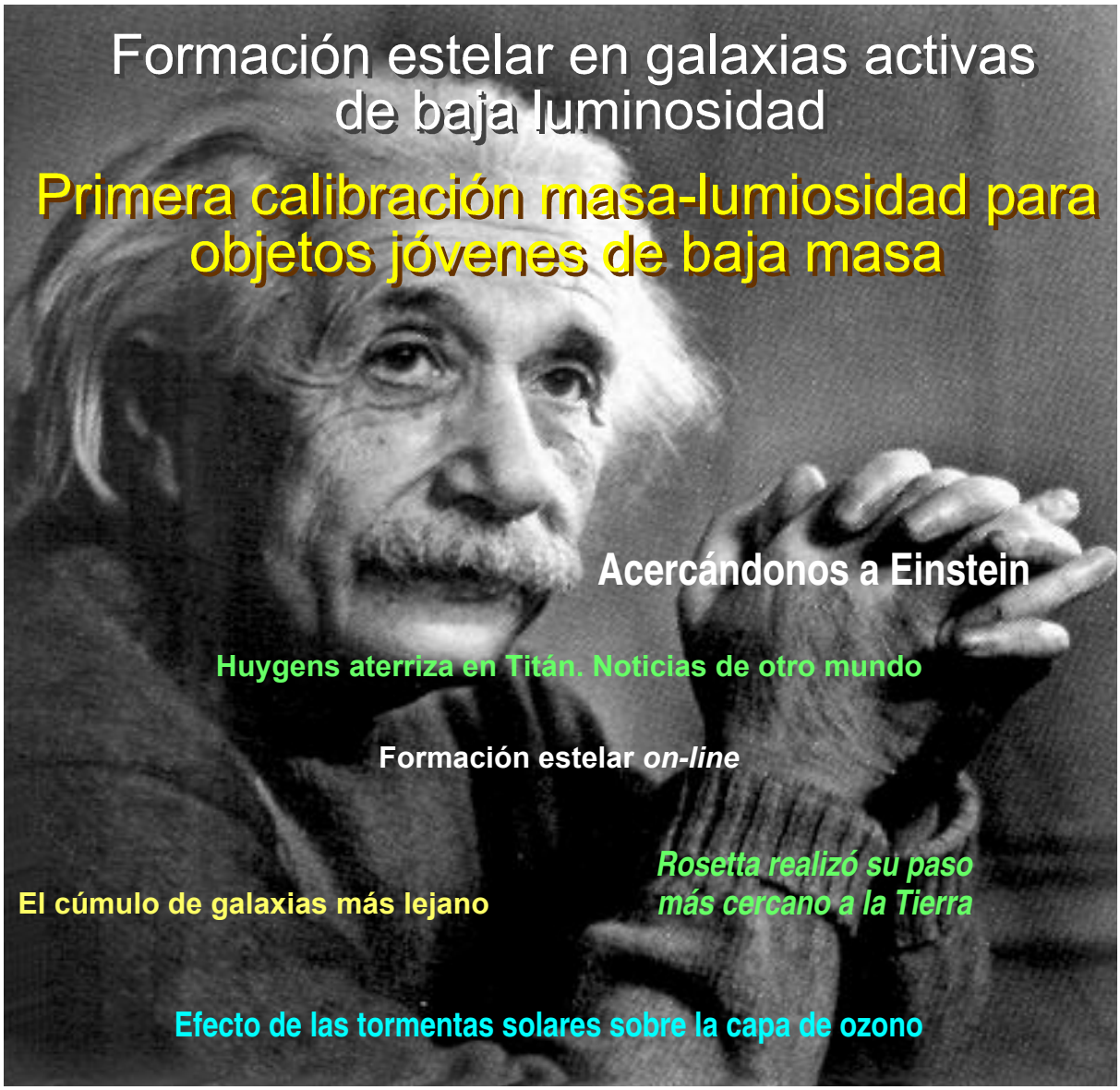
LAEFF Reporter

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

http://www.laeff.esa.es

Año XI, núm. 41. Abril 2005



Formación estelar en galaxias activas de baja luminosidad

Primera calibración masa-lumiosidad para objetos jóvenes de baja masa

Acercándonos a Einstein

Huygens aterriza en Titán. Noticias de otro mundo

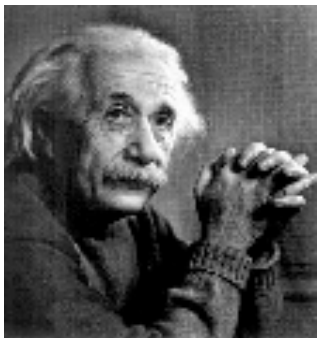
Formación estelar *on-line*

Rosetta realizó su paso más cercano a la Tierra

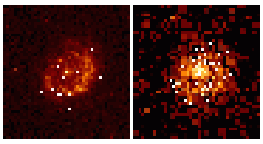
El cúmulo de galaxias más lejano

Efecto de las tormentas solares sobre la capa de ozono

SUMARIO



2005 ha sido declarado "Año Mundial de la Física" para conmemorar la publicación de varios trabajos de Albert Einstein que revolucionaron la Física del siglo XX. En 1905 Einstein sentó las bases de la relatividad especial, una teoría que, ampliada diez años después con la relatividad general, cambió y relacionó intimamente conceptos como el espacio y el tiempo.

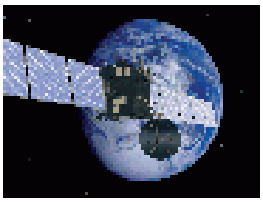


Primera Plana 3
Formación estelar en galaxias activas de baja luminosidad
Elena Jiménez

La Tarima 7
Primera calibración masa-luminosidad para objetos jóvenes de baja masa
José Carlos Guirado

Dossier 10
Huygens aterriza en Titán. Noticias (imágenes, sonido y más) de otro mundo
José Juan López

Apuntes 14
Formación estelar "on-line"
Carlos Rodrigo



Astronoticias 16
El cúmulo de galaxias más lejano
Rosetta realizó su paso más cercano a la Tierra
Efecto de las tormentas solares sobre la capa de ozono

Historia 18
Acercándonos a Einstein

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

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

Consejo de Redacción

David Barrado, Carmen Blasco, Itziar de Gregorio, Albert Domingo, Miguel Mas, Benjamín Montesinos, Concha Prieto., Olga Suárez.

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.

Formación estelar en galaxias activas de baja lumiosidad

Elena Jiménez - XXM-Newton- SOC- ESA

*Los núcleos activos son potentes fuentes de radiación situados en las regiones centrales de algunas galaxias. Los **Modelos Unificados** relacionan esta intensa emisión con la liberación de energía gravitatoria en torno a un agujero negro supermasivo con un disco de acrecimiento y rodeado por regiones de gas y polvo. A mayores escalas, algunos de estos objetos albergan regiones de formación estelar circunnucleares muy intensas. En los núcleos activos de tipo Seyfert 2, la contribución de estos brotes puede llegar a ser muy significativa. El análisis de imágenes y espectros de alta resolución, combinado con la utilización de modelos de síntesis evolutiva, contribuye a mejorar la comprensión de los procesos que tienen lugar en la región central de los núcleos Seyfert 2.*

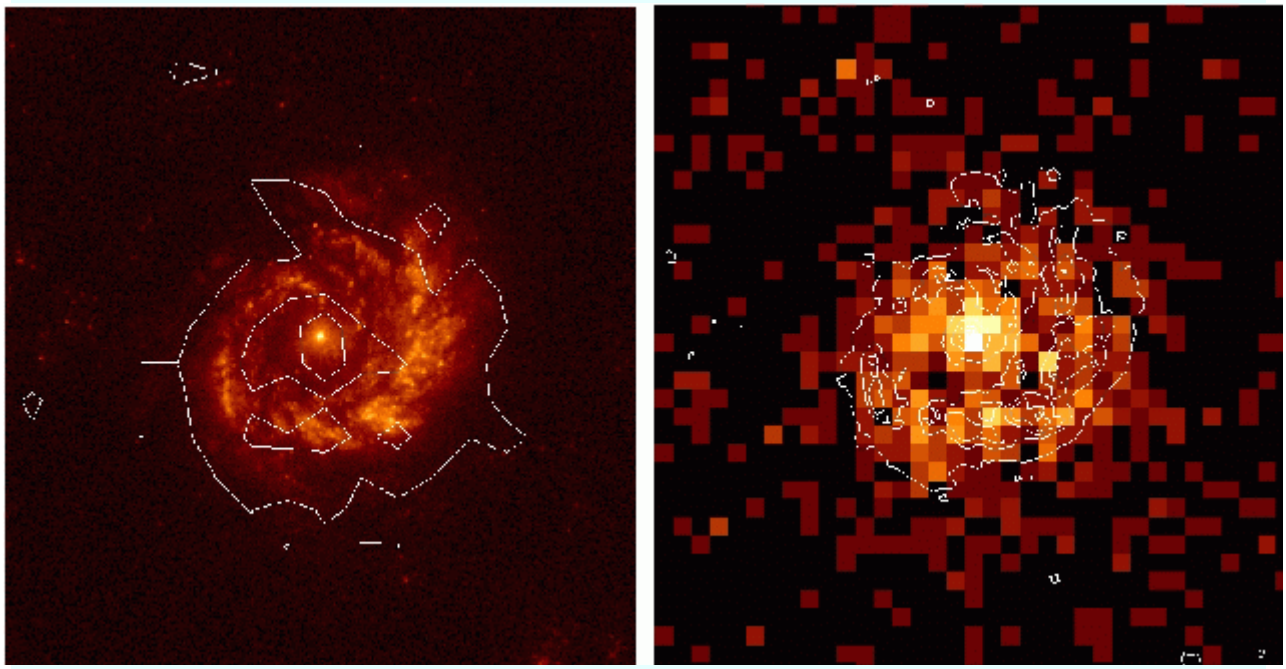


Figura 1: A la izquierda, imagen UV de la región nuclear de NGC 4303 obtenida con STIS con los contornos de la imagen de rayos X de *Chandra* superpuestos. A la derecha, la imagen X con los contornos de la imagen UV superpuestos. La emisión UV y X muestran la misma estructura.

