanos representaban demasiado a su propia raza, cualquiera que fuera. Llama la atención que esto fue objetado por personas de todas las razas, lo que nos hace pensar en una profunda verdad psicológica en todos nosotros. Lo más importante es que este mensaje fue realizado por un grupo muy pequeño de humanos —exactamente por tres— y con eso no fue ni tan representativa de toda la humanidad, ni tan informativa como pudo haber sido. En la prensa inglesa aparecieron artículos que demandaban que futura información de este tipo fuera dirigido por un gran grupo de científicos y laicos internacional.

Después de todo este tiroteo de críticas llegamos a la conclusión que la mayoría de el-

los eran irrelevantes. Éramos de la opinión que no habíamos cometido ningún error grave. Sin embargo, las críticas consiguieron hacernos ver el arte de recopilar mensajes interestelares con mucha más humildad. Habíamos descubierto que una gran parte de la humanidad se preocupaba por el contenido de mensajes interestelares, aún cuando la posibilidad de que fueran recibidos era muy pequeña.”

De igual modo mucha gente expresó sus objeciones porque pensaron que mostrando nuestra localización en el espacio, sería mucho más fácil que civilizaciones bélicas nos localizaran para conquistar o destruir la Tierra. Con todo, también hubo muchas reacciones positivas, y personas de todas partes también escribieron cartas a los periódicos para expresar su aprobación y entusiasmo. Comenta Sagan en “La Conexión Cósmica” (Plaza & Janés, Barcelona, 1978):

“El mensaje que llevaba a bordo el Pioneer 10 ha sido una auténtica diversión. Pero también ha sido algo más que eso. Es una especie de prueba cósmica Rorschach, en la cual muchas personas ven reflejadas sus esperanzas y temores, sus aspiraciones y derrotas, los más oscuros y los más luminosos aspectos del espíritu humano. El envío de tal mensaje nos obliga a considerar cómo deseamos estar representados en una raciocinación cósmica. ¿Cuál es la imagen de la Humanidad que podríamos desear presentar a una civilización superior ubicada en cualquier punto de la Galaxia? La transmisión del mensaje del Pioneer 10 nos estimula a considerarnos a nosotros mismos desde una perspectiva cósmica.

En mi opinión, creo que el mayor significado de la placa del Pioneer 10 no es precisamente el hecho de enviar un mensaje al exterior, sino más bien el de que se trata de un mensaje a nosotros mismos”.

Amartizaje

El 20 de agosto de 1975 es lanzado el cohete que llevaría a las sondas Viking 1 y 2 hacia Marte. El Viking 2 aterrizó con éxito en la superficie de ese planeta el 20 de julio de 1976, transmitiendo imágenes muy similares a las de los desiertos de la Tierra, pero para los entusiastas del espacio como Sagan esto significó un sueño hecho realidad. La nave estaba equipada con aparatos destinadas a efectuar pruebas en el suelo y atmósfera marcianos para determinar si quizá alguna vez existió vida. Como con el Mariner 4, en esta ocasión tampoco se pudo tener evidencia alguna, mas el haber posado exitosamente una nave en la superficie de uno de nuestros planetas vecinos fue otro gran salto para la humanidad, ya que al estudiar



Figura 3: Primeras imágenes del explorador Viking 2 en Marte.

las condiciones ambientales en otros mundos, lentamente vamos aprendiendo más acerca del nuestro.

Sin embargo, esta similitud de Marte con la Tierra despertó poco interés entre los medios de comunicación y, por consiguiente, del público. Más que nunca Carl Sagan se dedicó a popularizar la ciencia, llegando a aparecer en el famoso *The Tonight Show* de Johnnie Carson. Fue tal el éxito obtenido que Sagan empezó a convertirse en una especie de símbolo nacional norteamericano. Sagan comenzaba a vislumbrarse como una estrella en el firmamento por sí misma, y las apariciones en dicho programa de televisión se hicieron más frecuentes.

En 1977 sale a la venta su libro “Los dragones del Edén”, que habla acerca de la evolución de la inteligencia. Este libro (quizá mi favorito) le valió el premio Pulitzer. Pero no sólo eso, sino también otro mensaje hacia las estrellas y un amor prohibido hicieron que 1977 fuera un año crucial en la vida de Sagan.

Viajeros del espacio

El éxito de la misión Viking alentó a la NASA para enviar otras dos naves espaciales para explorar el sistema solar exterior, principalmente a Júpiter y Saturno: los Voyager 1 y 2. Debido a que dichas naves también estaban destinadas a perderse en la inmensidad del cosmos, Sagan y Drake, ni tardos ni perezosos, aprovecharon la oportunidad para enviar otro mensaje interestelar. Sin embargo, a pesar de haber pasado sólo unos años desde la misión Pioneer, la tecnología había avanzado lo suficiente como para enviar no sólo una placa, sino un disco conteniendo imágenes y música con “la historia del Planeta Tierra”.

La popularidad de Sagan también era grande entre los círculos de intelectuales y artistas, por lo que reunió a talentosos colaboradores para diseñar y producir el disco. Como todas las misiones espaciales, se disponía de poco tiempo y dinero para tener listo el mensaje en unas pocas semanas, y toda la gente involucrada en el proyecto trabajó arduamente para terminarlo justo a tiempo. Las aventuras y desventuras del segundo gran mensaje de los terrestres hacia posibles civilizaciones fue maravillosamente narrado por Sagan, Drake y los principales colaboradores en “Murmulllos de la Tierra”.

El disco contiene lo siguiente:

- 118 fotos, 20 de ellas a color

- Saludos en 55 idiomas
- “Los sonidos de la Tierra”: 19 sonidos diferentes
- 27 melodías, desde música tradicional de todas partes del mundo, pasando por música clásica, hasta *Johnny B. Goode* de Chuck Berry.

La joven encargada de conseguir los sonidos incluidos en el disco, Ann Druyan, era amiga de Carl y Linda desde hacía varios años. Pero fue hasta esos días, al trabajar tan estrechamente al lado de Carl, que los dos descubrieron que estaban perdidamente enamorados el uno del otro. Ann estaba comprometida con otro hombre, Carl estaba casado con Linda. Pero a la pareja no le importó sortear todos los obstáculos a su paso, y al poco tiempo Carl abandonó a su esposa para irse a vivir con Ann, con quien permaneció hasta su muerte.

Cosmos: Un viaje personal

En 1979 Carl emprende la misión de su vida: escribir, producir y ser anfitrión de un ambicioso programa de televisión. “Cosmos: Un viaje personal” consta de 13 capítulos y en ellos se trata la evolución del universo, la historia de la ciencia, las últimas misiones hacia los planetas más cercanos, la posibilidad de vida extraterrestre y el peligro que representan para nuestro planeta las armas nucleares y la destrucción del medio ambiente, todo en un sólo programa.

La serie tardó tres años en producirse e incluyó filmaciones en 40 lugares, en 12 países. De por sí el ritmo intenso de trabajo en semejante proyecto representó una presión enorme para Sagan, pero todo se le complicó cuando durante esos días a su padre se le diagnosticó cáncer. Carl y Ann llevaron a los Sagan a vivir a su casa y Carl, entre filmación y filmación, viajaba a Ithaca para estar con su padre el mayor tiempo posible. Así lo hizo hasta la muerte de Samuel Sagan, acaecida en octubre de 1979.

“Cosmos” salió al aire en septiembre de 1980. Se calcula que durante su primera transmisión fue vista por 140 millones de personas en todo el mundo, convirtiendo a “Cosmos” en la serie científica más exitosa de todos los tiempos. Carl y su equipo de producción ganaron varios premios Peabody y Emmy, y el libro, escrito conjuntamente con la serie, fue un grandioso Bestseller que se mantuvo en las listas de venta por varios años.

Sagan obtuvo un premio mucho mayor al Nobel: la gratitud de millones de personas.

En lo personal, el libro y la serie cambiaron mi vida para siempre, y por lo que me he dado cuenta, lo mismo pasó con muchas personas alrededor del mundo. Hasta ese momento Sagan había ganado varios premios: Pulitzer, Emmy, Peabody... pero ningún Premio Nobel;

de hecho, nunca lo ganó. Sin embargo, Carl Sagan fue el científico que más influyó en la manera de pensar de muchos seres humanos, y nos trajo el universo a nuestras manos. A través de las pantallas de televisión nos concienció acerca de los peligros que pueden desencadenar la destrucción de nuestro planeta y nos mostró el mundo de la ciencia durante épocas pasadas de la humanidad. Sirvió de modelo para muchos otros científicos que, contagiados por el entusiasmo de Sagan, iniciaron una era de programas y publicaciones de divulgación científica. Hoy en día son normales los canales de televisión especializados en temas científicos y sociales. Puede decirse que, en cierto modo, Sagan obtuvo un premio mucho mayor al Nobel: la gratitud de millones de personas que por primera vez vio una luz en la oscuridad de la noche. No puedo concluir esta parte sin citar un fragmento de “Cosmos”, la cual nos plantea el tomar la responsabilidad que tenemos los propios humanos de mantener sana y salva a nuestra Tierra:

“Porque somos la encarnación local del Cosmos que ha crecido hasta tener consciencia de sí. Hemos empezado a contemplar nuestros orígenes: sustancia estelar que medita sobre las estrellas; conjuntos organizados de decenas de miles de billones y billones de átomos que consideran la evolución de los átomos y rastrean el largo camino a través del cual llegó a surgir la consciencia, por lo menos aquí. Nosotros hablamos en nombre de la Tierra. Debemos nuestra obligación de sobrevivir no sólo a nosotros, sino también a este Cosmos, antiguo y vasto, del cual procedemos.”

Después de largos trámites, en 1981 Sagan por fin recibe el divorcio de Linda Salzmán, y el 1 de junio de ese mismo año se casa con su adorada Ann Druyan, su última esposa.

“¡Exploración espacial es ir a otros mundos!”

Las naves Voyager ya había llegado a Jupiter y sus satélites, así como a Saturno y sus impresionantes anillos, y lentamente se dirigían hacia el espacio exterior, rumbo a Urano. No se sabía si las naves llegarían sanas y salvas hasta ese planeta, pero en todo caso seguían funcionando y transmitiendo valiosos datos a la Tierra. Sin embargo, la NASA decidió concentrarse en el transbordador espacial después del exitoso lanzamiento del Columbia y dejó de lado los proyectos de exploración espacial.

Sagan siempre criticó agriamente al transbordador espacial; opinaba que las investigaciones que se realizaban mientras dichas naves estaban en el espacio carecían de importancia científica alguna. En una entrevista dijo:

“En el transbordador envían a 3, 5 ó 7 persona en un envase de hojalata a 300 km de altura; pasan una semana estudiando cosas como la

falta de crecimiento de tomates o algo así, y después lo llaman exploración espacial. ¡Eso no es exploración espacial! ¡Exploración espacial es ir a otros mundos!”

En parte fue este desinterés de la NASA en futuros proyectos de exploración planetaria, pero también el nacimiento de su hija Alexandra lo que hizo que Carl se concentrara en temas más *terrestres*, como el deterioro del medio ambiente y el cuidado de la Tierra. En ese entonces el belicoso gobierno del Presidente Reagan se esmeraba en el proyecto “Star Wars”, y el peligro de una guerra nuclear estaba más latente que nunca. Cuando Reagan anunció dicho proyecto, en marzo de 1983 Sagan sufrió una peritonitis que lo mantuvo en terapia intensiva durante varias semanas. Pero esto no impidió que desde la cama del hospital lanzara un comunicado especial en contra de la “Guerra de las Galaxias”. Carl Sagan había empezado su etapa de activista.

En ese mismo año Carl Sagan co-produjo un ensayo mediante el cual sugería que incluso una *pequeña* guerra nuclear podía desencadenar un invierno nuclear. Su feroz defensa del medio ambiente incluso le valió un arresto en Ground Zero, Nevada, durante una manifestación, en 1986.

Entre su activismo, sus clases en Cornell y su puesto como Director del Laboratorio de Ciencias Planetarias, Sagan se toma el tiempo para escribir su primera novela, “Contacto”, en donde narra el supuesto primer contacto con seres inteligentes provenientes de otra civilización. También conmemora el regreso del cometa Halley con su libro “El Cometa”, el cual co-escribió con Ann Druyan.

Sus últimos años

En 1991 nace su segundo hijo con Ann, Samuel (curiosamente, Sagan tuvo un hijo por década... durante las últimas cinco décadas). En 1992 parece que los logros que Carl Sagan cosechó durante tantos años se verían recompensados al ser postulado para formar parte de la prestigiosa Academia de las Ciencias. Pero fue saboteado por colegas envidiosos y no recibió el nombramiento. Esto fue algo que le dolió mucho, pero al año siguiente recibió de la misma Academia la Medalla del Servicio Público.

Sufría de una rara enfermedad de la sangre llamada mielodisplasia

Durante un par de años Sagan vivió tranquilo, disfrutando de la tranquilidad que él mismo buscó después de tanto tiempo de parecer no encontrar la paz en ningún lado, al lado de sus dos pequeños hijos y Ann. Pero a fines de 1994, una mancha oscura en su brazo anunciaba el principio del fin. Ante la insistencia de su esposa, Carl acudió al médico, y después de algunos exámenes de sangre se comprobó que estaba gravemente enfermo. Sufría de una rara enfermedad de la sangre llamada mielodisplasia, y la única manera de poder salvarse era mediante un

transplante de médula. De otra modo moriría en menos de 6 meses.

El donante debía ser completamente compatible, y aún así cabía la posibilidad de que el cuerpo de Sagan rechazara la médula. Su hermana Cari se prestó de todo corazón como donador, y después del transplante Carl aún debía someterse a quimioterapia, exámenes y revisiones. Con todo, trató de llevar una vida normal y continuó escribiendo libros, como “Un Punto Azul Pálido” y “El Mundo y sus Demonios”, el último que él vio editarse. Durante un tiempo pareció recuperarse, pero en julio de 1996 hubo que hacerle un segundo transplante de médula, pues su cuerpo no estaba respondiendo tan bien como se esperaba.

Estando todavía hospitalizado, Sagan recibió la noticia de que un meteorito hallado en la Antártida podía contener rastros de bacterias fósiles provenientes de Marte. Aunque algo escéptico, esto pareció inyectarle energía a su debilitado cuerpo, y por segunda vez, desde la cama de un hospital, habla con los medios de comunicación. Entrevistado por un canal de televisión, declara:

“Si resulta que estos microorganismos son en realidad de origen biológico, las implicaciones serían profundas, porque sugerirán que la vida podría surgir no sólo en un planeta, sino en incontables planetas, se eliminaría nuestro provincianismo y nos daría un sentimiento de que ocupamos un lugar en el universo y de que no estamos solos”.

Sagan nunca pudo reponerse del segundo transplante; aún así todavía tiene energías para escribir su último libro, “Miles de millones”, así como asesorar las primeras etapas de la filmación de su novela “Contact”, dirigida por Robert Zemeckis y protagonizada por Jodie Foster.

En la madrugada del 20 de diciembre de 1996, se apagó la vela...

En diciembre de 1996 Carl accedió a dar algunas lecturas públicas en el área de San Francisco, pero no pudo finalizar su gira. De San Francisco fue trasladado inmediatamente a Seattle, al Fred Hutchinson Cancer Research Center donde estaba siendo tratado desde el inicio de su enfermedad. Se le diagnosticó una pulmonía adquirida fácilmente por la débil defensa que tenía ya su cuerpo contra todo tipo de amenazas bacteriales y virales desde las fuertes quimioterapias. Ya no había nada que hacer.

Y ahí, en Seattle, en la madrugada del 20 de diciembre de 1996, se apagó la vela de la vida de aquél que guió con entusiasmo y dedicación a millones de personas por el sendero de la ciencia y del pensamiento lógico y racional. Carl Edward Sagan cerró sus ojos para siempre, y la humanidad perdió a un gran científico y divulgador, quedando imborrable en el corazón y en la memoria de aquellos para quienes él significó una parte muy importante de su vida. Mi maestro, mi guía, mi ejemplo, había fallecido. Ω

Aclaración

Esta biografía está escrita enteramente por mí. Tomé mucha información valiosa del capítulo dedicado al Dr. Sagan del programa “Biografía”, de A&E Television Networks, así como de numerosas fuentes. Sin embargo, cualquier hecho, dato, circunstancia o fecha incorrecta o inexacta son mi responsabilidad. Igualmente, los comentarios plasmados aquí son puramente subjetivos y sólo reflejan mis puntos de vista.

Las imágenes de las naves espaciales y de los planetas son propiedad del archivo de la NASA.

Lourdes Villarreal Lujan
lourdesv@ienlaces.com.mx

Stonehenge, donde los astros y dólmenes danzan

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

Mucho se ha especulado sobre Stonehenge, pero pocas veces se han descrito los datos que a ciencia cierta se conocen sobre este enigmático lugar. ¿Cuándo y cómo fue construido? ¿Cuál era su utilidad? ¿Quiénes han investigado su enigmático pasado? El siguiente documento tiene el propósito de aclarar estos aspectos del más fascinante construcción arqueoastronómica de Europa occidental.



Figura 1: Foto de Stonehenge.

La búsqueda de su origen

Localizado a cien kilómetros al oeste de Londres, en la llanura de Salisbury, se encuentra uno de los monumentos milenarios más inquietantes de la humanidad. Con sus colosales rocas, cuyos pesos varían de dos a treinta y cinco toneladas, Stonehenge es la construcción megalítica más fascinante de la historia. Su construcción se remonta a la noche de los tiempos, a civilizaciones que no dejaron a su paso escritos que nos permitieran conocer con seguridad su origen.

Su construcción se remonta a la noche de los tiempos

Nadie conocía el origen de este complejo megalítico, pero algunos lo sugerían a través de las leyendas y la tradición. Algunos como Geoffrey de Monmouth (aproximadamente 1100-1154 dC.) en la Edad Media, relataba en sus crónicas la creencia popular de que el conjunto era un círculo de gigantes petrificados, de allí que se le conociera como la “Danza de los Gigantes”. Pero el mismo escritor del siglo XII nos ha hecho llegar otra leyenda que sugería que las piedras fueron llevadas allí por el Mago Merlin, desde Irlanda, con la ayuda de unos “artefactos”, para conmemorar un entierro masivo de bretones. Lo cierto es que el pueblo sajón les recordaban las vigas en las cuales colgaban a los criminales, por lo cual empezaron a conocerlo como “Stonehenge” (La horca de piedra o la piedra del colgado).

