



# SEA

Sociedad Española de Astronomía



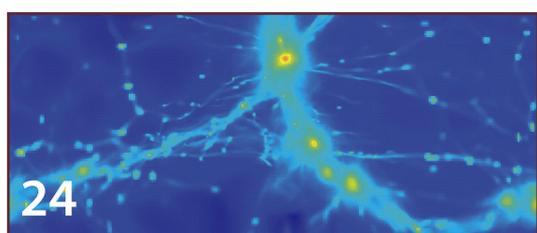
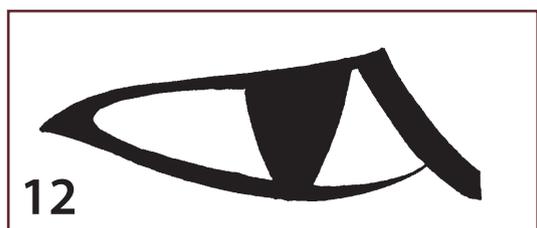
**Portada: "NGC 7023, La nebulosa del Iris",**  
observada con el 1.2 m de Calar Alto.  
Créditos Fundación Descubre, CAHA, OAUV, DSA,  
Vicent Peris (OAUV), Jack Harvey (SSRO), Steven  
Mazlin (SSRO)

**Diseño y maquetación:**  
Fernando J. Balesteros Roselló  
Vicent Peris Baixauli

**Comité editorial:**  
Vicent J. Martínez García  
Belén López Martí  
Benjamín Montesinos Comino  
Jaime Zamorano Calvo  
Íñigo Arregui Uribe-Echevarría  
Fernando J. Ballesteros Roselló  
Amelia Ortiz Gil

**Sociedad Española de Astronomía SEA**  
[www.sea-astronomia.es](http://www.sea-astronomia.es)  
**Comisión de Información**  
[comi-info@sea.am.ub.es](mailto:comi-info@sea.am.ub.es)

# CONTENIDOS



## 5 Editorial

## 6 Yo de mayor quiero hacerme astrónomo en Alemania

El anterior coordinador de la IMPRS da un repaso a las ventajas e inconvenientes de esta escuela internacional.

## 10 X reunión científica de la SEA

Del 9 al 13 de julio de 2012 tendrá lugar la siguiente reunión científica de nuestra sociedad.

## 12 El instrumento OSIRIS en el GTC

Un resumen del estado del instrumento y de las tareas a abordar en el futuro próximo.

## 16 El observatorio espacial Herschel

El mayor telescopio espacial en funcionamiento ya lleva más de dos años proporcionando resultados.

## 20 Space-Time Quest, un juego muy *espacial*

Aprende cómo diseñar el detector de ondas gravitacionales más sensible del mundo... jugando.

## 22 Ecos de (la) Sociedad

## 23 Libros

## 24 Tesis doctorales



El Gran Telescopio CANARIAS (GTC) al atardecer, con la sección completa del interior de su cúpula a la vista.  
Autor: Miguel Briganti (SMM/IAC)

## 25 aniversario del boletín de la SEA

Hoy, 22 de diciembre, solsticio de invierno de 2011, sale puntual –cumpliendo con el compromiso que anunciamos hace seis meses– el número 25 del boletín de la SEA, el segundo que aparece en el nuevo formato electrónico. Las nuevas tecnologías permiten un boletín con un diseño moderno y de fácil lectura en pantalla. Pero quizá, llegar a 25 boletines es un hecho que nos obliga a mirar con retrospectiva para ser conscientes de la madurez que nuestra sociedad científica ha alcanzado. Queremos agradecer el esfuerzo que los anteriores editores realizaron en la elaboración de los sucesivos boletines. Nuestra sociedad, dinámica y activa, se adapta a los nuevos tiempos y utiliza herramientas modernas para hacer de este instrumento de comunicación, algo útil para los socios.

En este boletín, Eduardo Ros nos habla, con un ejemplo, de las escuelas europeas de doctorado en astronomía. Muchos de nuestros doctorandos son los auténticos protagonistas de las reuniones científicas de nuestra sociedad. En unos meses nos veremos en Valencia en la décima. El presidente de su comité organizador local, José Carlos Guirado nos explica algunos de los detalles de esa reunión.

Nuestro compañero Jordi Cepa nos cuenta el estado actual del instrumento OSIRIS instalado en el GRANTECAN, su uso y su futuro inmediato. La astronomía espacial infrarroja y sub-milimétrica está viviendo un momento apasionante con el telescopio Herschel. Ismael Pérez Fournon, nos explica sus prestaciones y algunos de los resultados científicos que está obteniendo el mayor de los telescopios espaciales puesto en órbita hasta la fecha.

Ya podemos jugar a detectar ondas gravitacionales, el Space-Time Quest (“En búsqueda del espacio-tiempo”) es un juego donde el desafío es diseñar un detector de ondas gravitacionales. Sara Gil, del Grupo de Relatividad y Gravitación de la Universidad de las Islas Baleares, nos explica este juego desarrollado por la Universidad de Birmingham, así cómo otras actividades de divulgación llevadas a cabo por su grupo. Nuestras secciones de “Ecos de (la) Sociedad”, reseñas de libros y resúmenes de tesis doctorales completan un boletín que esperamos podáis disfrutar y leer con tranquilidad durante las próximas fiestas. Os deseamos un **feliz año 2012**.

Vicent J. Martínez  
*Responsable del Boletín en  
la Junta Directiva de la SEA*

Desde hace ya diez años, Alemania ofrece a los más jóvenes científicos las escuelas de doctorado Max Planck (IMPRS por sus siglas inglesas), colaboración entre la Sociedad Max Planck y las universidades.

Siete escuelas ofrecen la oportunidad de doctorarse en astronomía en un entorno internacional, con unos recursos inigualables, excelentes telescopios y un programa científico de vanguardia.

Ofrecemos aquí una impresión general del programa y el testimonio de algunos participantes.