Los núcleos galácticos activos (NGA), situados en las regiones centrales de ciertas galaxias, se caracterizan por emitir gran cantidad de energía desde un volumen muy reducido. Estas potentes fuentes están dominadas por procesos diferentes de los que tienen lugar en las estrellas normales. Su luminosidad es comparable a la de la galaxia que los alberga, $L \sim 10^{40-49}$ erg s^{-1}, y en ocasiones puede llegar a doblarla o incluso triplicarla y, sin embargo, la región emisora es puntual en imágenes ópticas, implicando diámetros menores que 1 pc, los tamaños deducidos a partir de estudios de variabilidad son incluso menores, del orden de días luz o inferiores. Emiten en todo el rango de ener-

gías, pudiendo cubrir hasta un total de 20 órdenes de magnitud en frecuencia, desde el radio hasta los rayos γ. Entre el 1 y el 20 % de las galaxias contienen los NGA .

Los llamados *Modelos Unificados* son los modelos teóricos que gozan de mayor aceptación para explicar las propiedades observacionales de los NGA y que postulan un escenario global con un número mínimo de parámetros. Se trata de un conjunto de modelos con pequeñas diferencias entre ellos, que se basan en la robusta hipótesis de que las diferentes clases de núcleos activos son básicamente producto de distintas orientaciones espaciales del mismo tipo de objeto con respecto a nuestra línea de visión. De acuerdo a los *Modelos Unificados*, los NGA constan de un agujero negro supermasivo, con una masa que oscila entre 10^6 y 10^{10} $M_\odot$. El agujero negro acrece materia a través de un disco de acrecimiento, con un radio típico de unos 10^{15} cm. El disco es calentado por la fricción del material que cae y/o campos magnéticos y es capaz de emitir desde el óptico al rango de rayos X blandos. Por encima del disco se encuentra una corona de electrones calientes que dispersa los fotones procedentes del disco que, por efecto Compton, son reemitidos en rayos X duros. Ciertos mecanismos físicos, en los que posiblemente desempeñen un papel fundamental los campos magnéticos, propician la transferencia de energía desde el disco de acrecimiento a la corona de electrones calientes, ópticamente delgada. Existen dos grupos de nubes de gas ionizado localizadas en diferentes zonas del núcleo activo donde se originan las líneas de emisión: la región de líneas anchas y la región de líneas estrechas. La primera está formada por nubes de gas cercanas al agujero negro, del orden de 10^{16} cm y que por efecto gravitatorio alcanzan grandes velocidades. Las nubes de la región de líneas estrechas están localizadas a mayores distancias del núcleo, >1 pc. Las líneas generadas en esta región se observan tanto en los núcleos activos de tipo 1 como en los de tipo 2. Entre la región de líneas estrechas y la de líneas anchas, los *Modelos Unificados* postulan la existencia de una estructura de gas y polvo dispuesta en una configuración plana, probablemente un toroide, aunque no se descartan otras geometrías. Esta estructura plana es probablemente responsable, al menos en parte, de la colimación de la región extensa de emisión de líneas estrechas, y sobre todo de oscurecer, en algunos objetos, según el ángulo de visión, la parte central del núcleo activo. Rodeando toda esta estructura se ha detectado, en muchos NGA, un cinturón de formación estelar. Los *Modelos Unificados* defienden que todos los NGA están formados por esta estructura y que las diferencias observacionales encontradas corresponden a diferencias en la orientación de dicha estructura con respecto a nuestro ángulo de visión y a su luminosidad. Las propiedades de los objetos de tipo 2 se obtienen al observar el núcleo activo a través del toroide. La emisión se ve oscurecida por el gas y el polvo del toroide. En particular, la región de líneas anchas estará oculta por el toroide. Por tanto, su espectro no debe presentar líneas de emisión anchas, aunque sí estrechas, ya que la región de nubes donde se forman estas líneas queda fuera del apantallamiento del toroide.

La emisión a altas energías de los NGA está relacionada tanto con la emisión del núcleo activo como con los procesos de formación estelar intensa. En los últimos años, con el lanzamiento de los satélites de altas energías *XMM-Newton* y *Chandra*, se dis-

Los NGA se han dividido en una gran variedad de tipos, clases y subclases. Sin embargo, es posible establecer una clasificación sencilla teniendo en cuenta únicamente tres propiedades espectrales. La emisión en radio separa los NGA en dos grupos fundamentales: los NGA brillantes en radio y débiles en radio. Los primeros representan tan solo del orden del 10% del total de núcleos galácticos activos. Las propiedades de las líneas espectrales de emisión subdividen a estos objetos en tres tipos, denominados tipo 0, 1 y 2. Los objetos de tipo 2 presentan líneas de emisión con anchuras a media altura menores que 1000 km/s; los de tipo 1 presentan además de éstas, algunas líneas de emisión con anchuras mayores, con valores típicos del orden de 5000 km/s; los objetos de tipo 0, mucho menos frecuentes, o no tienen líneas o son muy débiles. El tercer parámetro a tener en cuenta es la luminosidad bolométrica. Las galaxias denominadas Seyfert 2 albergan un NGA débil en radio, de tipo 2 y con luminosidad relativamente baja.

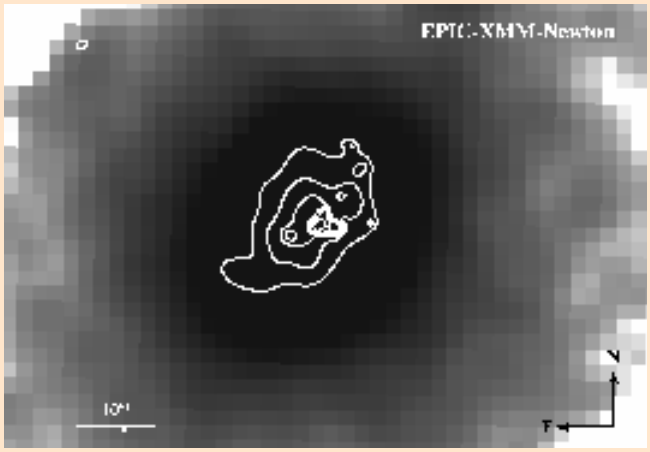


Figura 2: Imagen X de NGC 1068 obtenida con *XMM-Newton* con los contornos de la imagen *Chandra* superpuestos.

pone de datos observacionales con suficiente resolución espacial y espectral para distinguir un fenómeno de otro. En las galaxias Seyfert 2, debido al oscurecimiento de la emisión del objeto central, la contribución de los brotes de formación estelar a la emisión global puede llegar a ser muy significativa. Por tanto, estos objetos ofrecen un interesante laboratorio para establecer la importancia de la emisión procedente de las regiones de formación estelar circunnucleares en la emisión global y su contribución a altas energías. NGC 4303, NGC 1808 y NGC 1068 han sido clasificadas como galaxias Seyfert 2, de acuerdo a su espectro de emisión óptico-UV. En ellas se han detectado indicios de la presencia de brotes de formación estelar en regiones circunnucleares, y están localizadas a distancias que permiten separar las diferentes componentes espaciales, con la resolución de los instrumentos de observación en altas energías. Por tanto, constituyen interesantes ejemplos para estudiar en profundidad la conexión entre formación estelar y los NGA.

El análisis de imágenes y espectros de alta resolución UV-X permite separar la contribución de los procesos de formación estelar de la emisión de la fuente central no resuelta. Por otro lado, la emisión óptico-UV originada en el núcleo activo se ve parcialmente oscurecida por el toroide y, por tanto, la emisión de los brotes de formación estelar puede llegar a dominar en este rango espectral. El análisis del continuo UV y la utilización de modelos de síntesis evolutiva, permiten calcular la emisión en rayos X asociada a dichos brotes. Al compararla con la emisión global observada es posible calcular la contribución relativa de la fuente central, así como proporcionar indicios de su naturaleza.

Emisión a altas energías de las galaxias Seyfert 2

Las imágenes de NGC 4303, obtenidas por el *Hubble Space Telescope* (*HST*), muestran que, además de la fuente nuclear, la región central presenta brotes de formación localizados dentro de un radio de unos 300 pc que siguen una estructura espiral (figura 1). En rayos X, es posible detectar también esta estructura, tal y como muestran las observaciones de *Chandra*, (figura 1). Esta estructura extensa es únicamente visible en rayos X blandos, mientras que en rayos X duros la emisión de NGC 4303 es puntual. En el caso de NGC 1808, las observaciones de *XMM-Newton* y *Chandra* muestran una estructura extensa en rayos X con emisión difusa y diversas fuentes discretas localizadas en la región central, r~250 pc, asociadas con procesos de formación estelar (figura 2).

