LAEFF Reporter

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

http://www.laeff.esa.es

MINISTERIO DE DEFENSA
INTA

Año VIII, núm. 31. Marzo 2002

Una nueva visión del cúmulo abierto M35

Historia de la formación estelar

Nanotecnología y nanosatélites

Discos protoplanetarios: del polvo interestelar a los planetas

Adiós a MINISAT

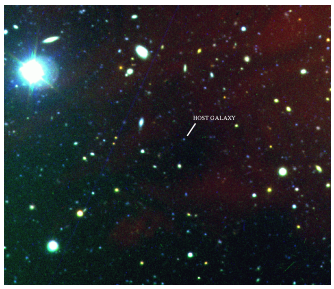
Atmósfera de un exoplaneta

Futuro del Universo

XMM-Newton observa una supernova

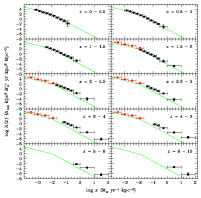
Telescopios de última generación

SUMARIO

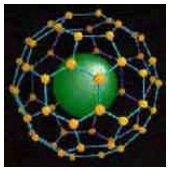


La imagen muestra el campo del brote cósmico de rayos-gamma "GRB 000418", observado aproximadamente un año después del estallido. En la posición en la que ocurrió dicho evento cataclísmico se detectó la galaxia señalada en la figura. Esta imagen profunda fue realizada con el Telescopio Nórdico (NOT) combinando datos tomados en tres filtros ópticos (B, R e I). El tiempo de exposición total corresponde a 8.75 horas. Imagen perteneciente al "The NOT GRB host galaxy program", gentileza de J. Gorosabel.

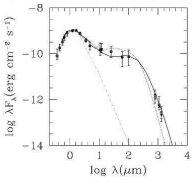
Primera Plana
Una nueva visión del cúmulo abierto M35
David Barrado y Navascués — **3**



La Tarima
Historia de la formación estelar
Alberto Fernández-Soto — **6**

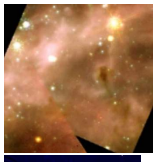


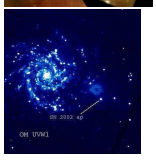
Dossier
Nanotecnología y nanosatélites
José Torres Riera — **10**



Apuntes
Discos protoplanetarios: del polvo interestelar a los planetas
Bruno Merín Martín
Adiós a Minisat
Celia Sánchez Fernández — **13**

Charlas — **15**





Astronoticias — **17**
-XMM-Newton observa una supernova.
-Efectos de la explosión de una supernova.
-Telescopios de última generación.
-Detección de la atmósfera de un exoplaneta
-Futuro del Universo.

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

David Barrado, 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.

Una nueva visión del cúmulo abierto M35

David Barrado y Navascués

En buena medida, los avances científicos se encuentran ligados a los desarrollos tecnológicos. La aparición de CCDs de gran formato junto con la tecnología de mosaicos (la capacidad de situar varios detectores uno junto al otro) y la espectroscopía multiobjeto han provocado un salto cualitativo en el estudio de las propiedades de las componentes de cúmulos abiertos. Un ejemplo concreto es el caso de M35 (NGC2168), riquísimo cúmulo joven, pero prácticamente desconocido hasta 1999.

Imagen de M35 (23x23 minutos de arco) tomada con el telescopio KPNO 4 metros.

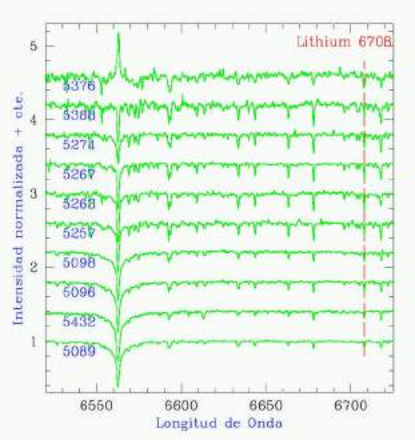
Hasta ese momento, M35 había sido estudiado de manera somera, existiendo datos de calidad (fotometría y movimientos propios) para las componentes más calientes que el Sol. En buena medida, esta situación se debía a la distancia a la que se encuentra el cúmulo, unos 816 parsecs. Sin embargo, M35 puede considerarse como un excelente laboratorio astrofísico, dado que la extinción interestelar en su dirección es moderada E(B-V)=0.2, y tiene una edad y una masa total similares a las Pléyades.

Probablemente, uno de los aspectos más interesantes del estudio de M35 es la comparación con otros cúmulos de edad similar. De hecho, M35 forma parte de una de las triadas destinadas a ser piedras angulares en la profundización de nuestro conocimiento de las propiedades de los cúmulos estelares y, por ende, de las estrellas. Comparte cuasi-coetaneidad con las Pléyades y con las Pléyades del Sur, NGC2516. Otra triada, de edad superior, es la compuesta por las Híades, Praesepe y Coma, cúmulos que han sido y están siendo estudiados de manera intensiva.

Nosotros hemos reconocido la potencialidad de esta asociación. En primer lugar, se ha censado la población del cúmulo, alcanzándose I=23 magnitudes, lo que equivale a tipos espectrales M5.5 en el caso de miembros del cúmulo, por debajo del límite subestelar a 0.075 masas solares. Este estudio multibanda (en los filtros Johnson V, Cou-

sins RI, y en el Z) ha permitido la selección de un gran número de miembros potenciales de la asociación, a pesar de la fuerte contaminación debida a estrellas de campo que se encuentran en la línea de visión del cúmulo (tanto estrellas de la secuencia principal como gigantes rojas). Este estudio fotométrico nos ha permitido derivar la función de luminosidad y la función de masas del cúmulo. Se puede resaltar el hecho de que debido al alto número de miembros, la función de masas no se ve afectada por una estadística pobre. Por tanto, hemos podido estudiar no sólo el comportamiento global de la misma, sino detalles estructurales que no habían podido ser revelados por la mayoría de los estudios anteriores. La función de masas no se ajusta a un comportamiento de ley de potencias de tipo Salpeter con índice único, siendo necesarios tres valores de éste según el rango de masas, para ajustar su comportamiento funcional. En el caso de las componentes menos masivas, se observa un decrecimiento notable que destaca cuando se compara con cúmulos similares tanto en edad como en masa total, tales como las Pléyades o NGC2516. De manera especulativa, esta diferencia puede ser interpretada en el marco de la evolución dinámica del cúmulo al orbitar en torno a la Galaxia. Esto es, se produce una segregación de masas, con desplazamiento de las componentes menos masivas hacia el halo del cúmulo, para su ulterior expulsión. El completo censo estelar nos ha permitido estimar la masa total dentro del la región central del cúmulo, confirmando que M35 es uno de los cúmulos abiertos más ricos en la "vecindad" del Sol. Un resultado por otra parte obvio al observar una imagen profunda del cúmulo.

Un aspecto novedoso es la búsqueda de enanas blancas en el cúmulo, que requieren unos 30 millones de años para hacer su aparición. Dado que M35 tiene una gran riqueza, se espera que tenga un número relevante de enanas blancas. Nosotros hemos identificado varias candidatas fotométricas. Además, la función de luminosidad



Algunos espectros de gran relación señal-ruido.

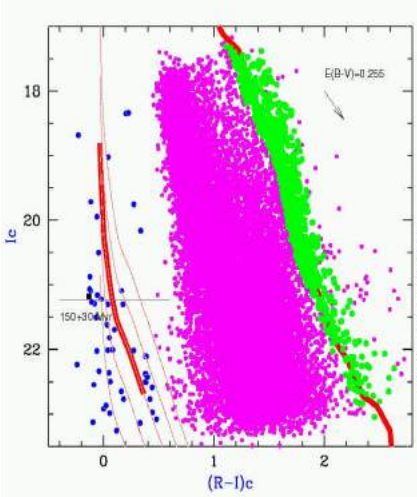
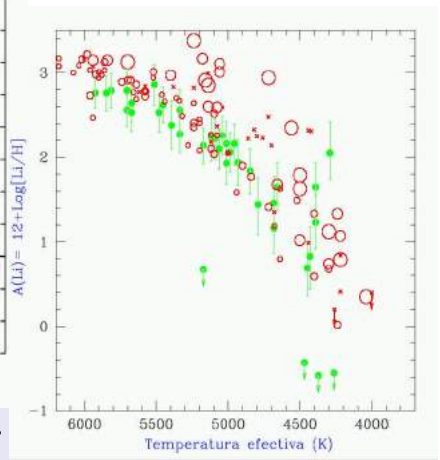
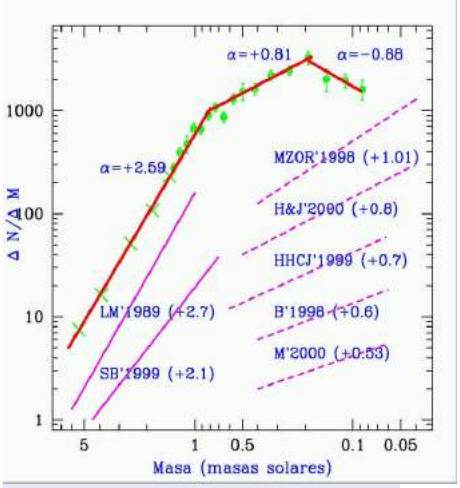


