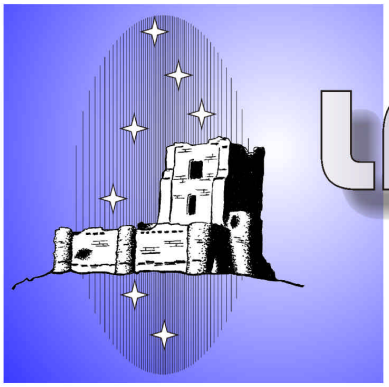


LAEFF Reporter

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

MINISTERIO DE DEFENSA

INTA

http://www.laeff.esa.es

Año VII, núm. 30. Noviembre 2001

La rama asintótica de las gigantes

A la búsqueda de planetas terrestres

Planetas vivos

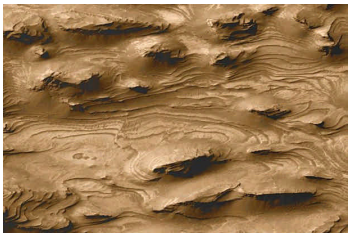
Emisión de altas energías de NGC 4303

Origen de la Luna

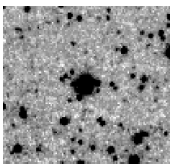
Agujero Negro errante

Una tormenta de polvo cubre Marte

SUMARIO

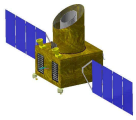


La imagen de la portada, obtenida por la Mars Global Surveyor, muestra un patrón de capas superpuestas de rocas en el inmenso Valles Marineris de Marte. En La Tarima, el profesor Francisco Anguita nos ofrece una visión de este planeta como un ente "vivo" desde el punto de vista del vulcanismo.

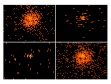


Primera Plana — 3
La rama asintótica de las gigantes
Francisco Jiménez Esteban

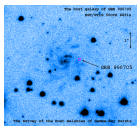
La Tarima — 7
Planetas vivos
Francisco Anguita



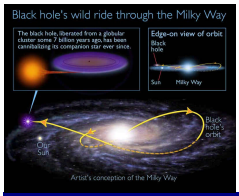
Dossier — 9
Arranca la misión Eddington: a la búsqueda de planetas terrestres en torno a otras estrellas
J. Miguel Mas Hesse



Apuntes — 12
Emisión a altas energías de NGC 4303
Elena Jiménez Bailón



Charlas — 13



Astronoticias — 17
-Origen de la Luna.
-Exoplanetas con órbitas circulares.
-Una tormenta de polvo cubre Marte.
-Un agujero negro errante.

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

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

Consejo de Redacción

Itziar de Gregorio, José Francisco Gómez, Elena Jiménez, Miguel Mas, Bruno Merín, Benjamín Montesinos, Concha Prieto.

El LAEFF es un laboratorio del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial en el que investigan científicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en virtud de un convenio de colaboración firmado entre ambas entidades.

Primera Plana

La rama asintótica de las gigantes

Francisco M. Jiménez Esteban
Centro de Estudios Europeos (CEES)

Después de su paso por la secuencia principal, la fase de gigante roja y la rama horizontal de las gigantes, las estrellas entran en la denominada rama asintótica de las gigantes o AGB (del inglés *Asymptotic Giant Branch*). Es sin duda aquí cuando la estrella comienza una de las etapas más apasionantes de su evolución, en la cual se producirán fascinantes fenómenos físicos y químicos, de los cuales aún no se conoce mucho.

En principio hay que dejar claro que no todas las estrellas pasan por esta fase, sólo lo harán aquellas denominadas de masa baja e intermedia, es decir, hasta 8-10$M_\odot$ ($1M_\odot \cong 2x10^{30}$ kg). El Sol, nuestra fuente primordial de energía y gracias a la cual existe la vida sobre la Tierra, pasará tarde o temprano por esta etapa evolutiva, por lo que un mejor conocimiento de ésta entraña un gran interés científico.

Las estrellas comienzan su andadura en la fase más estable y de mayor duración, fase en la que se consume el hidrógeno, transformándolo en helio. A esta etapa se la denomina secuencia principal y su duración depende fundamentalmente de la masa inicial de la estrella. Por ejemplo, se estima que nuestro Sol ($1M_\odot$) necesita 10.000 millones de años para pasar esta fase, pudiendo ser muy superior este tiempo para estrellas de masa menor, y por el contrario muy inferior para estrellas con masa mayor. Durante esta fase el helio generado se acumula en el núcleo de la estrella, quedando el hidrógeno concentrado en un manto (normalmente a esta parte se la denomina envoltura, pero nosotros reservaremos este término para denominar la materia que circunda a la estrella) que envuelve al núcleo. El abandono de la secuencia principal se produce cuando el núcleo de la estrella se contrae aumentando su temperatura, y haciendo que el manto de hidrógeno se caliente, incrementando de esta manera el ritmo de generación de energía. Esto provoca la expansión del manto de hidrógeno, alcanzando la estrella una gran luminosidad (hasta 2500 $L_\odot$ a una baja temperatura efectiva. En estos momentos la estrella recibe el nombre de gigante roja. Cuando el Sol pase por esta fase se expandirá tanto que engullirá a los planetas internos del sistema solar. Por suerte para nosotros esto no sucederá hasta dentro de unos 5000 millones de años. Llegará un momento en que el núcleo de helio comience también a quemarse transformándose en carbono y oxígeno. Es en estos momentos cuando entramos en la fase denominada rama horizontal de las gigantes. En esta etapa la energía se obtiene a partir de la fusión del helio en vez de la del hidrógeno.

Las estrellas AGB pueden llegar a ser hasta 10.000 veces más luminosas que el Sol

Más tarde, la estrella habrá formado un nuevo núcleo, esta vez de carbono y oxígeno, el manto de hidrógeno dejará de ser activo y se expandirá aumentando de nuevo su luminosidad, comenzando así la fase AGB. Ahora la combustión del helio producirá el calentamiento de la capa de hidrógeno hasta el punto de iniciarse de nuevo las reacciones nucleares en ésta, entrando en una nueva fase donde la estrella alterna las regiones donde produce su energía, siendo unas veces el

manto de hidrógeno y otras la capa de helio que rodea al núcleo. Durante esta fase la estrella alcanza los valores más altos de luminosidad de toda su vida, llegando a ser hasta 10.000 veces más luminosa que el Sol, convirtiéndose en uno de los objetos más brillantes de la Galaxia. Gracias a ello, las estrellas AGB son unos candidatos idóneos para estudiar la estructura y la dinámica de las galaxias. Cada vez que la capa más interna de helio entra en ignición se produce lo que se denomina un pulso térmico. La estrella que hasta entonces ha permanecido relativamente estable, comienza una etapa de gran inestabilidad producida por estos pulsos térmicos, que se refleja en una gran variabilidad de su luminosidad, (de largo periodo y amplitud) y en unas tasas de pérdida de masa muy elevadas. Es debido a esta pérdida de masa que la estrella forma una envoltura circunnestelar (EC) de gas y polvo, que en algunas ocasiones será tan espesa que podrá incluso ocultar por completo a la estrella central. Los granos de polvo de la EC absorben la radiación óptica procedente de la estrella y la reemiten en el infrarrojo, convirtiéndose estos objetos en fuertes emisores entre 1 y 100 μm. También es frecuente detectar emisión procedente desde la EC en forma de máser, en el rango de las radiofrecuencias. El más común es el máser de la molécula de OH a 1612 MHz, aunque también se detectan frecuentemente los máseres de H_2O, y de SiO.

Ha sido en los últimos años, con el acceso a las longitudes de onda del infrarrojo y las radiofrecuencias, cuando se ha producido un considerable avance en el estudio, tanto teórico como observacional, de las estrellas AGB. Quizás el mayor avance en este campo se produjo gracias al satélite *IRAS*, lanzado en 1983 y que estuvo operativo durante 10 meses. Este satélite realizó un barrido que cubrió prácticamente todo el cielo (96%), y lo hizo en cuatro bandas fotométricas centradas en 12, 25, 60 y 100 μm. Los diagramas color-color que se pueden generar a partir de estos datos *IRAS*, especialmente el diagrama [12]-[25] frente a [25]-[60], han supuesto una de las herramientas más útiles de las que disponemos actualmente para el estudio de esta fase evolutiva. En la fig. 1, se representa la posición de una muestra de cerca de 400 estrellas AGB ricas en oxígeno en este diagrama, pertenecientes a un programa de seguimiento en el IR cercano. Dicho programa se está realizando desde hace tres años utilizando el telescopio de 1.23m del observatorio Hispano-Alemán de Calar Alto. Este diagrama se puede dividir en diferentes regiones según el tipo de objeto que puebla cada una de ellas. En el caso de las estrellas AGB podemos distinguir la diferente localización tanto de variables Mira y estrellas OH/IR, ambas ricas en oxígeno, como de estrellas AGB ricas en carbono.

