



LAEFF Reporter

Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
Villafranca del Castillo



<http://www.laeff.esa.es>

Año X, núm. 38. Marzo 2004

De neuronas, redes y estrellas

La nueva estación de Cebreros

Cálculo de abundancias químicas en estrellas

Agua en Marte

El observatorio Spitzer y la nebulosa de la Tarántula

Detectados oxígeno y carbono en
la atmósfera de un exoplaneta

Una estrella devorada por un agujero negro

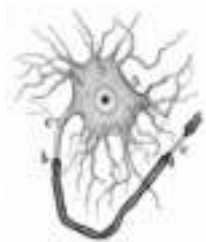
Últimas imágenes de Mars Express

Avance en la instrumentación de GTC

SUMARIO



Imagen de los cúmulos estelares M35 y NGC2158, tomada con el telescopio CFHT. El primero es un cúmulo abierto de unos 150 millones de años (ver LAEFF Reporter núm. 31) y está formado por una población muy numerosa de estrellas masivas y calientes, visibles por sus colores azules. La segunda asociación es un cúmulo globular, mucho más distante y viejo. Su población está compuesta por estrellas poco masivas y rojas. La imagen muestra claramente el efecto de la evolución estelar.



Primera Plana

De neuronas, redes y estrellas

Luis M. Sarro Baro

3



La Tarima

Avance en la instrumentación de GTC

María Luisa García Vargas

7

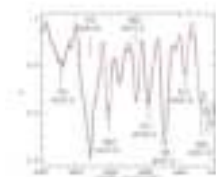


Dossier

La nueva estación de Cebros

Eduardo Quintas Ripoll

11



Apuntes

El cálculo de abundancias químicas en estrellas

Beatriz González García

14



Astronoticias

-El observatorio Spitzer y la nebulosa de la Tarántula

-Detectados oxígeno y carbono en la atmósfera de un exoplaneta

-Una estrella devorada por un agujero negro

-Agua en Marte

-Últimas imágenes de Mars Express

16

Director: Benjamín Montesinos
Redactora Jefe y Editora: Concha Prieto
Diseño: Concha Prieto
Distribución: Laboratorio

Depósito Legal: M-11899/95
ISSN: 1135-1802

Consejo de Redacción

David Barrado, Carmen Blasco, Itziar de Gregorio, Albert Domingo, Elena Jiménez, Miguel Mas, Bruno Merín, Benjamín Montesinos, Concha Prieto.



De neuronas, redes y estrellas

Luis Manuel Sarro Baro

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED- MADRID)

De entre los enigmas planteados a la ciencia en estos comienzos del siglo XXI, pocos hay tan próximos a la esencia de lo humano como el del funcionamiento del cerebro. Expresado en términos más precisos, cómo se recorre el camino que media entre las neuronas del cerebro y un ente autoconsciente.

En este artículo vamos a intentar resumir los aspectos básicos del funcionamiento de las neuronas biológicas y de las aplicaciones computacionales inspiradas en neurociencia. Veremos que con modelos simplificados de las neuronas biológicas es posible reproducir tareas sencillas realizadas por el cerebro, como la clasificación, el control de sistemas o la predicción temporal. Sin embargo, el problema central sigue sin respuesta tanto en el ámbito de la neurociencia como en el de la neurocomputación.

1. El legado de Cajal

Empecemos pues describiendo sucintamente el funcionamiento de las neuronas biológicas. Aunque en el sistema nervioso central (SNC) hay muchos tipos diferentes de neuronas (ver figura 1) su estructura funcional es la misma: un cuerpo celular denominado soma, un conjunto de ramificaciones que parten del soma denominadas dendritas y una eferencia de mayor longitud y menos ramificada que las dendritas denominada axón.

Las dendritas funcionan a modo de antenas receptoras de estímulos procedentes de otras neuronas y, dependiendo del número de estímulos recibidos en las dendritas y transmitidos al soma, éste a su vez puede generar una señal de activación a lo largo del axón que termine excitando a otras neuronas. Por lo tanto, podemos considerar que el soma, respecto de las entradas procedentes de otras neuronas, desempeña una función de toma de decisión: si el nivel de excitación de dichas neuronas sobrepasa un cierto umbral, el soma se dispara y envía a su vez una señal excitadora a lo largo del axón. Al lugar donde se produce la transmisión de información entre el axón de una neurona y la dendrita de otra se lo conoce como sinapsis y, dado que la información siempre se transmite en un sentido (del axón de una neurona hacia la dendrita de otra) vamos a llamar neurona presináptica a aquella y postsináptica a ésta.

La naturaleza exacta de los términos empleados anteriormente -como estímulo, activación o excitación- está relacionada con la fisiología de la neurona y, muy particularmente, de su membrana; con la presencia de numerosos canales iónicos que pueden abrirse y cerrarse como respuesta a la presencia de determinadas sustancias químicas (los neurotransmisores), dando lugar a una permeabilidad eléctrica variable y a cambios en la diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la célula. Las señales a las que hacemos referencia están codificadas en el potencial intracelular y en su evolución temporal. Sin embargo, dada la extensión de este artículo, no podemos entrar en detalles respecto a estos mecanismos celulares.

Primera Plana



Figura 1: Dibujos realizados por Santiago Ramón y Cajal. Imágenes tomadas de la página web que el Gobierno de Aragón ha dedicado al científico en el 150 aniversario de su nacimiento.

Como decíamos, esta descripción es necesariamente simplificada. Hemos dejado fuera de la misma un elemento fundamental que debemos recoger ahora y es el hecho de que las señales procedentes de las neuronas pueden ser excitadoras o inhibitorias y, de igual modo, la señal enviada a lo largo del axón de una neurona puede servir para excitar o inhibir la excitación de la neurona post-sináptica. Además, la capacidad excitatoria/inhibitoria de una sinapsis puede variar con el tiempo y potenciarse o disminuir.

En resumen, desde un punto de vista computacional la neurona funciona como la suma de un campo receptivo dendrítico, una función de de-

terminación no lineal (el soma) y una línea de transmisión de la respuesta (axón), o eso al menos nos gustaría creer a los que de una u otra manera nos dedicamos a la neurocomputación. La realidad es infinitamente más compleja y rica que lo que yo he descrito aquí, sin embargo como punto de partida para construir modelos de neurona artificial tendrá que servir.