**Eduardo Ros**

Profesor de la Universidad de Valencia.  
Coordinador de 2004 a 2009 de la  
IMPRS for Astronomy & Astrophysics  
en Bonn y Colonia.  
*Eduardo.Ros@uv.es*

Para ser astrónomo hay que estudiar. Una de las vías más sencillas para llegar a serlo es doctorarse en astronomía. Elegir el lugar donde hacer la tesis no es un asunto banal, sino que requiere reflexión y planificación. Idealmente el estudiante deberá preocuparse por buscar un director de tesis razonable en un centro de prestigio, con colaboraciones internacionales, un buen número de publicaciones en revistas con comité editorial (búsquese en <http://adsabs.harvard.edu>), con proyectos punteros y con recursos económicos no solo para 'fichar' doctorandos, sino también para viajes, formación e instrumentación. Junto con España, Países Bajos, Reino Unido u otros países de nuestro entorno, una opción muy recomendable es mirar hacia Alemania, con sus excelentes posibilidades y su gran tradición. Y dentro de Alemania, uno de los viveros de jóvenes astrónomos es el que constituyen las International Max Planck Research Schools (IMPRS), colaboración entre los institutos de astronomía de la Sociedad Max Planck (SMP) y varias universidades.

## **INTERNATIONAL MAX PLANCK RESEARCH SCHOOLS: UN VIVERO DE ASTRÓNOMOS**

Y, ¿por qué Alemania? Alemania es uno de los países que dominan la escena mundial en astronomía. Sede del Observatorio Europeo Austral, de varios institutos Max Planck, y de universidades, institutos y observatorios de gran prestigio, disfruta además de una política continuada de apoyo a la investigación. En 2005 el gobierno federal y los estados federados firmaron el Pacto para la Investigación y la Innovación, en vigor hasta 2015, que incluye un incremento anual de las inversiones en I+D del 5%, haya crisis o bonanza.

La iniciativa IMPRS surgió a finales de los años 1990. La SMP, que (al igual que el CSIC) no puede dar títulos de doctorado pero forma doctores, decidió reforzar su colaboración con las universidades y crear escuelas de doctorado conjuntas, reforzando el programa con un presupuesto adicional (de entre un cuarto y medio millón de euros al año) para becas, coordinación, viajes y otros recursos. Hoy hay varias decenas de IMPRS con miles de estudiantes, y siete de ellas ofrecen estudios en astronomía (ver tabla).

Tanto las universidades como los institutos Max Planck tienen especial cuidado en el recibimiento y la integración de los estudiantes, ofreciendo cursos de alemán, formación permanente en áreas como oratoria o redacción científica, además de ofrecer cursos específicos en astrofísica y en métodos de



Radiotelescopio de Effelsberg (100m de diámetro, a 40 km de Bonn), Max-Planck-Institut für Radioastronomie © N. Tacke, MPIfR.

análisis más allá de los que se ofrecen en los programas de máster habituales, e interesantes y numerosos seminarios y conferencias. Mar Mezcua, recién doctorada en Bonn y Colonia, asegura: "Los 'soft skill seminars' son excelentes para aprender/mejorar a, por ejemplo, dar charlas en público, organizarse el tiempo de manera efectiva, o actuar correctamente en una entrevista de trabajo". Para cada estudiante se efectúa un seguimiento y apoyo complementarios a los que les proporciona su director, estableciéndose un comité de tesis que se reúne regularmente durante el transcurso de la tesis doctoral. Además, los estudiantes han de asistir a los seminarios periódicos de la escuela y a otros eventos específicos.

Elena Manjavacas, estudiante en Hédelberg, indica: "Las IMPRS potencian la interacción con otros doctorandos e investigadores mediante numerosos actos sociales dentro del instituto y también 'retreats' con tu grupo de investigación o con los otros doctorandos en ciudades diferentes". Desde Katlenburg-Lindau, María Dasi, recién doctorada en Brunswick, insiste:

"¡Lo que más me ha sorprendido y gustado es lo internacional que es! Hay estudiantes de todas partes del mundo y para mi ha sido toda una experiencia conocer un poco de cada una de estas culturas". Lo mismo asegura Mezcua: "Uno de los mejores puntos del programa IMPRS es el ambiente internacional, la mezcla de estudiantes de todo el mundo".

«Los estudiantes  
consultados para elaborar  
este artículo coinciden:  
Irnos a Alemania fue la  
decisión correcta»

El espectro científico en que es posible formarse abarca desde la astrofísica teórica y computacional hasta la vertiente más observacional, incluso técnica e instrumental. La estructura de los institutos alemanes incluye importantes departamentos técnicos que desarrollan nuevos instrumentos y métodos, y así es posible 'controlar todo el proceso de producción' de los datos científicos. Dasi indica: "Alemania fue para mí la mejor opción para trabajar en mi campo. La atmósfera y las condiciones de trabajo son muy buenas y motivadoras".

Las escuelas de doctorado Max Planck tienen un proceso de selección de sus estudiantes que puede extenderse durante semanas, con entrevistas telefónicas o incluso una invitación (a gastos pagados) a Alemania para presentarse. En general, es necesario enviar la solicitud de ingreso en una convocatoria anual, en noviembre o diciembre. Condición necesaria para ser admitido en el programa de doctorado es la posesión de un máster o una licenciatura con un trabajo de fin de carrera. El idioma de uso habitual en los institutos, donde los alemanes son franca minoría, es el inglés. En Alemania los estudiantes disponen de transporte público gratuito y no pagan tasas universitarias, tienen acceso a numerosos servicios y descuentos, y el salario que reciben como becarios o contratados oscila entre los 1000€ y los 1400€ mensuales, dependiendo de sus circunstan-

cias y del tipo de contrato de que disponen. Mezcua recuerda: "La duración de la tesis es en general de tres años, con lo que uno puede obtener un buen doctorado en poco tiempo".

Respecto a la vida en Alemania, Mezcua añade: "Esos tópicos de que aquí llueve mucho, la comida es distinta y hace frío, se cumplen al 100%. Pero hay otros encantos que no tenemos en España, como la situación geográfica central o el civismo de la gente". Dasi, al respecto, indica: "¡Vivir en Centroeuropa es tan cómodo para viajar! En tren o coche puedes visitar muchísimas ciudades y países". También matiza: "La diferencia cultural se nota, sobre todo si no se domina el alemán, pues en el trabajo todo es en inglés y se puede hacer difícil involucrarse con los alemanes y su sociedad".

¿Perder el contacto con el país de uno? Dasi nos dice: "Aunque voy perdiendo el contacto, a través de conferencias lo mantengo. Y en mi área España tiene muy buenos institutos e investigadores, lo que me anima a la hora de volver". Manjavacas añade: "Sigo en contacto con mis antiguos profesores y colaboro con el que fue mi director de tesis del trabajo de investigación del máster, para no perder el contacto". Mezcua corrobora: "Tengo intención de volver a España como astrónoma, y haber estado tres o cuatro años en el extranjero ayuda mucho. He seguido

El Large Binocular Telescope en Mt. Graham, Arizona, en el que participan los institutos Max Planck de Astronomía en Hédidelberg, de Física Extraterrestre en Gárching y de Radioastronomía en Bonn, así como la Universidad de Hédidelberg y el Instituto de Astrofísica de Potsdam, entre otros.