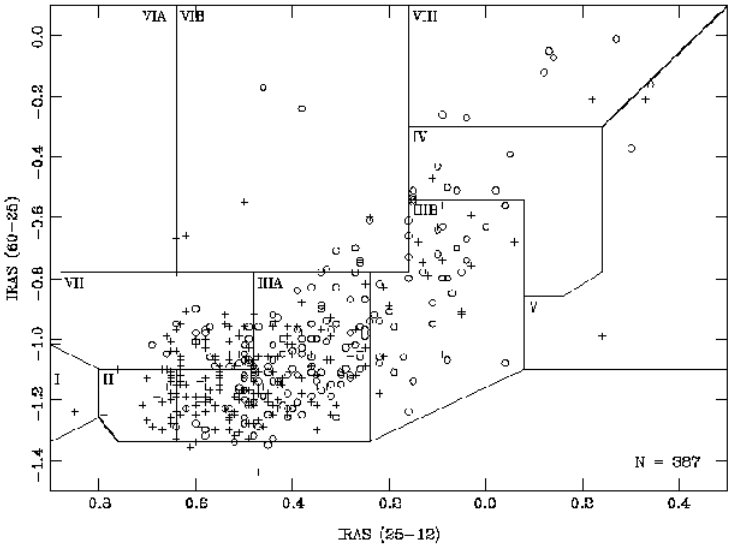


Fig. 1.: Diagrama color-color *IRAS* para una muestra de estrellas AGB ricas en oxígeno.

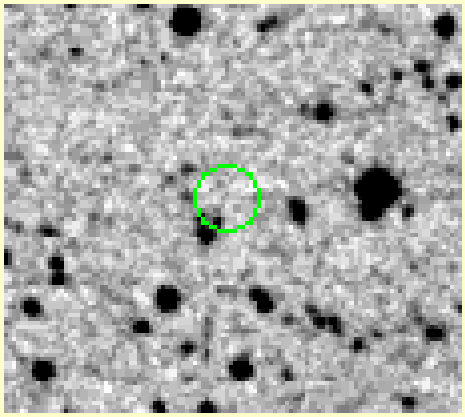
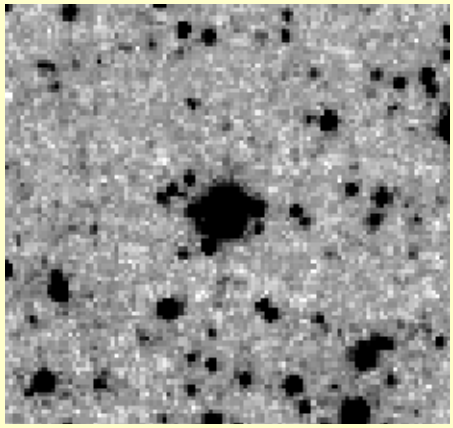


Fig. 2.: Imágenes de una estrella OH/IR.



Rango óptico (filtro R).

Rango infrarrojo (filtroK).

Los objetos más estudiados entre las AGB son sin duda las variables Mira por ser las más abundantes. Estas se encuentran en las regiones II y III del diagrama color-color *IRAS*. La EC creada por la pérdida de masa no es lo suficientemente gruesa como para ocultar la radiación procedente de la estrella central, y por tanto estos objetos han podido ser estudiados profusamente en las longitudes de onda del óptico. También son fuertes emisores en el IR debido a la emisión térmica de la EC, y a muchos de ellos se les ha detectado el máser de OH, procedente de la zona más externa de la EC. Presentan variabilidad en su luminosidad con periodos típicos que oscilan entre 200 y 500 días, y con amplitudes en el infrarrojo cercano de hasta 1 magnitud en la banda K (2.2 μm). Gracias a que son observables en el óptico se han podido realizar una gran cantidad de programas de seguimiento por lo que el número de periodos conocidos es muy alto. Esto ha permitido obtener una relación periodo-luminosidad muy bien definida, lo que nos brinda la posibilidad de utilizar estos objetos como medidores de distancias astronómicas.

En las regiones III, IV y VIII se encuentran las estrellas OH/IR. Durante el transcurso de los años, la estrella AGB está continuamente perdiendo materia. En función de la tasa de pérdida de materia, en algunas ocasiones la EC se hace tan opaca que no deja pasar la radiación procedente de la estrella central, por lo que a estos objetos sólo se les puede detectar por la radiación térmica de la EC en el IR, o por los distintos máseres también procedentes de la EC, principalmente el máser de OH. Es por ello que a estos objetos invisibles en el óptico se los denomina estrellas OH/IR. En la fig. 2 se ve como *IRAS* 18430+0039 es el objeto más brillante del campo en el filtro K del IR cercano, mientras que por el contrario no se detecta en el filtro R del rango visible. Además del máser de OH, también se han detectado el máser de H_2O y el de SiO en un gran número de OH/IR, siendo el de SiO el que se forma en la parte más interna de la EC, y el de OH en la más externa de la misma. Sus periodos son mucho mayores que los alcanzados por las variables Mira, yendo desde los 500 días hasta valores superiores a los 2500 días, y las amplitudes en el IR cercano también son mayores que para las Mira, superando las 2 magnitudes en la banda K. Debido a que estos objetos sólo se pueden observar en el IR o en radio, se han hecho pocos programas de seguimiento, por lo que el número de periodos conocidos de estrellas OH/IR es muy limitado. A pesar de ello se ha podido constatar que estas estrellas no siguen la relación periodo-

luminosidad de las Mira, produciéndose una gran dispersión de los datos cuando presentan periodos mayores a 500 días.

Las teorías evolutivas más recientes apuntan a que las estrellas OH/IR y las variable Mira están relacionadas, siendo las Mira los progenitores de las OH/IR. Por tanto, los objetos de la fig. 1 describen una secuencia evolutiva que empieza en la región II del diagrama, y según evoluciona la estrella y engrosa la EC, irá recorriendo las zonas III, la IV y la VIII, pasando de variables Mira a estrellas OH/IR. Aunque esto está generalmente aceptado, no todo es tan sencillo. No todas las estrellas se convertirán en OH/IR, sólo las estrellas más masivas serán capaces de crear una EC lo suficientemente opaca para ocultar por completo a la estrella central. Por tanto, no todas las estrellas alcanzarán las regiones IV y VIII del diagrama color-color *IRAS*. Es de esperar que todas las estrellas empiecen en la zona II, y recorran el diagrama según se ha explicado, y en función de su masa inicial terminen al final de la fase AGB en una zona o en otra, alcanzando la zona VIII sólo los progenitores más masivos.

En este escenario evolutivo nos queda una pieza por encajar: las AGB ricas en carbono (AGB-C). Según los más recientes modelos evolutivos para las estrellas cuya masa es superior a 2M⊙, durante su etapa de pulsos térmicos, la zona convectiva de la estrella puede alcanzar el interior donde se están produciendo las reacciones nucleares, produciéndose lo que se denomina el tercer dragado. Esto hace que el material creado en el interior aflore a la superficie de la estrella, cambiando el cociente de abundancias C/O. Si la estrella además tiene masa superior a 4M⊙, las capas más internas de la estrella alcanzan temperaturas suficientes para quemar el carbono por medio del ciclo CNO, favoreciendo la formación de nitrógeno en lugar de carbono, por lo que el cociente C/O permanece prácticamente inalterado. Como resultado, sólo las estrellas con masas comprendidas entre 2 y 4M⊙ son capaces de cambiar el cociente C/O convirtiéndose en AGB-C.