2. Modelos de neurona artificial

Una neurona artificial es un objeto programable (en el sentido de programación algorítmica en lenguajes como Fortran o C++ o también directamente a partir de un circuito impreso) que recibe una serie de entradas, las integra y produce una salida

dependiente de la integración. Veamos uno de los modelos más sencillos de neurona artificial: la neurona de McCulloch-Pitts (los padres de la neurocomputación). En una neurona artificial de este tipo tenemos una serie de entradas provenientes de neuronas presinápticas y un valor de salida que codifica el nivel de activación de la neurona (el equivalente al potencial intracelular de una neurona biológica) que se calcula como el resultado de aplicar una función paso o umbral a la suma ponderada de las entradas. Es decir, se multiplica el nivel de activación de las neuronas presinápticas (llamémoslo x_1, x_2, \dots, x_n) por un factor de ponderación que mide la influencia de cada una de dichas sinapsis

Primera Plana

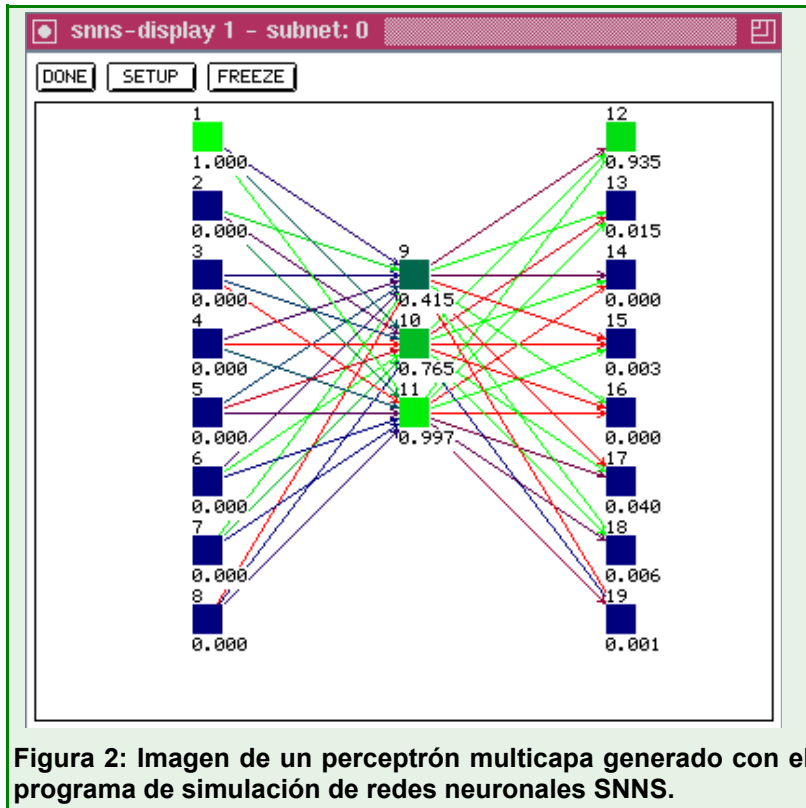


Figura 2: Imagen de un perceptrón multicapa generado con el programa de simulación de redes neuronales SNNS.

(llamémoslo w_1, w_2, \dots, w_n) y si el resultado excede un cierto umbral, la salida de la neurona vale 1 y en caso contrario 0. Existen múltiples variaciones sobre este esquema básico: en lugar de una suma ponderada podríamos tener otro tipo de integración no lineal; en vez de una función umbral abrupta podríamos emplear funciones continuas o incluso la función identidad.

La arquitectura de una red neuronal se define como los tipos de neuronas de que está compuesta, el número de neuronas presentes de cada tipo y la topología conectiva.

Un ejemplo de red sencilla y al mismo tiempo muy utilizado en los más diversos dominios, es el de perceptrón multicapa, compuesto por una primera capa de neuronas sensoriales que reciben las entradas de la red y las redistribuyen a la segunda capa sin procesarlas; la segunda capa (conocida como capa oculta) está compuesta de neuronas como la que hemos descrito anteriormente, que ponderan y suman las entradas y al resultado le aplican una función de decisión; finalmente, la última capa o capa de salida está compuesta por neuro-

nas que suman ponderadamente y aplican una función de decisión que puede ser (pero no necesariamente es) distinta de las de la capa oculta. Si tenemos n neuronas en la capa de entrada y m en la de salida podemos ver una red neuronal de este tipo como una función vectorial de varias variables que definimos mediante los parámetros que la caracterizan: los pesos de las conexiones. Variando dichos parámetros conseguimos diferentes funciones vectoriales. El ajuste de los pesos hasta conseguir la función deseada es lo que se conoce como aprendizaje o entrenamiento de la red y, de nuevo en su modalidad más sencilla y habitual, consiste en un problema de minimización de una función error (diferencia entre la salida deseada y la obtenida) dependiente de dichos pesos. De lo expuesto anteriormente se desprende que será necesario disponer de un buen conjunto de ejemplos de cuáles son las salidas deseadas para todas las posibles entradas que pueda tener la red. Esto es lo que se conoce como conjunto de entrenamiento. La figura 2 muestra una red neuronal sencilla construida con el programa de simulación de redes neuronales SNNS (de libre distribución).

3. ¿Qué se puede hacer con redes neuronales?

Al principio del artículo decíamos que las redes de neuronas artificiales eran capaces de realizar tareas sencillas como la clasificación, el control o la predicción temporal. Después de lo expuesto en la sección anterior no es de extrañar: se trata de tareas que, una vez abstraídos los detalles, podemos ver como funciones vectoriales de varias variables. Por ejemplo, la clasificación de imágenes se puede interpretar como una función que, a partir de una matriz de píxeles, genera una salida (un número) que interpretamos como la clase a la que pertenece la imagen. Es lo que se hace para distinguir estrellas de galaxias en imágenes astronómicas. El control de sistemas se puede reinterpretar también como otra función que, a partir del estado actual (representado por las entradas de la red neuronal) nos proporciona a la salida los valores numéricos que, introducidos en actuadores, modificarán el estado del sistema en la dirección deseada. Este método se emplea para calcular las modificaciones a la posición de los actuadores en un espejo segmentado (salida de la red), a partir de la imagen deformada por la atmósfera de una estrella artificial en el campo de la óptica adaptativa (entrada). Y, finalmente, si el

estado de un sistema depende de los estados anteriores por los que ha pasado y de las influencias externas, podemos modelar esa dependencia como una función vectorial de varias variables y entrenar una red con ejemplos tomados de la evolución conocida de un sistema para que ésta prediga el comportamiento futuro.

Debido a la limitada extensión de este artículo, hemos tenido que dejar fuera áreas de la neurocomputación de mayor impacto teórico que las expuestas pero, quizás, menos apropiadas para la resolución directa de tareas. Desgraciadamente además, se han deslizado algunas simplificaciones tan necesarias como inexactas. Por ejemplo, que la información sólo se propague desde la neurona presináptica a la postsináptica. Hay indicios de que la neurona presináptica puede saber cuándo su activación contribuyó a producir la activación de la postsináptica dando lugar a modificaciones en la capacidad de la sinapsis para producir la excitación de esta última. ¡Vaya! Esto suena como la modificación de los pesos de esa gran red neuronal que es nuestro cerebro. Si la conectividad topológica de la red representa lo que la red sabe, nuestra memoria está impresa en las conexiones

neuronales y sus pesos relativos.