La información espectral que proporcionan las observaciones de rayos X supone una importante herramienta para el estudio de la contribución de las regiones de formación estelar a la emisión de las Seyfert 2. En general, la emisión continua X de los NGA débiles en radio puede aproximarse a una ley de potencias, $F_\nu \propto \nu^{-\alpha}$, con valores de α comprendidos entre 0.7 y 1.2. El disco de acrecimiento no es capaz de emitir mediante mecanismos puramente térmicos en altas energías. Los fotones ultravioletas originados en el disco de acrecimiento son dispersados por los electrones de la corona, y son reemitidos en rayos X por efecto Compton inverso, generando una distribución energética de tipo ley de potencias. En las inmediaciones del núcleo existe también material suficientemente frío como para que las especies

químicas menos pesadas, H y He, se encuentren totalmente ionizadas, mientras que los metales se encuentran como átomos neutros. La región de líneas anchas, el toroide e incluso el disco de acrecimiento, formados por este tipo de material ópticamente grueso, reprocesan la emisión X primaria, generando diversas características espectrales. Los espectros X de los objetos de tipo 2 están dominados por este tipo de procesos, ya que, de acuerdo con los *Modelos Unificados*, la fuente primaria de rayos X se ve oscurecida. La línea de emisión de hierro a 6.4 keV, debida a fluorescencia, es la característica más importante generada por este tipo de material. En particular, los espectros X de la región nuclear de NGC 4303 y NGC 1808 obtenidos por *XMM-Newton* y *Chandra* muestran la presencia de una ley de potencias con características compatibles a las de las galaxias activas de baja luminosidad. Sin embargo, en ambos casos, la ley de potencias no es capaz de explicar por sí sola el espectro observado, siendo necesaria una componente adicional que domina a bajas energías y que puede explicarse con un modelo de emisión térmica. Las propiedades espectrales de dicha contribución son compatibles con un origen asociado a regiones de formación estelar. Según nos alejamos del núcleo, los espectros de las regiones anulares que incluyen la emisión extensa pueden explicarse mediante una componente térmica que domina a bajas energías. En el caso de NGC 1808 se detecta también una componente de tipo ley de potencias, asociada a la contaminación de la emisión nuclear dura. Tanto en el caso de NGC 4303 como en NGC 1808, el análisis de la emisión X nuclear sugiere la coexistencia de un núcleo galáctico activo con regiones de formación estelar. Sin embargo, no es posible descartar que la fuente responsable de la emisión X dura sea una fuente ultraluminosa de rayos X (ULX).

Modelos de síntesis evolutiva

Los espectros ultravioletas de alta resolución permiten determinar la contribución de los brotes de formación estelar. NGC 4303 ha sido observada con el espectrógrafo de alta resolución *Space Telescope Imaging Spectrograph* (STIS) a bordo de *HST*, proporcionando espectros de los brotes de formación estelar circunnucleares, así como del núcleo no resuelto, la región central de 3 pc de diámetro. En ambos casos se observa que la emisión UV es originada por brotes de formación estelar jóvenes (3-4 millones de años), sin que sea necesaria una contribución adicional, incluso en el espectro nuclear. Los modelos de síntesis evolutiva permiten derivar las características de las poblaciones estelares y predecir la emisión X de los brotes. Al compararlas con los resultados obtenidos a través del análisis de la emisión X se obtiene que los brotes de formación estelar circunnucleares son capaces de explicar la emisión en rayos X correspondiente a la región más extendida. La población estelar asociada al núcleo no resuelto es capaz de explicar la emisión en rayos X blandos, pero es necesaria una fuente adicional para explicar la emisión X dura.

El espectro de alta resolución de NGC 1068 obtenido por STIS muestra que la emisión continua de la región central (r~30 pc) puede explicarse mediante la contribución de dos poblaciones estelares jóvenes (3-10 millones de años). Su formación estelar es capaz de explicar hasta el 30% de la emisión de NGC 1068 en rayos X blandos y del orden del 2% de los rayos X duros.

En resumen, la emisión en rayos X blandos de las tres galaxias consideradas está dominada por formación estelar y es sólo en rayos X duros donde se ha podido demostrar la presencia de otra fuente, probablemente un núcleo galáctico activo, aunque no es posible excluir que ésta sea un ULX. En el caso de NGC 4303, esta fuente no resuelta coexiste con un brote de formación estelar joven en una región menor de 3 pc. En el caso de NGC 1068, una fuente adicional a los brotes de formación estelar es necesaria tanto para explicar la emisión en rayos X duros como en blandos. El análisis muestra que, con mayor probabilidad, NGC 1068 es un núcleo galáctico activo. Por tanto, se ha puesto de manifiesto que este tipo de estudios permite determinar la contribución de los brotes de formación estelar circunnucleares a la emisión de altas energías de la región central de las galaxias Seyfert 2. En general, dicha contribución es muy significativa en el rango de altas energías. Asimismo, este análisis proporciona evidencias sobre la naturaleza del núcleo.

La Tarima

Primera calibración masa-luminosidad para objetos jóvenes y de baja masa

José Carlos Guirado
Universidad de Valencia

La medida de la masa de los cuerpos celestes es una misión complicada. Sin embargo, es el parámetro fundamental que nos permite conocer y caracterizar la fauna cósmica que nos rodea. Por ejemplo, sabemos que un objeto con masa inferior a 0.075 veces la masa del Sol no es capaz de iniciar la fusión del hidrógeno, responsable del brillo de las estrellas, así que lo calificamos como

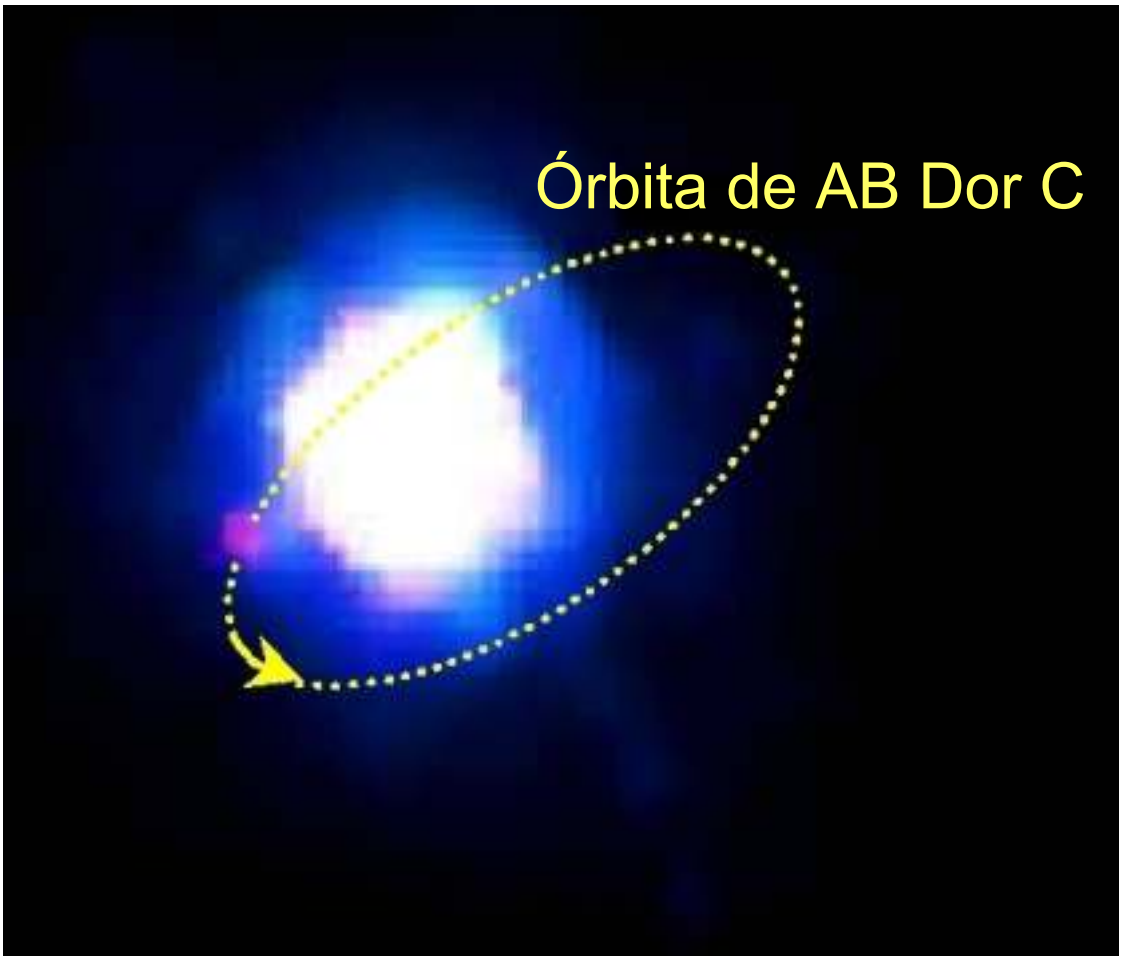


Figura 1. Una imagen en falso color de la emisión infrarroja de AB Dor A y C. La compañera AB Dor C es 120 veces más débil. La órbita de AB Dor C alrededor de AB Dor A se muestra en trazo amarillo. La estrella compañera tarda 11.75 años en completar esta órbita. Su masa es 93 veces la de Júpiter.