Estas estrellas de masa intermedia tienen periodos que van desde apróximadamente los 200 días hasta los 800 días situándose en términos fotométricos a medio camino entre las estrellas variables Mira y las OH/IR. Normalmente, las AGB-C no suelen tener EC lo suficientemente gruesas como para hacerse invisibles en el óptico, aunque se conocen algunos casos (los representantes más masivos dentro de esta clase) en los que así sucede. También se conocen casos en los que se ha detectado en una AGB-C el máser de OH, indicando que la estrella podría haber sufrido hace poco tiempo el cambio de abundancia química anteriormente mencionado, mientras que su EC todavía seguiría siendo rica en oxígeno.

Todas las estrellas AGB, tanto las variable Mira, como las AGB-C, como las OH/IR, acaban esta fase con la parada brusca de la pérdida de masa y de variabilidad. Este momento marca el comienzo de una nueva fase de la evolución estelar denominada post-AGB. Ahora, el objeto está compuesto de un núcleo inerte de carbono y oxígeno y una EC de gas y polvo en expansión. Este núcleo central aumentará de temperatura llegando a producir la ionización de la EC, convirtiéndose en un nebulosa planetaria (NP), fase que no necesariamente habrían de alcanzar todas las estrellas. Posiblemente las de muy poca masa no lleguen a alcanzar la temperatura necesaria para ionizar la EC, o si la alcanzasen, sería tan lentamente que para entonces la EC se habría disipado ya en el medio interestelar, y por tanto no se convertirían nunca en NP observables. Tampoco está claro que los objetos de mayor masa lleguen a formar NP observables, ya que al contrario que antes, alcanzarían la temperatura de ionización tan pronto que la EC sería aún ópticamente gruesa, lo que no dejaría ver la emisión procedente de la zona ionizada en el interior de la misma.

Por último, la EC acaba por disiparse en el medio interestelar, quedando solamente la estrella central inerte que se enfría poco a poco, dando como resultado una enana blanca.

La Tarima

Planetas vivos

Francisco Anguita
Universidad Complutense

Marte podría ser un planeta activo desde el punto de vista volcánico y muestra indicios de un clima relativamente cálido y húmedo, en cuyo interior existen importantes fuentes de energía térmica. Se podría decir que Marte está "vivo".

Tras la célebre *Paradoja de Goldilocks*, que plantea el tan diferente destino climático de nuestro planeta con respecto a Venus y a Marte, el principal problema de la Planetología comparada se refiere a la evolución interna de los tres planetas. En la Tierra, la litosfera rígida, movida por la convección de su interior, se desplaza a velocidades apreciables, entre 1 y 10 centímetros al año, que ya han sido comprobadas mediante satélites y también empleando las emisiones de quásares. Muchos sospechan que este desplazamiento (la tectónica de placas) es el gran motor, con sus continuos cambios ambientales, de la evolución de la Biosfera.

¿Por qué Marte y Venus no tienen un régimen dinámico como el terrestre? Según una hipótesis, nuestros vecinos ya disfrutaron de su etapa de tectónica de placas, pero ahora están demasiado fríos para mantener la convección; sin embargo, la corriente mayoritaria opina que ninguno de los dos planetas tuvo nunca una litosfera móvil. En concreto, Marte, además de no mostrar huellas topográficas significativas (como trincheras oceánicas, o líneas de volcanes), perdió hace más de 3.000 millones de años su campo magnético, lo que indicaría la época en la que su núcleo se enfrió demasiado como para seguir agitado por corrientes térmicas. Y, si el núcleo no está en convección, menos aún podría estarlo el resto del planeta.

Tres décadas de exploración robótica no han podido resolver el problema de la cantidad de energía interna que queda en Marte. El Seminario de Ciencias Planetarias, un grupo de investigación creado hace unos años entre profesores y alumnos de las Facultades de Ciencias de la Universidad Complutense, ha estudiado recientemente zonas de este planeta en las que ha podido datar huellas de vulcanismo, tectónica y actividad glaciar que con seguridad se produjeron en los últimos 10 millones de años. Hemos seleccionado para el estudio algunas formaciones volcánicas y sedimentarias en la región de Tharsis, una cúpula elevada en el ecuador del planeta en la que se hallan varios volcanes de gran tamaño. Los denominados Arsia, Pavonis y Ascraeus Montes exhiben lóbulos laterales (llamados *aureolas*) de terreno irregular que representan, según la hipótesis dominante, morrenas, o sea detritos arrastrados por glaciares. Estas aureolas están cortadas por fracturas de grandes dimensiones (Fig. 1) que han servido como conductos volcánicos en erupciones surgidas de la base de los edificios. A su vez, las lavas también están fracturadas, por lo que la secuencia de acontecimientos sería: glaciarismo-tectónica-vulcanismo-tectónica.

¿De dónde obtiene su energía mecánica un planeta cuya litosfera lleva varios miles de millones de años inmóvil?.

Para intentar acotar la edad de los procesos, hemos usado la técnica del contaje de cráteres sobre 18 imágenes de la sonda *Mars Global Surveyor*. Los resultados (Fig. 2) indican sistemáticamente edades menores de 10 millones de años

La Tarima

para las tres aureolas, lo que significa que ha habido actividad volcánica, tectónica y glaciar muy reciente. Esta conclusión ratifica, aunque con mayor precisión, las ideas defendidas por otros investigadores, de que Marte podría ser un planeta activo desde el punto de vista volcánico, así como los indicios de un clima relativamente cálido y húmedo muy posterior a la época de excavación de los grandes canales de desbordamiento.

Como el enfriamiento final de un planeta es un proceso muy lento, el hallar un vulcanismo significativo posterior a 10 millones de años nos permite concluir que en el interior de Marte siguen existiendo importantes fuentes de energía térmica, e igual se puede decir de los campos de esfuerzos. En un lenguaje coloquial, equivaldría a decir que Marte está *vivo*. Pero la presencia de aparatos glaciares recientes tiene implicaciones más complejas: las condiciones climáticas requeridas contrastan frontalmente con los datos del clima en Tharsis, especialmente duro (presión alrededor de 3 mbar y 200 K de temperatura media) a causa de la altitud (~10 km) sobre el *datum* marciano. Es evidente que las grandes masas de hielo requeridas para formar las morrenas sólo podrían generarse con una atmósfera mucho más densa y mucho más húmeda; además, para que el hielo fluyese harían falta temperaturas superiores a 220 K.

A nuestro juicio, la única hipótesis que satisface estas condiciones es una variación rápida en los parámetros orbitales de

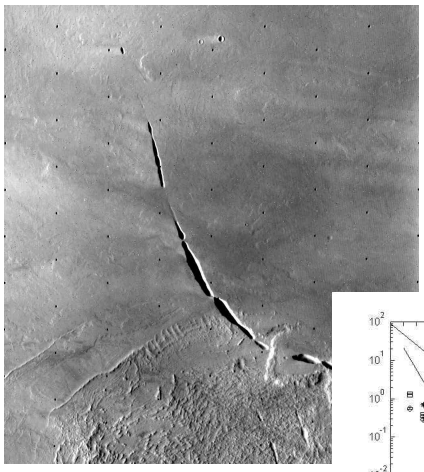


Fig. 1.: Fracturas que cortan las aureolas y sirven como conductos volcánicos en erupciones.

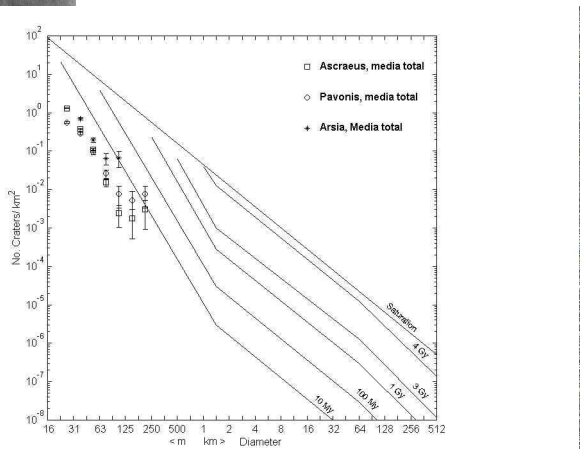


Fig. 2.: Gráfico que especifica la actividad volcánica, tectónica y glaciar.

Marte. Oblicuidades iguales o mayores de 30 grados causarían la sublimación del hielo almacenado en los casquetes polares y su precipitación en latitudes bajas, lo que a su vez podría dar lugar a presiones atmosféricas por encima de 25 mbar, y a un contenido de agua en el ecuador de 500 pr mm. La temperatura de saturación de la atmósfera marciana para este contenido de agua sería de unos 230 K, lo que significa que el hielo precipitado podría fluir como un glaciar. Las simulaciones atmosféricas en el Modelo de Circulación Global Marciano de NASA/Ames muestran que en estas condiciones de alta oblicuidad habría acumulación de cantidades significativas de hielo en varias zonas no polares, y entre ellas las áreas elevadas de Tharsis.