© John Hill, Large Binocular Telescope Corporation



IMPRS for...	Instituto(s) Max Planck de	Universidades (y otros)	Situación	Miembros	Enlace
Astronomy and Astrophysics	Radioastronomía	Bonn / Colonia	Bonn / Colonia	40	<a href="http://www.mpifr-bonn.mpg.de/english/IMPRS/">http://www.mpifr-bonn.mpg.de/english/IMPRS/</a>
Astronomy and Cosmic Physics	Astronomía / Física Nuclear	Héidelberg	Héidelberg	75	<a href="http://www.mpia-hd.mpg.de/imprs-hd/">http://www.mpia-hd.mpg.de/imprs-hd/</a>
Astrophysics	Física Extraterrestre / Astrofísica / Física	Ludwig-Maximilian de Múnich / Politécnica de Múnich / Obs. Europeo Austral	Garching / Múnich	75	<a href="http://www.imprs-astro.mpg.de/">http://www.imprs-astro.mpg.de/</a>
Geometric Analysis, Gravitation and String Theory	Física Gravitacional	Libre de Berlín / Humboldt de Berlín / Potsdam	Potsdam / Berlín	30	<a href="http://www.aei.mpg.de/english/imprs/imprs1/">http://www.aei.mpg.de/english/imprs/imprs1/</a>
Elementary Particle Physics	Física	Ludwig-Maximilian de Múnich / Politécnica de Múnich	Garching / Múnich	60	<a href="http://www.imprs-epp.de/">http://www.imprs-epp.de/</a>
Gravitational Wave Astronomy	Física Gravitacional	Hanóver / Centro de Láser de Hanóver	Potsdam / Hanóver	60	<a href="http://imprs-gw.aei.mpg.de/">http://imprs-gw.aei.mpg.de/</a>
Physical Processes in the Solar System and Beyond	Investigación del Sistema Solar	Brunswick / Gotinga	Katlenburg-Lindau / Brunswick / Gotinga	40	<a href="http://www.solar-system-school.de/">http://www.solar-system-school.de/</a>

colaborando con España, y mantener el contacto es muy importante. A quien se lo esté pensando, que se decida ya, Alemania es uno de los mejores países que yo recomendaría para hacer el doctorado".

Los estudiantes consultados para elaborar este artículo coinciden: "Irnos a Alemania fue la decisión correcta".

Con esta información, tal vez algún joven lector se anime a marcharse a Alemania para doctorarse en astronomía. Podéis también contactar a nuestros compatriotas astrónomos en aquellos institutos, que no son pocos. Y como último consejo, para no perder el contacto con la astronomía española, será de interés hacerse socio júnior de la SEA y no perderse las reuniones científicas bienales, por supuesto. Viel Glück und viel Spass!

#### PARA SABER MÁS:

- Sociedad Max Planck, International Max Planck Research Schools: <http://www.mpg.de/en/imprs>
- Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD): <http://www.daad.de/deutschland/forschung/04667.en.html>
- Red de Welcome Centres (EuraXess) para investigadores extranjeros en las universidades alemanas: [http://www.euraxess.de/portal/home\\_en.html](http://www.euraxess.de/portal/home_en.html)
- How to succeed in graduate school, Marie des Jardins, <http://www.cs.umbc.edu/%7Emariedj/papers/advice-summary.html>
- How to be a good graduate student, Sean Carroll, <http://blogs.discovermagazine.com/cosmicvariance/2007/09/26/unsolicited-advice-iv-how-to-be-a-good-graduate-student/>
- How to get into graduate school, Sean Carroll, <http://blogs.discovermagazine.com/cosmicvariance/2005/12/20/unsolicited-advice-1-how-to-get-into-graduate-school/>

# X REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEA

La X Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía tendrá lugar en Valencia del 9 al 13 de Julio de 2012, en la Fundación Universidad-Empresa de Valencia (ADEIT), un edificio en pleno centro histórico, junto a la Plaza Redonda, la Plaza de la Reina y el Mercado Central.

Estimados amigos:

Recordaréis que ya hace unos meses anunciamos que la X Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía tendrá lugar en Valencia del 9 al 13 de Julio de 2012. La reunión tendrá lugar en la Fundación Universidad-Empresa de Valencia (ADEIT). Los auditorios y aulas de esta Fundación serán la sede principal donde celebraremos el grueso de la Reunión; sin embargo el LOC trabaja para celebrar algunos eventos en el Paraninfo de la Universidad de Valencia, en la Ciudad de las Artes y las Ciencias o en el Edificio Veles i Vent en el puerto de Valencia. Como en anteriores ocasiones, la X Reunión Científica tiene como principal objetivo la creación de un foro de discusión científica, donde la comunidad astronómica española y sus invitados puedan presentar sus trabajos más recientes, promover la transmisión de resultados y discutir nuevos proyectos. Así pues, desde el comité científico y local animamos a cualquier astrónomo de la comunidad española, sea cual sea su interés científico, a participar en la X Reunión a través de cualquiera de los formatos posibles. Dada la diversidad de temas astronómicos relevantes en la Astronomía española, las sesiones y contribuciones estarán distribuidas en diferentes áreas temáticas, que se celebrarán de forma paralela. Estas áreas serán:

- Física Solar
- Ciencias planetarias
- La Vía Láctea y sus Componentes
- Galaxias y Cosmología
- Instrumentación y Computación
- Enseñanza y Divulgación de la Astronomía



**José Carlos Guirado**  
Profesor de la Universidad de Valencia.  
Presidente del Comité Organizador Local  
de la X Reunión Científica de la SEA  
*Jose.C.Guirado@uv.es*

## **INSCRIPCIÓN Y COMUNICACIONES**

La X Reunión Científica ya está en marcha: como sabréis, desde hace unos pocos días ya está abierto el periodo de inscripción, la solicitud de ponencias y la solicitud de becas para miembros junior de la SEA. Los formularios, los detalles y el resto de información relevante, se encuentran disponibles en la página web de la Reunión. Aquí tan solo remarcamos las fechas más importantes a tener en cuenta:

12 Diciembre 2011: abierto el registro y solicitud de ponencias y becas

9 Marzo 2012: fecha límite de solicitud de ponencias y becas

27 Abril 2012: anuncio de la concesión de becas y ponencias seleccionadas

17 Mayo 2012: fecha límite de inscripción sin recargo

9-13 Julio 2012: X Reunión Científica

# X REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA

VALENCIA  
9/13 JULIO 2012



## CONFERENCIAS PLENARIAS INVITADAS

Contamos con conferenciantes invitados ya confirmados; en breve ampliaremos esta lista:

- Carlos Allende Prieto
- Miguel Ángel Aloy
- Lia Athanassoula
- Margarita Hernánz
- Lucio Mayer
- Fernando Moreno-Insertis
- Miguel Ángel Pérez-Torres
- Pere Planesas
- J.M. Rodríguez-Espinosa
- Mark Swain
- Nicolas Thomas
- Jordi Torra

## REUNIONES DE CONSORCIOS, REDES Y EQUIPOS

Como en otras ocasiones, la Reunión Científica de la SEA es una buena oportunidad para reuniones particulares de grupos, redes o consorcios. Los interesados deben ponerse en contacto con el LOC ([sea2012@uv.es](mailto:sea2012@uv.es)) con suficiente antelación para la oportuna reserva de espacio y tiempo.

## VALENCIA EN JULIO

Aunque la motivación científica es el principal motor para desplazarse a Valencia el próximo Julio, conviene recordar algunas otras bondades de esta ciudad presentará durante la celebración de la Reunión. Con la llegada del verano, el centro de Valencia se inunda de cientos de terrazas para disfrutar del buen tiempo. Además de las zonas de ocio habituales, Valencia cuenta con el gran atractivo del mar, de la playa. A pocos minutos del centro, se encuentran las playas de Las Arenas, la Malvarrosa y La Patacona, todo comunicado por la red de autobuses urbanos, por el carril bici (atención a las normas) y por la línea de tranvía. El paseo marítimo comunica estas tres playas donde se puede degustar la gastronomía más tradicional en cualquiera de los restaurantes ubicados a lo largo del mismo. Durante las noches de verano, las playas se convierten en un ir y venir de gente saboreando la suave brisa del mediterráneo "a la Luna de Valencia".

Os esperamos.

Jose Carlos Guirado (en nombre del LOC)

Contacto X Reunión Científica: [sea2012@uv.es](mailto:sea2012@uv.es)  
<http://www.sea-astronomia.es/SEA2012>

# EL INSTRUMENTO OSIRIS EN EL GTC

En la actualidad el equipamiento del instrumento OSIRIS se encuentra prácticamente completo. El comisionado sigue su curso, pendiente de concluir las pruebas de validación de los modos de observación restantes. En esta contribución se resumirá brevemente el estado del instrumento y las tareas a abordar en el futuro próximo.



**Jordi Cepa**  
Astrónomo del Instituto de  
Astrofísica de Canarias .  
*jcn@iac.es*

En la actualidad el equipamiento del instrumento OSIRIS se encuentra prácticamente completo. El comisionado sigue su curso, pendiente de concluir las pruebas de validación de los modos de observación restantes. En esta contribución se resumirá brevemente el estado del instrumento y las tareas a abordar en el futuro próximo.

Debido a flexiones, el cargador de máscaras permite gestionar solamente 8 de las 13 máscaras disponibles. Para solucionar esta limitación, se ha efectuado un rediseño de varias de sus piezas a fin de aumentar su rigidez, y permitir utilizar al completo sus capacidades. La instalación de las nuevas piezas se encuentra pendiente de asignación de fecha por parte de GRANTECAN. Por otro lado, la máquina cortadora de máscaras multiobjeto (figura 1) se encuentra actualmente en fase de pruebas de calibración en factoría, y llegará al GTC en febrero del próximo año.

El filtro sintonizable azul (BTF) está completamente caracterizado en laboratorio, y ya se dispone de los filtros cortaórdenes necesarios para utilizarlo desde 450nm en adelante. Los filtros restantes, que abarcan desde 365 a 450nm, llegarán a lo largo de 2012 y, junto con la máquina cortadora de máscaras, constituyen la única parte del equipamiento de OSIRIS que está pendiente de llegar al telescopio. Las pruebas de caracterización en laboratorio indican que los anchos disponibles para el filtro sintonizable azul oscilan entre 4 y 12Å. Asimismo es preciso tener en cuenta que el detector no está optimizado en el azul, y que por tanto las eficiencias del sistema son bajas por debajo de 400nm.

El control del instrumento en todos sus modos de observación se ha concluido, probado en laboratorio y entregado, incluyendo los compensadores de la variación de ángulo de rotador para el filtro sintonizable rojo, y de temperatura para el azul. Queda por efectuar una validación final en laboratorio, para asegurarse de que las últimas modificaciones efectuadas en el control del sistema de desplazamiento de carga sobre el detector, no afectan a las demás partes del sistema de control. Las pruebas de validación en el cielo, y las modificaciones que pudieran surgir como resultado de dichas pruebas, se llevarán a cabo cuando GRANTECAN asigne fecha para las mismas.