(Creditos: Laird Close, Steward Observatory)

enana marrón, no como estrella. Y un objeto con masa inferior a 0.013 veces la masa del Sol, incapaz de iniciar la quema de deuterio, lo consideramos un planeta. Clasificar un objeto como planeta, enana marrón, o estrella exige una medida precisa de su masa.

En Astronomía es claro que la masa no se puede medir de manera directa. Necesitamos observar el efecto gravitatorio de la masa, el movimiento orbital en sistemas binarios (o sistemas planetarios). Este movimiento orbital afecta a la longitud de onda de la luz de la estrella y a su posición en el cielo. Los cambios en la longitud de onda son detectables en los cambios de la velocidad radial. Estas *técnicas Doppler* han sido (¡y son!) extraordinariamente efectivas en la detección de planetas y sistemas planetarios. Los cambios en la posición de la estrella en el cielo es tarea de la astrometría. La astrometría proporciona nociones de la masa de los objetos del sistema binario de manera no ambigua, sin acoplamiento con la inclinación orbital (inherente a las técnicas Doppler). Las técnicas astrométricas además pueden ser aplicadas a objetos habitualmente fuera del alcance de técnicas Doppler, como son estrellas jóvenes y brillantes, con ausencia de líneas espectrales, cromosferas activas o rápida rotación.

No todas las estrellas forman parte de sistemas binarios, de forma que su masa se determina de otra manera. Por ejemplo, para estrellas de la secuencia principal, la masa correlaciona con la luminosidad y esa relación masa-luminosidad se ha calibrado suficientemente con sistemas binarios del entorno solar. Esta relación masa-luminosidad no es válida sin embargo para enanas marrones, y estrellas jóvenes, antes de su entrada en la secuencia principal. Mal asunto para la caracterización de estos objetos, pues precisamente los cúmulos de estrellas jóvenes (como la región de Orión) son los lugares más adecuados para detectar enanas marrones aisladas, e incluso planetas. Puesto que no hay una relación masa-luminosidad calibrada, las masas de los objetos que se pudieran detectar se han de derivar mediante modelos teóricos para una edad determinada, a partir de la luminosidad y temperaturaa observadas. Cualquier calibración de la relación masa-luminosidad para objetos jóvenes y de baja masa es desde luego bienvenida. La estrella AB Doradus ha proporcionado este primer punto de calibración.

Clasificar un objeto como planeta, enana marrón, estrella exige una medida precisa de su masa.

La estrella AB Doradus (=AB Dor, =AB Dor A) está en la constelación del Dorado, en el hemisferio Sur, a tan solo 50 años luz. Más que una estrella, deberíamos hablar de un sistema, pues AB Dor posee una estrella compañera a 10”, Rositter 137 B (=Rst 137 B=AB Dor B); tanto AB Dor como Rst 137 B son binarias también, formando en realidad un sistema cuádruple. El par de interés que nos ocupa es AB Dor y su compañera de baja masa, AB Dor C, de tan solo 0.090 masas solares. Mediante el uso de diferentes técnicas, la masa y la luminosidad de AB Dor C se han determinado de manera independiente (Close et al. Nature, 433, 286, 2005). No es la primera vez que esto ocurre, pero si para una estrella tan pequeña y tan joven. Los modelos teóricos indican que un objeto de la edad de AB Dor C (50 millones de años) y con una temperatura observada de 2600 K, se corresponde con un objeto de 0.040 masa solares, un valor que no llega a la mitad de la masa dinámica (0.090☉). Este factor de escala, consecuencia de esta primera calibración, juega en contra de los programas de observación de enanas marrones y planetas en cúmulos abiertos: sus masas deben ser mayores que las predichas por los modelos. Parece como si la naturaleza pusiera las cosas algo más difíciles en el conocimiento de este tipo de objetos. Dicho de otro modo, las enanas marrones y planetas brillan menos y son algo más difíciles de ver de lo que pensábamos.

UNA COMBINACIÓN DE TÉCNICAS Y LONGITUDES DE ONDA

AB Dor es una de las estrellas más conocidas del hemisferio Sur, de tipo espectral K1 V, tiene emi-

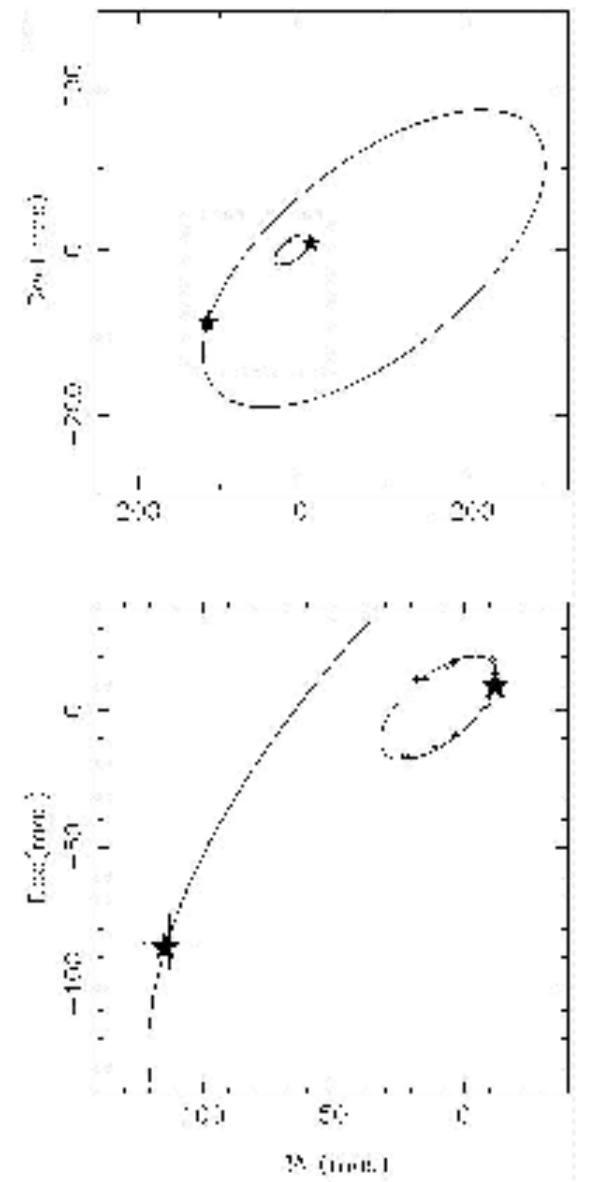


Figura 2. Detalle de las órbitas de AB Dor A y AB Dor C. Los puntos corresponden a los datos de *HIPPARCOS* y VLBI. Los símbolos de estrella corresponden a las predicciones astrométricas de las posiciones de AB Dor A y C para la época de la detección infrarroja de AB Dor C que a su vez está representada con sus correspondientes incertidumbres, sobre la órbita externa (1mas = 1 milisegundo de arco).

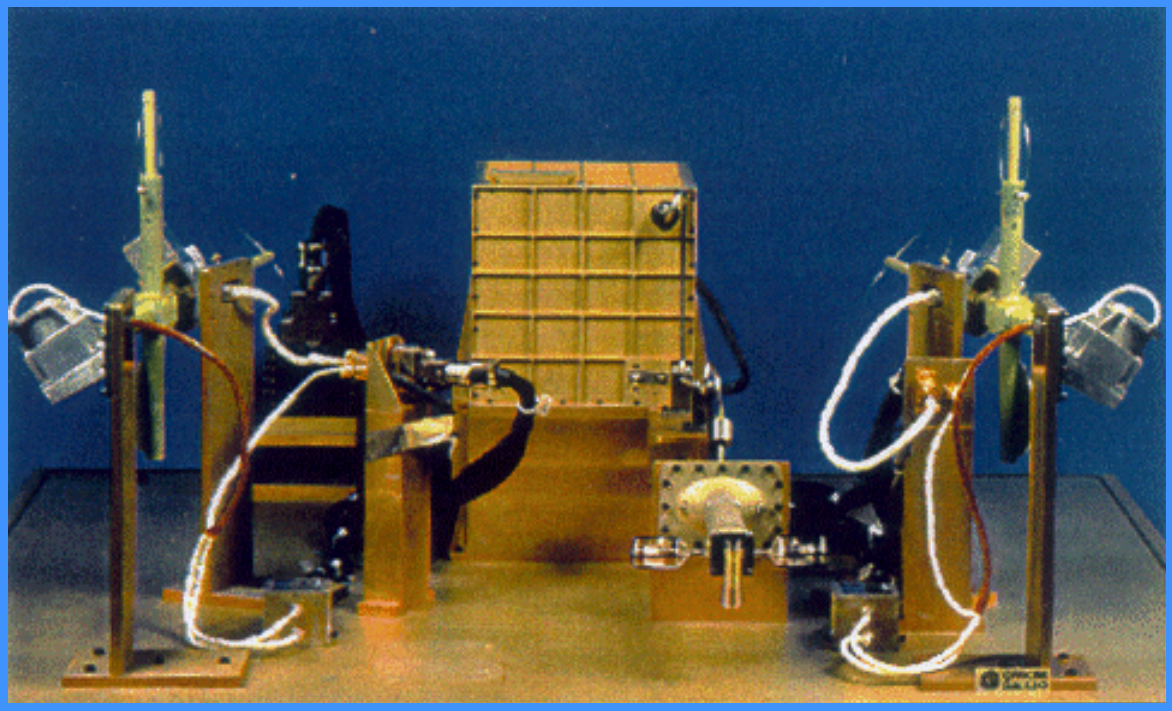
sión suficiente para ser detectada en todo el espectro electromagnético, desde rayos X hasta radio. Precisamente su emisión en radio es fundamental para este resultado. Su relativamente intensa radioemisión la hace detectable incluso para redes de interferometría de muy larga base (VLBI) y fue por ello seleccionada como una de las estrellas que serviría para determinar la rotación del sistema de referencia definido por el satélite *HIPPARCOS* con respecto al sistema de referencia definido por radiofuentes extragalácticas. Pero AB Dor jamás fue utilizada para este fin, por cuanto presentaba un movimiento orbital reflejo de la presencia de la, entonces invisible, estrella compañera AB Dor C. La aceleración gravitatoria de AB Dor era detectada tanto por *HIPPARCOS* como por la red de VLBI ya a mediados de los 90, pero tan solo la combinación de ambos tipos de medidas era capaz de ofrecer una determinación razonable del movimiento orbital (Guirado et al. ApJ, 490, 835, 1997). Con una rotación rápida de periodo 12 hr, los estudios Doppler de precisión, en términos de detección de AB Dor C, no caben en esta estrella. Casi 10 años después, e incluso tras algún intento fallido de detección por parte del *HST*, un nuevo instrumento instalado en el *Very Large Telescope,* denominado *Simultaneous Differential Imager* (SDI), ha podido obtener una imagen de AB Dor C, 120 veces más débil que la estrella central AB Dor, y a tan solo 0.156 segundos de arco. La detección con la cámara SDI tiene una importancia obvia en términos de medida de luminosidad, pero también astrométrica. La medida de la separación relativa AB Dor/AB Dor C resulta esencial para restringir los elementos orbitales del movimiento reflejo en AB Dor. Una vez determinados con precisión el periodo y el semieje mayor, la tercera ley de Kepler nos proporciona directamente la masa de AB Dor C.