La alteración caótica de la oblicuidad planetaria, un discutido proceso propuesto a principios de los años 90, podría así tener en Marte su mejor confirmación; sin embargo, esta idea sólo resuelve una pequeña parte del problema. En cuanto a la actividad interna, el vulcanismo actual no encaja en absoluto con el núcleo frío que parece indicar la ausencia de campo magnético; y los geólogos planetarios aún seguimos preguntándonos de dónde obtiene su energía mecánica un planeta cuya litosfera lleva varios miles de millones de años inmóvil. Estas dudas delatan nuestra ignorancia de fondo sobre el comportamiento termomecánico de los planetas. El encontrar el lugar lógico para lo que ahora son casos particulares no comparables forma parte del objetivo básico de las Ciencias Planetarias a medio plazo: el diseño de una Teoría General de Evolución Planetaria será el Santo Grial de los científicos planetarios del siglo XXI.

Dossier

Arranca la misión Eddington: a la búsqueda de planetas terrestres en torno a otras estrellas

Por J. Miguel Mas Hesse

¿Cómo son los sistemas planetarios alrededor de otras estrellas? ¿Existen planetas como la Tierra alrededor de estrellas parecidas al Sol? ¿Puede haber vida en otros planetas? ¿Cómo es el interior de las estrellas?

Para responder a estas preguntas un consorcio formado por investigadores de todos los países europeos ha comenzado recientemente el desarrollo de la misión *Eddington*, dentro del programa de *misiones flexibles* de la Agencia Espacial Europea. Veamos a continuación cómo pensamos que podremos responder a las preguntas anteriores.

La existencia de planetas orbitando alrededor de una estrella produce tres efectos que en principio pueden ser observables desde la Tierra, si se dispone de la tecnología adecuada. En primer lugar, la estrella se mueve alrededor del centro de masas del sistema, a medida que los planetas giran a su alrededor. La magnitud de este desplazamiento es mínima, y tendremos que esperar a que el Observatorio *GAIA* complete su misión astrométrica a comienzos de la próxima década para poder detectarlas. Esta oscilación produce una pequeña variación en la velocidad de la estrella con respecto a nosotros. Este efecto es también muy pequeño, pero en los últimos años astrónomos europeos y americanos han puesto a punto las técnicas necesarias para detectarlo. En la actualidad, mediante esta técnica se han detectado ya del orden de 80 planetas orbitando en torno a otras estrellas de nuestra Galaxia. Los planetas detectados por este medio son generalmente grandes, similares o mayores que Júpiter, y se encuentran muy cerca de su estrella, orbitando alrededor de ella en periodos de pocos días. Las técnicas de que disponemos actualmente no permiten detectar las pequeñísimas oscilaciones que se producirían por la presencia de planetas como la Tierra, orbitando a distancias similares y por tanto con periodos cercanos a un año. El tercer efecto que la presencia de planetas puede producir es un pequeño oscurecimiento de la estrella cuando el planeta pase por delante de ella, siempre y cuando el correspondiente sistema planetario se encuentre más o menos de canto frente a nosotros. Esta técnica permitió confirmar la presencia de un planeta similar a Júpiter,

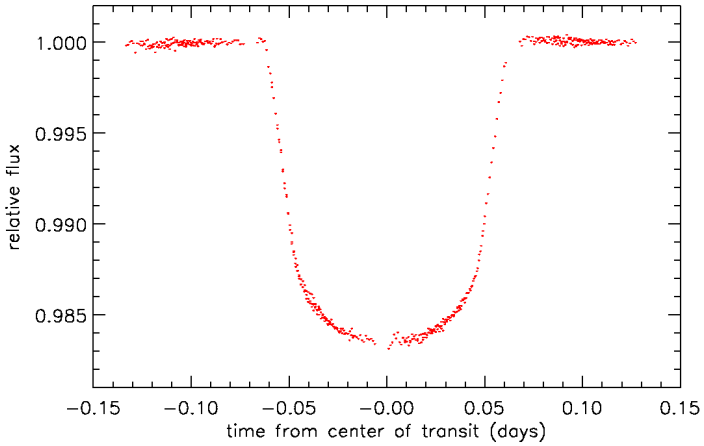


Fig. 1.: Tránsito de un planeta similar a Júpiter observado por Charbonneau et al. con el HST.

orbitando en torno a la estrella HD209458, que había sido descubierto previamente estudiando las oscilaciones de esta estrella. En la fig. 1 se muestra la curva de luz que se obtuvo mediante el *Telescopio Espacial Hubble:* el paso del planeta por delante de la estrella provocó una disminución de la luminosidad de la estrella de un 1.5%, perfectamente detectable. La forma de la curva y su duración permiten incluso estimar el tamaño del planeta. Puesto que la masa ya había sido acotada a partir de los efectos que produce sobre su estrella, y la distancia a la misma es función del periodo, también conocido, podemos incluso calcular la densidad media del planeta y la temperatura de su atmósfera.

Poco a poco, lo que hace unos años parecía ciencia ficción, se va convirtiendo en realidad. Pero la ambición de los astrónomos va más allá: una vez que sabemos que existen otros planetas similares a Júpiter alrededor de otras estrellas, ¿cómo podremos ver si existen también planetas parecidos a la Tierra, y con condiciones de temperatura y presión compatibles con la presencia de vida tal y como la conocemos? La técnica más viable en estos momentos consiste en la búsqueda de los tránsitos de estos planetas, a partir del oscurecimiento que deben producir sobre su estrella madre. Cálculos teóricos muestran que un planeta similar a la Tierra produciría un oscurecimiento relativo del orden de 10^{-5}, si pasara por delante de una estrella similar al Sol, y a una distancia de la misma próxima a 1 Unidad Astronómica (la distancia de la Tierra al Sol). La tecnología actual es capaz de fabricar telescopios e instrumentos ópticos que detecten variaciones tan pequeñas como éstas, siempre y cuando los ubiquemos en el espacio, alejados de cualquier interferencia.

Con estos objetivos se presentó la misión *Eddington*, que fue seleccionada por la Agencia Espacial Europea en octubre del año 2000 como *misión flexible* en reserva. Este *status* de reserva implica que se autoriza el comienzo de los estudios de definición, aunque el lanzamiento no se garantizará hasta que se le asignen fondos definitivos. *Eddington* dispondrá de

Fig. 2.: Aspecto preliminar del observatorio Eddington.

un telescopio de 1 m de diámetro y de una cámara provista de un mosaico de 20 CCDs de última tecnología, funcionando en un entorno ultraestable (la temperatura de los CCDs no puede variar en más de 0.1 C por día). Para conseguir tales condiciones de estabilidad, *Eddington* se situará en una órbita alrededor del punto de Lagrange L2, a más de 1 millón de km. de la Tierra. En julio de este año, la Agencia Espacial Europea asignó el desarrollo de esta cámara, denominada EddiCam, a un consorcio europeo liderado por el LAEFF-INTA, en el que también participan el IAA y el IAC por parte española. A mediados de septiembre se celebró la reunión que marcó el comienzo del

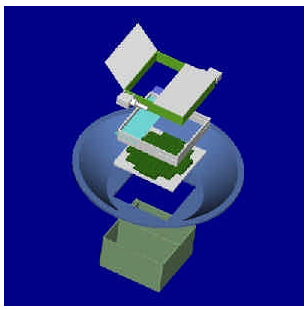


Fig. 3.: Configuración preliminar de EddiCam.

desarrollo del instrumento (*kick-off*, en la jerga espacial). A finales del año 2002 se habrá concluido el estudio de definición, equivalente a una fase A avanzada, esperando entrar en la fase de fabricación a lo largo del 2003, con el objetivo de lanzar la misión hacia el año 2007. Las figuras 2 y 3 muestran la configuración de *Eddington* y de EddiCam en la actualidad, al comienzo de la fase de definición.