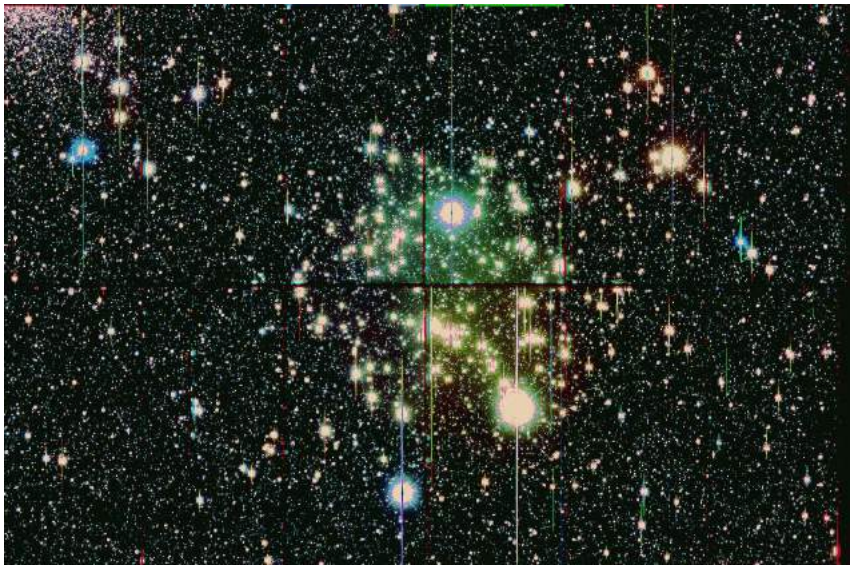
Diagrama color-magnitud de la región que contiene al cúmulo. Hemos superpuesto varias isocronas para enanas blancas. Su función de luminosidad permite estimar la edad del cúmulo.



Distribución de las abundancias de litio en estrellas de tipo G y K en M35 y en las Pléyades.



Función de masas de M35 y comparación con las Pléyades.



El cúmulo globular NGC2158, proyectado en las cercanías de M35, se puede apreciar en la parte superior izquierda de la figura. (CFHT).

de este tipo de objetos presenta un claro máximo, que está relacionado con la edad del cúmulo. Así, hemos sido capaces de estimar la edad del cúmulo de manera independiente a los métodos tradicionales (el ajuste de isocronas a las estrellas más masivas, que ya han salido o se encuentran saliendo de la secuencia principal).

El nuevo censo de objetos estelares (y subestelares) nos ha permitido realizar estudios complementarios, mediante la realización de espectroscopía de resolución intermedia-alta. Dado que el módulo de distancia es moderadamente alto, (m-M)=10, es indispensable la utilización de espectrógrafos multi-objeto con telescopios de 4 metros. De hecho, un simple cálculo indica que es más eficiente este método que la espectroscopía tradicional (un objeto cada vez) con un telescopio de clase 10 metros, ya que es posible observar unas 100 componentes del cúmulo de manera simultánea. La alta calidad de estos espectros permite no sólo la medida de velocidades radiales y de rotación, sino la cuantificación de las anchuras equivalentes de numerosas líneas espectrales, como pudieran ser Li I 6708 Å, Hα a 6563 Å, líneas de hierro, etc, y la realización de síntesis espectral con objeto de derivar la abundancia metálica. Esto es, realizar un estudio completo de propiedades tales como la abundancia de litio y su dependencia con la temperatura y la rotación, la actividad estelar, la identificación de binarias espectroscópicas y de miembros espúreos basándonos en las velocidades radiales, etc. Como ejemplo, la metalicidad derivada es de [Fe/H]=-0.21±0.10, dex, notablemente inferior a la correspondiente a las Pléyades ([Fe/H]=+0.01, prácticamente solar), y que fue derivada de manera análoga al caso de M35.

Con todos estos datos, hemos realizado un estudio exhaustivo de estas propiedades, intentando establecer su dependencia con la masa estelar, y comparando su comportamiento con el característico de estrellas de las Pléyades. Este es el caso de propiedades tales como la función de masa de ambos cúmulos, la distribución de la rotación, y las abundancias de litio.

En cualquier caso, muchos problemas quedan planteados: ¿cuál es la masa total del cúmulo, incluyendo su halo? ¿cuál es la contribución de las enanas marrones a la masa total? ¿por qué, a pesar de su edad similar a la de las Pléyades, las componentes de M35 poseen velocidades proyectadas de rotación tan bajas? ¿es la rotación la causa de la escasa dispersión de las abundancias de litio para un rango de masas determinado, comportamiento nuevamente contrario a lo observado en las Pléyades? ¿cuál es la edad del cúmulo basada en el agotamiento de las componentes menos masivas del cúmulo (en la frontera sub-estelar), y cómo se relaciona con la edad de las estrellas más masivas y de las enanas blancas?

A pesar de la gran cantidad de datos obtenidos, queda mucho por explorar en este cúmulo abierto.

La Tarima

Historia de la formación estelar

Alberto Fernández-Soto
Osservatorio Astronomico di Brera-Merate (Italia)

La tasa de formación estelar (TFE) en el universo primitivo es a la vez uno de los ingredientes y uno de los resultados más importantes de la cosmología. Un ingrediente, porque la producción de metales, polvo y radiación ionizante que acompaña a la formación estelar es a su vez un factor clave en los sucesos en el universo distante. También un resultado, porque por sí misma la TFE es una de las medidas básicas asociadas al proceso de formación de galaxias.

Presento a continuación un estudio reciente (ver astro-ph/0111129) que creemos representa la medida más homogénea de la historia de la TFE hasta la fecha. El estudio detallado de los efectos de selección asociados a nuestro trabajo nos permite mostrar que el diagrama de Madau en su forma mas "clásica" es fruto exclusivamente de un sesgo observacional, y que lo poco que podemos ver de la formación estelar a muy alto *redshift* parece sugerir que ésta era mucho más intensa en aquella época que en nuestros días. Antes de iniciar mi exposición quiero que el lector sea consciente de dos importantes sesgos en los que sin duda caeré: me centraré casi exclusivamente en las medidas de la formación estelar basadas en el óptico-UV, y me ocuparé sobre todo de las medidas a alto *redshift* (z>1).

Según el modelo del Big-Bang, tras la época de la recombinación el Universo se encontró formado casi exclusivamente por gas neutro. Este gas colapsó por acción gravitatoria dando lugar a las primeras estrellas. No conocemos los detalles de este proceso, pero sí en algún momento posterior estas estrellas (en sabemos con seguridad quecolaboración con los cuásares) produjeron suficiente cantidad de fotones de alta energía como para reionizar el gas libre en el Universo hasta al menos su nivel actual. Sabemos también que el Universo hoy en día está formando estrellas, y medidas a *redshift* relativamente bajo (z~0.5-1.0) parecen indicar que el ritmo de formación ha sido más fuerte en el inmediato pasado que en la actualidad. Este hecho, unido a lo expresado en el anterior párrafo, sugiere que la forma más simple para representar la evolución temporal de la TFE incluiría un inicio con TFE=0 a muy alto *redshift,* un pico en la intensidad de formación estelar que ocurre en algún lugar más allá de z~0.5-1.0, y una caída continuada desde entonces hasta el presente. Este simple modelo es seguramente correcto a grandes rasgos, pero veremos que los cosmólogos podemos haber sobrestimado nuestra capacidad para encontrar la posición del "pico".

Tras la época de la recombinación el Universo se encontró formado casi exclusivamente por gas neutro.

Existen varios métodos para estimar la TFE de una galaxia, en su mayor parte consistentes en la medida de flujos en longitudes de onda que presentan fuerte correlación con ella. Uno de los más utilizados es la medida del continuo UV: asumiendo que las estrellas responsables de emitir el continuo UV son jóvenes (ya que se trata de estrellas masivas, por tanto de vida breve) y eligiendo una función inicial de masas (IMF), se puede encontrar una proporcionalidad directa en-

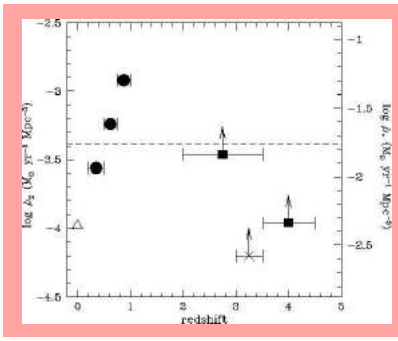
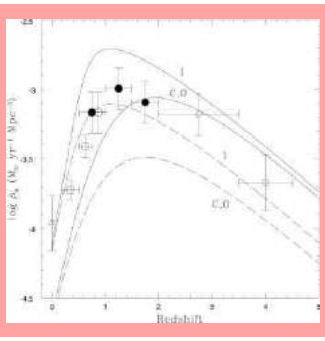


Fig. 1. Evolución de la TFE según Madau et al. (1996).