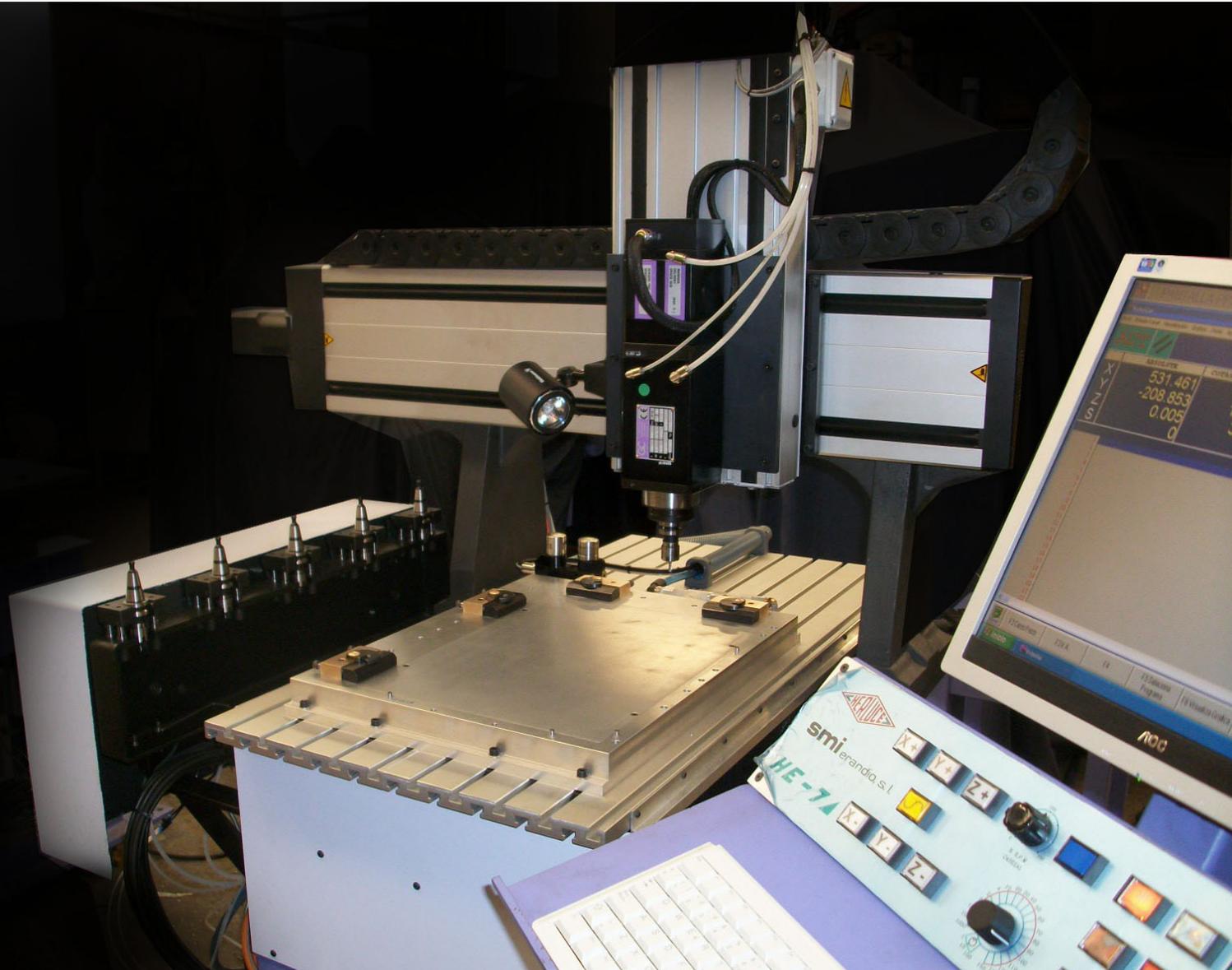
Se ha entregado la versión 3.10 del diseñador de máscaras, que permite al usuario confeccionar las máscaras multiobjeto necesarias para sus programas de observación. Con dicha utilidad, y a partir de una imagen o de un fichero de coordenadas, se pueden situar y variar a voluntad las longitudes, anchos y orientaciones de las rendijas, así como priorizar los objetos, a fin de obtener los ficheros que se cargarán en la máquina de corte de las máscaras (figura 1) para la obtención de las mismas.

Se ha entregado la versión 1.2 del datoducto, que permite al usuario reducir las observaciones de casi todos los modos de observación, incluyendo la espectroscopía multiobjeto (MOS), funcionalidad que se ha validado con espectros MOS ya obtenidos con OSIRIS. La reducción de los datos MOS llega hasta

la calibración en longitud de onda de los espectros 2D, extraídos automáticamente. El datoducto también permite corregir las imágenes por franjas de cielo e incorporar la astrometría. Los únicos modos de observación actualmente no incluidos en el datoducto son los modos rápidos, puesto que todavía no se dispone de datos para validar los mismos.

En cuanto al comisionado de los modos restantes, señalar que se han entregado los manuales, documentos de pruebas de comisionado y las máscaras especiales necesarias, para probar los modos rápidos en imagen y espectroscopía. Asimismo se ha montado en la rueda de pupila de OSIRIS el filtro sintonizable azul y, como se ha indicado, parte de los cortaórdenes necesarios para el mismo ya se hallan en el telescopio. Las primeras pruebas indican la posible existencia de un desplazamiento del eje

Figura 1: Vista de la máquina cortadora de máscaras de OSIRIS durante las pruebas en factoría.



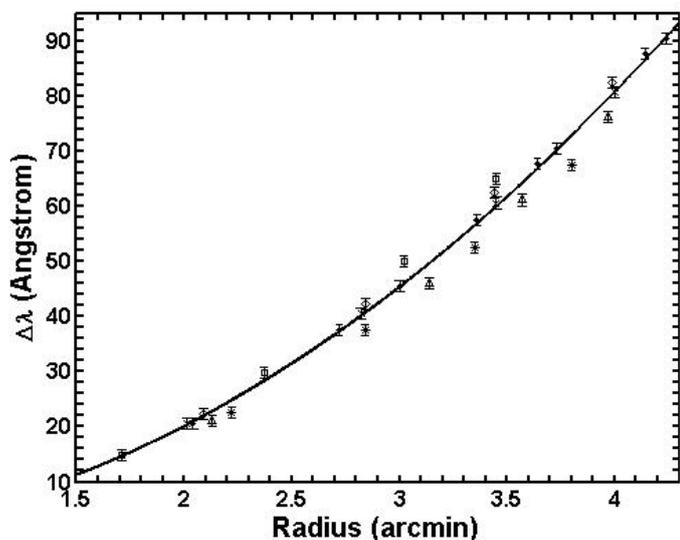


Figura 2: Variación de la longitud de onda del filtro sintonizable rojo con respecto a la longitud de onda central en función de la distancia al eje óptico, con medidas obtenidas desde 6600 a 9200Å.

óptico del BTF, pendiente de confirmar, que no tendría impacto en las observaciones. Será necesario proceder ahora a la calibración del BTF en función de la posición del rotador y de la distancia al eje óptico, y a completar las pruebas de comisionado propuestas en su día para el modo de imagen sintonizable, incluyendo la modalidad de desplazamiento de carga. Finalmente, se espera continuar las pruebas de comisionado del MOS a partir de mediados de enero de 2012, una vez implementado el procedimiento de adquisición del campo. Las pruebas de todos estos modos (rápidos, BTF y MOS) están sujetas al calendario que para las mismas fije GRANTECAN.