Pero *Eddington* no se limitará a buscar planetas. Sus objetivos son mucho más profundos, tratando de estudiar asimismo la estructura del interior de las estrellas, acotando de esta manera su historia, estado evolutivo, etc... Hoy en día sabemos que las estrellas oscilan, aumentando y disminuyendo su diámetro, y

las características de estas oscilaciones vienen moduladas por las propiedades de sus núcleos. Estas oscilaciones generan variaciones mínimas de la luminosidad total de la estrella, del orden de 10^{-6}. Estudiando sus frecuencias y características, es posible determinar las propiedades del interior de las estrellas, de manera similar a cómo se estudia el interior de la Tierra a partir de la propagación de las ondas sísmicas. Por analogía, a esta técnica se la denomina Asterosismología, y ha sido probada con el Sol y con alguna estrella cercana. La fig. 4 muestra el espectro de frecuencias de las oscilaciones solares, tal y como ha sido medido mediante el observatorio espacial *SOHO*. No obstante, la detección de tan pequeñas oscilaciones, con un muestreo adecuado, y durante periodos ininterrumpidos de por lo menos un mes, sólo será posible con una misión como *Eddington*. Nuestro objetivo es estudiar las oscilaciones de más de 50.000 estrellas de diversos tipos. La información que obtengamos constituirá un avance fundamental en el campo de la Astrofísica Estelar, y permitirá obtener las propiedades internas de las estrellas con una precisión sin precedentes. A partir de ahí se podrá acotar, también con extrema precisión, el estado evolutivo de las estrellas, su edad, composición, así como su evolución futura.

Eddington es una misión muy ambiciosa, que permitirá el estudio de muestras formadas por miles de objetos a lo largo de sus 5 años de vida útil. Para optimizar su retorno científico, tres misiones precursoras, más modestas, serán lanzadas en los próximos años: *MOST* (Canadá), *M O N S* (Dinamarca) y *Corot* (Francia, con colaboración de diversos países europeos y de la propia ESA). Estas tres misiones realizarán los primeros estudios asterosismológicos completos de unas cuantas estrellas, y detectarán asimismo los tránsitos producidos por algunos planetas gigantes en órbitas cercanas en torno a otras estrellas. El LA*EFF participa tanto en MONS* como en *Corot*. La experiencia que obtengamos permitirá optimizar el programa observacional de *Eddington*, así como los algoritmos precisos tanto para la búsqueda de planetas como para el estudio de oscilaciones estelares.

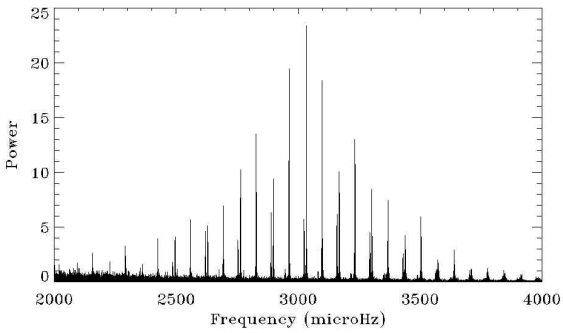


Fig. 4.: Espectro de frecuencias de oscilación del Sol, observado mediante los instrumentos del SOHO.

Si todo va bien, a finales de esta década conoceremos los detalles de infinidad de sistemas planetarios en torno a otras estrellas, así como su estructura y propiedades. Pero, ¿cómo podremos saber si albergan vida? Para ello tendremos que esperar un poco más, hasta que la misión *Darwin*, prevista para mediados de la próxima década y en cuyos estudios previos también participan investigadores del LAEFF, sea capaz de observar directamente los planetas individuales, e incluso de obtener espectros de sus atmósferas. La detección de ozono, CO_2 y vapor de agua, en proporciones similares a las observadas en la atmósfera terrestre, supondría un argumento muy fuerte en favor de la presencia de procesos biológicos. Y después, ¿qué? Lo que la Humanidad haga después, cuando hayamos encontrado planetas similares a la Tierra, que posiblemente alberguen procesos biológicos también similares a los que conocemos, es algo sobre lo que de momento sólo podemos especular. Serán las generaciones futuras las que tendrán que decidir qué pasos tomar, y quienes tendrán que desarrollar la tecnología precisa. En cualquier caso, los próximos años prometen ser apasionantes. Desde estas páginas os mantendremos informados puntualmente de cómo se vayan desarrollando los trabajos de *Eddington*, y de sus misiones precursoras.

Apuntes

Emisión a altas energías de NGC 4303

Elena Jiménez Bailón

NGC 4303 es una galaxia que pertenece al grupo de las galaxias con núcleos galácticos activos y más concretamente se trata de una Seyfert 2. A grandes rasgos y según los llamados "modelos unificados" que intentan explicar la naturaleza de este tipo de objetos, las galaxias con núcleos activos albergarían en su interior un complejo núcleo, formado por una agujero negro supermasivo, $\geq 10^7$ M$\odot$, con su correspondiente disco de acrecimiento y dos conjuntos distintos de nubes de gas y polvo que darían lugar a las características líneas de emisión anchas y estrechas que se observan en los espectros de estas galaxias. Todo esto se encontraría dentro de un radio del orden de parsecs. Situado algo más lejos, (100 parsecs), aparecería un toroide de gas y polvo rodeando al núcleo. Los "modelos unificados" postulan que la orientación de las galaxias Seyfert 2, respecto a nuestro ángulo de visión, es tal que el toroide oscurece parte de la emisión nuclear de éstas. A mayores distancias se han observado procesos de formación estelar intensa, probablemente estimulados por la gran actividad nuclear de estas galaxias. La ventaja a la hora de estudiar la formación estelar cercana al núcleo activo y la relación entre estos dos tipos de actividad en las galaxias de tipo Seyfert 2, es que el toroide oscurece parte de la intensa emisión nuclear y permite distinguir estas regiones circunnucleares de formación estelar, siempre que la galaxia esté lo suficientemente cerca como para que los instrumentos de medida proporcionen la adecuada.

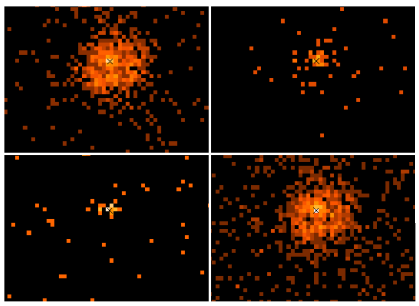


Fig. 2.: NGC 4303 tomada con *Chandra* en diferentes bandas de energía.

En el LAEFF estamos realizando un estudio de NGC 4303 en rayos X y UV, en colaboración con investigadores de otros centros. Utilizando una imagen de muy alta resolución de *HST* de la zona central del NGC 4303, tomada con el instrumento STIS en el rango UV, (fig. 1a), se puede ver que el núcleo es puntual, (si es que existe una estructura nuclear a una escala menor de 4 parsecs, esta no puede ser distinguida mediante observaciones de *HST*). También se aprecia en la imagen que, rodeando al núcleo, aparecen abundantes e intensas regiones de formación estelar. Esta imagen indica que no toda la emisión UV de la zona central (~250 parsecs) de la galaxia se origina en su núcleo. Estas regiones de formación estelar también emitirán, aunque más débilmente, en el rango de los rayos X, principalmente en la parte de rayos X blandos. Para comprobar esta hipótesis, hemos observado NGC 4303 con el satélite de rayos X *Chandra*, utilizando el instrumento ACIS-S. La resolución en este rango, gracias a los nuevos avances tecnológicos, es un orden de magnitud superior que la del mejor de los instrumentos de la anterior generación. Esto ha permitido detectar, por primera vez, la estructura extensa de NGC 4303 en rayos X y separar la emisión puntual e intensa que coincide con el centro de la galaxia en UV y la emisión, algo más débil, que rodea al núcleo, fig. 2d. Este hecho se corrobora también con un estudio de la imagen en diferentes bandas, fig. 2: mientras que la emisión en rayos X duros sólo se localiza en el núcleo, a bajas energías aparece una estructura más extensa. Comparando la imagen de rayos X con la UV, fig. 1, se aprecia que ambas tienen una estructura similar, es decir, que la emisión en rayos X de la parte del núcleo corresponde efectivamente con el núcleo en UV, y las regiones de formación estelar circunnucleares detectadas en la imagen UV corresponden a la emisión extensa de rayos X blandos.