Por otro lado, es verdad que el perceptrón multicapa entrenado con ejemplos (lo que se conoce como entrenamiento supervisado) es la configuración más habitual de este tipo de tareas, pero no la única. Se puede entrenar una red neuronal de forma no supervisada y también realizará tareas de reconocimiento de patrones. Más aún, se pueden construir redes neuronales cuya salida no es el valor de activación de las neuronas de una capa sino el estado termodinámico (en sentido estadístico) de los valores de activación de las neuronas de la red. Dichas redes pueden presentar comportamientos caóticos, atractores y ciclos límite que, sin forzar mucho el paralelismo, podríamos interpretar como recuerdos. ¿Es así como se codifican las memorias en nuestro cerebro? ¿Podríamos explicar la locura de un sueño como un ir y venir entre distintos atractores de un sistema caótico? Estamos aún muy lejos de poder formular estas preguntas en términos científicos pero me gustaría pensar que algún día será posible descifrar ese gran misterio que representa un conjunto de células que se piensan a sí mismas, sueñan y recuerdan.

La Tarima

Avance en la instrumentación de GTC

María Luisa García Vargas

Responsable de instrumentación de GTC

Han pasado seis años y medio desde que se realizó la primera reunión de trabajo sobre instrumentación en La Laguna, en el que más de 100 astrónomos de toda España discutíamos con más ilusión que experiencia, qué instrumentos nos gustaría tener en el GTC y cómo los íbamos a desarrollar. En ese momento ni siquiera el GTC tenía asegurada su financiación, y tampoco participaban en el proyecto nuestros actuales socios de México y Florida. Ha sido un largo camino lleno de dificultades pero en el que se empieza a ver, literalmente, la luz.

Los instrumentos del Gran Telescopio de Canarias (GTC) avanzan para poder estar en el telescopio en el Día Uno, garantizando de esta manera el retorno científico tan esperado por nuestra comunidad. **ELMER** y **CanariCam** están en su fase final de integración en Tenerife y Florida respectivamente, y se quiere tenerlos completamente integrados y probados antes de finalizar el año 2004. **OSIRIS** está completando el diseño detallado de algunos subsistemas y tiene otros en fabricación, esperando comenzar la integración en el IAC alrededor del verano de 2004. Ello nos permite afirmar que varios instrumentos científicos estarán listos antes de la terminación del telescopio, lo cual es un logro sin precedentes en el panorama de los grandes telescopios.

Pero el programa de Instrumentación de GTC no hace más que empezar con los instrumentos del Día Uno. **EMIR**, instrumento de segunda generación estará disponible a partir del año 2007. En este momento se están fabricando prototipos de los subsistemas más críticos con objeto de probar su viabilidad y funcionalidad en las condiciones de operación en criogenia. Cuatro instrumentos se encuentran pues en marcha y su desarrollo está completamente financiado por el GTC, GRANTECAN, PNAYA, y los centros participantes en los diferentes consorcios. Este año se espera iniciar el desarrollo de un instrumento en infrarrojo cercano para funcionar con el sistema de óptica

adaptativa. Como siguiente instrumento a ser desarrollado para el GTC el SAC (Consejo Científico Asesor) ha recomendado un espectrógrafo visible de resolución intermedia. Las fases iniciales de diseño de estos instrumentos deberían comenzar a lo largo del año 2004. Adicionalmente, en el último año se han presentado al SAC de GTC propuestas para la instalación de diversos instrumentos de potencial científico complementario a los ya mencionados, para operar poco después del Día Uno. Estamos trabajando para proponer, a los diferentes comités de decisión un plan de instrumentación que ofrezca a los astrónomos un amplio abanico de posibilidades, incluyendo tanto los instrumentos ya aprobados como algunos de los instrumentos visitantes propuestos. Esto requiere, no sólo adaptar estos instrumentos a nuestro telescopio, sino también equipar las diferentes estaciones focales del GTC con rotadores y sistemas de adquisición y guiado. Pasemos ahora a resumir el estado de los instrumentos, aunque os invitamos a visitar las páginas de red o contactarnos para ampliar la información.

OSIRIS

Este instrumento, liderado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y cuyo investigador principal es el Dr. Jordi Cepa, comenzó su andadura en el año 1998 y fue aprobado definitivamente en el año 2000, tras una fase de definición y diseño preliminar. **OSIRIS** realiza imagen y espectroscopía

La Tarima

pía de gran campo (8.5' x 8.5') con una escala de placa de 0.125"/pix y excelente calidad de imagen sobre un mosaico de dos detectores CCD44-82 de 2048 x 4096 píxeles de 15 micras. Para espectroscopía, **OSIRIS** dispone de un conjunto de rendijas largas, un cargador de máscaras para multi-objeto en el plano focal, y 6 posiciones para grismas en las ruedas de pupila que ofrecerán resoluciones entre 500 y 2500. Sin duda, la mejor aportación de **OSIRIS** es su conjunto de filtros sintonizables, que permiten variar la longitud de onda central y el paso de banda del filtro, permitiendo potentes mapas de imagen, que son la base de su programa científico clave OTELO, que estudia la formación estelar en galaxias de hasta $z = 1.5$. Además, **OSIRIS** también puede realizar fotometría rápida.

En este momento, algunos de los componentes importantes de **OSIRIS** se encuentran en fabricación, como su colimador, un gran espejo esférico fuera de eje que cuenta con un mecanismo

les y algunos grismas. **OSIRIS** ha planificado el comienzo de su integración para el verano de 2004. Será el primer instrumento en utilizar la nueva sala de integración para grandes instrumentos, actualmente en construcción en las instalaciones del IAC en La Laguna.

ELMER

En octubre del año 2000, se aprobó y financió el diseño y fabricación de este instrumento para el GTC, como una acción de contingencia recomendada por el SAC. En ese momento, no se esperaban retrasos en el telescopio. Sin embargo, los instrumentos atravesaban un momento de crisis, que ofrecía serias dudas sobre la viabilidad de su planificación. Así nació **ELMER**, que ha sido diseñado y gestionado directamente por la Oficina de Proyecto, bajo la dirección del Dr. Peter Hammersley y la autora. **ELMER** ofrece imagen con filtros convencionales de banda ancha (SDSS) y estrecha (conjunto de 8 filtros alrededor de las principales líneas de emisión a $z=0$) en un campo de 4.2