El misterio de Stonehenge llegó hasta el rey Jaime I de Inglaterra, quien en 1620 encargó al arquitecto Inigo Jones investigara todo lo referente al conjunto. El nacimiento de la arqueología estaba aún a un siglo y medio de distancia, por lo que Inigo Jones hizo lo que sus recursos le permitían. Finalmente llegó a la conclusión de que era un templo romano dedicado al Cielo, construido poco después del año 79 dC. Tal vez esto satisfizo al rey, pero hoy sabemos que Inigo Jones se quedó corto. Stonehenge ya era un conjunto milenario en época del Imperio Romano.

En ese mismo siglo XVII apareció en escena John Aubrey (1626-1697), escritor y estudioso de la antigüedad quien estudió los monumentos megalíticos de Inglaterra, y sugirió por primera vez que Stonehenge era un templo construido por los druidas. Ese mismo siglo William Stukeley realizó un estudio que reiteró y expandió el origen druídico de Stonehenge. Stukeley era masón, parte de una comunidad cuyos orígenes forzosamente han intentado remontarse a tiempos de los druidas y el Antiguo Egipto, por lo cual no extraña que quisiera asociar a su ya dudosa linaje grupal, la magia y misterio de Stonehenge. Sin embargo los druidas, aquellos antiguos sacerdotes celtas, nada tenían que ver con Stonehenge, puesto que dicho complejo megalítico existía desde dos milenios antes. Sin embargo esto dio lugar a innumerables artificios que representaban a Stonehenge como un templo ritual en donde los druidas propiciaban a los dioses de la naturaleza mediante sacrificios humanos. Incluso una piedra que yace en posición horizontal en el centro de Stonehenge fue bautizada como “La Piedra del Altar” o “Piedra de la Matanza”, cuando en realidad se trata simplemente de un megalito caído en tierra. La falsa relación entre druidas y Stonehenge llegó a tal punto que una agrupación masónica denominada “Antigua Orden Unificada de Druidas” realizaban al amanecer del solsticio de verano una serie de ritos presuntamente druidas que evidentemente fueron inventados por la imaginativa mente de alguno de sus líderes. Finalmente en 1985 el gobierno británico decidió hacerse cargo de la protección y conservación de Stonehenge y entre sus primeras acciones fue prohibir la celebración de este fraudulento ritual.

El misterio y la magia de Stonehenge continuó en el hablar de la gente. Algunos le atribuyeron poderes curativos, entre ellos el poder de hacer fértil a cualquier pareja que durmiera en sus terrenos. Estos y otras su-

posiciones hicieron que las iglesias romanas y puritanas consideraran estos sitios como templos paganos, sitios en donde las brujas realizaban ritos en favor de Satanás. Inmediatamente los sitios fueron anatemizados y a punto estuvieron de ser destruidos. Algunas gentes utilizaron sus piedras como material de construcción en los pueblos vecinos, y en no hace muchos años algunas exóticas agrupaciones de presuntas brujas y hechiceros llegaban a celebrar aquelarres en sus inmediaciones.

Stonehenge era un templo dedicado a los movimientos del Sol y de la Luna

La edad de la razón empezó a surgir a inicios del siglo XX cuando un investigador logró determinar con un aceptable grado de certeza la edad de Stonehenge. Como muchas veces ha ocurrido en la historia de los grandes descubrimientos, no fue un arqueólogo el que pudo determinar la edad de dicho monumento. Era un astrónomo. En 1901 Sir Norman Lockyer confirmó un secreto a voces que circulaba respecto a Stonehenge: una persona al pie de la “piedra del altar”, observando hacia la “piedra talón” podía observar con gran exactitud el sitio por donde sale el Sol durante el solsticio de verano, el 21 de junio. Lockyer confirmó que efectivamente la “piedra de altar” o el centro de Stonehenge se alineaba con la “piedra talón” apuntando al Sol, con tan solo un margen de error de 56 minutos de arco. Sir Norman Lockyer había realizado uno de los más minuciosos estudios de la precesión de los equinoccios, fenómeno por el cual con el transcurso de los siglos el Sol presenta un desplazamiento con respecto a las constelaciones. Suponiendo que los constructores de Stonehenge hubiesen alineado el centro del conjunto con la “piedra talón” con una exactitud total, el calcular los 58 minutos de arco de diferencia con respecto al conocido desplazamiento de precesión, permitiría conocer en que fecha Stonehenge ya se ha erigido como templo solar. Los cálculos de Norman Lockyer le dieron la asombrosa fecha de 1800 a.C. Posteriores dataciones con carbono-14 llevaron los inicios de Stonehenge hacia el 2800 a.C. Con ello muchas teorías respecto a su origen asirio, micénico o griego quedaron descartadas. Hoy suponemos que alguna civilización neolítica de origen precéltico debió ser quien erigió este monumental conjunto.

Hoy conocemos más de la función de Stonehenge. Al igual que la “piedra de altar” y la “piedra talón” se alinean para mostrar el punto de salida del Sol en el solsticio de verano, de igual forma los dos montículos y menhires ubicados junto al foso circular están alineados para apuntar hacia las salidas y puestas de sol durante los solsticios de verano e invierno. También marcan las salidas y puesta de la Luna durante los solsticios de invierno. En otras palabras Stonehenge era un templo dedicado a los movimientos del Sol y de la Luna. Un arcano observatorio astronómico. Por si fuera poco, una autentica revolución se desencadenó a partir de 1961 cuando el profesor Gerald F. Hawkins, astrónomo de la Universidad de Boston, planteó la posibilidad de que Stonehenge fuera

utilizado como una calculadora astronómica para predecir los eclipses de Sol y de Luna, además de adoratorio de los doce dioses del zodiaco. Sin embargo muchos de los planteamientos de Hawkins han sido descartados en vista que muchos de ellos han sido válidamente debatidos.

Aunque Stonehenge aun presenta diversos misterios, su finalidad parece hoy más evidente que nunca. Fue un templo para adorar al Sol y la Luna, astros que regían el ciclo de las estaciones. Un calendario que sabiamente observado permitía predecir la llegada de las estaciones en previsión de las actividades de los campesinos y domesticadores de ganado que se dieron el tiempo para edificarlo, y posteriormente también se convirtió en un sitio sagrado. Lugar de ritos funerarios como lo confirman los diversos restos desenterrados en diversas partes del recinto. Con magia y leyenda que aun hoy llega a las creencias de los locales que lo consideraron dueño de poderes curativos.

Su estructura.

Stonehenge cuenta con diversas estructuras entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Trilitos o dolmen: consisten en dos pilares de piedra coronados por un dintel elevado a 4,4 metros de altura. Estos “trilitos” son de piedra llamada “gres silicio” o “sarsen”, la piedra del dintel llega a pesar siete toneladas, los pilares pesan 25 toneladas. El conjunto de dinteles y pilares tiene un conjunto de espigas y cavidades (“machihembrado”) para que embonen perfectamente una piedra con otra.
- Monolitos o Menhires: son bloques de piedra verticales.
- Cromlech: consiste de un círculo de menhires.

La sección principal consta de un círculo de treinta columnas rectangulares coronadas con dinteles de las cuales diecisiete sobreviven y solo seis dinteles. Este círculo de

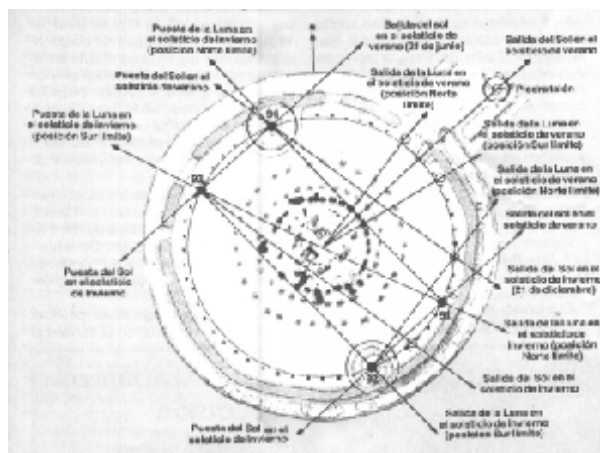


Figura 2: Esquema de Stonehenge y alineaciones astronómicas.

piedras tiene un diámetro de 29,6 metros y sus piedras son de gres silicio de un color amarillento.

Tres metros al interior existe un segundo anillo de sesenta menhires de cuando mucho dos metros de altura cada uno. Estos menhires son de un tipo de roca eruptiva llamada “piedra azul”, durísima y de reflejos azulosos, procedente de Gales. Tal parece que estos menhires tiempo atrás fueron coronados por dinteles de piedra azul. Solo quedan veinte.

Más al interior se encuentra una formación en herradura con cinco trilitos de gran tamaño. El mayor de todos de 8 metros de altura en la parte central. A cada lado dos trilitos de tamaño decreciente. Todos hechos con piedra gres silicio o sarsen.

Dentro de la formación de cinco trilitos se encuentra una herradura interior de 19 menhires de una altura inferior a los 3 metros y tallados a manera de obeliscos en piedra azul.

Finalmente en el centro se encuentra la “piedra del altar” de 4,8 metros de altura de largo, yace sobre el terreno. Esta es una piedra con un alto contenido de aluminio, lo que le da un brillo muy especial al recibir luz solar. Es de arenisca verde.

Stonehenge representa un colosal esfuerzo de planeación y elaboración

Al exterior del conjunto circular de piedras hasta ahora descrito se encuentra un conjunto de dos círculos con treinta agujeros cada uno, excavados en roca calcárea, llamados “agujeros Y” y “agujeros Z”. En un círculo más exterior se localizan 56 huecos que dan la vuelta al conjunto y que reciben el nombre de Círculos de Aubrey (en honor a su descubridor Sir John Aubrey, siglo XVI-II). Este anillo es circundado por un foso circular de 97,5 metros de diámetro, hecho con los restos calcáreos.

Entre los círculos de Aubrey y el foso circular se encuentran cuatro marcas denominadas “cuatro estaciones”. Son dos monolitos de 2,74 y 1,22 m respectivamente, y dos montículos de tierra compactada, dispuestos alternadamente.

A 37 metros hacia el noroeste del pórtico de Stonehenge, por el camino de acceso, nos encontramos la “piedra talón” con 6,10 metros de alto, 2,74 de ancho y 2,10 de espesor y un peso superior a las 35 toneladas rodeado de un parapeto y foso circular de 4,87 metros. Las “cuatro estaciones” forman un rectángulo perfecto cuyas caras más cortas resulta paralelas al alineamiento de la “piedra talón” y el camino de acceso que desde el noreste llega a Stonehenge.

¿Cómo se construyó?

Stonehenge representa un colosal esfuerzo de planeación y elaboración. Definitivamente no se hizo de un día, sino que fue tomado diversas formas a lo largo de la vida de cuarenta generaciones. En la actualidad arqueólogos como Richard Atkinson consideran que en Stonehenge hubo tres fases principales de construcción.

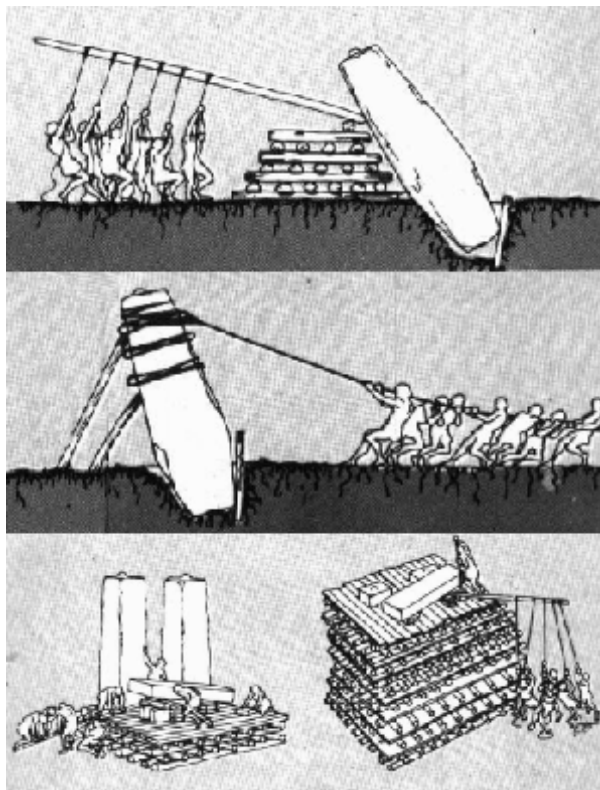


Figura 3: Secuencia del procedimiento para erigir los trilitos de Stonehenge.

La primera fase tuvo lugar hacia el año 2800 aC. Fue entonces cuando se hizo el terraplén y el foso circular. Se pusieron las piedras y los montículos denominados “las cuatro estaciones”, así como la “Piedra Talón” en el camino de acceso. Los principales indicadores del Sol y la Luna se encontraban puestos. Además se hicieron 56 orificios conocidos como los círculos de Aubrey.

La segunda fase tuvo lugar hacia el año 2100 aC. se erigieron 80 bloques de arenisca azul en un semicírculo o herradura. Estas piedras provenían de las montañas de Precelly, situadas a 320 km en el sudoeste de Gales. Lo más probable es que las transportaron en balsas a lo largo de la costa galesa, entrando por Bristol a lo largo del río Avon. Luego serían llevadas por vía fluvial y terrestre hasta llegar, sobre rodillos, a la avenida de Stonehenge donde se instalarían conformando dos círculos. Cien años más tarde, los bloques de arenisca azul fueron reordenados para ser sustituidos por piedras silíceas que observamos actualmente (un círculo y un semicírculo). Estas piedras se trajeron desde las colinas de Malborough, a unos 30 km al norte. Algunas de estas últimas piedras llegaban a pesar hasta 26 toneladas, su transporte era hecho a base de rodillos, sogas y palancas. Ya en el sitio de su erección, se cavaba un foso y, poco a poco, el bloque era levantado con un conjunto de palancas, vigas y cuerdas hasta que por el ángulo y su propio peso caía en el foso. A base de cuerdas se ponía en posición vertical. Finalmente se construía gradualmente una plataforma para ir subiendo y colocar el dintel de siete toneladas sobre la cima

de dos bloques verticales. Las piedras eran talladas en un ingenioso juego de espigas y cavidades para que columnas y dintel embonaran a la perfección. Los materiales del semicírculo anterior se utilizarían para una segunda herradura en el interior del círculo principal. Se excavaban en la parte externa del conjunto una serie de orificios para erigir un doble círculo de piedras azules (círculos de Aubrey), pero ésta construcción nunca se lleva a cabo.

La tercera fase tiene lugar hacia el 1500 aC. cuando las piedras azules fueron nuevamente retiradas para instalarse en sus posiciones actuales en el interior del círculo, a la vez que se alzaba al frente de los trilitos la llamada piedra de Altar, que fue acarreada desde el sur de Gales.

Finalmente hacia el año 1100 aC. Stonehenge fue abandonado.

Nuevos misterios.

Stonehenge es la máxima obra de una antigua sociedad interesada en la observación de los astros y su asociación a sus creencias. Pero no es la única construcción megalítica. Por toda Irlanda, Inglaterra, España, Portugal y Francia existen diversos conjuntos de piedra con funciones astronómicas y/o rituales. Estos conjuntos en ocasiones han sido posteriormente heredados por otras civilizaciones para sus rituales propios o heredados como fueron el caso de los celtas, los druidas, los galos e incluso los cristianos, puesto que muchas iglesias han sido construidas encima de antiguos dólmenes o menhires. Este hecho, lejos de revelarse como la tendencia de la religión hacia el paganismo, es la confirmación de como nuestra relación con la naturaleza ("relación = religare = religión") no se ha perdido, y que la herencia de sitios sagrados que se ha presentado de la época neolítica a la actual es una prueba más del sincretismo religioso que mantiene unido a los seres humanos en su inquietud respecto al universo y su historia.

Igual de inquietante es la existencia de conjuntos megalíticos en otras zonas alejadas del occidente de Europa. En abril de 1998 se dio a conocer la existencia de un millenario observatorio astronómico al estilo de Stonehenge en Nabta, Egipto. En el norte de la costa este de los Estados Unidos encontramos diversos dólmenes en estados como Nueva Inglaterra, Massachusetts, Pennsylvania, Virginia y Vermont. ¿Serían estos conjuntos también productos de esa civilización pre-celta? Es una pregunta que aún resulta incomoda a arqueólogos e historiadores. El pensar que una civilización europea anterior a los vikingos y a Colón haya podido cruzar el Océano Atlántico causa mucha polémica, aunque ciertas leyendas irlandesas lo insinúan. Por el momento no hay mucho material para llegar a una contestación. Por si fuera poco un conjunto de piedras con ciertos aires megalíticos y hasta arqueoastronómicos han sido ubicados recientemente en una zona bastante alejada de los conjuntos de la costa este de los Estados Unidos. Una especie de "Stonehenge" ha sido localizado para nuestro asombro y provecho en México. Se encuentra en un lugar conocido como "las Águilas", en las proximidades de Cuautla de la Paz, en el estado

de Jalisco. Este sitio fue dado a conocer en su momento por los reporteros del equipo de "México Desconocido" y al igual que en "Stonehenge" en el solsticio de verano un rayo de luz logra colarse entre dos monolitos e ilumina con una "espiga de luz" una piedra ubicada a 15 metros de distancia. Tal parece que este conjunto megalítico desempeñaba funciones tanto ceremoniales como astronómicas, lamentablemente hace falta mucha investigación y divulgación respecto a este sitio. Por lo mismo lo mejor será no ampliarse mucho respecto a este "desconocido descubrimiento". Quien sabe, tal vez pronto hay una oportunidad para dedicarle una monografía completa. Ω

Referencias

- [1] Lugares legendarios (Tomo I). Atlas de lo Extraordinario. Ed. Debate. España 1993.
- [2] Lugares misteriosos (Tomo I). Atlas de lo Extraordinario. Ed. Debate. España 1993.
- [3] Colección Paradigmas. Ed. Nueva Lente. Madrid 1987.
- [4] Nueva visión sobre la Atlántida. John Michell. Ed. Roca. Mexico 1988.
- [5] Muy Interesante. Mexico. Año 1 n° 6.