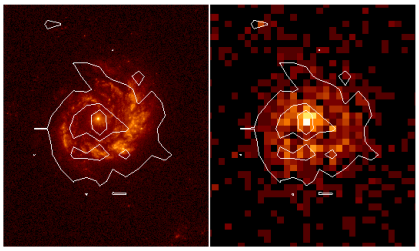


Fig.1.: Comparación HST y *Chandra*.

Estos serían los resultados preliminares de un estudio mucho más amplio de ambas obser-

Charlas

Charlas celebradas en el campus de Villafranca del Castillo.

CONTRAPARTIDA OPTICA DEL GRB 000131

Javier Gorosabel
DSRI (Dinamarca)

En esta charla se presentaron los resultados más importantes obtenidos por el grupo danés de GRBs durante el año 2000. Se hizo énfasis en los resultados obtenidos con VLT. Uno de los resultados más espectaculares es el hallazgo de la contrapartida óptica de GRB 000131 a un corrimiento al rojo de z=4.5. La energía liberada en forma de radiación superó los 10^{54} erg, si asumimos una emisión esférica. También se presentaron las observaciones de GRB 000301C, las cuales permitieron por primera vez la construcción de la distribución espectral de energía de la contrapartida desde el filtro K hasta el U. El estudio de la distribución espectral reveló la baja metalicidad y alta extinción de la zona circundante al GRB, lo que apoya los modelos que sitúan a los GRBs en zonas de formación estelar en el universo primitivo. Finalmente se presentaron imágenes tomadas para la galaxia madre de GRB 990705 que resultó ser una gran galaxia espiral de 40 kpc de diámetro. La posición de la contrapartida coincide con una intensa región de formación estelar situada en un brazo de la galaxia. Este hallazgo apoya los llamados modelos de hipernova, que se basan en el estallido de una estrella supermasiva y en el colapso del núcleo de esta en un agujero negro rotante de Kerr.

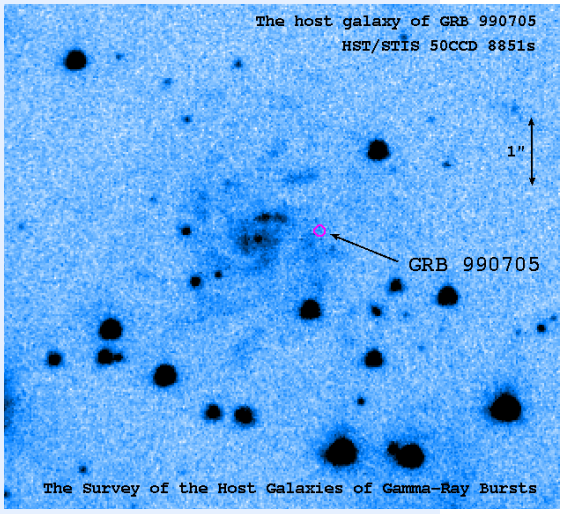
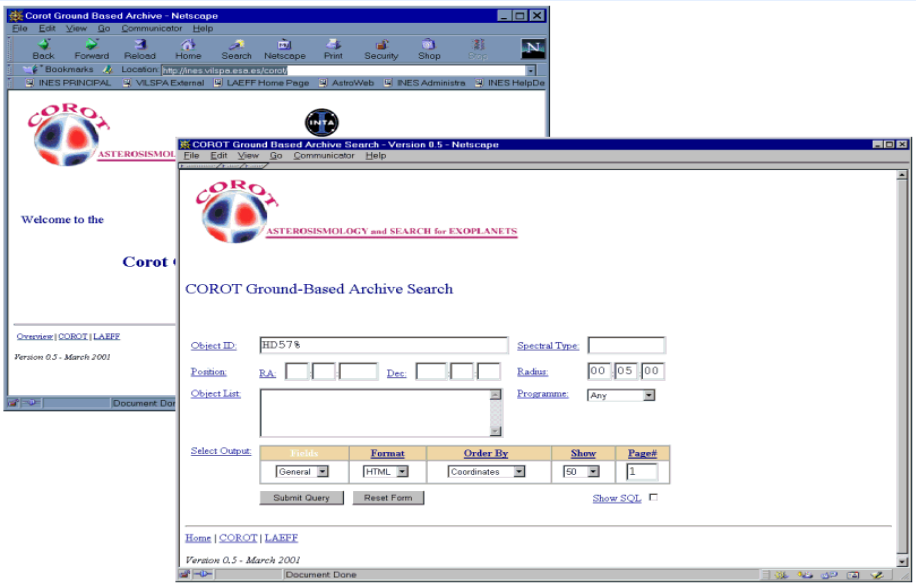


Imagen tomada por el HST equipado con STIS. El tamaño de pixel es de 0.0247". La posición del GRB, indicada con la flecha, coincide con el brazo espiral de la galaxia madre. Las observaciones resultaron especialmente complicadas dado que GRB 990705 ocurrió en la dirección de la Gran

EL LAEFF Y LA MISIÓN COROT

Enrique Solano
LAEFF

COROT (*COnvection, ROtation and Transits of exoplanets*) es un satélite que realizará observaciones fotométricas de muy alta precisión con el doble objetivo de estudiar los mecanismos de pulsación de una gran variedad de estrellas y de detectar planetas similares a la Tierra fuera del sistema solar. Su lanzamiento está previsto para el 2004 con una duración



Páginas de bienvenida y acceso al sistema incluyendo enlaces a páginas de documentación del proyecto COROT, del LAEFF así como del propio archivo. En este ejemplo se muestra la búsqueda de todos los objetos incluidos en el archivo que comiencen por

Charlas

de tres años. Dada la naturaleza de la misión (observaciones de varios meses de duración de un número muy reducido de campos), es fácil entender que la selección de los objetos a observar desempeñe un papel fundamental en la misma. Dicha selección requiere el conocimiento preciso de los parámetros físicos de los posibles candidatos y, con este objetivo, se han venido realizando observaciones fotométricas y espectroscópicas de alta resolución de unos 800 objetos en distintos telescopios terrestres.

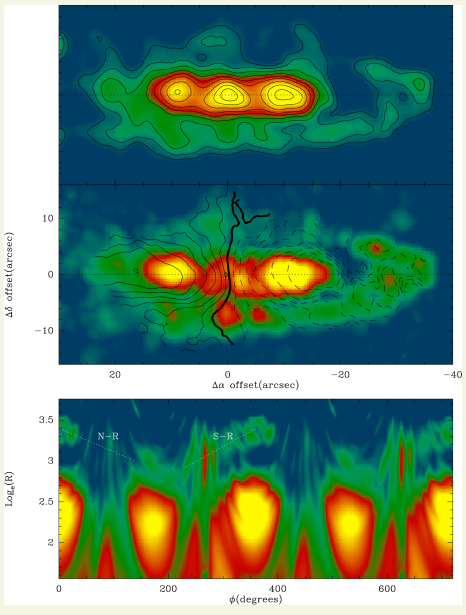
Uno de los requisitos considerado como primordial por los distintos grupos científicos involucrados en el proyecto era el de disponer de un acceso rápido y eficiente a toda la información asociada a estas observaciones terrestres. En marzo de 2001, el LAEFF fue designado responsable del desarrollo y mantenimiento del sistema de archivo y acceso de datos. A tal fin, en los últimos meses se ha venido desarrollando un sistema basado en la experiencia adquirida con el sistema INES (*IUE Newly Extracted Spectra)*. En la versión actual, el sistema permite la búsqueda de un objeto o lista de objetos utilizando cualquiera de las distintas denominaciones que aparecen en SIMBAD, así como búsquedas por coordenadas o por parámetros físicos como, por ejemplo, el tipo espectral. Los resultados de dicha búsqueda incluyen enlaces a SIMBAD para cada uno de los objetos encontrados, así como la posibilidad de representar gráficamente la información espectroscópica asociada a cada uno de ellos. El sistema se encuentra accesible en:

GAS MOLECULAR EN GALAXIAS CONTRARROTANTES

María J. Sempere
Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)

La contrarrotación de gas, estrellas o ambas en los discos de galaxias espirales es un fenómeno presente a lo largo de toda la secuencia de Hubble, con especial incidencia en los tipos tempranos (S0 y Sa). Se han propuesto varios mecanismos, reproducidos a través de simulaciones numéricas: 1) La caída lenta de gas intergaláctico con momento angular opuesto al del disco de la galaxia receptora (NGC 3626); 2) la colisión de dos galaxias espirales enanas ricas en gas con momento angular de rotación opuesto (NGC 3593); 3) el intercambio de masa entre dos galaxias de tamaño similar (sistema ARP220). La presencia de gas molecular en los centros de galaxias espirales, su relación con la formación estelar y su eficaz respuesta a inestabilidades dinámicas hacen de esta componente un trazador fundamental de la contrarrotación en las partes internas de las galaxias.