Fig. 2. Misma figura en Connolly et al. (1997).



tre flujo UV y TFE. El problema, aparte de que se deben hacer las suposiciones ya enumeradas, es que una parte de la radiación UV es absorbida por el polvo de la galaxia emisora. El valor neto de tal absorción no se conoce, y su efecto será más importante cuanto más azul sea la longitud de onda observada (volveremos sobre este problema al hablar de nuestros resultados). Otros métodos no son afectados de igual modo por el polvo (emisión en Hα/Hβ, emisión IR/mm, emisión en 21 cm) aunque presentan otros problemas prácticos de índole observacional.

La primera medida sistemática de la TFE desde alto *redshift* hasta la actualidad fue compilada por Madau (1996, MNRAS, 286, 1388). Este trabajo reúne una serie de medidas heterogéneas: medidas locales obtenidas con un *survey* de Hα, otras obtenidas extrapolando las funciones de luminosidad observadas a *redshift* 0.5-1.0 en el *Canada-France Redshift Survey*, y las medidas a *z*~2.5-4.5 basadas en observaciones ópticas (correspondientes al UV en el sistema en reposo de las galaxias emisoras) del *Hubble Deep Field* (HDF). El resultado principal de este trabajo (el llamado "diagrama de Madau") se muestra en su forma original en la fig. 1. A pesar de que los puntos a alto *redshift* corresponden a límites inferiores, la conclusión de que existía un máximo en la TFE a *redshift* *z*~2 fue poco menos que inevitable. Poco después Connolly (1997, ApJ, 486, L1) añadió algunos puntos más, precisamente en la zona del supuesto máximo, dando mayor fuerza a la hipótesis (fig. 2). Este resultado, además, venía a coincidir aproximadamente con el comportamiento observado para la evolución de la densidad de cuásares y era esperable dentro de los modelos más populares de *Cold Dark Matter.*

No obstante este aparente éxito, una serie de medidas posteriores complicó el escenario. En primer lugar, un cálculo cuidadoso de los errores asociados a la medida de la TFE muestra que la significancia del máximo a *z*~2 es muy reducida. En segundo lugar, diversos grupos señalaron una serie de efectos: el efecto del polvo, por ejemplo, ha sido cuantificado como un factor de amortiguamiento del flujo UV con un valor indeterminado entre 2 y 10. El hecho de estar utilizando muestras heterogéneas y métodos diferentes para el universo local, a bajo, o a alto *redshift*, complica también la interpretación de los resultados. Medidas en otras bandas (IR con ISO, o radio/mm con SCUBA) parecían sugerir en todo caso valores consistentemente más altos de los observados por Madau a alto *redshift,* incluso cuando una corrección razonable por polvo era incluída en el análisis.

Nuestro trabajo de 1998 (ApJ, 508, L1) apuntó por primera vez a un problema añadido a todos los anteriores, ignorado hasta entonces, y que puede ser aún más importante que ellos. Se trata del "*cosmological dimming*". Este efecto de origen relativista hace que el brillo superficial bolométrico de un objeto a distancia cosmológica caiga como $(1+z)^4$. Obviamente afecta sólo a imágenes resueltas y no a imágenes puntuales. Por ello para estos estudios las imágenes tomadas por HST corren el riesgo de "morir de éxito": la extrema resolución espacial de las imágenes del HDF hace que prácticamente todas las galaxias observadas, incluso hasta *z*=5 y más allá, sean resueltas. El brillo superficial de una galaxia observada a *z*=3 es por tanto unas 60 veces menor que el de la misma galaxia a *z*=0. El mismo factor se convierte en ~200 a *z*=5. Podemos resumir esto en una frase: *El Telescopio Espacial no es una*

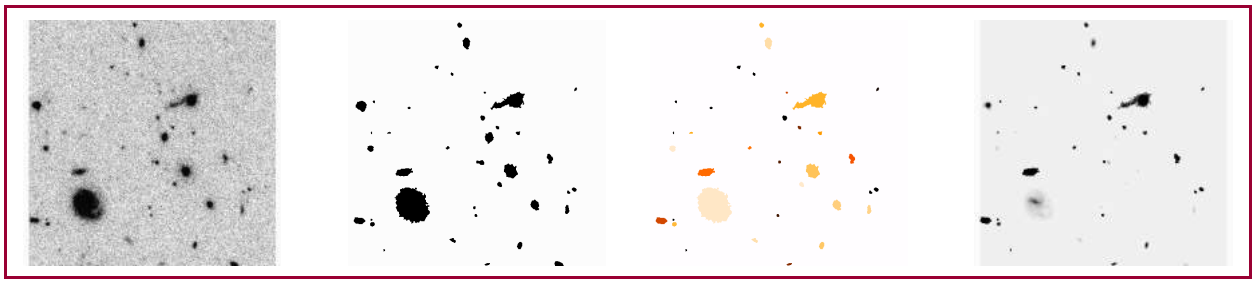


Fig. 3: Ilustración del cálculo de la densidad superficial de formación estelar en un fragmento del HDF. La primera imagen es la tomada por HST, en la que se detectan los objetos marcados en la segunda imagen. Los *redshifts* asignados por nuestro método fotométrico están representados en la tercera imagen (donde un color más oscuro indica un *redshift* más alto). En la última imagen la intensidad de cada píxel representa la densidad de formación estelar intrínseca en él. Se puede observar la diferencia entre la gran galaxia cerca del ángulo inferior izquierdo y los objetos a más alto *redshift.*

máquina adecuada para medir flujos integrados, sino una máquina para medir brillos superficiales.

¿Qué implica este hecho observacional para nuestras medidas de la TFE? Bien, las medidas que hemos presentado hasta ahora se basaban todas ellas en los flujos de las galaxias observadas, extrapolados o interpolados a una longitud de onda en el UV. Pero el efecto de *dimming* cosmológico hace que esos flujos sean incorrectos: en las galaxias cercanas integramos dentro de la apertura todo el flujo hasta los límites más bajos de brillo superficial, mientras que en las lejanas nos limitamos a integrar el área central, más brillante. Esto no sería un problema si las zonas centrales de las galaxias contuvieran la mayor parte del flujo, pero ¿podemos estar seguros de que ése sea el caso? Para intentar confirmarlo hemos "creado" una nueva magnitud que se puede medir en una imagen. Es la *densidad superficial de formación estelar*, que llamaremos *x*. El proceso de medida de *x* está descrito en la fig. 3. Básicamente se toman todos los píxeles de la imagen que corresponden a alguna galaxia y usando un modelo cosmológico y el *redshift* de la galaxia correspondiente (sea espectroscópico o fotométrico) se calcula el área física de cada uno en kpc^2. Usando el flujo medido en varias bandas procedente de un píxel se calcula su flujo UV, y de nuevo se utiliza el modelo cosmológico y la IMF para calcular la tasa de formación estelar en la zona de la galaxia correspondiente a ese píxel. Dividiendo ambas cantidades se obtiene *x* (tasa de formación estelar por unidad de superficie), en unidades de M_{sol} $año^{-1}$ kpc^{-2}.

A continuación se acumulan todas las medidas de los píxeles según intervalos de redshift, normalizando por el volumen de espacio sondeado por nuestra imagen en ese intervalo. El histograma resultante lo llamaremos h(*x*). La distribución de

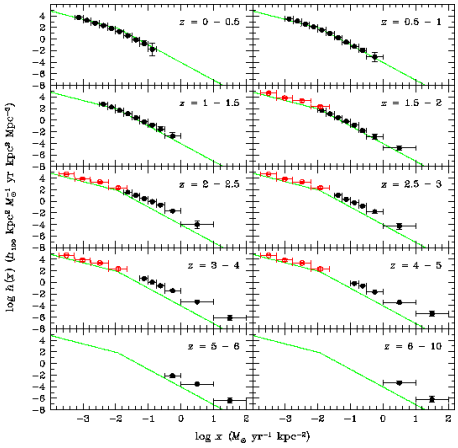


Fig. 4: Distribución de h(*x*) en diferentes intervalos de *redshift*. En cada panel se representan los puntos medidos en los tres HDFs estudiados (puntos negros), el ajuste en la zona de *redshift* 0.5-1.0 (línea verde, repetida en todos los paneles), y en la zona de *redshift* 1.5-5.0 también los resultados de convertir los datos procedentes de sistemas damped Lyα utilizando la ley de Kennicutt (puntos rojos).

h(*x*) medida utilizando las imágenes de más de 4000 galaxias en los campos del HDF, HDFS-WFPC2 y HDFS-NICMOS se

presenta en la fig. 4. Varios hechos importantes pueden observarse directamente en la figura:

1- La distribución de h(x) a bajo *redshift* (la única zona donde podemos ver bajos valores de x) se puede ajustar perfectamente con una doble ley de potencias. La línea verde repetida en todos los paneles es, de hecho, un ajuste de mínimos cuadrados a los puntos a *redshift* 0.5-1.0.
2- Dicho ajuste es tal que, cuando se integra xh(x) a todo x (densidad total de formación estelar al *redshift* dado), la integral converge: la parte de baja densidad es suficientemente plana, y la de alta densidad suficientemente pendiente, para asegurar tal convergencia. Una implicación directa es que *la máxima contribución a la integral proviene de las zonas intermedias*, es decir, no son las zonas más brillantes de las galaxias las que reúnen la máxima formación estelar, sino las de brillo intermedio.
3- Por un simple efecto de selección, cuando se llega a *redshift* ~1.5-2.0, la zona del "pico" en la distribución empieza a no ser observable. Dado que, como acabamos de descubrir, esa zona realiza la mayor contribución a la integral, es inevitable llegar a la conclusión de que, a *redshifts* z>2, nuestras medidas caerán progresivamente si no tenemos en cuenta este efecto. Recordemos que z=1.5-2.0 corresponde precisamente a la posición del "pico" en el diagrama de Madau.
4- Los valores de h(x) en la única zona que podemos medir *directamente* a todos los *redshifts* son los de las áreas de muy alta densidad de formación estelar (> 1 M_{sol} año^{-1} kpc^{-2}). La observación detallada de estos valores permite ver que crecen de forma casi monótona desde z=0 hasta los *redshifts* más altos.