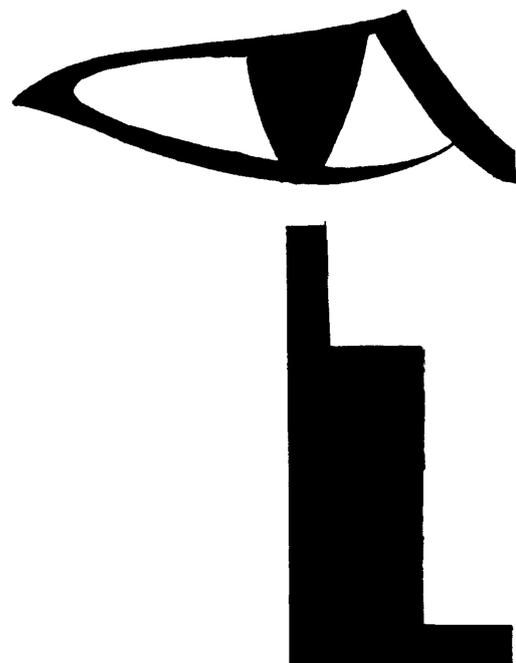
Para concluir esta brevísima recopilación, señalar que se ha detectado una desviación de la variación de la longitud de onda del filtro sintonizable rojo en función de la distancia al eje óptico, con respecto a la variación teórica esperada. Hemos descubierto que este efecto, detectado por primera vez por Veilleux y colaboradores en 2010 en el filtro sintonizable del espectrógrafo IMACS del telescopio Baade de 6.5m, es





debido a que el grosor de los recubrimientos reflectantes es comparable al espaciado entre las placas. Sin embargo, la dependencia encontrada es muy simple y, ventajosamente, la variación total observada es menor que la teórica. Con suficiente aproximación puede considerarse  $\lambda = \lambda_0 - 5.04r^2$ , con la longitud de onda en Å y la distancia  $r$  al eje óptico en minutos de arco. Esta fórmula es válida en todo el intervalo espectral del filtro sintonizable rojo (ver figura 2). En el manual del instrumento se suministrará, además, una calibración más precisa, útil en aquellos casos específicos que así lo requieran, mientras que los detalles analíticos completos de la calibración se proporcionarán en una publicación posterior.

En resumen, que salvo los filtros cortaórdenes del filtro sintonizable azul que faltan por adquirir, y la cortadora de máscaras que se instalará en febrero, el equipamiento de OSIRIS está ya completo. Está asimismo completo el sistema de control, el diseñador de máscaras y el datoducto. Quedan por probar los últimos modos de observación, cuando se asigne fecha para las pruebas y, lógicamente, llevar a cabo las modificaciones y cambios que pudieran surgir como resultado de dichas pruebas.



Desde hace algo más de dos años, la comunidad astronómica cuenta con un nuevo telescopio espacial, el Observatorio Espacial Herschel de la Agencia Espacial Europea, que opera en el rango infrarrojo y sub-milimétrico y es el mayor telescopio espacial en funcionamiento. Herschel está contribuyendo a un avance espectacular en nuestro conocimiento del Universo a esas frecuencias. En este artículo se describen las prestaciones de Herschel y algunos de los resultados científicos.



**Ismael Pérez**  
Astrónomo del Instituto de  
Astrofísica de Canarias .  
*ipf@iac.es*

## **Observaciones en el infrarrojo lejano**

Las observaciones astronómicas en el rango espectral del infrarrojo lejano y de ondas sub-milimétricas (submm) son imposibles o muy difíciles desde tierra debido a la absorción de la atmósfera y a un fondo muy alto en las pocas bandas en las que hay una cierta transmisión de la atmósfera.

En la práctica, las observaciones están limitadas al rango submm desde sitios muy concretos de muy bajo contenido de vapor de agua en la atmósfera, como el desierto de Atacama o el Polo Sur. Las observaciones con telescopios espaciales en el infrarrojo lejano permiten observar todo el rango espectral sin interrupción y con niveles de fondo muy bajos y estables. Pero los instrumentos y detectores han de ser enfriados a temperaturas cercanas al cero absoluto y también el telescopio, todo lo que sea posible.

## **El Observatorio Espacial Herschel**

Herschel es el mayor telescopio astronómico lanzado al espacio. Su espejo primario es de 3.5m de diámetro y está enfriado pasivamente a unos 70 K. Opera en el rango infrarrojo y sub-milimétrico del espectro electromagnético, desde 55 hasta 672 micras, una parte del espectro apenas explorada por otros telescopios anteriormente. El coste total de Herschel es de unos 1100 millones de euros, que incluye el satélite, telescopio e instrumentos así como el lanzamiento y los gastos de operaciones.

Los tres instrumentos científicos de Herschel (PACS, SPIRE y HIFI) permiten obtener imágenes y espectroscopía de baja resolución (PACS y SPIRE) así como espectroscopía de muy alta resolución con el instrumento heterodino HIFI. Los tres instrumentos están contenidos en un criostato enfriado con helio super fluido. Herschel fue lanzado al espacio por un cohete Ariane 5 ECA conjuntamente con el satélite Planck el 14 de mayo de 2009 desde la Guayana francesa. Orbita alrededor del punto L2 del sistema Tierra-Sol, a 1.5 millones de km de la Tierra.

Las operaciones científicas de Herschel se llevan a cabo en el Centro Científico de Herschel en el European Space Astronomy Centre (ESAC, Villafranca del Castillo, Madrid). El tiempo de vida de Herschel está limitado a la duración del helio que enfría los instrumentos. Las últimas estimaciones predicen que el helio se acabará en febrero-marzo de 2013.

### Ejemplos de la ciencia de Herschel: observaciones de galaxias infrarrojas

Herschel permite llevar a cabo una gran variedad de estudios observacionales en el infrarrojo lejano y submm, incluyendo discos circum-estelares, procesos de formación estelar en nuestra galaxia, estudios espectroscópicos del medio interestelar en la Vía Láctea y en otras galaxias, evolución cosmológica de galaxias, estructura a gran escala del Universo y descubrimiento y estudio detallado de las galaxias más lejanas.

Como ejemplo de los proyectos científicos que se están realizando con Herschel se describen algunos de los resultados de los cartografiados extragalácticos de gran área. Herschel es ideal para obtener mapas del cielo con gran rapidez,

sobre todo con la cámara SPIRE, que opera a las longitudes de onda más largas y observa simultáneamente la misma zona de cielo en tres bandas, a 250, 350 y 500 micras. A pesar de que el campo de visión de las cámaras de Herschel es pequeño, se pueden obtener imágenes de zonas grandes del cielo moviendo el telescopio. Los dos mayores proyectos de Herschel en número de horas de observación, HerMES (<http://hermes.sussex.ac.uk/>) y Herschel-ATLAS (<http://www.h-atlas.org/>), han obtenido imágenes con los instrumentos SPIRE y PACS de cientos de grados cuadrados permitiendo una gran variedad de estudios sobre la formación y evolución de galaxias y su distribución espacial desde el Universo local hasta desplazamientos al rojo muy altos.