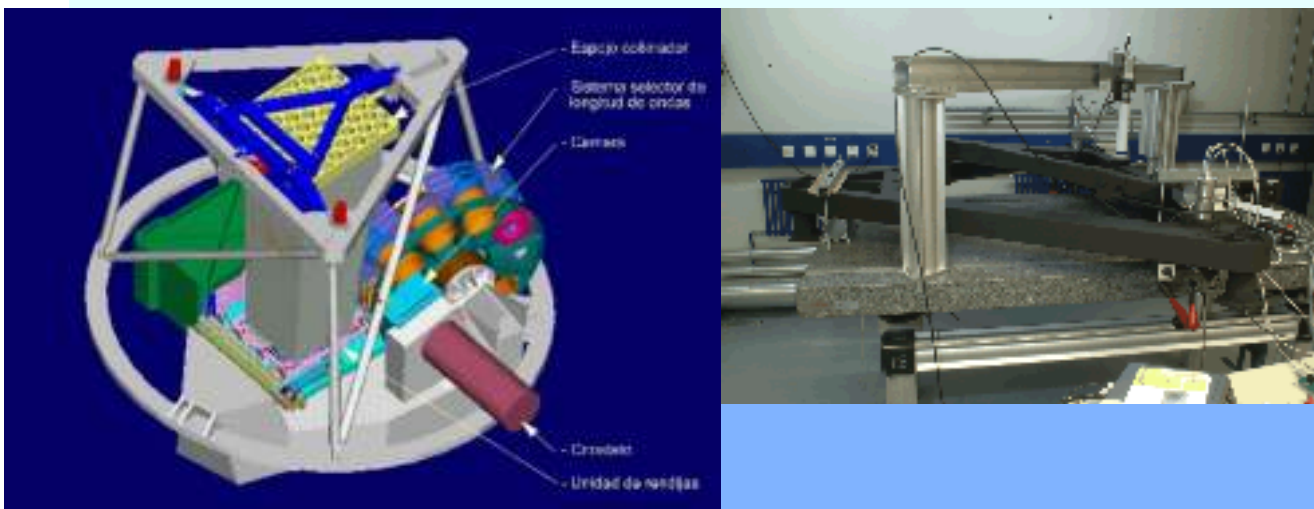


Figura 1: A la izquierda, el modelo 3D de OSIRIS. A la derecha, el soporte del colimador activo durante las pruebas.

activo de compensación para movimiento de imagen, y su espejo de doblado, que se encuentran en la fase final de pulido; los filtros sintonizables, las ruedas de pupila y el criostato. Todos ellos tienen fechas de entrega en los próximos meses. Otros componentes se encuentran en su fase final de diseño, como la estructura, los filtros convenciona-

minutos de arco en diámetro. Para espectroscopía se utiliza rendija larga y multi-objeto con máscaras en un campo de 3' x 3' en tres resoluciones, $R=150$ (con prismas), $R=1000$ (con grismas) y $R=2500$ (con VPHs), dadas para una rendija de anchura 0.6", y cubriendo todo el espectro visible. Se encuentran disponibles otros anchos de rendija

Nota: minuto de arco ('). Segundo de arco (").

La Tarima

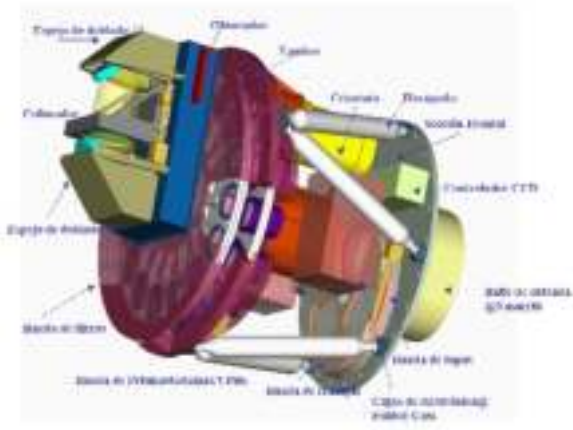


Figura 2: A la izquierda, el modelo 3D de ELMER en el momento de la revisión de diseño preliminar (abril 2001). A la derecha, el instrumento ya fabricado, actualmente instalado en el interior de una sala limpia en el taller de mecánica del IAC en La Laguna, donde ELMER está siendo integrado y probado por el equipo de la Oficina de Proyecto.

mayores. **ELMER** también realiza espectrofotometría rápida gracias a la posibilidad de movimiento de carga en su detector (1 CCD44-82 de 2048 x 4096 píxeles de 15 micras), capaz de mover una línea completa de carga en 500 microsegundos. La escala de placa en todos los modos es 0.2"/pix. Los componentes de **ELMER** se encuentran ya fabricados y probados individualmente en La Laguna (Tenerife), a excepción de las VPHs, cuyos prismas se encuentran en su fase final de pulido y se esperan recibir en verano de 2004. La estructura principal y los mecanismos llegaron a La Laguna el 27 de noviembre de 2003, y se han instalado en una sala limpia portátil dentro del taller mecánico del IAC, donde el equipo de la oficina de proyecto del GTC ha iniciado la fase final de integración y pruebas, que ocupará la mayor parte de 2004. Como ejemplo de su sensibilidad, se puede decir que **ELMER** podrá obtener espectros con resolución 2500 de S/N=20 con una rendija de 0.6" de objetos de magnitud 23, en 1 hora de tiempo de exposición. Para los mismos parámetros, se podrá realizar espectroscopía rápida con resolución temporal de 1 segundo de objetos de magnitud 16-17. En imagen, se alcanzarán en 1 hora magnitudes entre 23.5 y 27.5 dependiendo del filtro.

CanariCam

Liderado por el Dr. Charles Telesco del Departamento de Astronomía de la Universidad de Florida, este instrumento de infrarrojo medio (8 a 25 micras) ofrece imagen limitada por difracción con un amplio conjunto de hasta 26 filtros de banda ancha y estrecha, en las ventanas de 10 y 20 micras, además de coronografía y polarimetría en modo imagen en la ventana de 10 micras, no estando estos últimos modos disponibles en ningún telescopio de clase 8-10 metros. Adicionalmente está dotado con dos modos de ingeniería (para ver la ventana de entrada, y para ver la pupila) en el intervalo de 2 a 25 micras. **CanariCam** tiene un campo de visión de 25.6" x 19.2" proyectado sobre un detector Raytheon de 320 x 240 píxeles de 50 micras, con una escala de placa de 0.08"/pix. En espectroscopía ofrece dos redes cubriendo la ventana de 10 micras (8-14 micras) con resoluciones $R = 175, 1300$ y dos redes cubriendo la ventana de 20 micras (16-25 micras) con resoluciones $R = 120, 900$. Este modo utiliza una rendija larga de 19.2" y anchuras variables, tomando las de 0,28" y 0,53" como base para las ventanas de 10 y 20 micras respectivamente.