Como acabo de señalar, al sumar las contribuciones de todos los valores de x en cada intervalo de *redshift* se observa una caída a z>2, que es debida a *efectos puramente observacionales* (ver fig. 5, derecha). Para evitar este sesgo se puede integrar *el modelo ajustado a la parte observable* de los datos, extendiendo la integral a todos los valores de x. En este caso, dado que a alto *redshift* los únicos datos observables (correspondientes a las regiones de más fuerte formación estelar) crecen monótonamente con z, encontramos que *la TFE crece también de modo monótono hasta los* redshifts *más altos observables*, alcanzando valores que son entre 10 y 200 veces más altos que los medidos localmente.

Debo, por fin, indicar que todos los resultados que acabo de presentar corresponden a formación estelar *observada*, es decir, deducida del flujo de fotones UV que escapa de la galaxia. La corrección por polvo no ha sido tenida en cuenta en absoluto, y hace que en realidad todos nuestros valores deban ser considerados como límites inferiores de la formación estelar real. Tras un análisis cuidadoso hemos llegado a la conclusión de que el cálculo preciso de tal corrección está aún muy lejos de nuestra capacidad ya que convierte la función de selección de nuestra muestra en una función de tres variables (magnitud, brillo superficial y contenido de polvo) demasiado compleja para ser tratable. Por ello, hemos optado por no incluirla en al análisis y dejar claro que nos estamos refiriendo *exclusivamente a la fracción detectable* de la formación estelar.

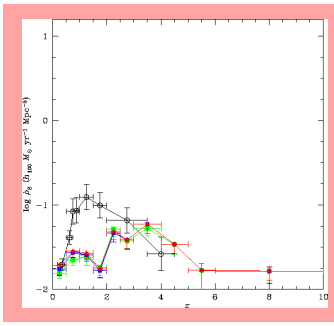
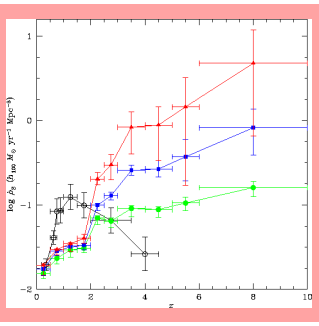


Fig. 5: El diagrama original de Madau + Connolly (círculos vacíos) junto con el resultado de nuestro análisis cuando se suman sólo los datos observados (izquierda) y cuando se integran los modelos a todos los valores de *x* (derecha). Los tres colores (rojo, verde, azul) corresponden a diferentes formas de extrapolar el modelo de h(*x*).

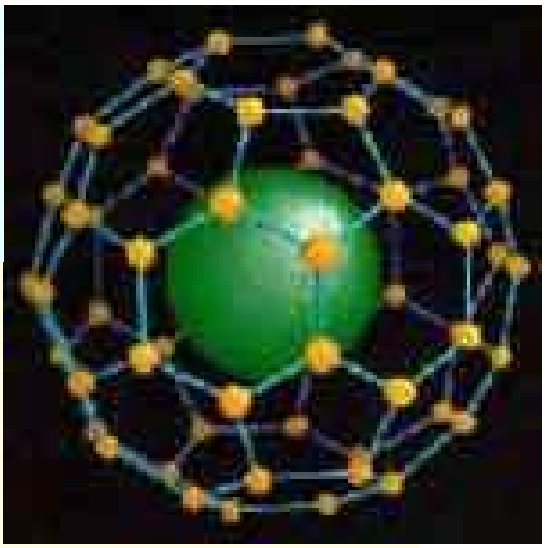


Dossier

NANOTECNOLOGÍA Y NANOSATÉLITES

José Torres Riera
Director del Departamento de Ciencias del Espacio y Tecnologías Electrónicas (INTA)

Imaginen un pequeño artefacto cuya dimensión no es mayor de 10 cm., que pesa un par de kilos, que toda la electrónica está integrada en una sola oblea de silicio y que sin embargo es capaz de realizar misiones en órbita de comunicaciones, observación de la Tierra o experimentación científica.



Lo muy pequeño se confunde con lo muy grande. Una molécula de fulereno bien podría representar una constelación de nanosatélites.

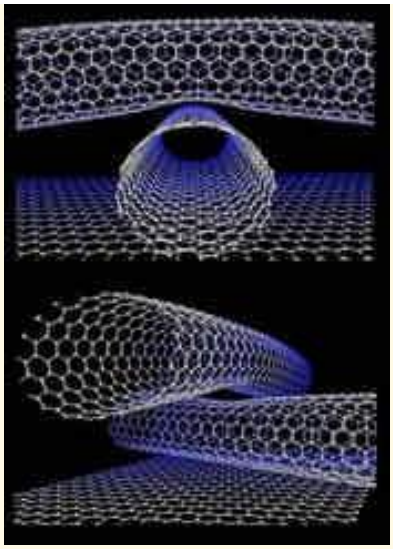
Este pequeño artefacto, nanosatélite, satélite de silicio o satélite en un chip como se le denomina, todavía es futuro pero no es ciencia ficción. El concepto fue presentado por primera vez por Ford Aerospace en la primera mesa redonda sobre "Micronanotecnologías y su aplicación al Espacio" organizada por la ESA en 1995.

La Nanotecnología implica el control de procesos a escala atómica o molecular

Desde esta fecha existen varias realizaciones que se aproximan al concepto gracias a la miniaturización, la micronanotecnología y los microsistemas, pero vayamos por partes: ¿qué es la nanotecnología? Las nanotecnologías pueden considerarse como aquellas tecnologías y procesos que permiten el desarrollo de productos, sistemas componentes ó materiales estructurados de forma que sus propiedades funcionales y/o estructurales quedan mejoradas. La nanotecnología implica el control de procesos a escala nanométrica lo que significa a escala atómica o molecular. ¿Y los nanosatélites? Naturalmente el término obedece a un factor de escala en comparación con los satélites convencionales. Generalmente se aplica cuando el peso está por debajo de los 10 kg pero, más que una cuestión de peso y potencia, el término obedece también a una nueva filosofía de diseño que algunos autores no dudan en calificar de cambio cultural en los proyectos espaciales. La producción de nanosatélites se beneficiará del uso de circuitos de aplicación específica (ASIC´s) Microsistemas electro-mecánicos (MEMS) y materiales nanoestructurados.

Se puede confundir la nanotecnología con la evolución de la microelectrónica pero el concepto va mucho mas lejos. La microelectrónica y los microprocesadores han revolucionado el mundo de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. En los últimos años estas tecnologías han sido confinadas en encapsulados cada vez más pequeños y con prestaciones más elevadas. La conocida ley de Moore, que establece que la evolución de los microchips dobla su capacidad de almacenamiento de información cada 18 ó 24 meses, se sigue cumpliendo pero tiene su límite, primero debido a las limitaciones de los procesos de fabricación como la litografía y segundo y más profundo, debido a razones de física fundamental. Cuando los dispositivos llegan al mundo nanométrico aparecen los fenómenos cuánticos y se termina el comportamiento debido sólo al factor de escala. Los conceptos de pozo cuántico, punto cuántico o transistor de un solo electrón son el verdadero dominio de la nanoelectrónica.

Tampoco hay que asociar necesariamente los productos nanotecnológicos con lo diminuto. Los materiales o recubrimientos nanoestructurados pueden ser tan grandes como queramos, si bien es verdad que los nanorobots o los chips prodigiosos son los que nos vienen a la mente cuando hablamos de nanotecno-



Estructura de nanotubos de carbono

logía, seguramente influídos por las películas de ciencia ficción y por los autores que escriben al respecto.

La nanotecnología estará presente en todos los campos. Si dejamos para el futuro las ideas de Eric Drexler sobre autoensamblaje y autoréplica, los procesos más usados para la fabricación de nanocomponentes son el micromecanizado la microelectroerosión, el mecanizado por láser y la litografía por haces de electrones, preferentemente aplicados al silicio. Además de nuevos procesos de fabricación para la nanotecnología, se ha tenido que recurrir a nuevos instrumentos para asomarse a este mundo. El microscopio óptico ya no sirve. Ni siquiera el microscopio electrónico. Los microscopios de efecto túnel y de fuerza atómica son los únicos capaces de "ver", más bien de "palpar" los atómos y las moléculas para revelarnos su estructura.