Figura 1: Primeras observaciones de fuentes Herschel muy brillantes en las bandas de SPIRE que demuestran que estos objetos son galaxias distantes cuya emisión infrarroja es amplificada por lentes gravitatorias en la línea de visión a la galaxia infrarroja (Negrello et al., 2010, Science, 330, 800N). (NASA/ESA/Caltech-JPL/Keck/SMA).

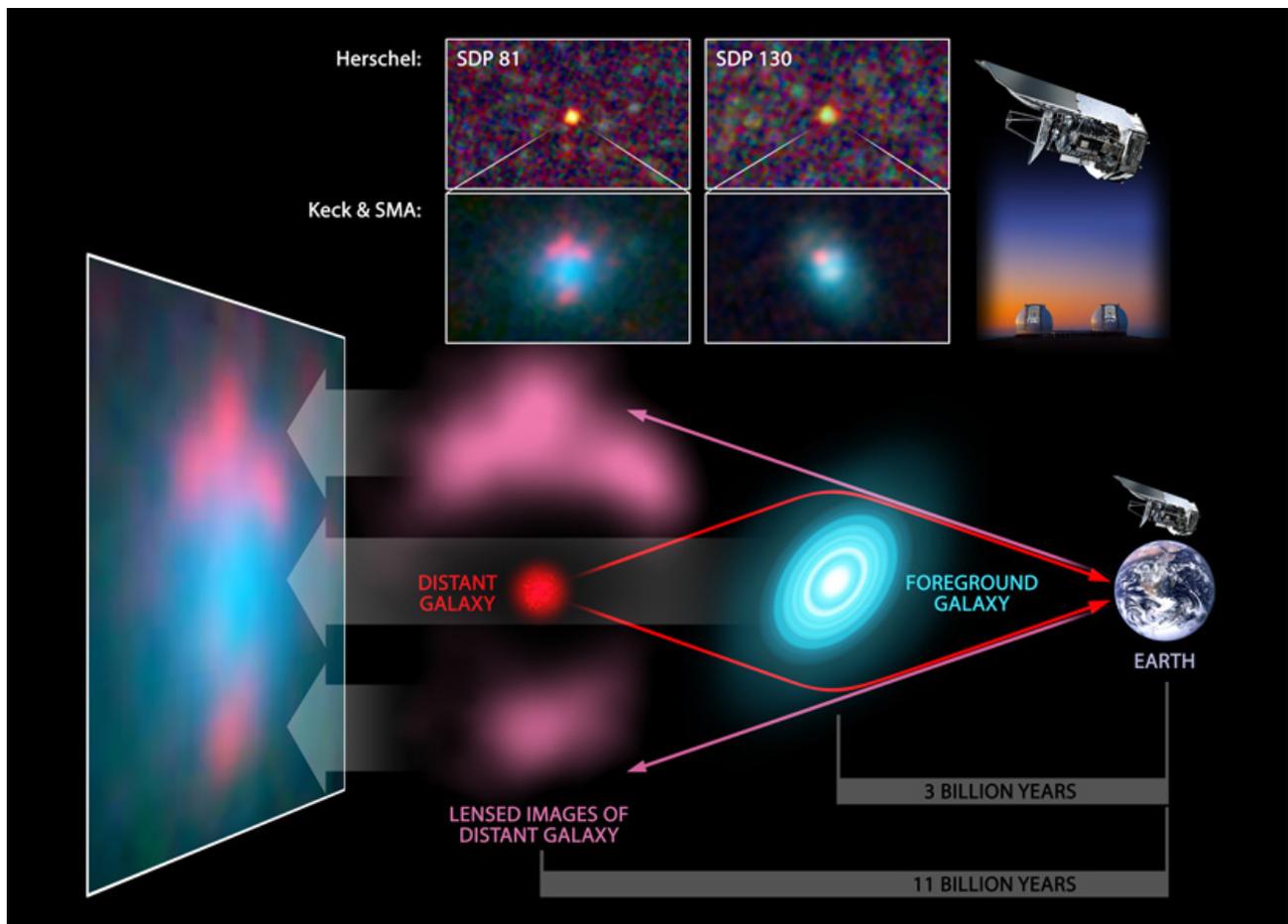
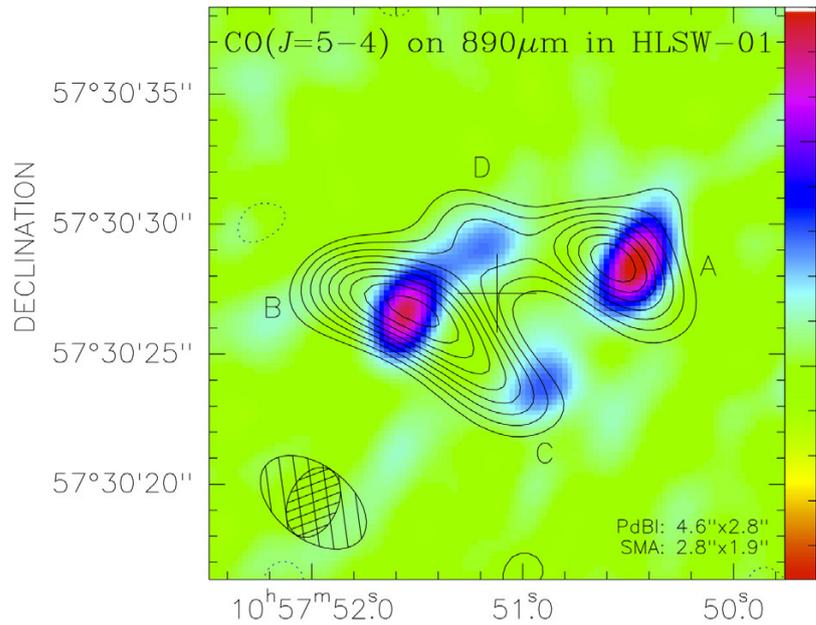


Figura 2: Distribución del gas molecular en la transición 5-4 de CO (contornos) y de la emisión del polvo a 890 micras (imagen en color) en la dirección de la galaxia HerMES amplificada por efecto lente gravitatoria HLSW-01 a  $z = 2.95$  (Riechers et al. 2011, ApJ, 733, L12). Las observaciones de CO fueron obtenidas con el interferómetro de Plateau de Bure (IRAM) y las del continuo a 890 micras con el SubMillimeter Array (SMA) en Hawái. Se aprecian cuatro imágenes del objeto de fondo con una separación máxima de 9".