CanariCam se encuentra en su fase final de integración en la Universidad de Florida y se prevé

La Tarima

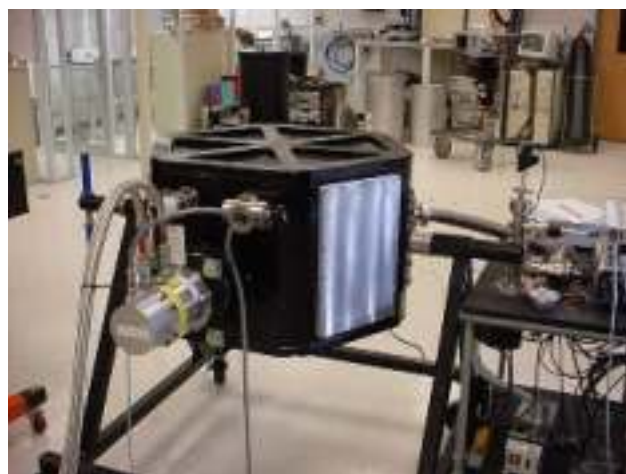
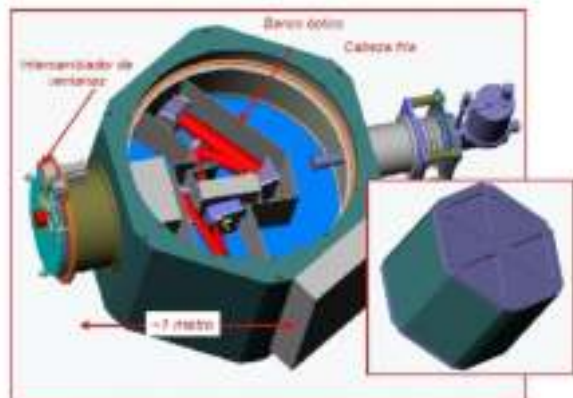


Figura 3: A la izquierda el modelo 3D de CanariCam en el momento de su revisión de diseño preliminar (2000). A la derecha, el criostato de CanariCam durante las primeras pruebas en la Universidad de Florida.

que se entregue en el ORM a finales de 2004, por lo que estará listo para operar en el Día Uno en el GTC.

EMIR

Instrumento aprobado para la segunda generación, liderado por el IAC y cuyo investigador principal es el Dr. Francisco Garzón. **EMIR** es un espectrógrafo multi-objeto y cámara de imagen en el infrarrojo cercano, entre 1 y 2.5 micras con un campo de visión de 6' x 6'. El modo para el cual **EMIR** está optimizado es la espectroscopía multi-objeto, para la cual utilizará un robot criogénico configurable en su plano focal. En pupila utiliza unos elementos llamados pseudo-grismas, que

producen resoluciones de $R=3750$, 4250 y 5000 en K, H y J respectivamente. Para el modo imagen, **EMIR** contará con un conjunto de filtros anchos y estrechos situados en el haz convergente hacia el detector, un Hawaii-2 2K x 2K de 18 micras/pix. **EMIR** tuvo su revisión de diseño preliminar en marzo de 2003, y operará en el GTC en el año 2007.

Para que los usuarios del GTC tengan un rápido retorno científico, todos los instrumentos están preparando las herramientas necesarias de reducción de datos, lo que facilitará además la gestión del archivo del telescopio.



Figura 4: Dos vistas de uno de los criostatos de pruebas de EMIR, utilizado para la caracterización del detector Hawaii-2 y el sistema de adquisición de datos. El equipo de EMIR está preparando otros criostatos para probar los prototipos de los diferentes subsistemas (óptica, opto-mecánica, motores, etc.) en las condiciones de operación.

La nueva estación de Cebreros

Eduardo Quintas Ripoll

*Jefe del Área de Integración y Estaciones
Departamento de Programas Espaciales- INTA*

Robledo de Chavela y Fresnedillas, en la provincia de Madrid, y Cebreros, en la provincia de Ávila, son tres localidades de la sierra que se hicieron famosas en los años sesenta y setenta por su contribución en la carrera por la conquista de la Luna y en la exploración del Sistema Solar.



La antigua estación de NASA en Cebreros

Todo empezó cuando, en 1964, los gobiernos de España y de los Estados Unidos de América firmaron un acuerdo de cooperación científica para la instalación cerca de

Madrid de una estación espacial dedicada a la exploración del espacio lejano. Posteriormente NASA e INTA firmaron un contrato para la operación y mantenimiento de la esta-



Antena de 35 metros de diámetro de ESA en New Norcia (Australia).

ción. La primera instalación fue la de Robledo de Chavela, pronto le siguieron la de Cebreros, dedicada al seguimiento de los vehículos espaciales enviados hacia el planeta Marte y Fresnedillas, para el seguimiento de las

Se espera que la nueva estación de ESA en Cebreros comience sus operaciones a finales de 2005 con la misión Venus Express

misiones Apolo a la Luna.

Las estaciones se construyeron en lugares próximos, y rodeados de montañas para evitar posibles interferencias entre ellas o provenientes de otras instalaciones radioeléctricas.

En los años ochenta, fundamentalmente por cuestiones presupuestarias, NASA decidió reunir las capacidades de los tres estaciones en una sola, la de Robledo de Chavela, que se denominó Complejo Espacial de Madrid para las Comunicaciones con el Espacio Lejano (MDSCC en sus siglas en inglés). El Complejo forma parte desde

entonces de la Red de Espacio Lejano (DSN) de NASA, junto con los complejos gemelos de Goldstone, en California y de Canberra, en Australia. Las estaciones de Fresnedillas y Cebreros pasaron a ser propiedad del Ministerio de Defensa español. La primera se dedica a otras actividades de defensa y la segunda pasó a INTA utilizándose durante algunos años para el seguimiento de misiones espaciales en colaboración con NASA. A finales de los ochenta, por diferentes razones, quedó sin actividad.

Al mismo tiempo, la ESA firmó en los años setenta un acuerdo con el gobierno es-

pañol para la instalación en Villafranca del Castillo de una estación de seguimiento de satélites, y en los años noventa decidió la creación de una Red de Espacio Lejano propia. Esta red se inició con la instalación en New Norcia, cerca de Perth (Australia), de una estación con una antena de 35 metros de diámetro, capaz de comunicar con vehículos espaciales situados a más de 900 millones de kilómetros de la Tierra. La estación está en funcionamiento desde julio de 2002 y se utiliza en la actualidad para el seguimiento de Mars Express y SMART-1.

Pero, una red precisa varias estaciones situadas en ambos hemisferios y separadas unos 120° en longitud, por lo que ESA se planteó la necesidad de instalar otra estación en el hemisferio norte en una longitud geográfica correspondiente a Europa.

En el año 2002, tras largas negociaciones con el CDTI e INTA, se decidió que el emplazamiento idóneo era Cebreros. Esta decisión se plasmó el 22 de julio de 2003 en un acuerdo entre el gobierno español y ESA sobre la instalación en Cebreros de una antena similar a la de New Norcia. Actualmente, INTA prácticamente ha finalizado el desmantelamiento de las instalaciones anteriores, y

La antena será gemela de la de New Norcia, tendrá 35 metros de diámetro y funcionará en banda X (8400-8500 MHz) y banda Ka (31.8-32.3 GHz)

ESA ha iniciado la construcción de la cimentación de la nueva antena, de forma que se espera que la estación comience sus operaciones a finales de 2005 con la misión Venus Express.

La antena será gemela de la de New Norcia, tendrá 35 metros de diámetro y funcionará en banda X (8400-8500 MHz) y banda Ka (31.8-32.3 GHz), podrá transmitir una potencia de 20 kW y dispondrá de receptores criogénicos extraordinariamente sensibles. Con una masa de unas 630 toneladas, la antena está diseñada para una precisión de apuntado mejor que 0.006°, con capacidad para orientarse hacia cualquier punto del espacio mediante una estructura altazimutal.