Hecha esta breve incursión por el mundo de la nanotecnología volvamos al punto de partida: su utilización en el espacio. Si bien los nanosatélites son el paradigma de su utilización, las nanotecnologías estarán presentes en todos los subsistemas de los satélites grandes y pequeños. Hace un par de años que la ESA nos encargó un estudio para que ahondáramos en este tema. Las conclusiones a las que llegamos son que los proyectos espaciales se van a beneficiar de su uso, y que el sector espacial con sus condicionantes de minimizar el peso y el consumo de potencia, será un dinamizador de algunas nanotecnologías, pero dado el enorme esfuerzo inversor requerido, el sector espacial tendrá que aprovechar y en su caso adaptar, los productos de los sectores con mayor volumen de mercado como la informática, las telecomunicaciones y la automoción.

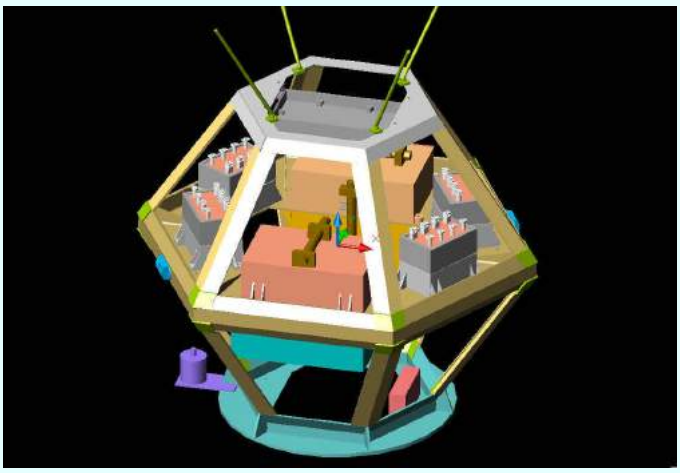
Analizando la aplicación de la nanotecnología al espacio por subsistemas, hay ventajas inmediatas. En la estructura de nuevos materiales más ligeros y más resistentes y acabados superficiales con nanopartículas que les confieren nuevas propiedades. Aquí es obligado hacer una reseña a los nanotubos de carbono. Las aplicaciones potenciales son enormes, no sólo como fibras estructurales para refuerzo de materiales compuestos sino también como semiconductores.

Con los nanotubos quizás seamos capaces por fin de emular las propiedades de la tela de araña más resistente a escala que el acero. De hecho, se espera conseguir materiales compuestos de 50 a 100 veces más resistentes y 6 veces más ligeros.

En control térmico también encontramos aplicaciones inmediatas. Microtuberías para control térmico activo (tal vez también los nanotubos de carbono) y acabados superficiales termocrómicos. Esta aplicación ya ensayada en órbita por la NASA resuelve de manera sencilla un problema muy habitual en el control térmico de unidades electrónicas.

Las comunicaciones y el manejo de datos a bordo incluido el ordenador, se benefician de todos los avances de la nanoelectrónica reduciendo el consumo, aumentando la velocidad de proceso y la capacidad de almacenar información. Pero la nanoelectrónica en el espacio tiene otra asignatura pendiente: su tolerancia a la radiación. Es un hecho que cuanto más baja sea la tensión de polarización, más vulnerable resulta a la radiación acumulada, pero en la nanoelectrónica intervienen también otros factores sobre los que queda mucho por analizar.

El subsistema de control de asiento será uno de los más beneficiados con el uso de nuevos sensores, sensores inteligentes y microsistemas electromecánicos. Solo el capítulo de los nanosensores ocuparía volú-



Configuración de NANOSAT

menes enteros. Aquí nos interesan sobre todo los microgiróscopos, las microcámaras como sensores estelares o de horizonte y los microsensores solares o magnéticos. También los actuadores se benefician de la revolución micronanotecnológica: microruedas de inercia y microimpulsores constituyen un ejemplo.

Para terminar quiero volver al hilo del principio con la siguiente pregunta ¿y qué puede hacer un nanosatélite con tan poca masa y tan poca potencia disponibles? La respuesta no es inmediata porque la cuestión estriba también en buscarles un nicho en el mercado. Como satélites aislados pueden realizar funciones de comunicaciones en diferido, con velocidades bajas de información, hacer funciones de observación a media y gran escala, sobre todo con fines meteorológicos, y hacer misiones científicas con algún tipo de sensor por ejemplo de radiación o de campo magnético. También hacer de supervisores orbitando alrededor de las grandes plataformas (Proyecto Rémora de vigilancia de la Estación Espacial Internacional, por ejemplo). Estas funciones ya han sido demostradas en órbita en varias misiones en los últimos años pero es en constelaciones, enjambres o vuelos en formación, donde desarrollaran toda su potencialidad.

Las constelaciones de nanosatélites tienen aplicación en misiones científicas como sensores distribuídos para medida simultánea de algún parámetro a escala global. También en comunicaciones y observación, una constelación de nanosatélites puede constituir una enorme apertura (antena) de elementos discretos y conseguir resoluciones sin precedentes en radar. Además se reduce la vulnerabilidad del sistema porque sería tolerante al fallo de uno o varios nanosatélites. Estas aplicaciones son de un alto interés para defensa por lo que las diversas agencias, AFOSAR, DARPA, NASA y otros patrocinadores están financiando a un grupo de universidades de Estados Unidos.

¿Y qué estamos haciendo en España en nanotecnología?.

Tratándose de una investigación básica que requiere enormes recursos, la verdad es que no mucho, como se ha puesto de manifiesto en un reciente congreso en Sevilla organizado por CMP-Científica, pero me quedo con las palabras de Emilio Lora-Tamayo, vicepresidente del CSIC: “No se puede decir que hayamos perdido el tren porque éste apenas acaba de arrancar y tiene muchos vagones”. En los últimos años el INTA ha trabajado en un proyecto de nanosatélite con otros centros y universidades financiado por el Plan Nacional del Espacio con el objetivo de dinamizar líneas de investigación en nanotecnología (sensores solar y magnético con materiales nanoestructurados) y uso de componentes electrónicos y optoelectrónicos comerciales. Además de la demostración en órbita de estos dispositivos la misión incorpora la capacidad de comunicaciones en diferido para enlazar bases científicas remotas como la Base Antártica Juan Carlos I.

Si en 1959 Richard Feynman tuvo clara la potencialidad del mundo de lo pequeño, con la famosa frase “Hay mucho espacio allí abajo”, a comienzos del siglo XXI podemos afirmar que “Hay mucho espacio allá arriba” para la aplicación de la nanotecnología en el espacio.

Apuntes

Discos protoplanetarios: del polvo interestelar a los planetas

Bruno Merín Martín

Sabemos que existen discos protoplanetarios alrededor de estrellas presecuencia principal (tipos TTauri y Herbig Ae/Be) y secuencia principal (estrellas tipo Vega) gracias a imágenes del HST y a observaciones en radio. La característica observacional que tienen todos estos objetos en común es un exceso infrarrojo producido por el disco circunestelar.

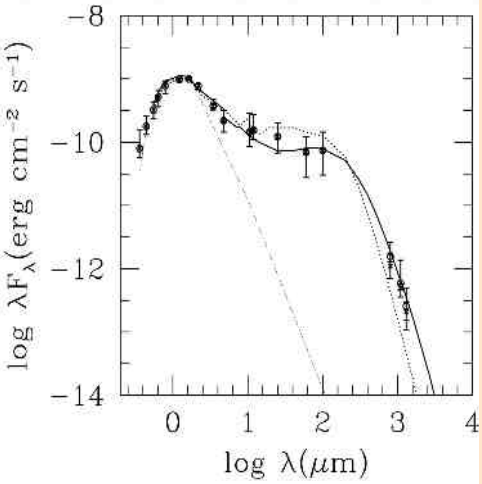
En el modelo semiempírico actualmente aceptado el disco absorbe parte de la radiación de la estrella central, se calienta y reemite la energía interceptada en el infrarrojo como radiación térmica. Otra parte de la radiación emitida por la estrella es dispersada y gracias a ésta se observan imágenes de discos vistos de canto como HH 30 o HL Tau C de la "galería" del HST. Además, si el disco tiene una actividad de acrecimiento intensa, la fricción del material que se está agolpando en su interior produce también una luminosidad en el infrarrojo intrínseca del disco que se suma a la emisión reemitida.

En el LAEFF participamos en un ambicioso proyecto observacional para estudiar los discos protoplanetarios alrededor de una muestra amplia de estrellas, desde las más jóvenes TTauri, hasta las evolucionadas estrellas tipo Vega. El objetivo de este grupo es trazar, mediante correlaciones entre los distintos parámetros observacionales, una secuencia evolutiva de los discos protoplanetarios desde las primeras etapas de formación de la estrella hasta los sistemas planetarios.

Con este fin, el grupo EXPORT (*EXoPlanetary Observational Research Team*) obtuvo observaciones simultáneas de una muestra de 80 estrellas características de las distintas etapas evolutivas. Estas observaciones incluyen fotometría en el óptico e infrarrojo cercano, espectroscopía de media y alta resolución, y polarimetría óptica. Más información en http://export.ft.uam.es.

Después de analizar estos espectros, hemos trazado las distribuciones espectrales de energía de la muestra añadiendo a los datos de EXPORT todas las observaciones disponibles en los archivos de IUE e ISO y otros datos disponibles en la literatura.