Páginas web recomendadas.

- Stonehenge.
<http://home.earthlink.net/~shadowfax/sfstone.htm>
- *The Center for Archaeoastronomy*.
<http://www.wam.umd.edu/~tlaloc/archastro/>

Jesus Gerardo Rodríguez Flores.
jgerardo@coah1.telnet.net.mx
Sociedad Astronómica de la Laguna.
Gómez Palacio, Durango (México)

Un poquito más cerca de las estrellas (I)

José G. Tomé | La Palma, Islas Canarias

Introducción

Han pasado ya casi 18 años desde que el Columbia llegó al espacio por primera vez. Hasta nuestros días se ha acumulado una experiencia de 93 vuelos. Así por ejemplo, durante la última década el promedio de misiones realizadas por la flota de transbordadores espaciales de la NASA ha sido de unas siete misiones al año.

Muchas órbitas, mucho trabajo, mucha gente entusiasta implicada y sobre todo un gran legado tecnológico y científico: Recursos terrestres, oceanografía, medicina, biología, meteorología, física de la microgravedad, lanzamiento y reparación de satélites, nuevos materiales, citas y acoplamientos orbitales... y por supuesto, astronomía.

La relación entre los transbordadores y la astronomía ha sido larga, diversa y muy apasionante.

Columbia, Challenger, Discovery, Atlantis y Endeavour: A menudo han sido portadores de instrumentos para observar los cielos. En otros casos transportaron observatorios orbitales o sondas interplanetarias. Incluso en alguna ocasión han servido como taller para reparar satélites astronómicos. La relación entre los transbordadores y la astronomía ha sido larga, diversa y muy apasionante.

En una narración más o menos profunda de operaciones espaciales norteamericanas, resulta del todo inevitable la utilización constante de siglas. De hecho la NASA, entre otras cosas, es todo un mundo de siglas y abreviaturas, probablemente en cantidades que se podrían contar por decenas de miles. La que más viene al caso es sin duda la de STS (*Space Transportation System*), siglas que preceden al orden numérico (que no necesariamente cronológico) de cada vuelo del *Space Shuttle*. Como veréis a continuación, prácticamente todos los experimentos y sistemas de a bordo tienen su abreviatura.

El concepto del Transbordador Espacial como plataforma de observación astronómica fue, obviamente, tomado en consideración desde los primeros momentos en el desarrollo del proyecto (a principios de la década de los 70). No en vano y por aquellas mismas fechas, el laboratorio espacial *Skylab* realizaba una intensa y fructífera observación del cosmos, consiguiendo resultados espectaculares especialmente en el campo de la heliofísica.

De los primeros vuelos a la maldición del cometa

Las cuatro primeras misiones, que fueron realizadas por el Columbia en los años 1981 y 1982, constituyeron la fase de pruebas del sistema. Existían, claro está, muchas

cosas que verificar: propulsión, navegación, soporte vital, reentrada etc. En medio de esta puesta de largo general se programaron pruebas y chequeos que, sin hacer mucho ruido, determinaron en gran medida el futuro astronómico del transbordador. Así en las misiones STS 3 y STS 4, en marzo y junio de 1982, se llevaron a cabo unos estudios detallados del entorno de la nave una vez en órbita, de cara a la futura utilización de instrumentos de percepción remota, detectores de partículas y campos o experimentos sensibles de distinta naturaleza.

En la STS 3 este grupo de experimentos viajó bajo la denominación OSS 1 (*Office of Space Science 1*) y constaba de los siguientes equipos individuales:

- PDP (*Plasma Diagnostic Package*). Investigaba el plasma y los campos electromagnéticos alrededor de la nave.
- VCAP (*Vehicle Charging And Potential*). Medía los parámetros eléctricos exteriores de la nave en su movimiento orbital.
- SSIA (*Shuttle-Spacelab Induced Atmosphere*). Detectaba la dispersión de la luz solar provocada por los gases extremadamente tenues que escapaban de la nave y que podrían afectar a los instrumentos.
- CMP (*Contamination Monitor Package*): Evaluaba como algunas superficies, espejos de telescopio por ejemplo, pudieran ser contaminadas por la acumulación de moléculas circundantes.

El último vuelo de prueba, STS 4, combinó los chequeos del brazo mecánico articulado RMS (*Remote Manipulator System*), con los estudios de las inmediateces de la

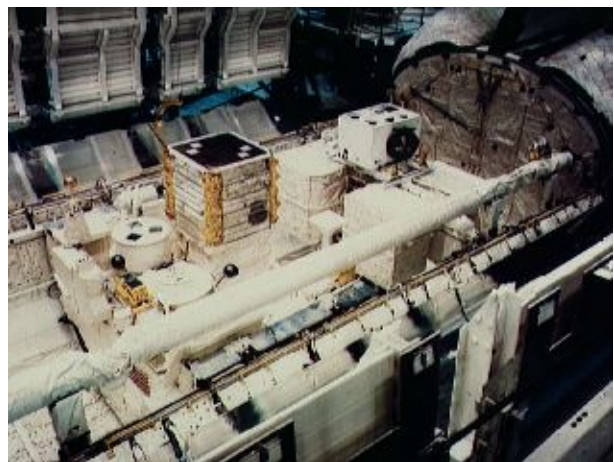


Figura 1: El conjunto de experimentos OSS 1 siendo instalado en la bodega del Columbia.

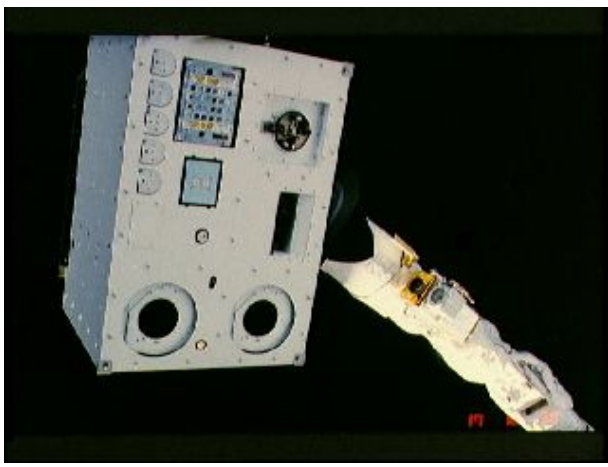


Figura 2: El IECM en pleno trabajo a bordo de la STS 4.

nave. El día 29 de junio de 1982 el RMS levantó una caja metálica de unos 400 kilos y la paseó sobre la bodega de carga para mejorar la información sobre partículas, gases y humedad que pudiese afectar a los equipos expuestos al vacío en esta zona. Esta caja se denominó IECM (*Induced Environment Contamination Monitor*) es decir monitor de la contaminación inducida en el entorno.

Durante la segunda misión del Challenger, STS 7, en junio de 1983, por primera vez el brazo mecánico soltó y volvió a recoger más tarde un satélite, que en futuras misiones tendría una variada utilización como observatorio independiente de ida y vuelta. Se trata del SPAS-01 (*Shuttle Pallet Satellite*) de fabricación alemana, que portaba diez experimentos relacionados con aleaciones metálicas en ingravidez y la utilización de un escaner de percepción remota. Pequeños motores cohete del Challenger se encendieron en diversas ocasiones mientras el SPAS era sujetado por el brazo para chequear la estabilidad del conjunto. Esta misión es recordada gracias a que el SPAS tomó las primeras fotografías a distancia del Shuttle en vuelo orbital.

Esta misión es recordada gracias a que el SPAS tomó las primeras fotografías a distancia del Shuttle en vuelo orbital.

Unos meses más tarde, noviembre de 1983, voló la STS 9, primera utilización del laboratorio espacial europeo Spacelab: un módulo cilíndrico, presurizado y multidisciplinar, adosado al interior de la bodega de carga del transbordador, que aumentaba considerablemente el volumen habitable y la capacidad de investigación. En esta ocasión sus 73 experimentos se diversificaron entre el comportamiento de diversos materiales en ingravidez, ciencias de la vida, observación de la Tierra, física atmosférica, física del plasma y del Sol y astronomía.

A principios de la década de los ochenta el Sol estaba pasando por uno de sus máximos de actividad, según



Figura 3: El Spacelab en la bodega de carga del Columbia durante la STS 9. El túnel blanco en primer plano es el pasadizo entre el laboratorio y la cabina de vuelo.

su ciclo de 11 años, circunstancia que no se quiso desaprovechar para su observación desde fuera de la atmósfera. Así el 14 de febrero de 1980 se lanzó el satélite Solar Max cuya vida resultó bastante efímera. Diez meses más tarde tres fusibles de su sistema de control de posición pasaron a mejor vida y además el Coronógrafo/Polarímetro enseguida dejó de funcionar. El satélite quedó prácticamente inservible hasta abril de 1984, cuando el Challenger (STS 11 o 41C) fue a su encuentro en lo que se convirtió en la primera reparación de la historia de un satélite en órbita. Y no fue tarea sencilla....

En el segundo día de vuelo el Challenger maniobró hasta las inmediaciones del Solar Max. Dos astronautas salieron al exterior y uno de ellos se acercó al satélite gracias a las famosas mochilas autopropulsadas (MMU, *Manned Maneuvering Unit*, Unidad de maniobra tripulada). Llevaba consigo a la altura del pecho un mecanismo que debería contactar y acoplarse con el satélite, con objeto de estabilizar sus movimientos utilizando los jet de gases de la MMU. Pero esta técnica no funcionó como se esperaba y lo único que se consiguió fue añadir más movimientos erráticos en el satélite. Se intentó entonces una captura directa con el brazo mecánico, maniobra complicada y arriesgada que implicaba un alto gasto del combustible de maniobra del Challenger. Esta estrategia tampoco salió bien y fue necesario esperar 48 horas para intentarlo de nuevo. En ese periodo de tiempo se estudiaron otras técnicas de captura y además los controladores del satélite consiguieron su relativa estabilización. Por fin el cuarto día de la misión se consiguió agarrar al Solar Max con el RMS (¿recordáis estas siglas? el brazo mecánico), y se le colocó sobre la bodega de carga, que sería el taller de reparación. En una hora y media los dos astronautas habían realizado las dos reparaciones necesarias, una de las cuales fue, según uno de los protagonistas, como hacer cirugía con guantes de boxeo. Al día siguiente todos los chequeos indicaban que el Solar Max funcionaba correctamente. Poco más tarde fue liberado

definitivamente. Continuó sus estudios solares hasta el 24 de noviembre de 1989 y terminó sus días una semana después, reentrando en la atmósfera el 2 de diciembre.

La segunda misión del Spacelab curiosamente se denominó Spacelab 3. Retrasos en el desarrollo de los instrumentos del Spacelab 2 le harían volar en tercer lugar. El Spacelab 3 fue llevado al espacio a bordo del Challenger, misión STS 17 o 51B, en abril-mayo de 1985. Dentro de las cinco áreas de investigación que se abarcaron, se coló un único experimento astronómico, la *Very Wide Field Camera* (Cámara de campo muy amplio). Su finalidad era hacer un barrido de todos los objetos celestes en luz ultravioleta.

Tan solo un mes después despegó el Discovery en la STS 18 o 51G. Fue el estreno de un nuevo artilugio que aun hoy en día, 13 años después, sigue teniendo un uso habitual en los vuelos del transbordador. Se trata de un pequeño observatorio orbital independiente de una tonelada, estructuralmente parecido a una nevera, que es liberado en los primeros días de vuelo y recuperado poco antes de volver a tierra. Su nombre es SPARTAN (*Shuttle Pointed Autonomous Research Tool*) y en esta ocasión portaba sensores de rayos X en busca de gas caliente entre cúmulos de galaxias y de indicios acerca de la presencia de agujeros negros en el centro de la Vía Láctea. Completó unas 48 horas de vuelo autónomo y un alejamiento máximo de unos 150 kilómetros del Discovery.

La segunda misión del Spacelab curiosamente se denominó Spacelab 3.

El año 1985 fue el más intenso en cuanto a vuelos del Shuttle, con un total de 9 misiones. Esta carga de trabajo y las presiones del calendario operativo pronto se cobrarían un tributo bien caro. En cuanto el Discovery aterrizó con el SPARTAN bien amarrado en la bodega de carga, de nuevo en poco menos de un mes otro transbordador estaba en el espacio: Le llegaba por fin el turno al Spacelab 2.

Este laboratorio difería notablemente de los dos anteriores, ya que no consistía en el clásico modulo laboratorio presurizado, sino que estaba compuesto por tres grandes soportes en forma de U adosados a la bodega de carga, portando sobre ellos los instrumentos astronómicos que quedaban expuesto al vacío. Sobre el primero de estos soportes estaba el IPS (Instrument Pointing System), construido por la Agencia Espacial Europea, diseñado para apuntar telescopios y otros detectores con una precisión de 1" de arco, compensando a su vez de los movimientos propios del transbordador. El Spacelab 2 consistía de 13 investigaciones en siete áreas: física solar, física del plasma, física atmosférica, astrofísica de altas energías, astronomía infrarroja, tecnología de fluidos criogénicos y ciencias de la vida.

Los experimentos de física solar, situados sobre el IPS, eran:

- SOUP (*Solar Optical Universal Polarimeter*): Estudios del campo magnético solar.

- HRTS (*High Resolution Telescope and Spectrograph*): Datos en el ultravioleta de las capas exteriores del Sol.
- CHASE (*Coronal Helium Abundance Spacelab Experiment*): Analizaba la abundancia de helio en la corona solar.

Las investigaciones de física del plasma se llevaron a cabo con un experimento pasivo más dos instrumentos para estudiar la ionosfera terrestre, dentro de la que el Shuttle se mueve:

- PDP (*Plasma Diagnostics Package*): Ya voló en la STS 3. En esta ocasión sería liberado por el RMS y analizaría la estela electromagnética del transbordador. Tras unas siete horas de vuelo en formación sería de nuevo recogido.
- VCAP (*Vehicle Charging And Potential*): Emitió un haz de electrones para que detectores a bordo del PDP y de la bodega de carga estudiaran los patrones de propagación.
- PDE (*Plasma Depletion Experiment*): En este curioso experimento, los motores de maniobra del Challenger se encendían para crear "agujeros ionosféricos", a través de los cuales observatorios terrestres podían realizar observaciones radioastronómicas en longitudes de onda inaccesibles habitualmente.

En el área de astrofísica de altas energías se utilizaron dos detectores de radiaciones energéticas. Tras el último de los soportes iba instalado un enorme detector de rayos cósmicos, de unas dos toneladas. El segundo instrumento era un telescopio de rayos X principalmente centrado en observar galaxias distantes. Por último, el telescopio infrarrojo se ocupó básicamente del frío polvo interestelar en el disco de la Vía Láctea.

Esta misión estuvo a punto de complicarse seriamente, cuando a los 5 minutos 45 segundos del despegue uno de



Figura 4: Pinky Nelson intentando capturar el Solar Max. No le iría demasiado bien en este intento.



Figura 5: El IPS con su carga de instrumentos durante la misión del Spacelab 2.

los motores principales del Challenger se apagó, al detectar los ordenadores de a bordo un falso sobrecalentamiento de la bomba de combustible de ese motor. El resultado fue una órbita 80 kilómetros más baja de lo planeado.

Enero de 1986, el cometa Halley se acercaba, así como se acercaba la tragedia al programa espacial tripulado estadounidense. Un perfecto argumento para los astrólogos del momento y para sus inagotables sucesores. La visita del Halley era una circunstancia que no se podía obviar, a pesar de que las intenciones de enviar una sonda al cometa ya se habían venido abajo años antes, al no aprobarse en el congreso norteamericano los fondos necesarios para que la NASA desarrollase el proyecto.

El cometa Halley se acercaba, así como se acercaba la tragedia al programa espacial tripulado estadounidense

La misión del Columbia en la STS 24 o 61C, previa al desastre que se avecinaba, tenía como ya era habitual, múltiples campos de actividad: lanzamiento de un satélite, laboratorio de materiales, observaciones infrarrojas terrestres etc. En medio de todo esta actividad se coló un experimento, modesto donde los haya, para estudiar el cometa. Se trataba del CHAMP (*Comet Halley Active Monitoring Program*): Una cámara fotográfica de 35 mm con un intensificador de imagen. Este sería su primer vuelo de tres previstos. El Columbia aterrizó en California tan solo diez días antes de que su nave gemela, el Challenger, se desintegrara en el cielo azul de Florida.

STS 25 o 51L. 28 de enero de 1986. Se perdieron muchas cosas: la confianza en el programa, la ingenuidad de un presunto acceso rutinario al espacio y por encima de todo la vida de dos mujeres y cinco hombres que simplemente hacían su trabajo, eso sí, un trabajo un poco especial y, nunca hay que olvidarlo, un trabajo peligroso. También se ganó algo, un algo intangible burocrático-tecnológico-operativo, que hasta la fecha ha conseguido que el pájaro vuele de nuevo en 68 ocasiones. Ese día de



Figura 6: La plataforma SPARTAN-Halley y el emblema de la misión.

enero también terminó la observación espacial norteamericana del cometa Halley. A bordo del Challenger iba la plataforma SPARTAN-Halley que tenía planeado obtener espectros ultravioletas poco antes de que el cometa llegase al perihelio el 9 de febrero.

Contradicciones de la astronáutica tripulada, en menos de un mes, allí donde el Challenger no había llegado, subió al espacio el módulo central de la estación MIR (que está a punto de cumplir 13 años). En el Centro Espacial Kennedy hubo que esperar 2 años y 8 meses para retomar el trabajo, la aventura y la ilusión que genera ver un transbordador en despegue. Ω

José G. Tomé
dactyl@teleline.es

El Sol

Víctor R. Ruiz | Agrupación Astronómica de Gran Canaria (AAGC)

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y su estudio es de gran importancia al ser nuestra fuente principal de energía. En este artículo, se desmenuza al Sol y se comenta el modelo del “sol estándar”, la teoría heliofísica más aceptada.