La estación de Cebreros

no pretende ser una instalación independiente; formará parte de la estación de Villafranca del Castillo desde donde, por control remoto, se realizarán las operaciones. Esta antena también se podrá controlar desde ESA-ESOC en Alemania.

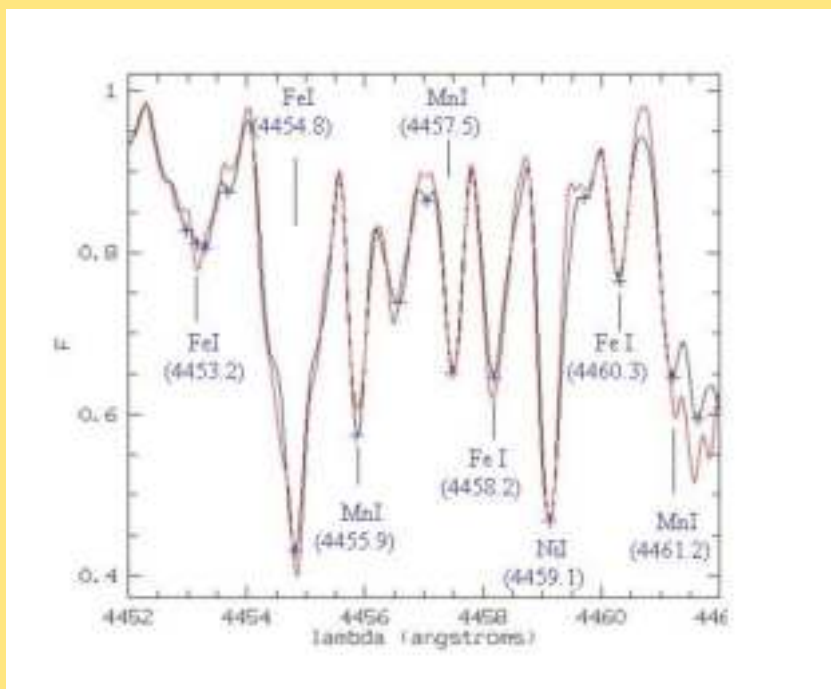
Asimismo, en un futuro próximo se contempla la posibilidad de desplazar a Cebreros alguna de las antenas instaladas en la actualidad en Villafranca, debido a las crecientes dificultades que hay en el reparto del espectro radioeléctrico y las posibles interferencias producidas por la presión urbanística que sufre la estación.

Creo que los ciudadanos de las Comunidades de Madrid y de Castilla-León debemos felicitarnos por esta nueva instalación que ha permitido resucitar la estación de Villafranca y establecer en nuestras regiones un conjunto de instalaciones científicas de primer orden mundial. Esta nueva estación espacial dará lugar, con toda seguridad, a nuevos acuerdos de colaboración entre NASA, ESA y organismos españoles para la investigación radioastronómica y la exploración de nuestro Sistema Solar.

El cálculo de abundancias químicas en estrellas

Beatriz González García
XMM-Newton Science Operation Centre

La búsqueda y estudio de planetas extrasolares en órbita alrededor de estrellas lejanas es, en nuestros días, uno de los campos más vanguardistas de la Astrofísica. El cálculo de las abundancias químicas en las estrellas es esencial para comprender mejor los procesos de formación de los planetas.



Una región del espectro observado de τ Boo (en negro) comparada con el espectro sintético (en rojo). Se ha representado la intensidad normalizada frente a la longitud de onda. El espectro sintético se ha calculado con una temperatura efectiva de 6250 K, $\log g=4.0$, velocidad de rotación proyectada 16 km/s y metalicidad $[M/H]=0.2$, que equivale a, aproximadamente, un factor 1.6 la metalicidad solar. Se puede comprobar que el acuerdo entre ambos es excelente.

La detección de planetas extrasolares se realiza tanto por métodos fotométricos como espectroscópicos. Entre los primeros se encuentra la disminución del brillo superficial de la estrella cuando el planeta realiza un tránsito en el plano de visión, mientras que los métodos espectroscópicos estudian cómo afecta la existencia de dicho planeta al espectro estelar (variaciones en su velocidad radial, composición química). Hay que tener en cuenta, por tanto, que las características que asignamos a los planetas extrasolares en torno a

estrellas se encuentran limitadas por los métodos de medición.

Desde el descubrimiento en 1995 de un planeta orbitando en torno a otra estrella tipo solar (Mayor & Queloz) muchos candidatos adicionales han sido anunciados (Butler & Marcy, 1996; Butler et al. 1996; Marcy & Butler 1996) con un promedio de uno por mes (véase <http://www.obspm.fr/planets>). Debido a que entendemos las propiedades físicas de las estrellas tipo solar (enanas F y G)

mejor que la mayoría de otros tipos de cuerpos astronómicos, debería ser posible establecer una correlación entre las propiedades de estas estrellas y sus sistemas planetarios. Así pues, la metalicidad de la nube interestelar a partir de la cual se forma la estrella podría tener un efecto significativo en el proceso de formación del planeta, ya que la generación inicial de planetas se piensa que ocurre por medio de la acumulación de planetesimales (Lissauer & Stewart, 1993).

Los estudios realizados por Guillermo Gonzalez (Universidad de Texas) desde 1997 hasta la fecha muestran que, en general, las estrellas que albergan planetas extrasolares son más ricas en metales que estrellas de campo del mismo tipo espectral. Estas observaciones sugieren una conexión entre la existencia de un planeta gigante con una órbita pequeña y la alta metalicidad de su estrella anfitriona, propuesta por Lin, Bodenheimer y Richardson (1996). Este modelo se basa en la migración hacia la estrella de un planeta gigante durante la época de formación de éste, cuando aún existe acrecimiento en el disco. Como el planeta gira dentro del disco, el material entre éste y la estrella presumiblemente cae sobre esta última.

Gonzalez (1997) realizó un análisis de abundancias en las estrellas anfitrionas tales como ν And y τ Boo, ρ 55 Cnc y 51 Peg para lo que empleó espectros de alta resolución y con alta relación señal ruido. Todos los sistemas anteriores presentaban unas características comunes:

- a) Estrella anfitriona rica en elementos pesados
- b) Planeta poco masivo ($<13M_{\text{Júpiter}}$)
- c) Planeta en órbita circular muy próxima

El escenario de Lin y colaboradores (1996), aporta, de momento, la mejor explicación hasta ahora para la formación de esos sistemas. No obstante, para confirmar esta teoría debemos aún analizar gran cantidad de espectros estelares adicionales.

NUESTRO TRABAJO

Con objeto de facilitar este trabajo, hemos desarrollado un método automático de cálculo de abun-

dancias químicas en estrellas. Este está siendo aplicado a la muestra del grupo EXPORT, formada por objetos pre-secuencia principal (estrellas T Tauri y Herbig Ae/Be) y secuencia principal (estrellas tipo Vega y estrellas con planetas), observada en las noches de Tiempo Internacional concedido en 1998-1999 al programa "Sistemas Planetarios: Formación y Evolución" en los observatorios de las Islas Canarias (Eiroa et al. 2000).