La detección de AB Dor C y la medida de su masa ha sido posible mediante la combinación de diferentes técnicas y longitudes de onda, a saber, *HIPPARCOS*, VLBI y observaciones con el VLT. Ahora que atravesamos un periodo floreciente en la construcción de futuros instrumentos, convendría pensar en las posibles sinergias resultantes de su combinación.

Dossier

Huygens aterriza en Titán. Noticias (imágenes, sonidos y más) de otro mundo

José Juan López
IAA-CSIC, Co-investigador de HASI



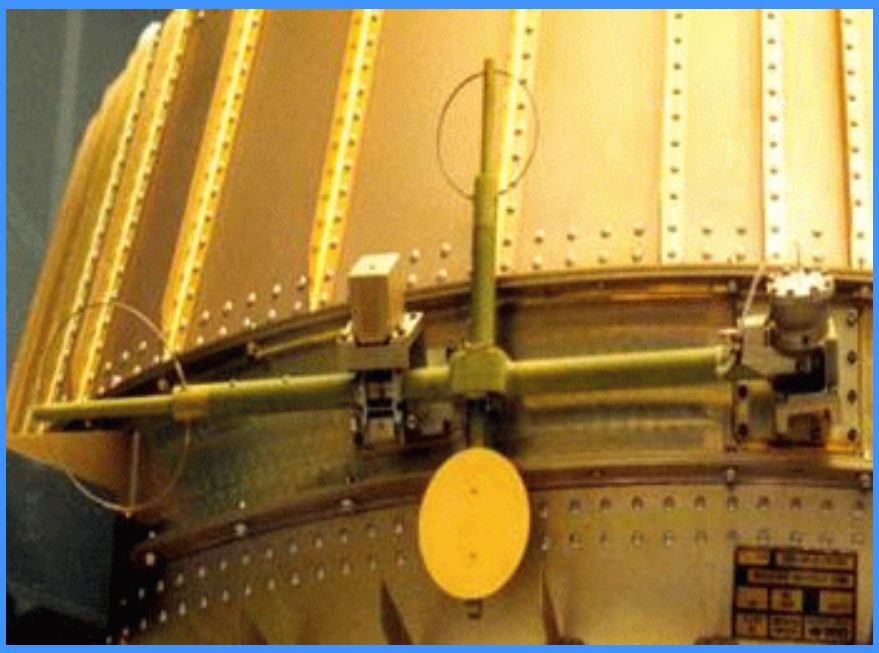
Modelo de ingeniería del instrumento HASI.

Cortesía de HASI

El 14 de enero de 2005 a las 11h 25m hora española, la sonda europea Huygens empezaba su frenado en la alta atmósfera de Titán, y la señal que emitía hacia Cassini era detectada por el radio telescopio R.C.B. Green Bank del Observatorio Nacional de Radioastronomía en West Virginia, EE.UU. La misión Cassini-Huygens, que fue lanzada al espacio el 15 de octubre de 1997, llegaba a su punto culminante tras un viaje de siete años recorriendo más de 3700 millones de kilómetros.

Los sensores del subsistema PWA montados en uno de los brazos del instrumento HASI.

Cortesía de HASI/ESA



La señal llega al radiotelescopio tras atravesar los 1.250 millones de kilómetros que separaban Titán de La Tierra. La aventura comenzaba. La variación de la frecuencia de la portadora de Huygens mostraba que la sonda estaba viva y que había comenzado el frenado. Cuatro horas más tarde empezaban a recibirse en ESOC los primeros datos científicos. Aunque nadie apartaba la vista de las pantallas de control en las que todas las luces de control estaban verdes, algún miembro de los equipos científicos se afanaba en "pescar" algún paquete de datos y confirmar "sotto voce" que el paquete de datos no tenía ningún error y que los datos científicos parecían correctos.

Unas pocas horas más tarde se hacían públicas las primeras imágenes, a la vez que sabíamos que, debido a un fallo en el canal de transmisión A, se había dejado de recibir una parte de los datos. De las 700 imágenes esperadas se habían recibido 350. Las primeras imágenes hechas públicas muestran una superficie muy oscura, con una clara presencia de formaciones fluviales que confirman las predicciones de que en Titán habría una meteorología compleja en la que el metano, en formas gaseosa y líquida desempeñaría en Titán el papel que el agua tiene en la Tierra.

El sensor acústico instalado en HASI transmitía sus datos alternativamente en los canales A y B, por lo que sólo se perdió resolución temporal, otros instrumentos mandaban los datos de forma totalmente redundante y no perdieron nada. Sin embargo, el instrumento DWE cuyo objetivo era medir los vientos a partir del corrimiento Doppler, envió todos sus datos por el canal A y, por tanto, se perdió todo. Ahora, con la ayuda de las observaciones realizadas por los radiotelescopios de la red de larga base, se ha podido reconstruir casi toda la ciencia que se esperaba del instrumento DWE.

Dossier

La sonda Huygens instalada en su nave nodriza Cassini.

Cortesía de ESA

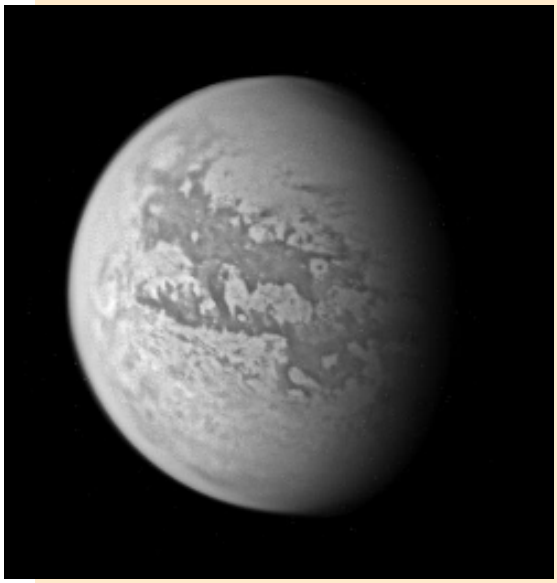
El instrumento HASI, desarrollado por un consorcio internacional liderado por M. Fulchignoni y en cuya construcción participó el Instituto de Astrofísica de Andalucía, está compuesto por una serie de sensores destinados a medir presión, temperatura, campo eléctrico, sonido, densidad y permitividad de la atmósfera de Titán desde unos 145 km hasta el aterrizaje.

Por razones de presión de los medios de comunicación, el análisis de los datos recogidos por el sensor acústico de HASI y su conversión en sonido audible fue el que se realizó primero. Ya en la primera rueda de prensa del día 15 de febrero se hicieron públicos los sonidos a la vez que se mostraban en las página web de la ESA y en la de la Planetary Society, que colaboró en la rápida conversión del espectro del sonido medido por HASI en sonido audible. Los enlaces a esas páginas son:

www.esa.int y http://planetary.org/sounds/huygens_sounds.html.

En ellas se pueden escuchar los sonidos del descenso hasta la superficie de Titán. Son sonidos de otros mundos o sonidos celestiales como fueron calificados tras su primera audición.

Los sensores de temperatura funcionaron a la perfección y cada 2.5 segundos del descenso han proporcionado una medida precisa de la temperatura, presentándonos un perfil perfectamente compatible con los modelos de estructura atmosférica derivados de las observaciones de *Voyager*. HASI ha podido medir el perfil de temperatura con una precisión mejor que 1 K y con una resolución espacial mejor que 100 metros en las capas altas, y mejor que 15 metros en la parte de la atmósfera situada por debajo de los 20 kilómetros.