Una estrella más.

Todos conocemos el Sol, es el astro celeste más brillante del firmamento. También conocemos a las estrellas, esos puntos luminosos que nos acompañan en un noche despejada. Nuestro Sol no difiere mucho de las estrellas, simple –¡y afortunadamente!– lo tenemos más cerca.

Las estrellas están constituídas por ingentes cantidades de elementos comprimidos. Nuestra atmósfera, el aire que respiramos, está compuesta de gases, pero gases pesados que por su masa han sido retenidos por la fuerza de la gravedad terrestre. Las estrellas están compuestas por gases ligeros, principalmente hidrógeno (H) y helio (He). Estos dos elementos se crearon al principio del Universo según la teoría de la Gran Explosión.

Las estrellas nacen en el seno de gigantescas nubes de H y He llamadas nebulosas. Las nebulosas, como M42 en la constelación de Orión, tienen inmensas cantidades de H y He, pero poco concentradas. Tal es así, que existen muy pocos átomos en un cubo de un centímetro de lado, entre 10 y 1000: sólo una hoja de papel, tiene un millón de átomos de grueso. Estas nebulosas son visibles porque reflejan la luz de estrellas circundantes.

Las estrellas se crean a partir de concentraciones importantes de materia en las grandes nebulosas, como la de Orión. La fuerza de la gravedad es la responsable de ir comprimiendo todo ese H y He. Esto contribuye a que la temperatura local vaya aumentando. El citado fenómeno de contracción sigue desarrollándose hasta que se alcanzan densidades y temperaturas increíbles. Es aquí cuando las inmensas temperaturas hacen posible la fusión nuclear: la combinación de átomos de un elemento para formar otro más complejo. Cuando este proceso y el resto de la estructura de la *proto-estrella* se vuelven estables, se dice que la estrella está en la secuencia principal. Las estrellas terminan su vida de diferente forma, según sea su masa y composición.

El desequilibrio entre las fuerzas opuestas de gravedad (hacia adentro) y presión (hacia afuera) hará que nuestro Sol comience, dentro de 5.000 millones de años su declive como estrella estable. Cuando en el núcleo, aunque la temperatura y la presión lo permitan, el H a convertirse en He escaseará, así como la producción de energía generada gracias a esta fusión. Como en esos momentos la presión del núcleo disminuirá éste se colapsará bajo su propio peso, hasta el momento en que la temperatura

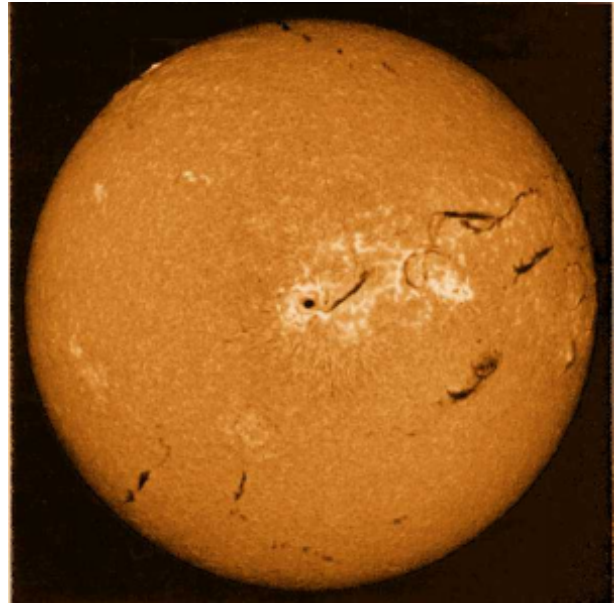


Figura 1: Esta es una imagen del Sol en $H\alpha$. $H\alpha$ es una longitud de onda estrecha de luz roja que es emitida y absorbida por el hidrógeno. *National Solar Observatory/Sacramento Peak.*

aumente y se comience a fusionar He convirtiéndolo en carbono (C). A su vez, en las capas circundantes al núcleo en donde sí hay abundante H, comenzarán a fusionarse en He. Debido a que existe más presión, generada por las nuevas reacciones, el Sol se dilata, se enfría y de este modo se convierte en una gigante roja. Este proceso se repite varias veces, pero con otros elementos como protagonistas, de forma que variará su radio varias veces más, hasta ocupar la órbita de Venus. Por fin, cuando se haya agotado el combustible, las capas exteriores escaparán al espacio exterior. Tampoco existirá en el núcleo presión suficiente para soportar su propio peso, con lo que la *estrella* resultante será una enana blanca, del tamaño de la Tierra (aunque con una masa muy superior) que se apagará lenta e inexorablemente.

Los elementos pesados tales como el oxígeno (O), hierro (Fe), oro (Au), silicio (Si), que componen los planetas fueron creados por una estrella ya muerta. Somos, en verdad, polvo de estrellas.

Características generales.

- Tipo espectral: G2.
- Edad: $4,6 \times 10^9$ años
- Masa: $1,99 \times 10^{30}$ kg

- Radio: $6,96 \times 10^8$ m
- Velocidad de escape en la fotosfera: 618 km/s
- Temperatura del núcleo: $15.000.000^\circ\text{K}$
- Temperatura superficial: 5200°K
- Luminosidad: $3,86 \times 10^{26}$ W
- Magnitud absoluta: $4,74^M$
- Magnitud aparente: $-26,7^m$
- Periodo de rotación ecuatorial: 25,4 días
- Distancia media a la Tierra: $1,50 \times 10^{11}$ m

El Sol es, por mucho, el objeto más masivo y grande del Sistema Solar. Contiene más del 99,8% del total de su masa. El Sol, actualmente, es en un 73% de H y 25% de He. También tiene otros elementos, pero representan únicamente menos de un 2%.

El Sol, al estar compuesto de gases y no ser un cuerpo rígido, presenta una rotación diferencial. Esto significa que el ecuador rota más rápido que otras latitudes solares, tales como sus polos, donde una rotación se completa después de 36 días. Contrariamente, el núcleo si rota como un sólido.

En algunas fuentes se cita el modelo del *Sol estándar*. Se trata de unas cuantas premisas a partir de las cuales se construyen todas las teorías del comportamiento solar. Éstas son:

- Simetría esférica. El Sol es una esfera perfecta.
- Equilibrio hidrostático. El Sol, como se verá más adelante, está compuesto por varias capas. En cada una de ellas, las fuerzas de presión y radiación (hacia afuera) está equilibrada por la del peso (hacia dentro). Es decir, en este equilibrio no actúan otras fuerzas, como pudiera ser el magnetismo.
- Transporte de energía por radiación o convección.
- Energía generada por fusión nuclear.
- Homogénesis. Originalmente en su creación el Sol era homogéneo, es decir, la composición química inicial era uniforme e igual a la que hoy se puede observar actualmente en la fotosfera.

Interior solar.

El interior solar no se puede observar directamente, aunque técnicas sofisticadas utilizadas por los profesionales, como la heliosismología, permiten deducir sus características. El interior se divide en tres partes: núcleo, zona radiativa y zona convectiva.

El núcleo es la parte más interna del Sol y tiene un radio de 200.000 km. Esta es quizás la parte más importante de una estrella, ya que aquí es donde se produce la energía que emite.

Hasta principios de este siglo nadie sabía cómo funcionaba el Sol y las estrellas. Con la llegada de las teorías de Einstein que explicaban el Universo a rasgos macroscópicos y microscópicos pudo comprenderse. Se resume con la famosísima ecuación $E = mc^2$, siendo E energía, m masa y c la velocidad de la luz en el vacío (300.000 km/s).

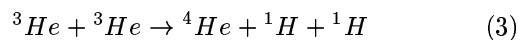
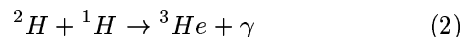
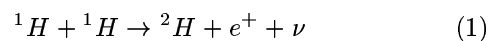
La reacción nuclear que se produce en su núcleo es la fusión. Se hace combinar a cuatro átomos de H para convertirlos en uno de He. Sin embargo, la masa del átomo de He es un 0,7% menor que la suma de cuatro de H. ¿Qué ha ocurrido con esa masa? Se ha convertido en energía.

Los átomos de H que hay en el núcleo solar tienen la misma carga eléctrica y se repelen unos a otros

Para que ocurra una reacción nuclear por fusión los átomos tienen que estar muy juntos. Sin embargo, ya que los átomos de H que hay en el núcleo solar tienen la misma carga eléctrica, se repelen unos a otros. La barrera de Coloumb es la fuerza mínima que hay que aplicarles para combatir esta repulsión, y precisamente, para saltar esta barrera, los átomos de H deben colisionar violentamente. Pero esta violencia no es común, y sólo se da en lugares especiales como lo es el núcleo solar, ya que la temperatura existente lo permite (recordemos que la temperatura es la medida de la velocidad con que se mueven los átomos en un determinado lugar).

Por la ley del equilibrio hidrostático, mencionada en las características generales del Sol se sabe que, efectivamente, la temperatura en lo más interno del Sol es del orden de 10 millones de grados Kelvin ($253^\circ\text{K} = 0^\circ\text{C}$).

En realidad, no hay sólo una, sino que el proceso común de la fusión del H en He está integrado por tres reacciones nucleares. Este proceso, denominado reacción protón-protón, se expresa químicamente de la siguiente forma:



Donde ^1H es hidrógeno atómico (un protón), ^2H es hidrógeno molecular (dos protones, es el que respiramos en nuestra atmósfera), ^3He (isótopo del He), ^4He (helio), e^+ un positrón, ν es un neutrino (partícula energética) y γ es un rayo gamma (luz muy energética, invisible a nuestros ojos).

Uno de los problemas fundamentales de la Heliofísica actual es la detección de un tipo de neutrino. Esta partícula atraviesa todo el radio solar sin colisionar con otra y por tanto es extremadamente difícil detectarla. Pero los experimentos actuales repartidos por todo el mundo no logran captar la cantidad que en teoría deberían recoger. Por lo general sólo se detecta la mitad o la tercera parte de lo que se debería. En 1998 han aparecido investigaciones

que relacionan este déficit con la llamada “oscilación” de los neutrinos, aún por confirmar, que a su vez implica que tienen masa. En algún momento antes de llegar a la Tierra, el tipo de neutrino que se genera en el interior solar cambiaría de estado.

Envolviendo al núcleo se encuentra la zona radiativa. Esta zona tiene un grosor de 300.000 km. Su denominación proviene del mecanismo de transporte de la energía generada en el núcleo hacia capas más exteriores, transporte llevado a cabo por los fotones.

Debido a la densidad que existe en la zona radiativa los fotones no recorren mucha distancia sin colisionar con un átomo: entre uno y dos centímetros.

Durante el viaje de un fotón a la superficie solar, éste va de colisión tras colisión convirtiéndose en fotones menos energéticos, y de rayos gamma se pasan a rayos X, de éstos a rayos ultravioleta (UV) extremos, de éstos a rayos UV, hasta que se emerge finalmente en la superficie solar como luz visible o infrarrojos. Viaje éste que dura entre 10.000 y 1 millón de años.

Durante el viaje de un fotón a la superficie solar, éste va de colisión tras colisión convirtiéndose en fotones menos energéticos

La zona convectiva es la tercera parte del interior solar, no accesible a telescopios. Tiene un grosor de 200.000 km. Debido a que esta zona es opaca, la transmisión de energía por radiación se vuelve ineficiente. El mecanismo utilizado en esta parte de la estrella es la convección.

La opacidad de esta capa se explica por su menor temperatura, que permite que los átomos conserven parte de los electrones, algo imposible en el núcleo solar debido a la temperatura. Estos átomos con electrones capturan más fácilmente a los fotones.

La convección es un fenómeno que es similar al agua hirviendo. Burbujas de gas caliente suben a la superficie, irradian su calor, se enfrían y vuelven a caer al interior, dónde se vuelven a calentar. Con esto tenemos una capa muy homogénea, ya que la convección mezcla los elementos existentes.

Exterior solar.

El exterior solar es la parte de nuestra estrella que sí puede ser observada visualmente. Consta de la fotosfera, cromosfera y corona, las tres partes de la atmósfera solar.

La fotosfera es la superficie visible del Sol. Ésta no es sólida, tal y como en la Tierra, ya que el Sol está totalmente compuesto por los gases anteriormente dichos, desde su interior hasta el exterior.

La fotosfera tiene un grosor de unos 500 km. y debe su nombre a que es de ella de donde parte la mayoría de la luz solar que recibimos. Por debajo de esta capa también se irradia pero debido a que son mucho más densas no dejan escapar la luz (son opacas). La fotosfera es la capa

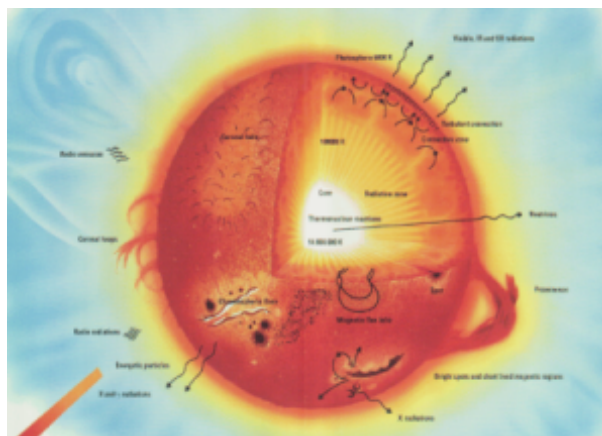


Figura 2: Sección del Sol. (NASA/ESA)

de la atmósfera solar lo suficientemente densa como para emitir luz y permitir que la luz escape fuera de ella.

La mayoría de la luz radiada que llega a la Tierra procede de una parte de la fotosfera que posee una temperatura de 6000°K. También recibimos algo de energía procedente de otra parte más interna de ésta con unos 8000°K. y de otra más externa a 4000°K. Esto es, la luz solar que recibimos es una mezcla de energía emitida por gases a distintas temperaturas.

La fotosfera no es una capa uniforme, si no que está compuesta por celdas denominadas gránulos. Los gránulos tienen alrededor de 1500 km de diámetro y se separan de otros por zonas más oscuras. Éstas estructuras tienen una vida de alrededor de 10 minutos antes de que se disipen o mezclen con otros gránulos vecinos. Se cree que los gránulos están producidos por la convección solar, haciendo que masas calientes de gases suban a la superficie, se enfríen y vuelvan a bajar.

Aún existen otras estructuras algo mayores, los super-gránulos, que contendrían alrededor de 300 gránulos y una esperanza de vida de un día terrestre. La cromosfera está situada por encima de la fotosfera siendo mucho más tenue que ésta última, por tanto, se nos presenta invisible en condiciones normales. Tan sólo en los eclipses de Sol y durante algunos pocos segundos se puede detectar, en los instantes en que la Luna cubre la fotosfera.

La cromosfera tiene un grosor de 10.000 km. y debe su nombre a que, durante los eclipses solares se presenta con un color rosado. Croma es una palabra de origen griego que significa color.

En la cromosfera la temperatura aumenta paulatinamente desde los 4.000°K hasta 500.000°K, ya en el límite con la corona solar.

Cerca de la fotosfera la densidad es notable, sin embargo, justo al inverso que la temperatura, ésta decrece al acercarnos a la corona, tanto que prácticamente se podría considerar un vacío perfecto.

En la cromosfera se pueden encontrar las espículas, unas estructuras parecidas a unas llamas de entre 100 y 1000 km de diámetro. Las espículas pueden llegar a alcanzar 10.000 km por encima de la fotosfera y tienen

una vida de 5 a 15 minutos. Las espículas tienen una temperatura de 10.000°K .

La corona es la parte más exterior de la atmósfera solar. En la antigüedad sólo era posible detectarla durante los eclipses totales de Sol, hasta que en el siglo XIX se inventó el coronógrafo, un aparato que oculta el disco solar. Sin embargo los coronógrafos, aún en las mejores condiciones atmosféricas, sólo permiten detectar una reducida parte de la corona. La corona solar puede alcanzar una distancia de hasta 15 diámetros solares.

La temperatura de la corona solar es uno de los grandes enigmas sin explicación convincente. En la parte más cercana a la cromosfera la temperatura es de 500.000°K , mientras que en la parte exterior la corona puede llegar a alcanzar los $3.500.000^{\circ}\text{K}$. La densidad por lo general no suele sobrepasar de entre 1 a 10 átomos por centímetro cúbico.

La hipótesis clásica para el enigma de la gran temperatura a esas distancias del núcleo solar es que las ondas de sonido (recordemos que el sonido se transmite por la vibración del aire) generadas en la zona convectiva se mueven hacia arriba a través de la fotosfera y cromosfera hasta alcanzar la corona. Allí se convierten en ondas de choque y agitan los átomos de gas, lo que se traduce en un aumento de temperatura. Sin embargo esta hipótesis tiene muchas dificultades.

Los elementos que componen la corona se escapan del Sol en lo que se denomina viento solar. Este viento solar está compuesto es su mayor parte por hidrógeno ionizado (un protón con electrones). El viento solar es el responsable de las auroras boreales (más generalmente, polares).

Manchas solares.

Históricamente se conoce a las manchas solares dado que se ven como puntos o regiones negras en el disco solar. Fue Galileo Galilei quien por primera vez hizo un seguimiento serio de las manchas solares con su telescopio, determinando que el Sol rotaba con un periodo de 27 días, pero algunas de las más grandes ya fueron detectadas visualmente por los astrónomos chinos desde hace más de 2.000 años.

Las manchas solares son regiones más oscuras y frías que la superficie solar. En una mancha se distinguen dos zonas, la umbra, zona oscura, y la penumbra, zona menos oscura que la umbra.

Las manchas solares se ven más oscuras simplemente porque tienen una temperatura menor que el resto de la fotosfera. La umbra suele tener unos 4200°K , mientras que la fotosfera, recordemos, tiene alrededor de 5800°K .