Debido a que la obtención de los parámetros estelares fundamentales, en particular las abundancias químicas, requiere del análisis de una gran cantidad de datos observacionales, es el desarrollo de un método como el descrito en este trabajo, imprescindible para la obtención de resultados de un modo eficiente y sistemático.

Los pasos fundamentales de que consta dicho método incluyen: determinación precisa de la temperatura efectiva de la estrella (a partir de los modelos de atmósfera ATLAS9, Kurucz 1993), corrección de velocidad radial por el método de correlación cruzada y el propio cálculo de las abundancias.

El cálculo de abundancias estelares requiere previamente de la identificación de líneas, que consiste en su detección automática a partir de la base de datos atómica de Kurucz y Bell (1998), y selección de líneas válidas (aquellas en las que el elemento contribuya al menos en un 80% al perfil de línea). Por último, interpolamos las líneas elegidas en la red de modelos sintéticos de ATLAS9 con parámetros especificados para cada estrella y en un amplio rango de metalicidades.

La abundancia de cada elemento ha sido obtenida como la media de las abundancias derivadas para cada una de las líneas de un mismo elemento.

El método ha sido evaluado positivamente tras ser comparados sus resultados con aquellos obtenidos por Gonzalez y Laws (2000) para la estrella τ Boo, la cual posee un planeta a 240 UA de distancia, descubierto por el método de velocidades radiales. (ver <http://www.obspm.fr/encycl/t-Boo.html> para más detalles de este sistema planetario).

EL OBSERVATORIO SPITZER Y LA NEBULOSA DE LA TARÁNTULA

Cortesía de NASA



El telescopio espacial *Spitzer*, anteriormente conocido como SIRTf (*Space Infrared Telescope Facility*), fue lanzado por NASA el pasado 25 de agosto para observar objetos en el rango infrarrojo. Gracias a su sensibilidad, *Spitzer* puede revelar lugares de formación estelar en el interior de nubes de polvo ocultos en el óptico.

Uno de sus objetivos recientes ha sido la nebulosa de la Tarántula, en la Gran Nube de Magallanes. Se trata de una nube de gas y polvo que contiene un gran número de estrellas muy jóvenes. En la imagen, realizada mediante una combinación de la emisión a 3.6, 4.5, 5.8 y 8 micras, se puede apreciar una serie de estructuras filamentosas y de espacios vacíos producidos por vientos altamente energéticos originados en las estrellas masivas y jóvenes que pertenecen al cúmulo central R136. En los bordes de estos vacíos se pueden apreciar densos pilares de gas y de polvo, futuro lugar de nacimiento de nuevas estrellas. Es especialmente interesante la información que *Spitzer* puede proporcionar sobre el material molecular rico en hidrocarburos (filamentos rojos de la imagen) y sobre las capas más cercanas a las estrellas masivas (representados en color verde), que están ionizadas por la intensa radiación estelar de las estrellas pertenecientes al cúmulo central.

DETECTADOS OXÍGENO Y CARBONO EN LA ATMÓSFERA DE UN EXOPLANETA

Un equipo de científicos del Instituto de Astrofísica de París, ha detectado con el Telescopio Espacial Hubble la existencia de oxígeno y carbono en el exoplaneta HD 209458b. Dichos elementos se encuentran rodeando al planeta en una envoltura extensa, con una tasa de evaporación tan grande, que se ha propuesto clasificar a estos cuerpos como remanentes de núcleos de planetas gaseosos gigantes completamente evaporados. En realidad se trata de un proceso mucho más eficiente que la evaporación, mediante el cual gigantes gaseosos podrían perder totalmente su envoltura y convertirse en planetas rocosos de tipo terrestre. Este descubrimiento no sólo es importante por el hecho de que el oxígeno es un posible indicador de la existencia de vida, sino porque podría reforzar la teoría de que planetas de nuestro sistema solar, como Venus, la Tierra y Marte perdieron sus envolturas gaseosas en una fase temprana de su formación, adquiriendo sus actuales atmósferas a partir de impactos con asteroides y cometas o de gases procedentes de su interior. A HD 209458b se le ha bautizado como Osiris.



Cortesía de David A. Hardy.

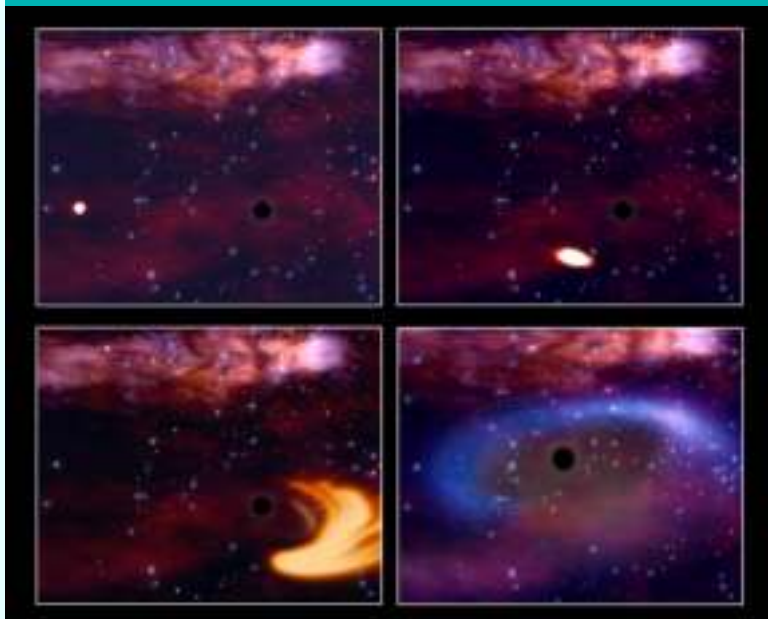
Impresión artística de un exoplaneta y su estrella.

UNA ESTRELLA DEVORADA POR UN AGUJERO NEGRO SUPERMASIVO

Los observatorios de rayos-X *XMM-Newton*, de ESA, y *Chandra*, de NASA, han detectado la destrucción progresiva de una estrella que está siendo consumida por un agujero negro supermasivo.

Los astrónomos piensan que la estrella se acercó demasiado al agujero negro tras un encuentro cercano con otra que la desvió de su curso. Al aproximarse a la enorme gravedad del agujero negro, la estrella empezó a ser deformada por fuerzas de marea hasta que fue desgarrada físicamente. El fenómeno nos aporta información sobre cómo crecen los agujeros negros y sus efectos sobre el gas y las estrellas que los circundan.

Los observatorios *XMM-Newton* y *Chandra* combinaron sus resultados con los previos de ROSAT, otro satélite astronómico, para detectar un poderoso estallido de rayos-X procedente del centro de la galaxia RXJ1242-11. Este estallido, uno de los más intensos encontrados hasta ahora, fue causado por el calentamiento del gas de la estrella en las inmediaciones del agujero negro. La materia estaba siendo calentada a millones de grados antes de ser tragada por este último. La energía liberada en el proceso es equivalente a la de una supernova (la explosión de una estrella masiva que ha llegado al fin de sus días).