Este fenómeno va asociado a la aparición de inestabilidades m=1 (un único brazo espiral), pseudoanillos de formación estelar y discos circunnucleares moleculares compactos. El estudio del gas molecular en galaxias contrarrotantes ofrece una valiosa clave para conocer la formación y evolución galáctica en la secuencia de Hubble, ya que la contrarrotación aparece a lo largo de una escala temporal del orden del tiempo evolutivo de una galaxia.



a) Disco de gas molecular contrarrotante en NGC 3593 en el que puede apreciarse un pseudoanillo de r =10 “ y el desarrollo de un único brazo espiral. b) Campo de velocidades superpuesto al mapa de intensidad de CO. c) Representación en coordenadas polares de la emisión de CO, donde se aprecia mejor el cambio de orientación del brazo espiral. El origen de la contarrotación en NGC3593 se cree debido a

Charlas

http://ines.laeff.esa.es/corot/

"ASTEROIDES 2001: FROM PIAZZI TO THE 3RD MILLENIUM"

Thomas Mueller
ISO Data Center ESA

En este congreso, celebrado en Palermo (Italia) el pasado mes de junio, se presentaron importantes aspectos históricos del estudio de los asteroides. Los temas principales de la conferencia estaban relacionados con los resultados del satélite *NEAR-Shoemaker*, que obtuvo gran número de imágenes y medidas espectaculares. Otro tema importante fue la dinámica y la evolución orbital de los asteroides individuales y de sus familias, debidas a procesos colisionales, gravitatorios y térmicos. Asimismo, el estudio de la composición y el interior de los asteroides constituye un tema relativamente nuevo e inexplorado. También se trataron las interrelaciones entre asteroides, cometas y meteoritos.

"THE PHYSICAL PROPERTIES OF POTENTIAL EARTH IMPACTORS: KNOW YOUR ENEMY"

También en el mes de junio, en Erice (Italia), tuvo lugar un curso sobre lo que conocemos acerca de las propiedades físicas y químicas de los objetos que podrían colisionar con la Tierra, es decir, asteroides y cometas. El objetivo último consiste en proporcionar los mejores datos posibles para los procedimientos de mitigación

PRIMEROS ESPECTROS CON LA ANTENA DE 70 M DE ROBLEDO

José Francisco Gómez
LAEFF

Las antenas de la estación de seguimiento espacial de NASA, situada en Robledo de Chavela, utilizan parte de su tiempo en realizar observaciones de radioastronomía. Hasta ahora, han participado en un gran número de estudios en continuo de radio, tanto como antenas únicas como formando parte de redes de interferometría de muy larga base. Sin embargo, no disponían de instrumentación para realizar observaciones de espectroscopía. En esta charla se presentaron los primeros resultados obtenidos con un espectrómetro autocorrelador en la antena DSS-63, de 70 m de diámetro. Son espectros de líneas moleculares de 1.3 cm de longitud de onda (transiciones de amoniaco, agua y CCS) tomados en regiones de formación estelar. La nueva capacidad espectroscópica sitúa a esta antena entre las primeras del mundo, tan sólo superada claramente en sensibilidad y resolución angular por los interferómetros.

Antena DSS-63, situada en la estación espacial de Robledo de Chavela.

Charlas

El asteroide 433 Eros visto por el satélite *NEAR-Shoemaker.*

de riesgos. Los efectos devastadores que podrían producir los impactos de objetos cósmicos son un tema de evidente interés. En las charlas se tuvieron en cuenta todas las formas posibles (desde la teoría hasta las observaciones espaciales) de obtener la estructura interna y la composición de asteroides y cometas. El curso incluía una serie de charlas que complementaban las lecciones y proporcionaban sugerencias para futuros estudios. El formato fue completamente multidisciplinar, y congregó a expertos en teoría, astrofísica de laboratorio y observaciones desde tierra y desde el espacio.

UN DISCO DE ACRECIMIENTO EN TORNO A UNA ESTRELLA DE NEUTRONES

Franco Giovannelli
Istituto di Astrofisica Spaziale, CNR
Roma (Italia)

Para explicar la emisión en rayos X y las fases orbitales del sistema A0535+26/HDE245770, Giovannelli y Ziólkowski (1990) propusieron la existencia de un disco de excreción en torno a la estrella Be, más un disco de acrecimiento en torno a la estrella de neutrones. Sin embargo, este disco de acrecimiento aún no ha podido ser observado directamente.

En esta charla se presentaron observaciones de espectroscopía de V725 Tau (HDE245770), la contrapartida óptica del púlsar de rayos X A0535+26, realizadas con el telescopio de 1.5 m de Loiano. Del análisis de las líneas de emisión de He I se obtuvo, por primera vez, la prueba experimental de la presencia de un disco temporal de acrecimiento en torno a A0535+26. El radio externo del disco está entre $6.2x10^{10}$ y $1.5x10^{11}$ cm, considerando el rango más probable para el ángulo de inclinación orbital (50-60º). Este resultado confirma las predicciones de Giovannelli y Ziólkowski (1990).

Se discutió también el origen de los púlsares de rayos X en sistemas binarios como éste. Una posibilidad es que se formen a partir de la explosión de supernovas, en sistemas binarios de masa intermedia, si el sistema no se rompe. Entre los 88 púlsares galácticos de rayos X conocidos, se han encontrado 41 objetos asociados con restos de supernovas, con un nivel de confianza de 7 s.

Astronoticias

Recopilación de Itziar de Gregorio y Elena Jiménez

ORIGEN DE LA LUNA

Recientes análisis de rocas lunares (*Science* octubre-2001) han desvelado que el objeto del tamaño de Marte que impactó contra la Tierra arrancando un enorme trozo de su corteza y creando como consecuencia nuestro satélite, no proviene de fuera del sistema solar como se pensaba, sino que hay indicios de que se trataba de un planeta muy cercano a la Tierra, como se deduce a partir de las similitudes en cuanto a la relación existentente entre los isótopos de oxígeno. Distintas relaciones indican exposiciones a niveles de radiación diferentes, por ello dicho cuerpo debía provenir de las vecindades de nuestro planeta.

Cortesía de Lynette Cook

Impresión artística del impacto

Cortesía de Lynette Cook

Impresión artística de los dos nuevos planetas

EXOPLANETAS CON ÓRBITAS CIRCULARES

Se han descubierto ocho nuevos planetas extrasolares, dos de los cuales poseen órbitas casi circulares, como ocurre en nuestro sistema solar, y se encuentran en torno a las estrellas HD23079 y HD420. Este tipo de exoplanetas es muy interesante porque el 60% de los hasta ahora descubiertos poseen órbitas muy elípticas, dificultando la aparición de vida a causa de las extremas temperaturas a las que están expuestos. La condición de poseer una órbita circular es necesaria para la posible aparición de vida, aunque este factor depende de otras condiciones asimismo importantes, por ejemplo la situación del planeta en la zona de habitabilidad, la estructura del mismo (rocosa) y su composición química. Los ocho nuevos planetas tienen masas comprendidas entre 0.8 y 10 veces la masa de Júpiter y orbitan a una distancia de 0.07 a 3 UA de sus respectivas estrellas.

Astronoticias

UNA TORMENTA DE POLVO CUBRE MARTE POR COMPLETO

El planeta rojo está sufriendo la mayor tormenta de polvo de las últimas décadas. El polvo ha cubierto prácticamente toda la superficie del planeta. Tanto el *HST*, como el *Mars Global Surveyor*, *MGS*, están realizando un concienzudo seguimiento del increíble fenómeno desde hace unos tres meses cuando se detectó por primera vez la incipiente tormenta. El Sol calienta el polvo de las capas más altas de la atmósfera, pero su energía no es capaz de llegar a la superficie, lo que produce una diferencia de temperatura muy abrupta entre la superficie y las capas altas de la atmósfera.