Las manchas solares tienen diferentes ciclos de vida. Se suelen asociar en grupos de hasta 100 manchas que pueden llegar a durar 2 meses, unas dos rotaciones solares.

Aunque pueden llegar a presentar una morfología muy complicada, generalmente aparecen en dúos, con polaridad magnética contraria. Por supuesto, también se asocian en grupos. Estos grupos, inicialmente, surgen a partir de varias manchas pequeñas, las cuales van aumentando en tamaño y número con el transcurrir de los días. Los

grupos que más se desarrollan pueden llegar a tener una esperanza de vida de dos meses, pero la mayoría presenta una evolución más simple y corta.

Existen diferentes y variadas teorías sobre la formación de manchas solares, aunque está claro que tienen un origen magnético. Debido a que el Sol posee rotación diferencial a distintas latitudes, esto es, no rota como un astro sólido, se cree que las líneas de los campos magnéticos se cruzan y retuercen en determinadas regiones. Debido a la gran intensidad del campo magnético en estas zonas, el gas ionizado (cargado eléctricamente) es repelido, haciendo que disminuyan las corrientes de convección y por tanto la temperatura, causa de la creación de la mancha.

Muchas veces las manchas solares pueden observarse rodeadas de una zona brillante, llamada fácula, sobre todo en los bordes del disco solar donde el contraste es mayor que en el centro.

Las manchas solares aparecen siempre asociadas a una fácula, aunque no se da la correspondencia contraria, es decir, no en todas las fáculas se llegan a desarrollar manchas.

Las manchas solares pueden observarse rodeadas de una zona brillante, llamada fácula

Las fáculas tienen una temperatura mayor que las regiones no perturbadas de su alrededor, entre 200 y 300°K más. El origen de las fáculas se halla, de nuevo, en los campos magnéticos. En general, la convección está frenada por el rozamiento generado por pequeños movimientos horizontales de la materia que asciende. Lo que ocurre en las fáculas es que la mayor intensidad del campo magnético hace que la materia se mueva por sus líneas de fuerza, disminuyendo el rozamiento y aumentando el flujo de materia y energía que llegan a la superficie. Este aumento de energía posibilita que la materia alcance una mayor altitud en la fotosfera. Las fáculas son fenómenos muy estables.

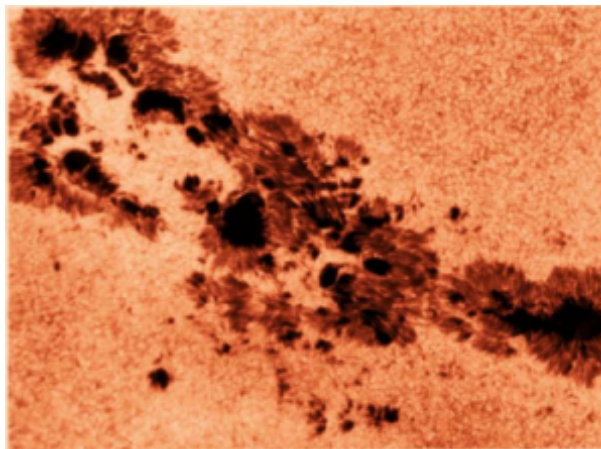


Figura 3: Mancha solar. (NASA)

Las playas (*plage*) son la contrapartida cromosférica de la fácula, término utilizado para la fotosfera.

Protuberancias y fulguraciones.

Las protuberancias pueden verse en los eclipses totales de Sol como abultamientos en el borde del disco solar. En general, las protuberancias son las formaciones en forma de arcos, parecidas a llamaradas, que pueden llegar a medir centenares de miles de km.

Las protuberancias, situadas en la corona, tienen la misma composición que esta, aunque mayor densidad y menor temperatura (alrededor de 10.000°K).

La forma de arco tiene su símil en la disposición de las limaduras de hierro cerca de un imán. Las protuberancias están formadas por partículas altamente ionizadas que se mantienen alrededor de los campos magnéticos que rodean a las manchas solares.

Existen dos tipos de protuberancias. Las protuberancias eruptivas son expulsadas de los campos magnéticos y en pocas horas pueden alcanzar alturas de 500.000 km. Las protuberancias estáticas son arcos de materia que, atrapada en los campos magnéticos de las manchas, se mantienen estables, pudiendo llegar a permanecer en este estado hasta tres meses.

Con filtros H α se pueden detectar las protuberancias fácilmente

Con filtros H α se pueden detectar las protuberancias fácilmente en el borde del disco solar en emisión, o dentro de él en absorción, siendo visibles como formaciones oscuras denominadas filamentos.

Las fulguraciones son fenómenos que se hacen patentes como repentinos incrementos de brillo en regiones cercanas a manchas solares que llegan a su máximo en apenas 20 minutos para luego ir desapareciendo en cuestión de horas. Por lo general, nunca son lo suficientemente violentas como para poder observarse en el espectro visible, siendo necesaria la utilización de filtros H α .

Las fulguraciones tienen origen en la cromosfera y están asociadas a una liberación de ingentes cantidades de energía, almacenadas en los campos magnéticos. Normalmente pueden llegar a emitir en el espectro de los rayos X. Una gran fulguración puede llegar a liberar una energía equivalente a 200.000.000 de megatones, y alcanzar temperaturas de 500.000°K.

El estudio y detección de las fulguraciones es muy importante ya que en estas se emite radiación y partículas muy energéticas que llegan a la Tierra en horas o días. Éstas pueden interferir en las radiocomunicaciones, causar daños en los satélites artificiales, en las líneas de tendido eléctrico, en los pasajeros de aviones estratosféricos y naves espaciales, e incluso causar perturbaciones en el campo magnético terrestre, haciendo que las brújulas funcionen de forma errática. Por contra, son este flujo de partículas es también causante de las auroras polares.

Ciclo de actividad.

Aunque el Sol es uno de los objetos celestes más grandes, el estudio detallado de éste sólo pudo realizarse después de la invención del telescopio, en 1610. A partir de aquí, es cuando se comienzan a tener registros continuos de la actividad solar.

El primer análisis científico del ciclo actividad solar vino de la mano del alemán Heinrich Schwabe en 1843, quien, en base a sus propias observaciones, publicó un trabajo en el que afirmaba que las manchas solares parecían tener un ciclo de unos diez años durante los cuales se pasaba de no detectar ninguna mancha a, progresivamente, ver decenas. Rudolf Wolf, otro almenán, tuvo conocimiento de este trabajo y en 1848 publicó otro trabajo en el que se incluyeron los datos de varios observatorios, completando la gráfica de actividad desde el año 1610 y arrojando una media de 11,1 años para el ciclo de actividad solar. Desde entonces se han obtenido ciclos que varían desde los 9 hasta los 14 años.

En resumen, éstas son las principales características de la actividad de un ciclo:

- Variación del número de regiones activas (manchas, fulguraciones...).
- Variación del tamaño de la corona (proporcional a la actividad).
- Cambio de orientación magnética de las manchas bipolares entre un ciclo y otro.
- Ley de Spoerer. Al comienzo las manchas aparecen lejanas en latitud del ecuador (aprox. 35°), para ir acercándose a éste con el transcurrir del ciclo (aprox. 10°).

La causa del ciclo de actividad solar es otro de los grandes misterios de que aún quedan por explicar satisfactoriamente.

El seguimiento del ciclo solar por parte de un astrónomo aficionado es muy sencillo de realizar, ya que sólo se necesita registrar regularmente el número de manchas que aparecen en el disco solar.

La constante solar.

La constante solar es la cantidad de energía recibida por la Tierra a la distancia media que nos separa del Sol, y su valor aproximado es de unas dos calorías por centímetro cuadrado y por minuto (es decir, cada minuto, a una Unidad Astronómica, en un cuadrado de dos centímetros de lado se reciben dos calorías).

El estudio y medición de esta constante es de extremo interés por que nuestra supervivencia depende de la capacidad que tengamos para estar preparados y prevenir una hipotética variación importante de la constante solar.

Un cambio de un 1% en la constante solar, produciría una alteración de la temperatura en la Tierra de 1 o 2°C. Teniendo en cuenta que durante la última glaciación, la

temperatura media en nuestro planeta era 5°C más fría que la actual, nos podemos hacer una idea de lo importante que es conocer bien al Sol.

Existen referentes históricos que podrían indicar una disminución de la constante solar. Desde 1430 a 1850 tuvo lugar la *pequeña edad glacial*, con un tiempo inusualmente frío en Europa y América. Dentro de este periodo se encuentra el conocido como mínimo de Maunder.

En 1893, Edward Maunder, tratando de realizar una gráfica de la actividad solar desde las primeras observaciones telescópicas de Galileo, encontró que entre 1640 y 1715 no existió prácticamente ningún registro de manchas. Posteriormente se ha comprobado por otros métodos que, efectivamente, la actividad solar fue excepcionalmente baja en esos años.

Irónicamente, el mínimo de Maunder coincide con el reinado de Luis XIV de Francia, el Rey Sol (“El Estado soy yo”).Ω

Referencias

- [1] Al Fargani Ben Azahara, Heliofísica, p. 38, Tribuna de Astronomía nº 115, marzo 1995.
- [2] Al Fargani Ben Azahara, Heliofísica, p. 28, Tribuna de Astronomía nº 115, mayo 1995.
- [3] Al Fargani Ben Azahara, Heliofísica, p. 28, Tribuna de Astronomía nº 115, junio 1995.
- [4] Donald H. Menzel y Jay M. Pasachoff, Guía de campo de las estrellas y los planetas (2ª edición), Editorial Omega, 1990.
- [5] Inés Hidalgo Rodríguez, El Sol: nuestro astro, II Curso de Introducción a la Astronomía (CICCA-IAC), junio 1994.
- [6] Jean Meeus, Astronomical algorithms, Willmann-Bell, 1991.
- [7] Jack Newton y Philip Teece, Astronomía amateur, Editorial Omega, 1991.
- [8] Manuel Collados Vera, El Sol, p. 49, Memoria de las II Jornadas astronómicas del Sistema, 1995.
- [9] Michael A. Seed, Fundamentos de astronomía, Editorial Omega, 19.
- [10] P.I. Bakulin, E.V. Kononovich y V.I. Moroz, Curso de astronomía general, Editorial Mir, 1992.
- [11] Teodoro Roca Cortés, ¿Conocemos el Sol?, p. 16, Universo nº 4, agosto 1995.

Víctor R. Ruiz

rvr@idecnet.com

Agrupación Astronómica de Gran Canaria (AAGC)

Apartado de Correos 4240

35080 Las Palmas de Gran Canaria

Islas Canarias (España)

Pasado, presente y futuro de la LIADA

Rodolfo Zalles Barrera | Presidente de la LIADA.

El presente artículo pretende en forma resumida dar a conocer la historia y las actividades desarrolladas de la Liga Iberoamericana de astronomía (LIADA) en el transcurso de su existencia. La Liga cuenta con diferentes secciones dirigidas por personas experimentadas, dedicadas y que trabajan en el área. Se tiene una base de datos "ALMA", la publicación oficial es "Universo" que se encuentra en el n° 41 y "La Red" de observadores se encuentra en el N° 54 y como un medio de comunicación se tiene el foro electrónico de la LIADA



Figura 1: Logotipo de la LIADA.

Reseña histórica.

En el II Congreso Uruguayo de Astronomía que se celebró en Montevideo (Uruguay) en diciembre de 1982, asistentes a este evento entre astrónomos y aficionados inquietos, visionarios y amantes de la astronomía decidieron un 12 de diciembre de 1982 sobre base de la LLADA (Liga Latinoamericana de Astronomía) crear la LIADA con la finalidad de agrupar a personas, asociaciones, observatorios en redes de observación locales y abarcar dos continentes. Lo que esta fecha marcaría el inicio de la Liga.

En la Asamblea General realizada en Montevideo el domingo 22 de noviembre de 1992 en ocasión de la V Convención Regional de la LIADA, se aprobó la proposición hecha por Víctor Estremadoyro, primer presidente de la Liga Latinoamericana de Astronomía (LLADA) para que se considere, que la fecha de su fundación el 12 de octubre de 1958, se considere la fecha de creación de nuestra Liga, como continuación de la LLADA, por lo que la LIADA tendría 40 años de existencia.

Desarrollo y actividades de la LIADA.

El objetivo fundamental de la LIADA desde sus inicios postula la elevación del nivel cultural técnico, científico y la unión de los pueblos iberoamericanos, con los siguientes objetivos:

- Fomentar el estudio de la astronomía y la observación del cielo en aquellas áreas que sean más significativas científicamente.
- Unir a todos los observadores del planeta que hablan español o portugués.
- Aumentar el nivel técnico y científico de los observadores.

- Fomentar la comunicación entre profesionales y aficionados.
- Difundir y expandir el respeto de la Tierra como Planeta
- Publicar los trabajos de los miembros.
- Adoptar como idiomas oficiales el español y el portugués

Publicaciones.

En el marco de estos objetivos la LIADA ha logrado publicar 54 números de "La Red" de observadores, con el objetivo principal de atender las necesidades informativas de los observadores de la LIADA y divulgar las noticias más urgentes, y es de destacar que este medio de comunicación cumplió y cumple con sus objetivos. Se pueden nombrar las campañas de observación de cometas, publicación de sus efemérides, lluvias de meteoros, proyectos de interés científico, información sobre ocultaciones de estrellas por la Luna, ocultaciones de estrellas por asteroides, eventos y alertas astronómicos, eclipses de Sol y de Luna, noticias de la LIADA, reportes de observaciones, divulgación de métodos de observación, publicaciones etc.

La Edición de la Red en sus diferentes etapas estuvo a cargo de:

- Ignacio Ferrin, Grupo de Astrofísica. ULA. Mérida (Venezuela).
- Jaime García y Sergio Domínguez, Instituto Copérnico. Buenos Aires (Argentina).
- Javier Licandro y Raúl Salvo. Montevideo (Uruguay).
- Raúl Salvo y Ruben Eduardo García (Asociación de Aficionados a la Astronomía, Uruguay) y Raúl Cagigao (ABA, Bolivia).

A partir del 10 de julio de 1998 “La Red” está disponible en Internet en la dirección:

<http://www.fisica.edu.uy/lared>

En lo que corresponde a “Universo” se lograron editar 41 números, siendo su objetivo publicar los trabajos con resultados observacionales realizados por miembros de la LIADA, proyectos observacionales de especial interés y/o artículos relacionados al trabajo observacional, así como divulgar las noticias institucionales de la LIADA y artículos de interés astronómico. Como también en Universo fueron publicadas las memorias de las convenciones de la LIADA.

Todos los números de Universo fueron editados por Ignacio Ferrín, Grupo de Astrofísica, ULA Venezuela, a excepción del n° 40 que fue editado por Hans Salm de la Asociación Boliviana de Astronomía (ABA).

El foro de la LIADA fue organizado en septiembre del 1996 en Buenos Aires a iniciativa de Luis López y conjuntamente con Hans Salm, se dio impulso al intercambio de ideas, proposición de proyectos de observación, comunicar resultados y por supuesto mucho más, este dejó de funcionar en julio de 1997, posteriormente el foro se instaló en Tarija (Bolivia) gracias al apoyo de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Convenciones de la LIADA.

Las convenciones realizadas en el transcurso de estos años ha permitido reunir a los miembros y simpatizantes de la LIADA en diferentes países, en las que se han presentado trabajos orales y paneles, en los cuales se reflejaban los resultados de trabajos observacionales, teóricos, construcción de instrumentos, presentación de informes de los directores de las diferentes secciones y la Asamblea General. Hasta la fecha se llevaron a cabo 7 convenciones.

- I Convención Regional de Observadores de la LIADA, del 28 al de abril de 1989, Caracas (Venezuela).
- II Convención Regional de Observadores de la LIADA 1^{er} Congreso Extr. de la Asociación Argentina de la Astronomía. Del 20 al 22 de octubre de 1989, Buenos Aires (Argentina).
- III Convención Regional de la LIADA. Del 19 al 21 de abril de 1991, Caracas (Venezuela).
- IV convención Regional de la LIADA. 1^{er} Congreso Regional XXIX Aniversario del Centro Observadores del Espacio del 9 al 11 de agosto de 1991, Santa Fe (Argentina).
- V Convención de la LIADA. III Congreso Uruguayo de Astronomía Simposio de Estrellas variables. Reunión de Planetarios Iberoamericanos 12 al 15 de noviembre de 1992, Montevideo (Uruguay).
- VI Convención Regional de la LIADA. III Simposio de Estrelas Variaveis. II Reuniao de Planetarios da Iberoamérica. I Simposio de Sistema Solar. I Simposio de Astronomia Na Educacao. 20 al 24 de outubro de 1993 Campinas (Brasil).



Figura 2: Encuentro Nacional de Astronomía realizado en Samaipata en junio de 1997. En la foto, los miembros de la directiva de LIADA y miembros de la Asociación Boliviana de Astronomía. Desde la izquierda, el primero es Rodolfo Zalles (presidente), el cuarto es Raúl Cagigao (tesorero), y al extremo es Mirko Rajlevic (secretario).

- VII Convención Regional de la LIADA. VIII Encuentro Nacional de la Asociación Boliviana de Astronomía 2 al 6 de noviembre de 1994, Tarija (Bolivia).

La última de ellas han sido las Primeras Jornadas Latinoamericanas de Cometas, organizada por la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía y la LIADA del 7 al 9 de junio de 1996 en Buenos Aires (Argentina).

Directivas.

Si tomamos en cuenta el 12 de diciembre de 1992 como fecha de inicio de actividades de la LIADA, las siguientes personas ocuparon los puestos directivos:

- Gestión 1982-1992 Presidente: Ignacio Ferrín (Venezuela). Secretarios: Emilio Pelaez Castello (Uruguay) y Francisco Fuenmayor (Venezuela). Secretarios de Relaciones Públicas: Jean Nicolini (Brasil) y Juan Fabregat (España). Secretario de Comunicaciones: Carlos Arlindo Adib (Brasil).
- Gestión 1992-1993 Junta Directiva Transitoria (Argentina). Presidente: Jaime García (Instituto Copernico). Secretario: Sergio Adrián Domínguez. Tesorero: José Aiani.
- Gestión 1993-1996 (Uruguay) Presidente: Raúl Salvo. Secretario Rubén E. García. Tesorero: Diego Cancela.
- Gestión 1997-1999 (Bolivia) Presidente: Rodolfo Zalles Barrera. Secretario: Mirko Rajlevic. Tesorero: Raúl Cagigao.