Para estudiar los discos protoplanetarios, estamos usando los modelos de disco desarrollados por la Dra. Paola D'Alessio de la Universidad Nacional Autónoma México. Estos modelos calculan la densidad, temperatura y presión de los discos circunestelares en estado estacionario y en equilibrio hidrostático, calentados por la estrella central y por fricción (o disipación viscosa). A partir de la estructura, se puede calcular la distribución espectral de energía, que se compara con las distribuciones espectrales observadas. Así, los modelos constituyen una de las mejores herramientas de que disponemos en la actualidad para estudiar las distribuciones espectrales de energía de las estrellas con discos protoplanetarios (ver figura). En la web http://www.astrosmo.unam.mx/~p.dalessio, se pueden obtener modelos para un conjunto de parámetros estándar así como información sobre su uso. El ajuste de estos modelos a las distribuciones energéticas observadas producirá gran cantidad de información sobre la estructura y física de los discos. Esta información será posteriormente cruzada con las informaciones referentes al estado evolutivo de las estrellas para trazar finalmente la secuencia de formación y evolución de los discos protoplanetarios en un contexto observacional coherente.

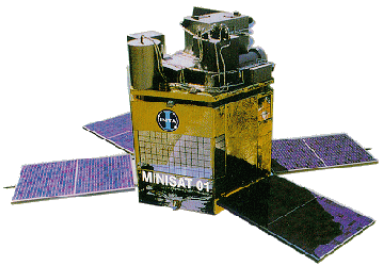


Distribución espectral de energía de un modelo de disco (línea continua) que ajusta la emisión promediada de las estrellas TTauri de la nube Taurus-Auriga. (D'Alessio et al. 2001).

Apuntes

Adiós al MINISAT

Celia Sánchez Fernández



Después de casi cinco años de misión, el pasado día 14 de febrero de 2002, a las 3:12 horas, tuvo lugar el último contacto de MINISAT-01 con la estación de seguimiento de INTA en Maspalomas (Gran Canaria).

Pese a que la vida útil estimada inicialmente para el satélite era de dos años, el proyecto MINISAT-01 ha superado ampliamente los cálculos más optimistas y ha permanecido operativo durante más del doble del tiempo inicialmente previsto. El fin de la misión se ha debido a la inevitable degradación de la órbita, producida por la fricción con las altas capas de la atmósfera. La completa desintegración del satélite se produjo el 26 de febrero cuando el MINISAT 01 alcanzó una altura cercana a los 100 km sobre la superficie terrestre.

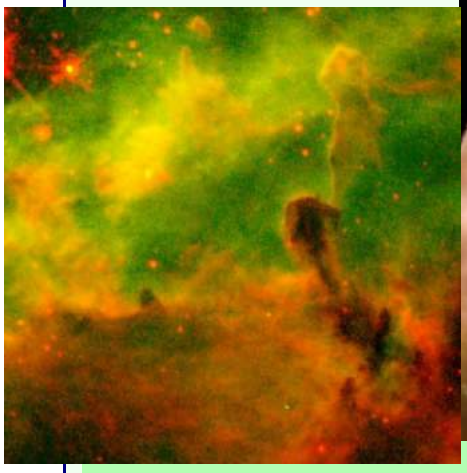
El programa MINISAT se inició en 1990 con el objetivo de desarrollar un sistema que permitiera operaciones espaciales con un coste inferior y con menor tiempo de desarrollo que los grandes programas espaciales. MINISAT-01, el primer satélite de la serie, fue lanzado el 21 de abril 1997 desde la base aérea de Gando, en Gran Canaria, con un cohete Pegasus XL. MINISAT-01 llevaba a bordo tres instrumentos científicos: EURD, un espectrógrafo para el estudio de la emisión del medio interestelar en el ultravioleta extremo y lejano; LEGRI, un detector de rayos gamma de baja energía procedentes de fuentes astronómicas; y CPLM un proyecto para estudiar el comportamiento de puentes líquidos en condiciones de microgravedad.

MINISAT-01 ha estado recogiendo y transmitiendo datos a los equipos científicos hasta el mismo día de la pérdida de contacto con el centro de control. Las observaciones tomadas por EURD durante el descenso de MINISAT-01 en los últimos meses de la fase final de entrada en la atmósfera, han proporcionado datos no conseguidos hasta la fecha por ninguna otra misión. El análisis de estos datos permitirá profundizar en el conocimiento de la distribución en altura de los componentes atmosféricos y sus condiciones físicas, desde la órbita inicial a 575 km, hasta la última órbita registrada, cercana a los 300 km. Hemos de destacar que el espectro del brillo nocturno de la atmósfera terrestre obtenido por EURD es más de 100 veces superior en sensibilidad a las medidas anteriores. Los resultados científicos de MINISAT-01 tendrán un importante impacto sobre las teorías y futuras observaciones, en varios campos de la Astrofísica. Por ejemplo, las observaciones de EURD han permitido refutar la teoría de desintegración de los neutrinos postulada por el Prof. Sciama. A la longitud de onda calculada por Sciama, la sensibilidad alcanzada por nuestras observaciones nos habría permitido detectar una línea de menos de la mitad de la intensidad predicha. La teoría por tanto, necesitará una revisión completa para poder explicar las observaciones. Así mismo, los datos de EURD son incompatibles con las teorías estándar de gas interestelar caliente en la burbuja local (temperaturas en torno a 1 millón de grados). También estas teorías necesitarán una importante revisión. Por otra parte, EURD ha confirmado un defecto de flujo en los modelos de atmósferas estelares de Kurucz, ya apuntado por las observaciones de Voyager. Los flujos de las estrellas en el rango de longitud de onda de EURD (< 1100 Å) son entre un 10 y un 40% más intensos que en los modelos teóricos.

Queremos desde aquí reconocer la labor de todas las personas que, con su esfuerzo e ilusión, han contribuido a que este proyecto sea posible. Tanto en la fase inicial de desarrollo de la misión, como durante su posterior vida útil, la profesionalidad y entusiasmo de todo el equipo de personas que, en uno u otro momento han colaborado en el proyecto, ha sido clave para que la misión MINISAT-01 haya funcionado exitosamente.

Charlas

Benjamín Montesinos Comino



30 Dor en los rangos óptico e infrarrojo.

Cúmulos jóvenes masivos:
30 Doradus y más allá
Jesús Maiz Apellániz
Space Telescope Science Institute, Baltimore

Aquiles y la tortuga: cuando los científicos no llegan a alcanzar sus datos
Matteo Guainazzi
XMM-Newton Users' Support Group

Cadenas carbonadas y especies aromáticas en nebulosas protoplanetarias
José Cernicharo
Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Madrid

Explorando la materia circunuclear en galaxias Seyfert con espectroscopía en rayos X
Stefano Bianchi
Universitá Roma-3

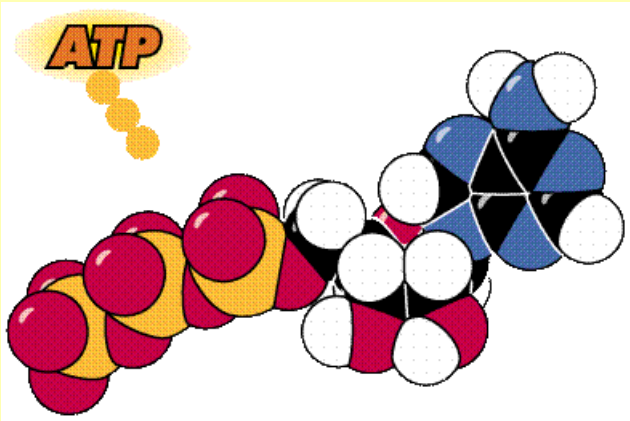
Estrellas de baja masa, enanas marrones, y objetos aislados de masa planetaria en cúmulos jóvenes
David Barrado y Navascués
LAEFF

Espectroscopía cuantitativa de estrellas masivas azules
Francisco Najarro
Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Madrid

OSIRIS: un instrumento de nueva generación para el GTC
Miguel Sánchez-Portal
Grupo de Mecánica de Vuelo (GMV)

Ciencia planetaria y Astrobiología con el telescopio Darwin
Franck Selsis
Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

Sobre el origen de las constelaciones
Alberto Martos
XMM-Newton Instrument Controllers' Group



¿Necesitamos realmente la radiación emitida por una estrella para el desarrollo de la vida?
Ricardo Amils
Centro de Biología Molecular (UAM) y Centro de Astrobiología (INTA-CSIC)

Modelo de ATP (adenosina trifosfato), una de las moléculas fundamentales en los procesos biológicos

Astronoticias

Recopilación de Itziar de Gregorio y Elena Jiménez

XMM-Newton observa una supernova

El pasado 2 de febrero el satélite de rayos X, XMM-Newton, observó la explosión de la supernova, SN2002ap que tuvo tugar en la galaxia espiral M74, cuatro días antes. Las observaciones del detector en el rango UV que XMM-Newton posee, muestran claramente la aparición de una intensa fuente puntual, a 4.5' al oeste y 2' al sur del centro de la galaxia. La detección en rayos X con el detector EPIC, ha sido algo más complicada. Un exceso de fotones 3.5 veces por encima del cielo localizado a 4" de la posición esperada ha sido identificado como la supernova.