Composición de cuatro imágenes de Titán obtenidas desde la nave Cassini con la cámara de campo amplio en luz infrarroja. Las imágenes individuales han sido procesadas pra intensificar el contraste entre las características morfológicas de la superficie.

HASI iba equipado con dos sensores destinados a la medida de la conductividad eléctrica, cubriendo un rango de cinco órdenes de magnitud con objeto de permitir la caracterización completa de la atmósfera. Sin embargo, el sensor que cubría el rango de conductividades menores, destinado a medir en las capas atmosféricas con una presencia de carga más pequeña, envió la totalidad de sus datos a través del canal cuyos datos se perdieron. El otro sensor sí envió la totalidad de las medidas tomadas en la caída y nos va a permitir la caracterización de una ionosfera baja, posiblemente producida por rayos cósmicos en un rango de alturas entre 60 y 80 km.

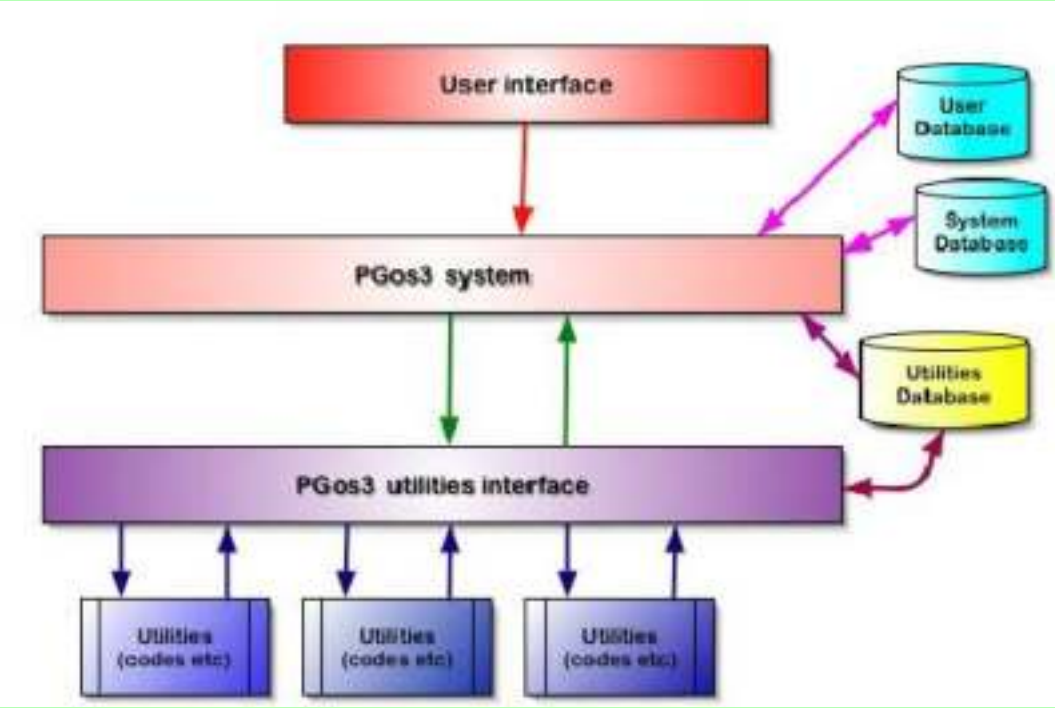
La presencia o ausencia de actividad tormentosa eléctrica era otro de los objetivos de los sensores de HASI. Por el momento, el análisis de los datos no muestra una señal clara de presencia de relámpagos y estamos trabajando para poder establecer de forma cuantitativa los rangos de energía, distancia y frecuencia que permitan descartar la presencia de relámpagos.

En la actualidad y durante los próximos meses los equipos de los seis instrumentos de Huygens tratarán de desvelar, a partir de la ingente cantidad de datos proporcionados durante el descenso y el aterrizaje por la sonda, los detalles de la atmósfera y superficie de esta luna de Saturno. La atmósfera de Titán, con una presión 1.5 veces superior a la de la Tierra está compuesta principalmente de nitrógeno como es el caso de nuestro planeta.

Apuntes

La formación estelar *on-line*

Carlos Rodrigo



El PGos3 es un entorno web, con filosofía de observatorio virtual, que integra herramientas on-line para el estudio del problema de formación estelar. Es el resultado de una colaboración entre el INAOE (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México), donde está su sede oficial (http://ov.inaoep.mx) y distintos centros europeos, entre ellos, el LAEFF.

El PGos3 está diseñado de tal modo que, por una parte, permita al usuario el uso y comparación de modelos teóricos y códigos sintéticos a través de, únicamente, una interfaz web, sin requisitos de software adicionales y, por otra parte, facilite la integración de nuevos códigos y modelos con el mínimo esfuerzo por parte de sus equipos de desarrollo, haciendo uso de los códigos actuales sin apenas modificaciones y del potencial de los estándares de observatorio virtual.

En él se busca integrar modelos de evolución estelar, atmosferas (modelos y librerías), códigos de síntesis de población estelar, modelos de fotoionización, códigos sintéticos de galaxias, análisis de bases de datos observacionales, etc., con la idea fundamental de que el usuario, cuando lo precise, pueda utilizar una de las herramientas para generar los ficheros de salida que le interesen y, a su vez, usarlos como datos de entrada para otro de los códigos disponibles, sin necesidad de, si no lo

desea, guardar los resultados intermedios en su propio ordenador.

Del mismo modo, el usuario tiene acceso a todos los ficheros generados en el PGos3, que se convierte así en una gran base de datos de modelos teóricos en la que se puedan realizar búsquedas en función del modelo concreto o de los parámetros físicos que lo definen.

Otra de las herramientas que están siempre a disposición del usuario es la “previsualización” de los resultados a través de una interfaz web. De este modo, por ejemplo, se pueden representar gráficamente los resultados de varios modelos de formación de galaxias generados por códigos diferentes (quizá con parámetros distintos) de forma que el usuario pueda comparar los resultados antes de decidir cuáles de ellos le interesa transferir a su ordenador de forma completa.

La herramienta de visualización permite mostrar varios ficheros simultáneamente, hacer zoom, especificar leyendas, título y etiquetas, usar escalas logarítmicas, definir los rangos en los que se quiere visualizar el gráfico, operar con los datos, etc, además de mostrar todas las características de los ficheros representados, desde los parámetros físicos de cada modelo hasta las referencias bibliográficas correspondientes a los distintos pasos realizados para conseguir los resultados que se visualizan.

Se ha puesto, de hecho, un importante énfasis en el tema de las referencias bibliográficas para facilitar al usuario la labor posterior de citar correctamente los trabajos utilizados para llegar a ese resultado. Es posible que, mediante el PGos3, haya usado por ejemplo unas ciertas librerías de atmósferas, que luego ha utilizado en un modelo de síntesis cuyos resultados ha refinado, aplicando ciertos filtros o modelos de fotoionización. En el resultado final, el usuario podrá encontrar las citas precisas para referenciar todas las herramientas que han sido usadas para llegar hasta ese punto.

El PGos3 ha sido diseñado de tal forma que todos los resultados son generados y leidos en la forma de *VOtable*, formato estándar de los observatorios virtuales. Esto permite una fácil comunicación también con todas aquellas bases de datos y herramientas externas al INAOE que formen parte del Observatorio Virtual y que usen el mismo estándar.

El PGos3 es un prototipo del "*VSF legacy tool*" que ha sido concebido como un entorno unificado más ambicioso, con una estructura modular, en el que se puedan integrar herramientas teóricas y bases de datos observacionales de forma coordinada para el estudio de los fenómenos de formación estelar violenta, incluyendo modelos de síntesis y librerías de atmósferas de baja, media y alta resolución, tanto teóricas como observacionales, junto con herramientas de validación, análisis, minería de datos, inteligencia artificial y visualización. Dentro de este proyecto a más largo plazo, el PGos3 quiere ser un primer banco de pruebas en el que comprobar las necesidades de la comunidad científica en este ámbito y analizar los problemas conceptuales que se vayan presentando durante el desarrollo, pero tratando de ser, desde el principio, una herramienta útil para el trabajo de investigación.

Actualmente están incluidos en el PGos3 varios modelos de atmósferas estelare: ATLAS9 (R. Kurucz), BaSeL 2 y 3 (T. Lejeune et al.), UCL (Smith, Norris y Crowther) y Sternberg, Hoffmann y Pauldrach); modelos de síntesis de población estelar: Sed@ (Cerviño et al.) y GALEV (Göttingen Galaxy Evolution Group) y formación de galaxias (GALEV). El sistema incluye también una interfaz limitada para modelos de fotoionización y un tutorial sobre modelos de síntesis.

En breve se prevé que también contenga tutoriales de diversos temas astrofisicos a distintos niveles, desde divulgacion a difusion de herramientas de analisis (y VO) entre astrónomos. El servidor oficial del PGos3 está en el INAOE, México (http://ov.inaoep.mx), que también acogerá más adelante el “*VSF legacy tool*” y es un resultado de las sinergias entre los distintos departamentos del Instituto (principalmente los de Astrofísica y Ciencias de la Computación) así como de la colaboración con distintos centros europeos y principalmente del Observatorio Virtual Español (LAEFF) e Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA).