Actividades.

Tomando en cuenta que la LIADA es una asociación científica, cultural y educativa, la actual directiva está realizando esfuerzos en las siguientes acciones generales:

- Fomentar y apoyar la difusión del conocimiento astronómico.
- Incrementar el número de observadores en Iberoamérica y aumentar su nivel teórico, técnico y científico.
- Promover los contactos y cooperación entre aficionados y profesionales de la astronomía.
- Popularización de la astronomía en la población; apoyar y coordinar la enseñanza de la astronomía en niveles escolares en los diferentes países que están representados en la LIADA.

Sobre la base de este plan de trabajo la directiva designa a los directores de las diferentes secciones tomando en cuenta el trabajo, interés y experiencia de las personas que trabajan en las áreas respectivas. y formar con ellos un equipo de personas que pueda llevar adelante el programa actual de la LIADA. Las actuales secciones son:

- Cometas: José Guilherme Aguiar
`jose.aguiar@mpcbbs.com.br`
- Enseñanza: Paulo Sergio Bretones
`paulo.bretones@mpcbbs.com.br`
- Variables: Sergio Domínguez
`sergio@icoper.edu.ar`
- Meteoros: Hans Salm
`hans@salm.bo`
- Ocultaciones: Ruben García
`egarcia@redfacil.com.uy`
- Sol: Antonio Sánchez
`asanchez@cajeme.cifus.uson.mx`

Se tiene el proyecto de crear las secciones CCD y Satélites Artificiales

Captación de miembros y simpatizantes.

Con la finalidad de recuperar antiguos miembros, simpatizantes y amigos de la LIADA se distribuyó una circular de comunicación e invitación para reincorporarse, unirse a la LIADA, esta circular fue distribuida a 400 personas de diferentes países, de los cuales, algunas personas han respondido positivamente, otros fueron devueltos por cambio de dirección y una gran mayoría mantuvo silencio, de todas maneras creemos que fue un buen intento.

De la misma forma se envió una circular por correo electrónico a 200 direcciones de diferentes países y la respuesta fue similar al anterior. En conclusión, la intención de dar a conocer que la LIADA está en vigencia e interesar a esas personas que alguna vez han sido parte de la

LIADA, ha sido cumplida. Pero esto no quiere decir que no haremos más intentos, esto fue solo el principio.

El actual foro de discusión es uno de los canales de comunicación de los miembros, amigos y simpatizantes de la LIADA. El foro es muy útil para comunicar alertas observacionales, organizar campañas de observación, anunciar eventos y reuniones científicas, comunicar resultados observacionales o realizar consultas de interés astronómico, este ha sido reorganizado e instalado en Tarija, gracias a la cooperación de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, el foro debe ser utilizado exclusivamente para tratar temas relacionados con la astronomía y el funcionamiento de la LIADA cuenta con su reglamentación para mejor funcionamiento, a la fecha tenemos un centenar de inscritos, lo que queremos es ampliar con gente que tenga interés en la LIADA y su participación en la misma, todos tienen la libertad de invitar a otras personas a participar en el foro, el único requisito es que la persona interesada personalmente nos envíe su solicitud de inscripción a la administración del foro a cargo de Rodolfo Zalles `obsrzb@mail.uaajms.edu.bo`

Aporte económico.

Para el desarrollo de las actividades de la LIADA (Dirección, Administración, edición de la Red, Universo) se cuenta solamente con el aporte económico de sus miembros en sus diferentes categorías: asociaciones, individuos, benefactores. Se decidió que los recursos económicos sean captados a través de las tesorías locales, para mayor información al respecto los interesados pueden dirigirse a Rodolfo Zalles `obsrzb@mail.uaajms.edu.bo` o Mirko Raljevik `mirkor@astro.bo`.

Conclusión

Por todo lo anteriormente mencionado con seguridad podemos afirmar que la LIADA es el camino amplio a la ciencia astronómica y está abierto para que profesionales y aficionados puedan llevar adelante el desarrollo de esta ciencia en nuestros países, solamente se necesita amor al universo y el deseo de trabajar y participar en sus respectivas secciones, también el entusiasmo es de gran utilidad y nuestro almacén de talento y pericia en observaciones astronómicas aumentará para el bien de nuestra Liga. Ω

Las imágenes fueron escaneadas y enviadas por cortesía del Planetario "Max Schreier" (UMSA).

Rodolfo Zalles Barrera
`obsrzb@mail.uaajms.edu.bo`
Presidente de la LIADA
Director del Observatorio Astronómico Nacional
Tarija (Bolivia)

CG-2: CCD para Astronomía

Cristóbal García | Nuevas Tecnologías Observacionales (NTO)

Introducción.

La cámara aquí descrita es un proyecto de experimentación iniciado en 1993 y al que se han estado sumando mejoras hasta no hace mucho.

Había salido la ST4 y la Lynxx, con lo que empezaba la fiebre del oro, digo del CCD. En aquel momento mi primer problema fue recabar información sobre dispositivos CCD. Aun trabajando en el campo de la electrónica, me resultó muy difícil encontrar información técnica sobre el tema. Hasta que por fin me encontré con el libro de Christian Buil *CCD Astronomy*, una obra completísima que ningún aficionado debe perderse, tanto si va a construirse una cámara, se la compra comercial o simplemente quiere saber.

Hoy la cosa es más sencilla puesto que a continuación llegó *The CCD Camera Cookbook* de Richard Berry, un libro modesto pero con un mérito irreprochable: consigue que personas con conocimientos técnicos muy escasos, pueda montar una cámara que está dando buenos resultados.

A la hora de construir una cámara de estas, la mayoría de los componentes necesarios pueden conseguirse en tiendas normales de componentes electrónicos. Pero el principal no. Conseguir un sensor CCD es difícil. No es cuestión de andar eligiendo alegremente a ver cual se adapta mejor a nuestras necesidades, sino de cual podemos conseguir.

Encontrar el TH7852 en España no fue demasiado difícil puesto que en Madrid existe una delegación de Thomson CSF. Este chip, bueno para empezar, es el más pequeño del fabricante (144x218 pixel). El siguiente de Thomson es el TH 7863, de mayor resolución (384x288 pixel de 24 μm), es el doble de sensible y menos ruidoso. Se utiliza en algunos observatorios y por ejemplo, la sonda espacial Clementine lleva instalado uno. Un sensor más moderno muy usado actualmente en cámaras de grado medio es el



Figura 1: Cámara CCD para astronomía CG-2.

KAF-0400. Tiene 768x512 pixel de 9 μm . Gracias a su tecnología MPP no necesita ser enfriado demasiado, con lo cual queda paliado muy considerablemente el problema de la formación de escarcha.

Actualmente es posible conseguir sensores CCD por otros caminos. Gracias a la proliferación de los equipos multimedia domésticos, los precios de las cámaras digitales para PC están por los suelos. El chip que llevan estas cámaras puede resultarnos útil. La cámara *QuickCam* montaba recientemente el TC255 en su modelo para blanco y negro. Es el mismo que ha usado Celestron para su PixCel 255.

Pero sin duda, el camino más seguro es el abierto por la *Cookbook*. Todos los componentes imprescindibles pueden ser adquiridos en *University Optics*. Podemos elegir un chip pequeño y barato, el TC211 de 192x165 pixels, es el usado por la ST4. Pero la elección más frecuente es el TC245, bastante superior. A efectos prácticos tiene 252x242 pixels.

Diagrama de bloques

La figura 2 muestra esquemáticamente el funcionamiento de la cámara. El núcleo del circuito es un microcontrolador de la familia 8051 sobre el que corre un programa escrito en C.

La comunicación con el PC se efectúa vía puerto paralelo. La elección del puerto paralelo se hace en base a poder usar cualquier ordenador portátil.

Para controlar la temperatura del sensor, el microprocesador lee la temperatura en este y la del ambiente. En función de estas dos variables se decide automáticamente a que temperatura mínima se puede llegar. El proceso de enfriado se hace gradualmente. De esta forma se evita que los bruscos cambios de temperatura puedan dañar al sensor. Durante veinte minutos, la corriente generada por la alimentación del peltier va aumentando escalonadamente hasta llegar al punto de trabajo. Aunque la alimentación del peltier se controla digitalmente mediante un conversor DA, la corriente que realmente circula es chequeada y presentada en la pantalla de cristal líquido.

Construcción del cabezal.

En el interior del cabezal es necesario alojar por lo menos al amplificador de vídeo, puesto que ha de estar a la menor distancia posible para evitar interferencias y ruidos. En este caso también se encuentran las referencias de tensión necesarias para polarizar al CCD.

El sensor está encerrado en un pequeño recinto hermético con el fin de evitar en lo posible la formación de

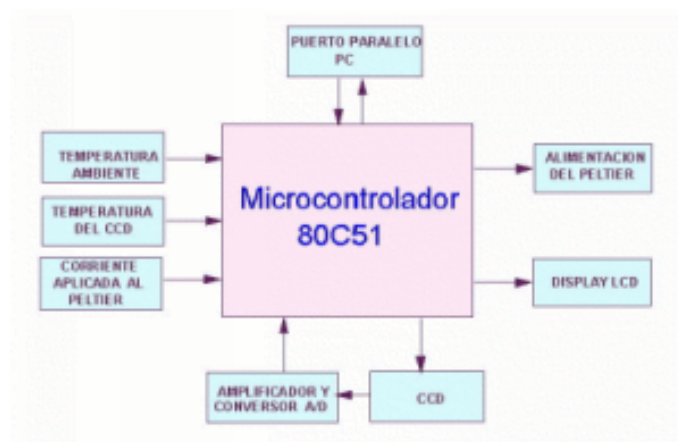


Figura 2: Esquema en bloques simplificado.

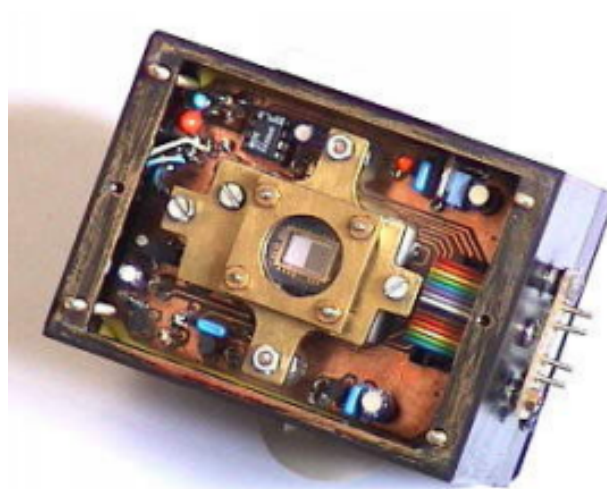


Figura 3: Interior de la cámara.



Figura 4: El conjunto completo del equipo cabe en un maletín.

```

18:17:17  Fich: o1.pic  Estirar: 128
-----
*  ADQUISICION  *
N: Foto normal      R: Repeticion de fotos
A: Promediado de fotos  S: Integracion de fotos
*  VISUALIZACION  *
F: Foto filtrada    E: Foto ecualizada
M: Foto normal      K: Resta Oscura = NO
X: Foto estirada    I: Interrogar Estado Camara
*  AJUSTES  *
Q: Enfoque manual   P: Posicion: HORIZONTAL
U: Tension de reset  T: Programar RTC
L: Peltier: CALENTANDO  V: Video LoRes
W: Tiempo entre fotos: 0
*  FICHEROS  *
O: Objeto          C: Comentarios
D: Dir *.pic       Z: Acabar programa
-----
OBJETO:              EXPOSICION (ms) 10
Tamb: 0.0 Tcod: 0.0 0 h 0 m 0 s 0 :0 :0

```

Figura 5: Menú de control.

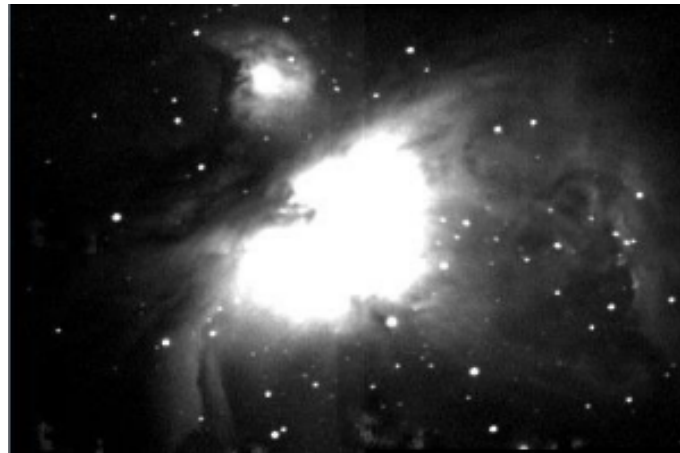


Figura 6: Mosaico de Orión. Cuatro fotos de 3 minutos. El potente *antiblooming* de este sensor, evita que salgan las típicas rayas debidas a la saturación.

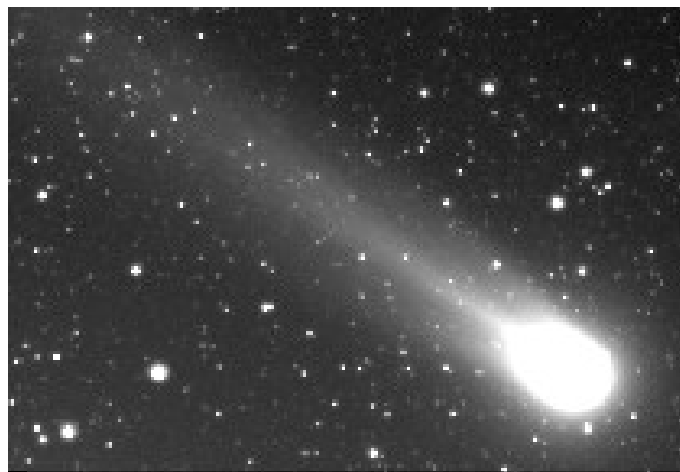


Figura 7: El cometa Hyakutake, 5 minutos con objetivo fotográfico.

escarcha, uno de los mayores problemas que se presentan. Los laterales de la caja están fabricados con placas de fibra de vidrio, de las de circuito impreso, soldadas con estaño sobre una estructura de pequeñas tiras de latón. La parte trasera se cierra con un disipador de aluminio encargado de evacuar el calor generado por el modulo peltier. Así se consiguen las dimensiones deseadas pero puede usarse cualquier tipo de caja metálica.

Un maletín para todo.

Toda la electrónica, el ordenador portátil, las alimentaciones para este y para el telescopio, pueden estar contenidas en un maletín de los usados para herramientas. Resulta muy practico, puede ser más barato que comprar una caja metálica en una tienda de componentes electrónicos y ayuda a despejar la instalación, cosa muy de agradecer a la hora de recoger el equipo.

En una pantalla de cristal líquido se presenta constantemente la hora, la temperatura ambiente, la del CCD, la intensidad suministrada al peltier y la función que esta realizando la cámara.

Programa de control.

El programa del PC está escrito en C, para DOS. Se trata de poder usar cualquier viejo ordenador para capturar las imagenes.

El menú de control (figura 5) se divide en cuatro bloques: adquisición, visualización, ajustes y ficheros.

La línea superior y las dos inferiores son informativas.

En **adquisición** podemos tomar una foto normal. Realizar múltiples fotos. Promediar múltiples fotos. Y por ultimo sumar múltiples tomas.

En **visualización** tenemos varias formas de visualizar la imagen. La única que admite parámetros para la presentación es el estirado, las demás están predefinidas. La función "Interrogar Estado Cámara", actualiza los datos de la línea inferior de la pantalla. Podemos saber la temperatura del CCD, la temperatura ambiente y la hora de la cámara.

La sección de **ajustes** es la mas amplia. En primer lugar, permite enfocar la cámara. Para esto, se visualizan de forma continua 25 líneas de la imagen. Esta franja se puede mover a través de todo la imagen con los cursores. A continuación esta la opción de posición que permite girar la imagen 90 grados. La opción "Tensión de reset" es útil para ajustar un potenciómetro de la cámara que determina el nivel de la tensión de reset. La opción "Programar el RTC", pasa al reloj en tiempo real de la cámara, la hora del PC. Esta operación se realiza de tarde en tarde dado que es un reloj de cuarzo bastante estable. Esta hora es la que se coloca en la cabecera de la imagen. Hasta no hace mucho, los relojes de los ordenadores personales han dejado bastante que desear. La función "Peltier" simplemente arranca y para el proceso de enfriado. La opción "Vídeo LoRes" conmuta la resolución de

la presentación, pasando del modo 320x240 a otro superior. La ultima función, "Tiempo entre fotos", permite espaciar las tomas en el tiempo que al hacer una tanda de fotos.

En "Ficheros" tenemos dos ordenes para introducir datos a la cabecera del fichero. Uno es el nombre del objeto y el otro un comentario general. Por ultimo se puede hacer un listado de las imágenes obtenidas sin tener que abandonar el programa.

Resultados.

Las fotos que se adjuntan a este artículo están realizadas desde una terraza en Coslada (periferia de Madrid), con un LX200 de 8" a f/6,3, menos la del Hyakutake, que fue hecha con un objetivo fotográfico de 50mm. El CCD estaba enfriado a -15°C,

Características técnicas de la cámara.

- Sensor CCD TH7852 AVCH
- Conversor AD de 12 bits.
- Refrigeración por dos módulos peltier en cascada y aire.
- Enfriado max: 40°C por debajo de la temperatura ambiente.
- Regulación automática de temperatura: $\pm 0,1^\circ\text{C}$.
- Proceso de arranque y parada del modulo peltier controlado en 20 minutos.
- Reloj en tiempo real.
- Comunicación por puerto paralelo.