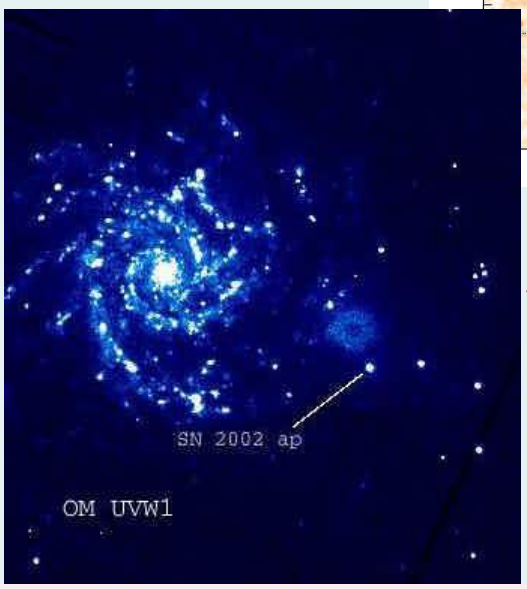


Imagen obtenida por XMM-Newton EPIC de SN2002ap, en el centro de la imagen.

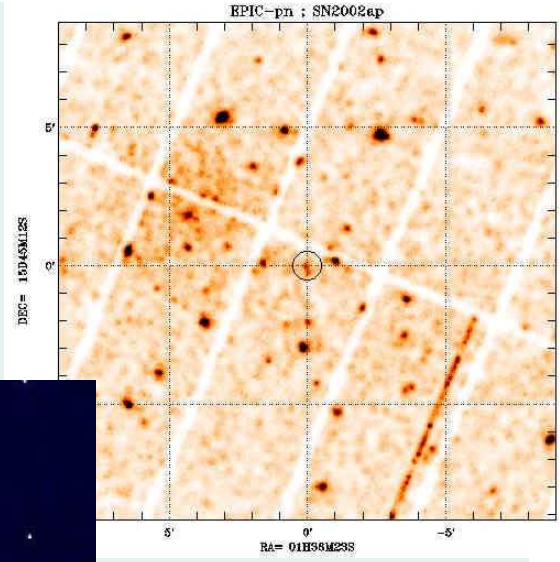


Imagen ultravioleta de XMM-Newtron de SN2002ap, junto a la galaxia espiral que albergaba la estrella, M74.

Efectos de la explosión de una supernova

Hace dos millones de años, una gran parte de la vida marina en la Tierra desapareció repentinamente en todo el planeta. Narciso Benitez de la Universidad John Hopkins en Baltimore, EE.UU., y sus colegas han retomando una idea que apareció por primera vez en los años cincuenta y que explicaría este extraño fenómeno .

Algunas estrellas mueren produciendo lo que se denomina una explosión de supernova. En nuestra galaxia no son muy frecuentes. La más reciente tuvo lugar en 1604, suficientemente lejos de la Tierra como para suponer algun riesgo para la vida. Sin embargo, una supernova que explotara más cerca de nuestro planeta, emitiría una gran cantidad de rayos cósmicos sobre la atmósfera. Las partículas cargadas que transportan, al entrar en contacto con las moléculas del aire de la atmósfera, producirían una cascada de reacciones químicas. En particular, un número suficiente de rayos cósmicos produciría un aumento del monóxido de nitrógeno, capaz de destruir el ozono.

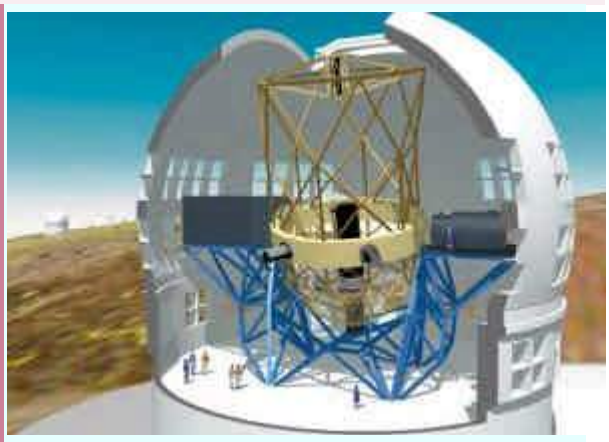
Una quinta parte de las explosiones de supernova se producen en cúmulos de estrellas jóvenes. La asociación de Escorpio-Centauro es uno de estos cúmulos que a su vez está formado por

tres subgrupos. Según Benitez, cada uno de ellos habría generado explosiones de supernova hace 10,7 y 2 millones de años. La más reciente de estas supernovas podría haber explotado sólo a 130 años luz de la Tierra. Los cálculos realizados por el equipo de Benitez indican que una supernova localizada a esta distancia podría haber destruido un 60% de la capa de ozono de la atmósfera. El plánctón expuesto a los rayos ultravioletas solares habría muerto y por tanto una gran parte de la vida marina que se alimenta de él.

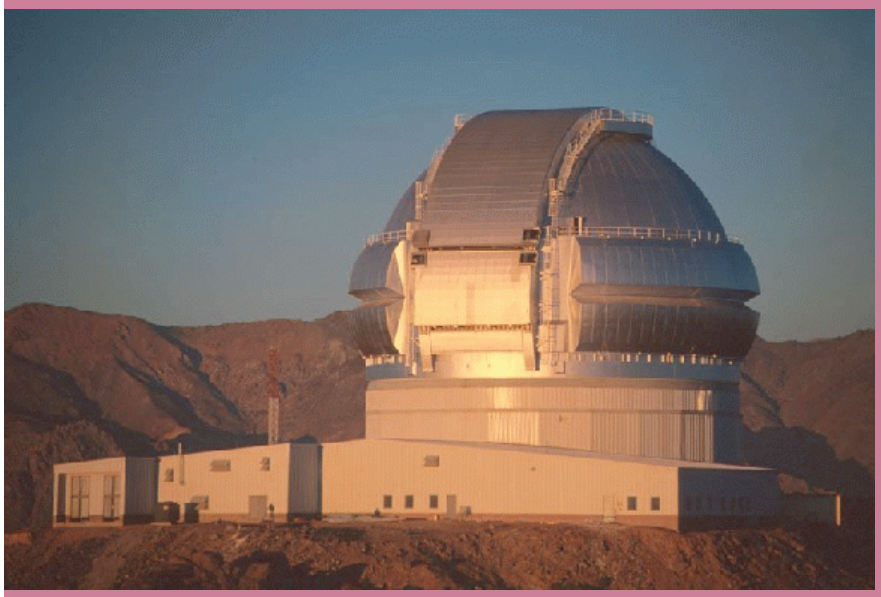
Aunque existen importantes argumentos a favor de esta hipótesis, la prueba definitiva sería encontrar los restos de la supernova que supuestamente explotó hace dos millones de años en el cúmulo de Escorpio-Centauro.

TELESCOPIOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN

Se ha inaugurado en Chile el Gemini South, con un espejo principal de 8 m de diámetro que proporcionará una perfecta visión del cielo del hemisferio sur. Su telescopio gemelo, el Gemini North está situado en Hawai y podrá captar imágenes del cielo del hemisferio norte. La unión de estos gigantes nos ofrecerá una cobertura completa del cielo. Por otro lado, se ha celebrado en Granada el primer congreso sobre "Ciencia con el GTC" en el que se presentó la primera generación de instrumentos de este Gran Telescopio de Canarias, entre los que se encuentran OSIRIS (cámara y espectrógrafo multiobjeto en el visible), CANARICAM (cámara y espectrógrafo, con capacidades de polarimetría y coronografía, en el infrarrojo térmico), ELMER (instrumento de menor complejidad que sería instalado en caso de que OSIRIS no estuviese listo a tiempo) y un instrumento de segunda generación denominado EMIR (espectrógrafo multiobjeto en el infrarrojo cercano).



Cortesía del IAC.



Cortesía del Gemini Observatory

Astronoticias

Cortesía de Lynette Cook

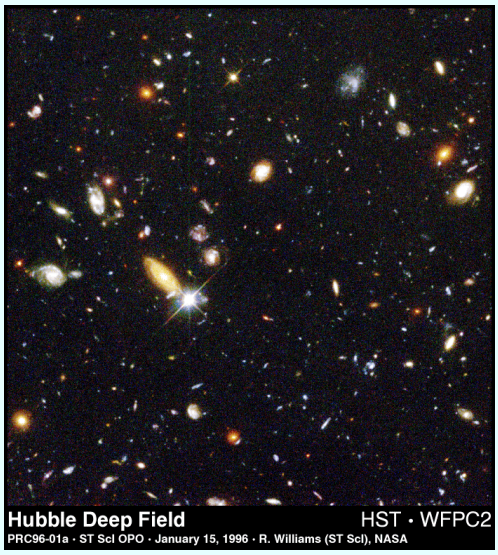
Impresión artística del exoplaneta.