Astronoticias

Recopilación de Carmen Blasco e Itziar de Gregorio

El cúmulo de galaxias más lejano

Combinando observaciones del *Very Large Telescope* (VLT) de ESO y del observatorio de rayos X *XMM-Newton* de ESA, los astrónomos han descubierto las estructuras más lejanas del Universo conocido hasta hoy. Es un cúmulo de galaxias muy masivo, equivalente a varios miles de galaxias como la Vía Láctea, y está situado a no menos de 9000 millones de años luz, 500 millones de años luz más que el último más lejano que se había observado. Las imágenes obtenidas con el VLT muestran que contiene galaxias enrojecidas y elípticas, es decir, viejas. Sorprendentemente, el cúmulo muestra una estructura compleja y evolucionada, por lo que debe haberse formado cuando el Universo tenía menos de un tercio de su edad actual.

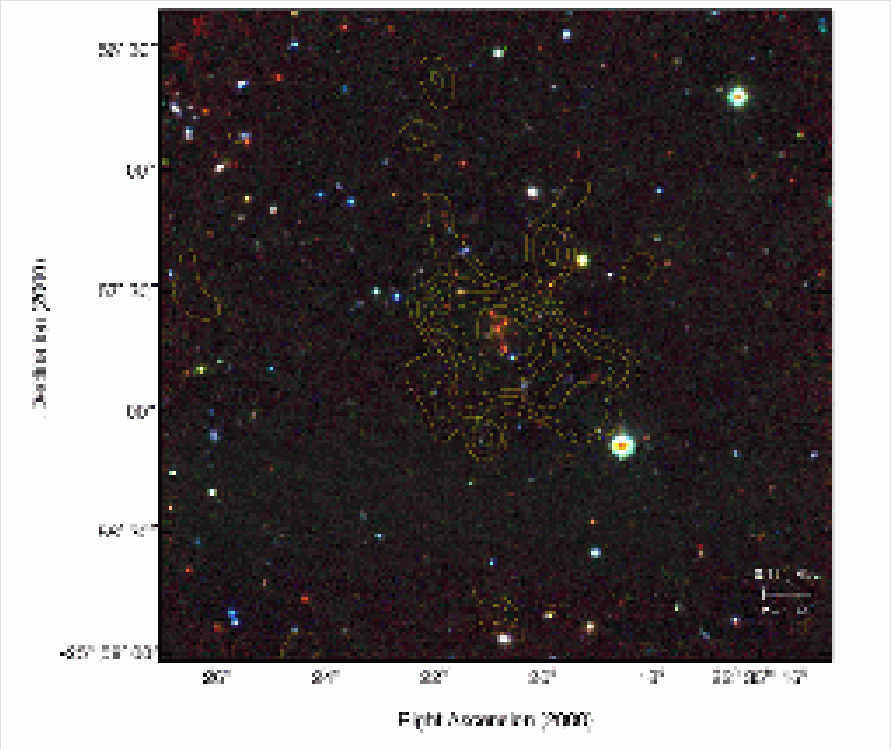


Imagen en falso color de XMMU J2235.3-2557 (VLT + FORS2 + ISAAC y ESA *XMM-Newton*)

Cortesía de ESO

Aproximadamente, una quinta parte de la masa invisible en óptico que puede encontrarse en un cúmulo de galaxias es gas muy caliente a varias decenas de millones de grados. Este gas es visible en rayos X y, por ello, estudiando observaciones de XMM-Newton cuyo objetivo era la galaxia cercana NGC 7314, se ha encontrado este cúmulo de galaxias (XMMU J2235.3-2557) como fondo. Aparece como una estructura extensa y muy débil (se detectaron sólo unos 280 fotones en rayos X después de 12 horas de observación).

Una vez que ya se sabía dónde apuntar, se utilizó el VLT y se identificaron entonces 12 galaxias como componentes de este cúmulo. Se obtuvieron espectros de cada una de ellas y, por tanto, se averiguaron varias características de estos cuerpos, como por ejemplo, la distancia a la que se encuentran.

Estos resultados demuestra que sólo unos miles de millones de años después del Big Bang ya existan redes de estrellas y galaxias con estas propiedades.

Astronoticias

Rosetta realizó su paso más cercano a la Tierra

El 4 de marzo de 2005, en su momento de máximo acercamiento, 22:09:14 GMT, Rosetta pasó sobre el océano Pacífico al oeste de México a una altitud de 1954.74 Km y una velocidad con respecto a la Tierra de 38000 km/h.
La maniobra de acercamiento a la Tierra catapultó a la nave Rosetta de tres toneladas hacia Marte, donde repetirá la maniobra el 26 de febrero del 2007, para volver de nuevo hacia la Tierra. Estos pasos cercanos son necesarios para acelerar la nave utilizando la gravedad del planeta y así alcanzar la velocidad orbital deseada.
Éste es el primero de los cuatro pasos cercanos (tres veces con la Tierra y una vez con Marte) que la nave Rosetta deberá realizar en su largo periplo hacia su destino, el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. La nave Rosetta llegará al cometa en 2014, entrará en su órbita y soltará una sonda, Philae, sobre su superficie.

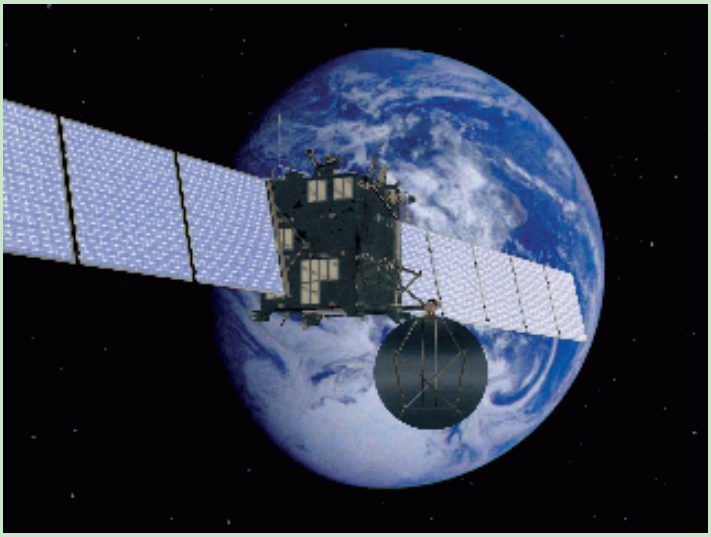
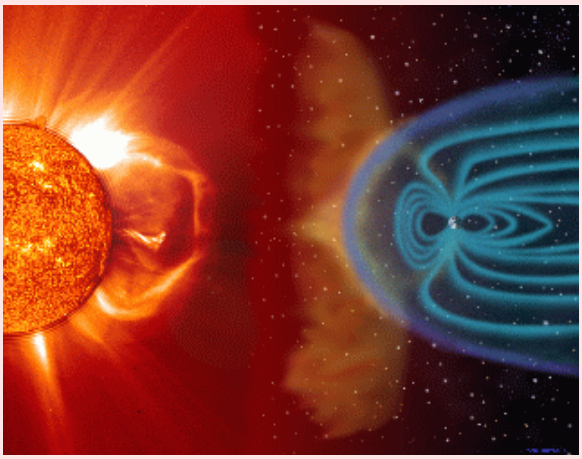


Foto: Rosetta en la órbita de la Tierra.

Efecto de las tormentas solares sobre la capa de ozono



Investigadores españoles del Instituto de Astrofísica de Andalucía, en colaboración con el Forschungszentrum de Karlsruhe (Alemania) y el Goddard Space Fligth Center de NASA (EE.UU.) han utilizado los datos proporcionados por el satélite Envisat de la ESA tomados durante las tormentas solares que tuvieron lugar a finales del 2003 (entre las más intensas de las últimas décadas). Su intención era averiguar qué influencia tienen estas tormentas sobre la capa de ozono.

Durante una tormenta solar, la Tierra es bombardeada por infinidad de partículas cargadas que alteran la química atmosférica. Una de las consecuencias de este bombardeo es cierta destrucción del ozono. Con este estudio, ha quedado demostrado que la influencia de la actividad solar en el agujero de ozono es muy pequeña en relación con la que ejerce la actividad humana con la emisión de compuestos como los CFC, ahora prohibidos.

Cortesía de SOHO/LASCO/EIT (ESA & NASA)

Acercándonos a Einstein

Benjamín Montesinos

Einstein envió a una niña de quince años que le había escrito pidiéndole ayuda para sus deberes, esta nota, junto a una página llena de diagramas: "No te preocupes por los problemas que tienes con las matemáticas; puedo asegurarte que los míos son mucho mayores."... todo es relativo...

El espacio es relativo. El tiempo es relativo. La masa es relativa. El espacio y el tiempo forman un "tejido" cuyas fibras son deformadas por la presencia de materia. La luz pesa. En un gramo de materia está contenida una inmensa cantidad de energía. Albert Einstein nos enseñó todo esto.

El año 2005 recuerda varias fechas importantes en la historia de la Física y en particular en la vida de Albert Einstein, uno de los mayores genios de la humanidad, aunque parezca un tópico repetirlo de nuevo. Einstein falleció en Princeton hace 50 años, pero para nosotros es más importante recordar que a lo largo de 1905, hace ya cien años, Einstein envió a la revista alemana Annalen der Physik -"para ser publicados si a ustedes les queda aún sitio en la revista"- seis trabajos que cambiaron para siempre el panorama de la Física; 1905 se conoce como el "annus mirabilis" de Einstein.