Caraterísticas técnicas del sensor.

- N° total de pixel: 218 V, 144 H.
- Tamaño del pixel: 30 x 28 μm
- Zona sensible del pixel: 30 x 19 μm
- Zona de imagen: 4.32 x 5.82 mm.
- Eficiencia de antiblooming : Esat x 1000.
- Rango dinámico: 3000/1.

Cristóbal García

cgg@ctv.es

Nuevas Tecnologías Observacionales (NTO)

<http://www.nto.org>

Ssystem: Explorando el Sistema Solar

Raúl Alonso | Oviedo, España

Ssystem es un simulador interactivo del sistema solar utilizando OpenGL. Con él podrás visitar planetas y satélites mientras observas las estrellas más brillantes y todo ello con varios tipos de cámaras y una calidad gráfica más que aceptable.

Introducción

Supongo que ya estamos cansados de leer los típicos artículos de las revistas comentando este o aquel programa, y generalmente diciendo lo buenos que son y las fantásticas cosas que son capaces de hacer o las que harán en próximas versiones. Así que creo que resultará más interesante si cuento la historia del programa, como surgió la idea, las dificultades, el futuro y cosas por el estilo. Intentaré no caer en la tentación de hacer publicidad gratuita del mismo.

Los comienzos.

La idea surgió cuando vi la película "Contacto" en el cine. Estamos acostumbrados a ver lo buenos que son los efectos generados por ordenador en las películas, pero nunca me había parado a pensar en los resultados que esa tecnología puede tener cuando se aplica a la astronomía. En fin, que después de ver la secuencia inicial de la película pensé que estaría bien hacer una animación de ese tipo, o mejor aún, un programa interactivo con una calidad visual similar. Pero el proyecto propiamente dicho no iba a comenzar hasta que me hice con una tarjeta aceleradora 3D. Con la calidad gráfica que estas tarjetas permiten estaba claro que era posible abordar el proyecto, al menos comenzar.

He de reconocer que soy un gran apasionado de los juegos de ordenador (¿Quién no?), así que obviamente tenía que probar el Quake (supongo que sobran comentarios acerca de dicho juego) con la tarjeta aceleradora. La versión para tarjeta aceleradora hacía uso de la librería OpenGL, y además había leído en algún sitio que el programador solo había necesitado una tarde para modificar el código a fin de utilizar OpenGL. Esto era increíble, el juego tenía una calidad gráfica impresionante, iba muy rápido y además utilizaba una librería que parecía fácil de programar. A todo esto se unía el hecho de que la tarjeta aceleradora funcionaba bajo Linux (algo que no pueden decir todas las tarjetas) y era posible conseguir que la librería Mesa (compatible OpenGL y de libre distribución) hiciese uso de la aceleradora. En resumen, que casi podríamos decir que sin el GLQuake ssystem probablemente no existiría. ¿Quien dice que los juegos no sirven para nada?.

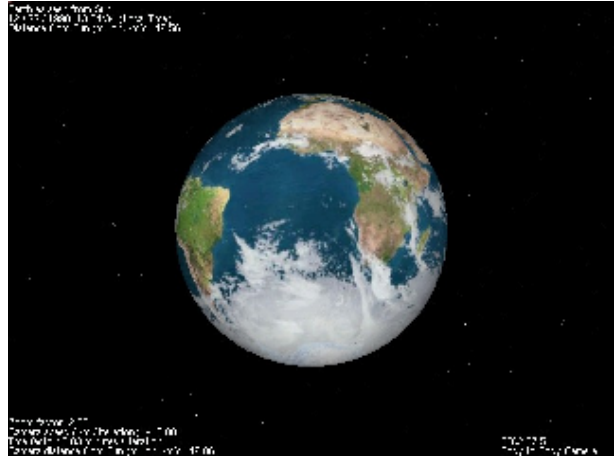


Figura 1: La Tierra vista desde el Sol el 22 de diciembre de 1998.

También consideré en algún momento utilizar Direct3D, pero un vistazo a los ejemplos del SDK de Microsoft (bastante crípticos para los no iniciados) y sobre todo la poca portabilidad (no en vano Direct3D solo es soportado por Windows 95/98 y parcialmente por Windows NT 4.0) me hicieron inclinarme por la opción OpenGL. Y creo que la decisión fue acertada pues hasta el día de hoy ssystem ha funcionado satisfactoriamente en Windows 95/98, Windows NT, Linux, FreeBSD y varias máquinas SGI y SUN, así pues la portabilidad del código es bastante grande y casi me atrevería a decir que ssystem funcionaría en cualquier sistema que tenga un compilador de C.

Desarrollo.

Como se puede adivinar el entorno de desarrollo elegido fue el Linux, no solo porque sea un incondicional de dicho sistema operativo (que lo soy), sino principalmente por la robustez del mismo ante los errores que uno comete (lo que no se puede decir de las windows 95/98). Como lenguaje de programación iba a utilizar el "C", no solo porque llevase unos años con él sino más bien porque generalmente produce los ejecutables con mejor rendimiento, además de que el soporte OpenGL está mucho más extendido en este lenguaje que en los demás. Lo "único" que quedaba era comenzar a programar.

El primer objetivo parecía sencillo, solo una esfera con la textura de la Tierra. Y aunque no a la primera, funcionó. Así que, poco a poco le siguieron más planetas, el Sol y una simulación gravitatoria. La verdad es que hasta yo mismo estaba sorprendido de lo fácil que estaba resultando, por lo tanto había que fijar objetivos algo más ambiciosos.

Como astrónomo aficionado que soy (aunque he de reconocer que más bien teórico) utilizo de vez en cuando un programa de efemérides. Si bien estos son de gran utilidad práctica, siempre los he considerado un poco pobres en el aspecto visual (al menos los que yo conozco). Entonces pensé que estaría bien hacer que ssystem pudiese ser utilizado para ver el sistema solar desde cualquier punto del mismo y en cualquier fecha, y que además la calidad gráfica fuese tal que uno pudiese ver en el ordenador algo parecido a lo que realmente vería si estuviese realmente allí. No cabía duda de la gran magnitud del proyecto y de que probablemente llevaría meses o de que incluso nunca llegaría a acabarse del todo, pero tampoco había prisa. Poco a poco pude ir añadiendo estrellas reales (basadas en el catálogo de Yale), un algoritmo para el cálculo de las posiciones de los planetas en una fecha dada (no muy preciso pero no estaba mal para empezar), algunos satélites, texturas más realistas, mayor calidad gráfica, mejor rendimiento, soporte para joystick y ratón, varios tipos de cámaras y alguna que otra cosa más.

Por supuesto aún quedan muchas cosas por hacer, entre ellas eclipses, cometas, asteroides, un buen interfaz de usuario, gravedad, mas estrellas, objetos del espacio profundo y, en general, cualquier idea que se me vaya ocurriendo o que sea sugerida por los usuarios.

Distribución.

Ssystem se distribuye bajo licencia GPL. Es decir, es gratuito y además se incluye el código fuente completo del mismo (en lenguaje C). Una copia del mismo, en versiones para Linux/UNIX y Windows 95/98, puede obtenerse desde la página oficial del programa (ver Enlaces). Lamentablemente y por falta de tiempo solo hay versión en inglés, aunque sí se incluye documentación en castellano.

Si lo que quieres es compilarlo tu mismo (no queda otro remedio en la versión para Linux/UNIX) necesitaras tener antes instaladas en tu sistema las librerías OpenGL,



Figura 2: La Luna vista desde la Tierra el 22 de diciembre de 1998

glut y jpeg. Hay varias versiones de ellas pero yo creo que la mejor opción es compilar Mesa 3.0 (la distribución completa Lib+Demos incluye glut así que matamos dos pájaros de un tiro, además es muy fácil de compilar). En cuanto a la librería JPEG es más que probable que tu sistema ya la incluya (sobre todo si es un Linux), pero si no es así, obtener y compilar la librería de libre distribución del IJG no va a resultar muy difícil. En la página de ssystem hay enlaces a todas estas librerías.

Si prefieres la versión para Windows 95/98 y además no estas interesado en compilar el programa, es muy probable que no necesites nada más que descargar el programa. Sin embargo, dependiendo de la versión de windows de que dispongas, quizás tengas que instalar las DLLs OpenGL (lo sabrás si el programa al ejecutarlo dice que falta OPENGL32.DLL). En ese caso nada tan fácil como instalar los salvapantallas adicionales desde tu CD de windows (si es windows 95 OSR2 o 98) o descargar las DLLs de Microsoft. Como siempre hay un enlace para este menester en la página de ssystem, además si dispones de una tarjeta aceleradora 3D de 3Dfx dispones también de unas DLLs que te permitirán hacer pleno uso de tu hardware.

Lamentablemente ssystem necesita una aceleradora 3D para obtener un rendimiento aceptable. Aún así, si dispones de un ordenador medianamente potente es posible ejecutar ssystem sin tarjeta 3D. No esperes maravillas en este ultimo caso.

Ssystem es un proyecto abierto. Con ello quiero decir que si alguien cree que puede ayudar en una u otra medida a mejorar el programa, no solo es bienvenido sino que agradecería enormemente su colaboración.

Conclusión.

No queda mucho que decir, como en la mayoría de los casos una imagen vale más que mil palabras, así que si echas un vistazo a las pantallas de ejemplo de las figuras 1, 2 y 3 podrás hacerte una idea del estado actual del proyecto. Pero la mejor manera de comprobarlo es descargar el programa una de estas noches, poner algo de música, apagar las luces de la habitación y lanzarse a explorar el sistema solar.

Enlaces

- Página oficial <http://www1.las.es/~amil/ssystem>
- Réplica en EEUU <http://www.msu.edu/user/kamelkev/>

Raúl Alonso
amil@las.es
Oviedo (España)

Estrellas en explosión en la ciencia ficción

Cristóbal Pérez-Castejón Carpena | Murcia, España

La idea de soles explotando y aniquilando planetas enteros ha sido siempre extraordinariamente atractiva para el mundo de la ciencia ficción. Así que el tema ha sido tocado desde todos los puntos de vista posibles.

Nova y el ilirión.

Uno de los enfoques más perfectos es el de “Nova”, de Samuel R. Delany. “Nova” presenta un futuro donde la humanidad se ha esparcido a través del universo gracias al viaje más rápido que la luz. Pero la clave de ese viaje, y de la mayor parte de la tecnología de esta sociedad futura se basa en un elemento superpesado: el ilirión. Aunque susceptible de ser obtenido de modo artificial, el ilirión también aparece en la naturaleza como uno de los subproductos de la explosión de una nova. En aquellos sistemas solares que han experimentado en su sol una de estas explosiones, existen minas que se encargan de la extracción del preciado elemento, que se dedica a todos los usos imaginables: fuente de energía supercompacta, motores interestelares, terraformación de planetas... En este universo en el que la posesión del ilirión juega un papel decisivo en el equilibrio de poder entre las distintas facciones en las que se ha dividido la humanidad, el capitán Lorq von Ray persigue la explosión de una nova para obtener siete toneladas del preciado material directamente de la fuente de la que procede: el corazón de la estrella en implosión.

“Nova” presenta un futuro donde la humanidad se ha esparcido a través del universo gracias al viaje más rápido que la luz

El mundo retratado por Delany resulta fascinante. La obsesiva búsqueda de Lorq tiene numerosos puntos en común con la de la ballena blanca del capitán Ahab: obsesiva, imposible, más allá y por encima de la propia vida. Acompaña al capitán una tripulación producto de una de las más variopintas sociedades interestelares de la literatura del género. El libro mantiene al lector en una continua sorpresa: las naves MRL, los acoples cyborg que permiten desde el gobierno de dichas naves a la utilización de cualquier otra máquina, por complicada que parezca, los instrumentos musicales capaces de excitar simultáneamente todos nuestros sentidos, la terraformación de inhóspitos planetas en lugares paradisíacos gracias al inmenso poder energético del ilirión... a lo largo del libro el lector avanza de maravilla en maravilla. Pero siempre

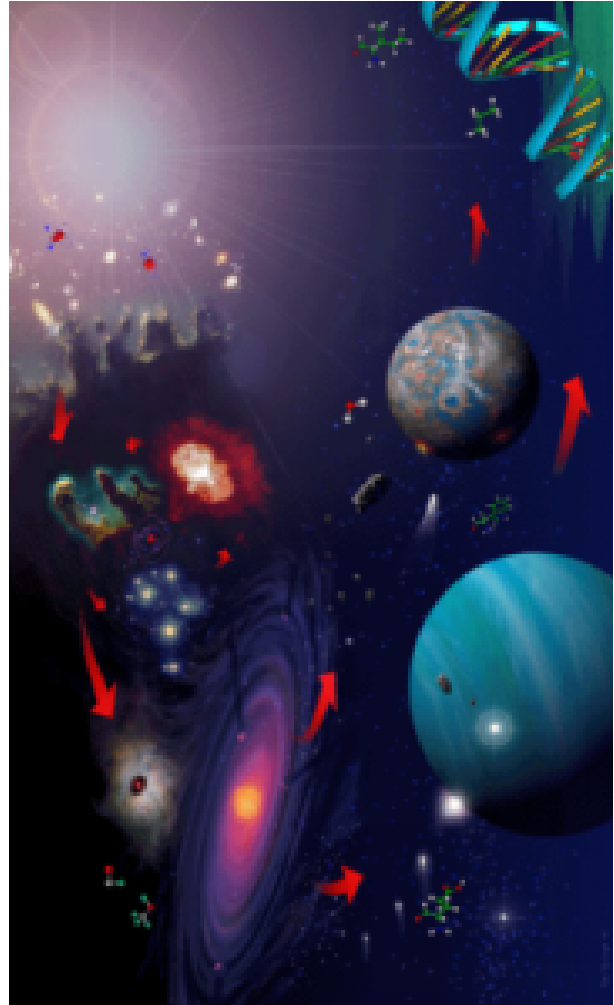


Figura 1: Pat Rawlings para JPL-NASA.

en los talones de la búsqueda obsesiva y autodestructiva del maravilloso grial cuna de toda esa civilización.

Nova presenta una excelente descripción de los mecanismos de formación de una supernova de tipo II, incluyendo la existencia de un posible camino de tránsito por su interior. Asimismo ilustra claramente el papel de la supernova como generador de elementos pesados... y sus efectos destructivos sobre un posible sistema planetario que girase en torno a la misma. (concretamente en torno a los restos de una supernova de tipo I).

El mundo al final del tiempo.

“El mundo al final del tiempo”, de Frederik Pohl narra la historia de la evolución de dos formas de vida inteligente de la galaxia. Por una parte, se nos cuenta la

historia de unos seres humanos embarcados en una expedición de colonización estelar. La descripción de la empresa es extraordinariamente coherente: los expedicionarios se desplazan hasta el lejano planeta en un velero solar auxiliado por un reactor de antimateria.... que va consumiendo parte de la nave al tiempo que su combustible. Los colonos viajan como inertoides, hibernados por la duración del largo viaje... aunque parte de la tripulación efectúa toda la travesía despierta para evitar que algo salga mal, o simplemente por miedo a los posibles daños derivados del proceso de hibernación.

Wan-To pertenece a una raza de seres constituidos por plasma que han evolucionado en el interior de las estrellas

El otro gran protagonista de la historia es Wan-To. Wan-To pertenece a una raza de seres constituidos por plasma que han evolucionado en el interior de las estrellas. La visión que Pohl nos ofrece de estas entidades resulta simplemente fascinante. Por ejemplo, los seres de plasma han solucionado el problema de la comunicación a distancias interestelares mediante la utilización de pares Einstein-Rosen-Podolsky (ERP para abreviar). Estos pares están constituidos por partículas que en determinadas condiciones interactúan mutuamente en tiempo nulo... aun estando separadas por un universo de distancia. El problema del transporte se soluciona mediante la utilización de taquiones, cuyas propiedades también están excelentemente descritas en la obra. La dinámica del núcleo de los soles, los diferentes tipos de estrellas, la perspectiva del universo desde el punto de vista de un ser residente en el interior de una estrella y cuyos procesos mentales están enlazados mediante neutrinos constituyen un prodigio de imaginación... y de precisión.

La trama de la novela comienza cuando los destinos de ambas especies se entrecruzan. En efecto, una de las características comunes de la raza de Wan-To con los seres humanos es su pasión por la guerra. Y la guerra entre unos seres tan extraordinariamente poderosos no es un asunto de broma... especialmente para unos seres tan débiles y desvalidos como los humanos. Los seres de plasma se dedican a generar supernovas para aniquilarse mutuamente, interfiriendo con la gravedad y afectando a los núcleos de las estrellas. Y los humanos se ven súbitamente inmersos en este enfrentamiento cuando un sol estalla bruscamente en su camino al planeta que van a colonizar, desbaratando su esquema de deceleración mediante la vela solar.

Posteriormente, todo el grupo de estrellas en que se encuentra su colonia es desplazado a velocidades relativistas para hacer de señuelo a los disparos de los parientes de Wan-To. Los efectos que sobre la ecología del planeta y la sociedad de los humanos tiene este desplazamiento son una obra maestra de rigor e interés. Y la manera en que estos humanos son conducidos a su enfrentamiento final con el ser de plasma en la misma muerte del universo mantiene el interés del lector hasta la última página.

Viajes interestelares, viajes por el tiempo utilizando la

hibernación y los desplazamientos relativistas, comunicaciones mas rápidas que la luz, encuentros entre diferentes especies, descripción de la mecánica estelar, repaso de los diferentes tipos de estrellas existentes, incluyendo algún que otro objeto exótico como las enanas marrones... todo en medio de la historia de la implacable lucha por la supervivencia de la colonia humana hacen esta obra un hito indispensable en el mundo de la ciencia ficción.

Perdidos en el espacio.