El agujero negro en el centro de la galaxia RX J1242-11 debe tener una masa equivalente a 100 millones de soles como el nuestro. La estrella destruida debió ser parecida al Sol.

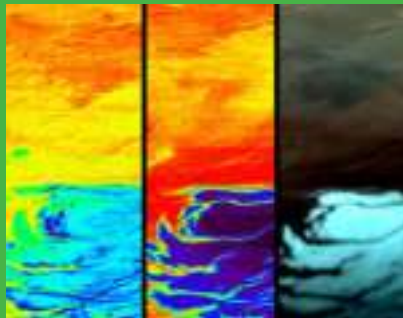
La teoría física que explica este proceso coincide con lo observado: aproximadamente una centésima parte de la masa de la estrella será consumida por el agujero negro. El resto, debido al impulso que llevaba y a la energía del proceso de acrecimiento, será lanzado a grandes distancias.

Estallidos semejantes al observado se han visto en otras galaxias, pero ésta es la primera vez que, gracias a la alta resolución espectral de *XMM-Newton*, y a la alta resolución espacial de *Chandra*, hemos podido confirmar el origen y la naturaleza del fenómeno. *Chandra* confirmó que el suceso ocurría en el centro de RXJ1242-11, y *XMM-Newton* nos mostró lo que sucedía alrededor del agujero negro, eliminando otras posibles explicaciones.

Impresión artística: ESA and Stefanie Komossa (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics).



Cortesía de NASA



Cortesía de ESA

Imágenes de la Mars Express de CO₂ y de agua en el Polo Sur marciano.

AGUA EN MARTE

Las sondas de ESA y NASA que se encuentran explorando Marte han encontrado evidencias de la presencia en la actualidad de hielo de agua, por una parte, y de la existencia en el pasado de agua líquida abundante, por otra. El rover de la NASA Opportunity ha obtenido imágenes de rocas que por su aspecto sugieren una modificación por efecto del agua líquida. Sus instrumentos de medición también detectaron altos niveles de sales sulfatadas. Según científicos de NASA, la única forma en que tales concentraciones de sales puedan producirse es por haber estado disueltas en agua, que posteriormente se ha evaporado.

Por otro lado, estudiando los agujeros practicados por el Spirit en la roca volcánica de Marte se dedujo que el agua había formado pequeños orificios y dejado depósitos minerales. En esta zona del planeta habría habido menos agua que en el lugar donde se encuentra Opportunity, Meridiani Planum. Finalmente, la nave de ESA Mars Express ha obtenido imágenes de la distribución de hielo líquido en el Polo Sur marciano, mezclado con hielo de CO₂ y otros componentes, tal y como se muestra en la figura.

ÚLTIMAS IMÁGENES DE MARS EXPRESS

Esta es la foto en color del volcán Hecates Tholus que obtuvo Mars Express con la cámara HRSC (High Resolution Stereo Camera) durante la órbita 32, situado a 275 km de altura. El norte se encuentra en la parte superior de la imagen. En ella se puede apreciar la caldera, así como varios colapsos de múltiples calderas. También se pueden apreciar varias líneas salientes del volcán, que se asocian con corrimientos de agua, y cadenas de puntos que podrían haber sido lava.

El volcán tiene una altura de 5300 m, con una caldera de 10 km de diámetro y 600 m de profundidad.



Cortesía de ESA

Teléfonos y direcciones electrónicas

Para acceder al Laboratorio hay que marcar el 918131 (para llamadas desde dentro de España) o el 34-918131 (para llamadas desde otro país) antes de la extensión de teléfonos. Las direcciones electrónicas se componen añadiendo al código de usuario la terminación @laeff.esa.es.

Secretaría:161 / Fax:160
WWW:http://www.laeff.esa.es/

Doctores :

David Barrado Navascués	261	David.Barrado
Álvaro Giménez Cañete	155	Alvaro.Gimenez
José Francisco Gómez Rivero	267	Jose.Francisco.Gomez
Miguel Mas Hesse	196	Miguel.Mas-Hesse
Benjamín Montesinos Comino	195	Benjamin.Montesinos
Carmen Morales Durán	188	Carmen.Morales
Lourdes Sanz F. de Córdoba	193	Lourdes.Sanz
Enrique Solano Márquez	154	Enrique.Solano
María Rosa Zapatero Osorio	309	Maria.Rosa.Zapatero

Colaboradores :

Elena Jiménez Bailón	266	Elena.Jimenez
Celia Sánchez Fernández	235	Celia.Sanchez
Luis M. Sarro Baro	138	Luis.Manuel.Sarro

Postgraduados :

Carmen Blasco Fuertes	264	Maria.del.Carmen.Blasco
M. Dolores Caballero García	198	Maria.Dolores.Caballero
Itziar de Gregorio Monsalvo	194	Itziar.de.Gregorio
Albert Domingo Garau	266	Albert.Domingo
Raúl Gutiérrez Sánchez	260	Raul.Gutierrez
María Herranz Molinero	264	Maria.Herranz
Bruno Merín Martín	194	Bruno.Merin
María Morales Calderón	163	Maria.Morales
Daniel Risquez Oneca	198	Daniel.Risque
Carlos Rodrigo Blanco	260	Carlos.Rodrigo
Olga Suárez Fernández	163	Olga.Suarez

Personal Administrativo :

Margie Guitart Martín	161	Margie.Guitart
Concha Prieto Alas	234	Concha.Prieto

Servicios Informáticos :

Jesús García Jiménez	263	Jesus.Garcia
----------------------	-----	--------------

Direcciones postales

Servicios normales
Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental
Apartado 50.727

E-28080- Madrid. España

Servicios COURIER

Estación de Seguimiento de Satélites - ESA
Villafranca del Castillo. E-28691 -
Villanueva de la Cañada - Madrid - España

Galería



Cortesía de ESA

LA SONDA ROSETTA COMIENZA SU AVENTURA DE 10 AÑOS



Después de dos retrasos, y de un fin de semana de intenso trabajo, la sonda Rosetta fue lanzada con éxito con un cohete Ariane V el pasado 2 de marzo. La nave se encuentra ya rumbo a su destino, el cometa Churyumov-Gerasimenko.

Dentro de diez años, después de un largo periplo que requerirá el uso de los campos gravitatorios de Marte y la Tierra, la nave se situará por detrás del cometa. Entonces, una pequeña sonda se posará sobre la superficie del cometa. Esta misión, por su complejidad y por las extremas condiciones a las que se verán sometidas tanto la nave nodriza como la sonda, representan un hito en la historia de la ESA. Esperamos que el viaje culmine con éxito y que proporcione una gran cantidad de información, lo que nos permitirá ver desde una perspectiva diferente el nacimiento del Sistema Solar.