DETECCIÓN DE LA ATMÓSFERA DE UN PLANETA EXTRASOLAR

El telescopio espacial Hubble ha realizado la primera detección de la composición química de la atmósfera de una planeta joviano perteneciente a la estrella HD 209458. Este hallazgo ha sido posible gracias a que el plano orbital de este planeta está orientado hacia nuestro punto de vista y al pasar por delante de la estrella, la luz atraviesa parte de su atmósfera, permitiendo conocer su composición química. Los análisis han revelado una composición muy rica en hidrógeno y una interesante detección de sodio en una cantidad inferior a la prevista, posiblemente debido al bloqueo de parte de la luz por nubes de gran altitud. El siguiente paso será intentar encontrar señales químicas de vida, pues los organismos vivos transformarían la química de la atmósfera del planeta. El planeta es gaseoso y debido a su proximidad a la estrella su temperatura se eleva a unos 1110ºC. El estudio se va a completar analizando otras longitudes de onda para poder detectar otras sustancias como metano, vapor de agua o potasio.

FUTURO DEL UNIVERSO

Estudios realizados por Abraham Loeb del Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, indican que el Universo no tiene masa suficiente para frener su actual expansión, y que muy lejos de hacerse cada vez más lenta por acción de la gravedad va a acelerarse bajo la influencia de la constante cosmológica, haciendo que las galaxias más lejanas se muevan demasiado deprisa como para que las podamos ver. Esta fuerza aceleradora reducirá nuestro horizonte cósmico de forma que la luz que emitan después del cruce de este horizonte no podrá alcanzarnos y su apariencia se congelará en el tiempo, como si no envejecieran, haciéndose cada vez más y más débiles.



Cortesía del Hubble Space Observatory

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	161	ajct
Álvaro Giménez Cañete	155	ag
José Francisco Gómez Rivero	267	jfg
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
Enrique Solano Márquez	154	esm
María Rosa Zapatero Osorio	309	mosorio

Postgraduados:

Itziar de Gregorio Monsalvo	194	itziar
Oscar Delgado Mohatar	264	oscar
Albert Domingo Garau	266	albert
Cristina García Miró	138	cgm
Beatriz González García	138	bmgg
Raúl Gutiérrez Sánchez	260	raul
Elena Jiménez Bailón	266	elena
Bruno Merín Martín	194	bruno
Carlos Rodrigo Blanco	264	crb
Celia Sánchez Fernández	163	celia
Olga Suárez Fernández	263	olga
Juan José Valle Fraga	264	jvf

Personal Administrativo:

Margie Guitart Martín	161	margie
Concha Prieto Alas	234	concha

Servicios Informáticos:

Jesús García Jiménez	263	jess
Juan Martínez Pacheco	260	juanmp

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

ÚLTIMA

"Lit-off para un lifting"

La nave espacial Columbia aterrizó el pasado 12 de marzo después de completar con éxito una misión de 10 días. Durante la misma, el Telescopio Espacial Hubble ha sido mejorado de manera considerable, y se han sustituido varios importantes componentes e instrumentos. Entre otros, Hubble dispone de nuevos paneles solares, giróscopos y unidad energética. Además, la cámara avanzada ACS, que sustituye a la cámara de objectos débiles (FOC), caracterizada por disponer de un gran campo de visión, ha sido instalada con éxito. También se ha incorporado el sistema de enfriado de la cámara y espectrógrafo infrarrojo NICMOS, que pronto volvera a estar disponible. La nueva instrumentación supone una inyección de juventud en el HST.

David Barrado y Navascués

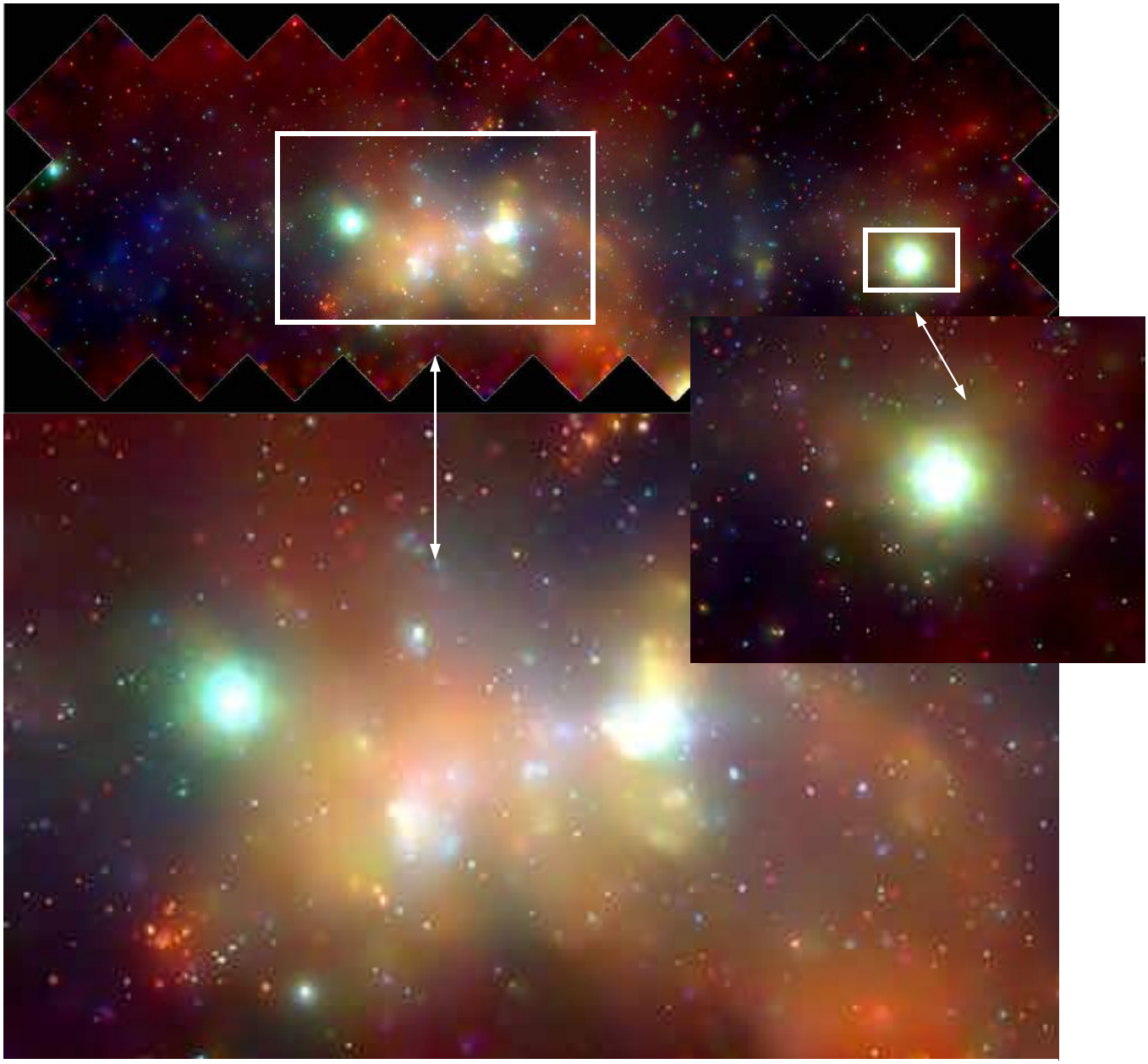
ENVISAT

El día 1 de marzo a las 02:07:59 hora local de Madrid, un potente cohete Ariane-5 puso en órbita la más poderosa herramienta jamás construida para vigilar el estado de nuestro planeta y el impacto que las acciones del hombre tienen en la naturaleza: el satélite europeo medioambiental ENVISAT. Los 10 instrumentos que lleva a bordo hace que sea el más complejo de los construidos en Europa y van a permitir desvelar los misterios del calentamiento global, de la evolución de la capa de ozono, del fenómeno de El Niño, de la deforestación o de la polución de la atmósfera. El lanzamiento fue todo un éxito.La Estación de Villafranca del Castillo tuvo el primer contacto con el satélite a las 09:36 L del mismo 1 de marzo y desde estonces se hace el seguimiento de dos o tres pases diarios tanto por la mañana como por la tarde. Una vez que los instrumentos estén encendidos y comprobados, hacia el 20 de marzo, comenzará la fase de calibración y validación de los mismos y a su finalización comenzará la campaña de obtención de datos y su distribución a la comunidad científica mundial. Una vez en la fase rutinaria de explotación, la estación principal para la recepción de datos será la de Kiruna (Suecia). La Estación de Villafranca actuará, a partir de ese momento, como estación de reserva o ayuda cuando sea necesario en casos de emergencias o para obtener mayor número de datos. Los diez millones de datos por minuto que el ENVISAT enviará a la Tierra, permitirá a los científicos estudiar la evolución de fenómenos medioambientales en una escala hasta ahora desconocida.

Valeriano Claros- Director de la Estación de Villafranca

El Consejo de Redacción
no se responsabiliza del
contenido de los artículos.

Galería



Chandra: Foto del centro de la Galaxia

Así es como el telescopio de rayos X, Chandra, ve el centro de la Galaxia. El mosaico muestra una turbulenta zona, en la que cientos de enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros conviven en una región donde el gas alcanza temperaturas de 10.000.000 K. La evolución de las estrellas masivas en esta zona genera gran cantidad de elementos pesados que contaminan el medio interestelar del núcleo de la Galaxia.

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