Otra gran obra sobre el tema de las explosiones estelares la tenemos en "Día en llamas", de Poul Anderson. Una nave interestelar, viajando por encima de la velocidad de la luz, asiste al estallido de una supernova. Inmediatamente se alista una expedición destinada a la observación del fenómeno en un planeta situado a pocos años luz de distancia de la explosión. Pero cuando los negociadores llegan para determinar las condiciones en las que se va a construir el observatorio, en un planeta con un nivel científico semejante al nuestro, se encuentran con una situación política particularmente compleja... y en ocasiones altamente explosiva. La forma en que la tripulación de la nave comercial, formada por varias especies inteligentes, interactúa con los testarudos habitantes de Merseya es un clásico del género. "Día en llamas" ofrece una descripción particularmente lúcida de los "efectos secundarios" de una explosión de supernova a varios años luz del punto del desastre: los efectos del pulso electromagnético originado por la interacción de la onda de choque con el campo magnético del planeta sobre los dispositivos electrónicos, el efecto de la radiación de partículas alfa y el desastre ecológico asociada con la misma, y el fin de la navegación estelar hasta que se establecen las condiciones de radiación en el espacio circundante al planeta afectado por la explosión.

"Día en llamas" ofrece una descripción particularmente lúcida de los "efectos secundarios" de una explosión de supernova

Otro gran relato sobre los efectos de una nova lo tenemos en "La estrella", de Arthur C. Clarke, un relato ganador del premio Hugo. "La estrella" relata el estremecedor periplo de una expedición astronómica que alcanza un sistema solar devastado por la explosión de una nova. Esta expedición descubre inesperadamente entre los restos calcinados del único planeta que ha sobrevivido al holocausto el cenotafio erigido por una civilización extraterrestre condenada por el destino a ser inmolada en la ardiente pira de su sol. Las dudas que la existencia de esta civilización provocan sobre la fe del narrador y el espeluznante final del relato lo convierten, sin ningún género de duda, en una obra maestra. "La estrella" contiene una descripción bastante realista de los efectos que la explosión de una estrella pueden tener sobre su sistema planetario.

En la misma línea de “Partida de Rescate” tenemos “Cánticos de la lejana Tierra”.

Clarke también toca el tema de la supernova en su relato “Partida de rescate”. Una nave de una alianza alienígena multicultural es desviada para contactar a la humanidad, tras detectarse la inminente conversión del Sol en una nova. Cuando la nave finalmente llega a nuestro planeta, descubre que los seres humanos no se han quedado a esperar la explosión de su sol... y han iniciado su propio viaje hacia las estrellas utilizando una inmensa flota de naves sublumínicas. “Partida de rescate” es un relato muy interesante, no solamente por los equívocos culturales que el contacto entre dos civilizaciones produce sino porque se encuentra basada en cierto modo en hechos verídicos. En la vida real resulta prácticamente imposible determinar cuando una estrella va a alcanzar la fase de nova o supernova. Sencillamente, las capas exteriores continúan quemándose normalmente... mientras que el núcleo interno se colapsa. Pero, como hemos visto, sí existe un indicador, aunque bastante indirecto, para verificar el estado del núcleo de la estrella: los neutrinos que la abandonan. A mayor densidad nuclear, más interacciones y menos neutrinos. El problema es que desde que se iniciaron las mediciones de estas esquivas partículas hemos descubierto que nuestro sol emite muchísimos menos neutrinos de los que debiera. Esta curiosa anomalía, ampliamente estudiada y para la que no tenemos en este momento explicación, es utilizada por Clarke para justificar en su momento el estallido del Sol.

En la misma línea de “Partida de Rescate” tenemos “Cánticos de la lejana Tierra”. En este libro, asistimos a la diáspora de la humanidad entre las estrellas huyendo de nuevo del estallido de nuestro sol. Para solventar los problemas derivados del viaje interestelar a velocidades sublumínicas, los hombres recurren al empleo de naves sembradoras automáticas, que transportan a las estrellas material genético y embriones en busca de aquellos planetas aptos para el desarrollo de las formas de vida terrestre. La educación de los colonos está mediatizada por la información guardada en las computadoras de la colonia... de la que han sido eliminados aquellos elementos “peligrosos” como los datos referentes a las guerras y las religiones. Sin embargo, justo antes de la muerte del Sol, los seres humanos se hacen con la llave del viaje interestelar a velocidades casi lumínicas. El libro relata precisamente el encuentro de la última nave de la Tierra, con una de estas colonias “sembradas” por una nave automática al principio de la huida de la humanidad desde nuestro planeta madre...

La última obra de Clarke sobre estallidos estelares es el fantástico cuento “Amad ese universo”. Como en el relato anterior, en un momento dado la humanidad detecta que el sol está a punto de pasar a la fase de nova. Es imposible abandonar el planeta. La única esperanza consiste en entrar en comunicación con una lejanísima civilización capaz de crear y modificar a su antojo pulsares y estrellas.



Figura 2: *Escort service*, Slawek Wojtowicz.

Pero para que la comunicación tenga el más mínimo sentido, debe ser más rápida que la luz. La forma en que los humanos se preparan para la emisión de este desesperado grito de ayuda al final de la historia es un ejemplo clásico de lo que los sorprendentes finales de Clarke pueden llegar a ofrecernos. Una pintura excelente de la desesperación de una civilización que se sabe condenada por la muerte de su sol.

Finales agónicos.

Una de las más inteligentes especulaciones sobre los efectos de una explosión solar sobre la vida en nuestro planeta, nos la ofrece “Luna Inconstante”, de Larry Niven, también premiada con el Hugo. En este increíble relato, una noche normal, con una hermosa luna llena, acaba por convertirse en una horrible pesadilla cuando el mundo dormido se da cuenta que el enorme incremento en el brillo de nuestro satélite es debido a que el sol ha estallado. ¿Cómo pasaríais las últimas horas de vuestra vida antes de la llegada de la onda de choque de la explosión? ¿Y si en un momento dado todavía quedase un resquicio a la esperanza? “Luna inconstante” pone de manifiesto un hecho muy importante, pero que en cierto modo escapa a la comprensión de lo que denominamos “sentido común”; aún en el caso de que el sol estalle, la onda de choque de esa explosión no puede propagarse por la atmósfera a la velocidad de la luz: aquellos situados justo en el vértice de la medianoche tendrán unas cuantas horas de vida antes de que la inmisericorde gadaña de la explosión les envíe al olvido. En la misma línea se desarrolla “Infierno”, de Fred y Geoffrey Hoyle. En esta novela, lo que empieza detectándose como una explosión de supernova más, acaba por convertirse en el estallido de la totalidad del centro galáctico. Los efectos térmicos, climatológicos y radiactivos de semejante

holocausto amenazan seriamente la continuidad de la vida sobre nuestro planeta. Solo los más fuertes y decididos tendrán la posibilidad de sobrevivir a las furias desatadas por semejante catástrofe cósmica. Asimov también trata el tema de las novas en su relato “Luz estelar”. Un criminal que huye de la justicia queda atrapado en mitad de ninguna parte porque su sistema de navegación se vuelve loco intentando identificar una estrella que ha pasado a nova en el momento de su salto al hiperespacio.

Si acaso una noche la luna llena comienza a brillar con una luz desaforada... cuidado

Por último, no podemos olvidar aquellos relatos en los que la influencia de la tecnología provoca de la destrucción de los soles. En efecto, un arma capaz de inducir en una estrella el estado de nova es el arma definitiva: no solo destruye el planeta de nuestros enemigos, sino también su sistema solar y todo lo contenido en el mismo. Este tipo de armas es utilizada en “Tropas del Espacio” de Heinlein bajo el nombre de “bomba Nova”. También aparecen en la película “La nueva generación”, de la serie de *Star Trek*, como un torpedo capaz de apagar soles para cambiar la dirección de una perturbación cósmica con unas propiedades ciertamente interesantes. Otra novela en la que se utilizan armas “estelares” es *Dark Star* (1974) de Alan Dean Foster. Un equipo viaja en una nave espacial cargada de bombas conscientes capaces de destruir un planeta entero. Su misión es determinar si los planetas descubiertos son inestables porque se pueden destruir, su sol está cerca de ser supernova etc. En ese caso lo vuelan, para evitar que las futuras colonias que se podrían asentar en el mismo corran peligro. La tripulación esta psicológicamente desequilibrada por los largos años pasados en el espacio, puesto que no pueden regresar hasta haber arrojado todas las bombas. Además la nave tiene cada vez más problemas y todo el mundo tiene ganas de retornar a casa. Pero cuando van a detonar la penúltima bomba se encuentran con que el mecanismo que la ha de soltar sobre el planeta se atasca. La bomba insiste en estallar y los astronautas deberán de convencerla de lo contrario... ya que no puede ser desactivada.

En el excelente cuento “Espoleta de Tiempo”, de Randall Garrett, la primera nave con propulsión FTL de la humanidad descubre al llegar a su destino que la onda de choque de la hiperimpulsión provoca el estallido de las estrellas a una cierta distancia de las mismas. Lo que plantea un interesante problema, porque si al parar el motor se produce el estallido del sol mas próximo a su destino... ¿cómo conseguirá la nave volver a casa sin destruir al sistema solar en el intento?

Heraldos de portentos, guía de magos en busca de Dios, espadas destructoras de sistemas solares enteros. Novas y supernovas son ciertamente fenómenos muy interesantes. Pero es mejor contemplarlos desde lejos. Sin embargo, si acaso una noche la luna llena comienza a brillar con una luz desaforada... cuidado. Pensad cuidadosamente en qué vais a emplear vuestras próximas horas. Porque a lo mejor para el siguiente amanecer ya no existe un sol

como el que conocisteis que pueda alzarse de nuevo por encima del horizonte. Ω

Cristóbal Pérez-Castejón Carpena
cris@arrakis.es
<http://www.arrakis.es/~cris>

Biblioteca astronómica

Comentarios sobre obras científicas y de ciencia ficción. | Sección coordinada por Javier Susaeta

Historia de Marte
Mito, exploración, futuro
Francisco Anguita
Editorial Planeta
316 páginas

Un libro atractivo, aunque caro, de un autor bastante conocido y muy de fiar. Es una pena que el buen papel utilizado en las últimas 64 páginas no lo hayan usado también para el resto del libro, porque algunas ilustraciones pierden calidad. Pero el texto es muy bueno, como cabe esperar de su autor, profesor de la Facultad de Ciencias de la Complutense y frecuente colaborador de el diario “El País” en temas científicos.

El libro es más original de lo que cabe esperar en este tipo de obras, y da la impresión de que el autor lo ha cuidado mucho. Empieza refiriéndose al reciente episodio del “meteorito marciano”, que tanta repercusión ha tenido en los medios, para complacencia de la NASA. El segundo capítulo, titulado “El Marte de los Astrónomos” está dedicado al interés que suscitó el planeta durante el s. XIX, al disponer los astrónomos de mejores telescopios, y realizarse descubrimientos reales –como el de las dos pequeñas lunas marcianas– o aparentes, como las fantasías de Schiaparelli y de Lowell. Por cierto, que el astrónomo italiano sacaba, de los “canali” que afirmaba ver y que le hicieron célebre, peculiares conclusiones sobre la organización política de los marcianos, que –en su opinión– debían practicar el socialismo, a la vista de “procesos organizados” como la irrigación global del planeta rojo.

En el tercer capítulo, Anguita se ocupa de “la gran decepción” que habrían causado en la comunidad científica las imágenes tomadas por la sonda interplanetaria Mariner 4. No se esperaba un “paisaje lunar”, que era el que revelaban las 22 imágenes, sino algo más parecido a la Tierra...

A lo largo de los capítulos siguientes, el autor se ocupa de exploraciones posteriores, como la de los Mariner 7 y 9, las dos sondas Viking... hasta las muy recientes misiones de la *Mars Global Surveyor* y la Pathfinder.

Lástima que este libro sea tan caro, porque es muy recomendable y fácil de leer. Además, y a diferencia de otros libros ya publicados sobre Marte, se tocan puntos relacionados con la geología marciana, lo que no es frecuente en textos de divulgación.

Una Mirada al Espacio
Andrés Ripoll
Círculo de Lectores
240 páginas

Andrés Ripoll, conocido divulgador científico, hace un repaso general a la aventura espacial, desde los primeros satélites artificiales, lanzados por cohetes que eran, en lo

técnico, herederos inmediatos de la V-2, hasta la exploración interplanetaria por sondas no tripuladas, pasando por la aventura de los primeros hombres en el espacio, y la histórica llegada a la Luna de los astronautas estadounidenses. El autor no se pierde por laberintos técnicos y da un extenso repaso a los programas, ambiciones y metas de la aventura espacial, y plantea también los retos del futuro, entre los que incluye la posibilidad de encontrar vida fuera de nuestro planeta, tema éste que es uno de los favoritos del excelente divulgador que es Ripoll.

Callejero Celeste
Miguel Díaz Sosa
Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria
celeste@enterate.com
188 páginas

Para los incondicionales de la astronomía aficionada, Víctor R. Ruiz nos comenta esta obra dedicada a la observación del cielo a simple vista.

Una obra con prólogo del Director del Instituto de Astrofísica de Canarias, Francisco Sánchez, debe ser cuando menos interesante. Y sin duda, estamos ante una de los libros editados en España más cuidados y supera sin duda alguna a muchas traducciones. “El callejero celeste” es una obra editada, principalmente, para los observadores situados en el Hemisferio Norte. Se trata de una guía del cielo, en la que se detallan todas y cada una de las constelaciones visibles desde Canarias. Sin embargo, es una guía de campo inusual en el sentido de su cuidadísimo diseño (¡dudo mucho que nadie quisiera estropear el libro llevándolo de observación!), eminentemente visual.

El libro está dividido en dos grandes partes. En la primera, el lector se ve introducido tanto a los movimientos, fenómenos y cuerpos celestes como al equipamiento de observación. Curiosamente, hay un apartado para la indumentaria, muy a tener en cuenta en las frías noches. En la segunda parte se detallan las constelaciones, ordenadas en las cuatro estaciones. La mayor parte de las fotografías que ocupan las láminas del libro han sido obtenidas por el autor. Aquí radica la fuerza de evocación del “Callejero celeste”: el lector ve las constelaciones tal y como se ven en realidad a cielo abierto.

Es una obra imprescindible para los amantes de la astronomía y sobre todo es un excelente libro de introducción a la observación a simple vista.

Versiones Originales

Una editorial francesa (Éditions Jacques Gabay - 151 bis, rue Saint-Jacques - 75005 Paris) publica, a precio razonable, versiones originales (facsimil) de autores tan importantes como Ampère, Carnot, Galois, Fermat, Fourier, Lagrange, Poincaré, Fermat, Cauchy, Jordan, Monge, de Broglie...



Figura 1: *Blade Runner*, una de las obras maestras del cine de ciencia ficción, ahora en juego para ordenadores.

Unas obras pueden resultar más interesantes –y legibles– que otras, claro. La notación matemática puede haber variado, y eso hará, probablemente, difícil de seguir un texto tan seminal como el trabajo de Fourier, *Théorie Analytique de la Chaleur*. Por otro lado, la tan citada obra de Carnot *Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu* carece prácticamente de expresión matemática y deber ser igual de fácil de entender que cuando se publicó por vez primera, hace 175 años.

Viene bien tener estos libros a mano, por ejemplo para poder verificar, sobre el original, si es cierto que alguien dijo –o escribió, más bien– esto o lo otro; y también para admirar –como sucede en el caso de Carnot– los asombrosos resultados que se obtienen con la abstracción, cosa tan sencilla y tan difícil a la vez.

Juego de ordenador *Blade Runner*

Westwood Studios

Distribuido por Virgin

PC Pentium-90, Windows 95, 16 MB RAM, 2MB RAM

Seguro que muchos admiradores de ese clásico que es *Blade Runner* se quedarán “enganchados” con este juego, que a continuación nos describe Gabriel Rodríguez Alberich.

Los Ángeles. Noviembre, 2019. Ha estado diluviando sobre la metrópoli desde hace semanas, y la omnipresente luz artificial ilumina borrosa las aceras de Chinatown. John Deckard es un experimentado *blade runner*, y su trabajo consiste en dar caza a los replicantes NEXUS-6, seres virtualmente idénticos a los humanos, creados por la Corporación Tyrell. Los replicantes sirven como esclavos en el espacio exterior, y su presencia en la Tierra está terminantemente prohibida... bajo pena de muerte. Las patrullas especiales de la policía –los *blade runners*– tienen órdenes de disparar a matar a todo replicante que sea detectado.

“Blade Runner”, con unos efectos visuales soberbios y unas cuestiones morales tan profundas, es una de las películas de ciencia ficción más influyentes de todos los tiempos. Y el juego no podía serlo menos. Westwood Studios ha sacado a la luz el proyecto que tan secretamente llevaba realizando desde hace años. Lleno de tests de

Voight-Kampff y de replicantes proscritos, el juego es fiel a su predecesor. Es asombroso el parecido, considerando el tiempo que ha pasado desde el estreno del film.

En esta ocasión tomas el papel de Ray MacCoy, un blade runner novato con ningún replicante retirado bajo su cinturón. Tu trabajo es retirarlos, pero de ti depende si eliges hacerlo. Ayudar a los Replicantes, o matarlos; puede cambiar el resultado del juego en cualquier momento.

El juego sigue los agobiantes escenarios de la película y los recrea en un maravilloso esplendor pre-renderizado. La ambientación es sin duda uno de sus puntos más fuertes, y la atmósfera por la que te mueves es asombrosamente realista: lluvia, niebla, fuego, y luces en tiempo real inundan el juego. Al moverte por el escenario, en lugar de cortes y saltos, a veces la cámara se desplaza contigo, acompañándote hasta la siguiente pantalla. Es como si tuvieras a un completo equipo de cine trabajando para hacer que el juego te parezca genial. Todo ello acompañado con una estupenda banda sonora realizada por el mismo Vangelis.

La historia se desenmaraña al explorar el juego recogiendo pruebas, retirando Replicantes y, posiblemente, humanos. Cada decisión que tomas –leer una nota, cuestionarte un asunto, o disparar a una figura evasiva– altera el desarrollo del juego y te embarca en una dirección completamente nueva. Jugar en un entorno en el que los personajes actúan aleatoriamente en cada partida significa que tu aventura se desarrolla de manera distinta cada vez que juegas y las sorpresas siguen llegando hasta el mismo final. Ω

•AstroRED•

ASTRONOMÍA DIGITAL