Albert Einstein nació en Ulm en 1879 en el seno de una familia judía de clase media. No fue un estudiante brillante en ninguna asignatura con la excepción de las matemáticas. Cuando el negocio de sus padres quebró, la familia emigró a Italia y posteriormente a Suiza, donde Einstein no pudo conseguir ninguna beca ni puesto de trabajo relacionado con la ciencia y trabajó como empleado en una oficina de patentes desde 1902 hasta 1909. En 1921, recibió el Premio Nobel, aunque no por sus estudios acerca de la relatividad sino por trabajos relacionados con el efecto fotoeléctrico. Einstein adoptó la nacionalidad suiza y posteriormente la americana, cuando emigró a Estados Unidos para trabajar en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton -"sólo necesito una mesa, algunos cuadernos, un lápiz y una gran papelera para todas mis equivocaciones". Pacifista activo, no dejó de alertar a los políticos de los peligros de una guerra atómica y de sus efectos a largo plazo. Einstein murió en 1955, su cuerpo fue incinerado el mismo día de su muerte y sus cenizas esparcidas en un lugar desconocido.

Quizás para el público en general lo más conocido de Einstein sean las imágenes de ese científico de pelo canoso y despeinado, con aire algo triste, que tocaba el violín, y que "inventó" una fórmula que relaciona la conversión de materia en energía.

El hecho de que 2005 coincida con dos aniversarios notables en la vida de Einstein ha dado pie a que este año sea declarado "Año Mundial de la Física". Es un buen pretexto para intentar que Einstein no sea conocido solamente por sus fotografías o por una ecuación, sino por la verdadera revolución que sus trabajos provocaron en la idea general que se tenía hasta comienzos del siglo XX de conceptos como el espacio y el tiempo.

Dos de los artículos que Einstein publicó en 1905 contienen lo que hoy conocemos como teoría especial de la relatividad. En esos trabajos Einstein derribó muchos paradigmas aceptados hasta el momento, y construyó un edificio basado en su concepto del "espacio-tiempo". Una de sus consecuencias más importantes es el hecho de que ambos parámetros, espacio y tiempo, están íntimamente ligados y no son absolutos, sino que sus valores, asociados a un suceso, dependen del sistema de referencia desde donde se midan. Einstein fue un hombre de contradicciones, en su vida y en su ciencia. Apuntemos tan sólo una: fue uno de los creadores de la mecánica cuántica -que describe la física de lo más pequeño- con su descubrimiento del cuanto de energía. La mecánica cuántica es una teoría que se basa, entre otras muchas cosas, en el caracter probabilístico de los sucesos... sin embargo, Einstein se batió durante toda su vida contra ella porque pensaba que nada se podía dejar al azar, de ahí su famosa frase "Dios no juega a los dados con el Universo".

¿Por dónde empezar para conocer un poco más la vida y obra de este complejo y atrayente personaje?. Existen biografías de muy diverso carácter, aunque si tuviera que citar uno, sería el magnífico libro de Abraham Pais, "Subtle is the Lord... The Science and the Life of Albert Einstein" (Oxford University Press, 1982) o su traducción española "El Señor es sutil" (Ariel, 1984) a las que el lector puede acceder y, con toda seguridad, "engancharse" al instante.

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	David.Barrado
Álvaro Giménez Cañete	155	Alvaro.Gimenez
José Francisco Gómez Rivero	267	Jose.Francisco.Gomez
Miguel Mas Hesse	196	Miguel.Mas-Hesse
Benjamín Montesinos Comino	195	Benjamin.Montesinos
Carmen Morales Durán	188	Carmen.Morales
Lourdes Sanz F. de Córdoba	193	Lourdes.Sanz
Enrique Solano Márquez	154	Enrique.Solano
Olga Suárez Fernández	163	Olga.Suarez
María Rosa Zapatero Osorio	309	Maria.Rosa.Zapatero

Colaboradores:

Beatriz González García	266	Beatriz.Gonzalez
Elena Jiménez Bailón	266	Elena.Jimenez
Bruno Merín Martín	194	Bruno.Merin
Luis M. Sarro Baro	138	Luis.Manuel.Sarro
Willem Wamsteker	193	Willem.Wamsteker

Postgraduados:

Carmen Blasco Fuertes	264	Maria.del.Carmen.Blasco
M. Dolores Caballero García	198	Maria.Dolores.Caballero
Itziar de Gregorio Monsalvo	194	Itziar.de.Gregorio
Albert Domingo Garau	266	Albert.Domingo
Raúl Gutiérrez Sánchez	260	Raul.Gutierrez
María Morales Calderón	163	Maria.Morales
Daniel Risquez Oneca	198	Daniel.Risquez
Carlos Rodrigo Blanco	260	Carlos.Rodrigo

Personal Administrativo:

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

Servicios Informáticos:

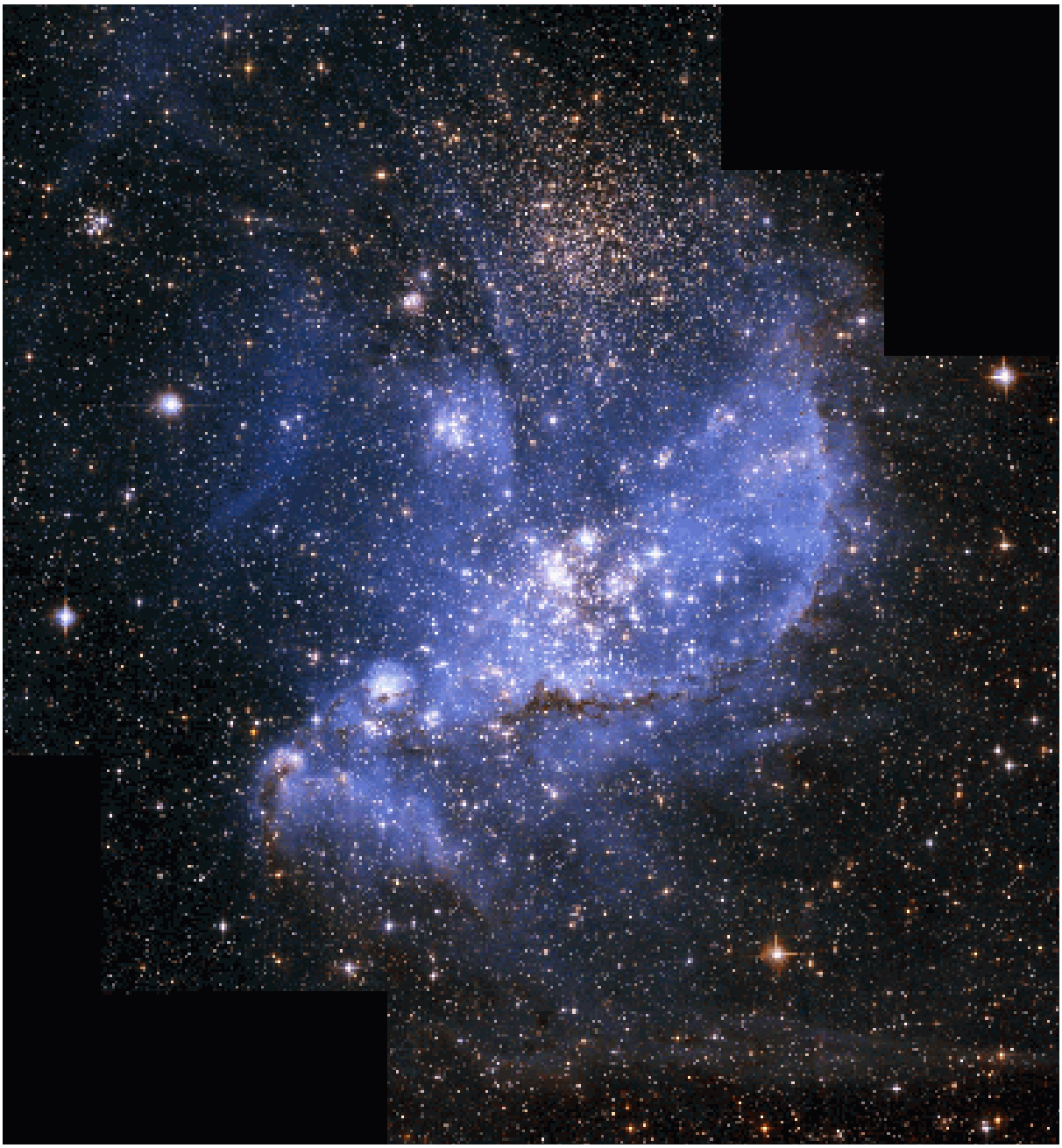
Jesús García Jiménez	263	Jesus.Garcia
Carlos Nunez-Barranco Fernández	155	Carlos.Nuñez-Barranco
Daniel Martín Flecken	194	Daniel.Martin

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

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

Galería



La imagen muestra, por primera vez, una población de estrellas muy jóvenes en la Pequeña Nube de Magallanes, una galaxia satélite de nuestra Vía Láctea, situada a unos 210.000 años luz. La extraordinaria calidad de las observaciones obtenidas con el Telescopio Espacial Hubble nos permite ver alrededor de 2500 protoestrellas en la nebulosa llamada NGC 346, que están aún en la etapa de colapso gravitatorio. Son tan jóvenes que el hidrógeno de su núcleo aún no ha iniciado las reacciones de fusión. El más pequeño de esos objetos tiene aproximadamente la mitad de la masa de nuestro Sol.

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