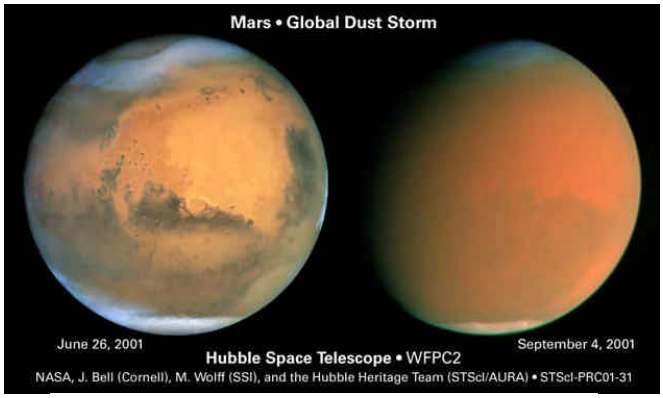


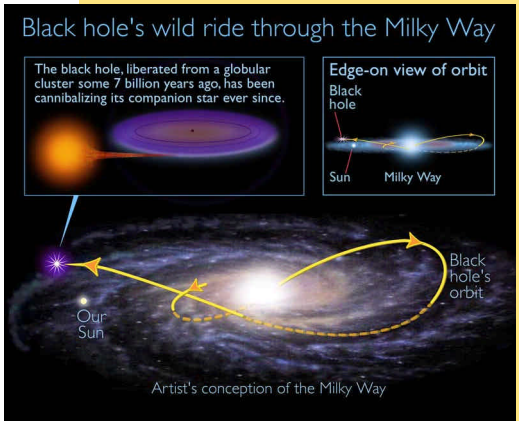
Imagen del Hubble Space Telescope. A la derecha, puede apreciarse el planeta cubierto por el polvo.

Los científicos toman una imagen diaria del planeta con una de las cámaras a bordo del *MGS*, que le permite estudiar las zonas de aumento y disminución de polvo, los cambios de temperatura debidos a la tormenta, el movimiento del polvo, etc. La tormenta comenzó en el mes de junio en el hemisferio norte del planeta y pronto fue capaz de estimular otras. El polvo de la primera tormenta alcanzó la estratosfera y en una semana había alcanzado el hemisferio sur y generado tres importantes focos separados varios miles de kilómetros del primero. Tres meses después de su detección la tormenta está empezando a perder fuerza. Precisamente la baja temperatura de la superficie permite que los vientos vayan amainando y el polvo se precipite de nuevo. Los científicos esperan que se vuelva a producir otra tormenta de polvo, ya que Marte se aproxima al punto más cercano al Sol de su órbita. La radiación del Sol calentaría de nuevo la superficie y se podrían reprducir los fuertes vientos levantando el polvo de la superficie.

UN AGUJERO NEGRO ERRANTE

Un nuevo agujero negro ha sido detectado por un equipo internacional de astrónomos. El estudio se ha realizado usando datos en rayos X, en radio y en el óptico.

El satélite de rayos X, Rossi X-ray, detectó este objeto el 29 de marzo de 2000. Se trata de un sistema binario, en el que el agujero negro consigue atrapar gravitatoriamente el material de una estrella compañera. La estrella que le acompaña ha perdido ya parte de sus capas más interiores.



Antes de ser "tragado", el material forma un disco caliente que gira en torno al agujero negro, emitiendo también chorros de partículas subatómicas que pueden detectarse tanto en rayos X como en radio. Una vez localizado se realizaron observaciones con el Very Long Baseline Array, (VLBA), en radio. Como el objeto se encuentra relativamente próximo a nosotros, las observaciones de VLBA han permitido determinar con mucha precisión los detalles del movimiento del sistema. Los astrónomos han utilizado también datos de hace 43 años tomados en el observatorio de Monte Palomar, permitiendo así definir el tipo de órbita que sigue en la galaxia. Se trata de una órbita muy excéntrica, tanto que es capaz de alcanzar las zonas más externas de nuestra galaxia. La explicación más plausible es que una estrella muy masiva y de corta vida produjo al final de su evolución una explosión de supernova que dejó como remanente un agujero negro. Esta estrella formaría parte de un cúmulo estelar. Simulaciones numéricas de interacciones gravitatorias en cúmulos globulares muestran que los agujeros negros que allí se forman podrían ser expulsados del cúmulo. Esto es lo que podría haberle pasado a este objeto que habría capturado a la estrella compañera antes de ser expulsado.

LAEFF

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	barrado
Alberto J. Castro Tirado	266	ajct
Álvaro Giménez Cañete	155	ag
José Francisco Gómez Rivero	267	jfg
Rosario González Riestra	268	ch
David Hochberg	197	hochberg
Miguel Mas Hesse	196	mm
Benjamín Montesinos Comino	195	bmm
Carmen Morales Durán	188	morales
Juan Pérez Mercader	198	mercader
Lourdes Sanz F. de Córdoba	193	lourdes
Luis Manuel Sarro Baro	263	lsb
Enrique Solano Márquez	154	esm
Postgraduados:		
Itziar de Gregorio Monsalvo	194	itziar
Albert Domingo Garau	266	albert
Cristina García Miró	138	cgm
Beatriz González García	138	bmgg
Elena Jiménez Bailón	266	elena
Bruno Merín Martín	194	bruno
Carlos Rodrigo Blanco	264	crb
Celia Sánchez Fernández	163	celia
Personal Administrativo:		
Margie Guitart Martín	161	margie
Concha Prieto Alas	234	concha
Servicios Informáticos:		
Jesús García Jiménez	263	jess

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

Convocatorias

Becas posdoctorales del Weizmann Institute of Sciences.
Convocante: Feinberg Graduate School. Weizmann Institute of Science (Israel)
Plazo: 01/01/02.
Dirigidas a: investigadores de cualquier nacionalidad con título de doctor obtenido los últimos tres años.

Periodos de formación de la Agencia Espacial Europea.
Convocante: Agencia Espacial Europea (ESA).
Plazo: 31/01/02.
Dirigidas a: estudiantes tanto de disciplinas técnicas como no técnicas, en función del centro seleccionado para realizar la estancia.

Becas posdoctorales del Canadian Institute of Theoretical Astrophysics.
Convocante: Canadian Institute of Theoretical Astrophysics.
Plazo: 1/12/01.
Dirigidas a: doctores en Astrofísica o disciplinas relacionadas.

Plazas de investigación en el Canadian Institute of Theoretical Astrophysics.
Convocante: Canadian Institute of Theoretical Astrophysics.
Plazo: 1/12/01.
Dirigidas a: doctores que acrediten experiencia investigadora posdoctoral en el área de Astrofísica.

Becas de estudios y investigación en Suecia.
Convocante: Department for Exchanges in Education and Research. The Swedish Institute.
Plazo: 15/01/02.
Dirigidas a: estudiantes o investigadores interesados en realizar cursos de doctorado, postgrado o máster en cualquier universidad sueca.

Becas de investigación de corta duración en Japón.
Convocante: Japan Society for the Promotion of Science (JSPS).
Plazo: 17/05/02.
Dirigidas a: científicos senior, profesores universitarios, y candidatos con suficiente experiencia profesional.

Becas posdoctorales para investigadores extranjeros en Japón.
Convocante: Japan Society for the Promotion of Science (JSPS). **Plazo**: 30/11/02.
Dirigidas a: candidatos con título de doctor obtenido los últimos seis años.

Galería

La "Araña Roja" (NGC 6537) es una espectacular nebulosa planetaria bipolar situada a 3000 años luz en la constelación de Sagitario. Las nebulosas planetarias son los últimos estados de la evolución de estrellas similares al Sol. Despues de la fase de gigante roja, estas estrellas se desprenden de sus capas exteriores, formando en muchas ocasiones estructuras con dos lóbulos como las que se ven en esta imagen obtenida con el *Hubble Space Telescope (HST)* (ver también nuestra Galería en el número 29 del LAEFF Reporter). Uno de los detalles realmente impresionantes de esta imagen es la presencia de "olas" de gas gigantescas, con picos de hasta cien mil millones de kilómetros y que viajan a la "moderada" velocidad de 1 millón de kilómetros por hora. Estas olas se crean por choques del gas que forma los lóbulos con el material interestelar que encuentra a su paso, de la misma forma que un quitanieves acumula la nieve en su pala al moverse. La estrella central de esta nebulosa, una enana blanca, tiene una temperatura de unos 500.000 grados, siendo por tanto una de las estrellas más calientes que se conocen.

Impresión: Imprenta Edigrafos
Depósito Legal: M-28147/2000