En casi todos los rangos espectrales, el flujo aparente de cualquier objeto astronómico en una banda de observación disminuye con la distancia haciendo, por ejemplo, muy difícil o imposible la detección de galaxias en las primeras fases de su formación en el Universo primitivo. Sin embargo, debido a la forma espectral en el infrarrojo lejano y submm, el flujo aparente de galaxias de la misma luminosidad integrada a diferentes desplazamientos al rojo es prácticamente constante en un rango amplio de desplazamientos al rojo. Esta "corrección K negativa" permite detectar con Herschel galaxias infrarrojas (con una tasa de formación estelar muy alta) a desplazamientos al rojo muy altos.

A este efecto se añade la ayuda que prestan las concentraciones de materia en la línea de visión a galaxias lejanas, como galaxias masivas y grupos o cúmulos de galaxias. Antes del lanzamiento de Herschel se predijo que los objetos aparentemente más brillantes a las longitudes de onda más largas (particularmente a 500 micras) están en realidad amplificados por efecto lente gravitatoria. Las primeras observaciones de los proyectos Herschel-ATLAS y HerMES confirmaron la validez de esta predicción. Muchos de los objetos extragalácticos más brillantes de estos proyectos han sido estudiados en detalle

con diversos telescopios en tierra y con el telescopio espacial Hubble permitiendo determinar el desplazamiento al rojo de las diferentes imágenes del objeto de fondo y realizar un modelado de la lente y determinar sus propiedades. Las figuras 1 y 2 muestran algunos ejemplos.

Herschel tiene también sus limitaciones. A pesar de su gran tamaño, al operar a longitudes de onda largas, el límite de difracción no es muy bueno. La resolución angular del instrumento SPIRE es de 18, 25 y 36 segundos de arco en sus tres bandas. Además, a las longitudes de onda más largas se llega rápidamente al límite de confusión. En muchos casos, es necesario realizar observaciones desde tierra con interferómetros para poder resolver espacialmente la emisión detectada con Herschel. Por suerte, contamos con instalaciones cada vez mejores para este tipo de observaciones tanto en ondas mm (IRAM Plateau de Bure, CARMA, etc.) como submm (SMA y ALMA). Por otro lado, el desarrollo de receptores de anchos de banda muy grandes ("redshift machines") hace viable la determinación de desplazamientos al rojo observando líneas de la molécula CO y el estudio físico y químico utilizando una gran variedad de líneas atómicas y moleculares en estas galaxias distantes.

### **El legado científico de Herschel**

Como es tradicional en otras misiones espaciales y de la Agencia Espacial Europea, todos los datos que está obteniendo Herschel son ya públicos, o lo serán cuando acabe la misión, y estarán accesibles en el archivo de datos que mantiene la ESA. Además, todos los "Key Projects" aportarán datos reducidos de alta calidad así como herramientas de análisis adicionales a las proporcionadas por la ESA. La explotación científica de los datos de Herschel se extenderá varias décadas.

### **Futuras misiones espaciales en el infrarrojo lejano**

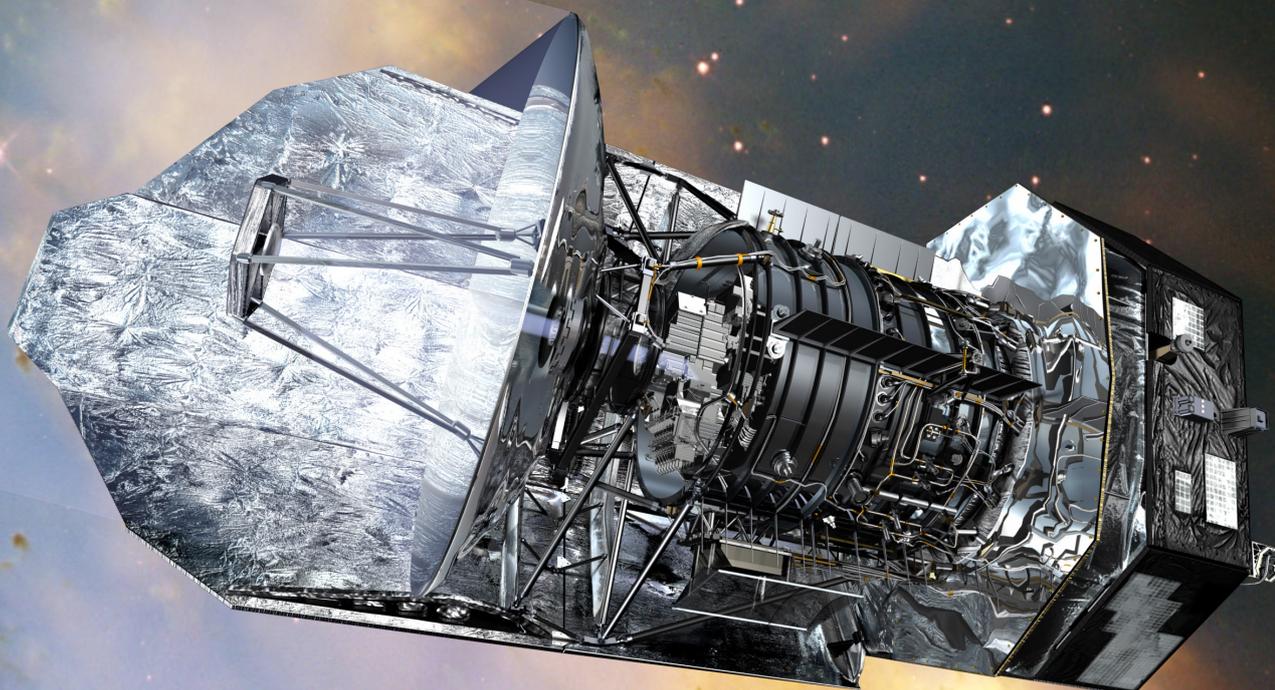
Herschel ha sido capaz de aportar en muy poco tiempo los datos necesarios para los principales proyectos científicos en el rango del infrarrojo lejano y submm. Sin embargo, su tiempo de vida tan corto hace que algunas de las observaciones aprobadas y muchos otros proyectos no se puedan llevar a cabo. Por ello, la comunidad astronómica lleva trabajando casi una década en las futuras misiones espaciales en el infrarrojo lejano y submm, desde telescopios simila-

res a Herschel enfriados a temperaturas más bajas a interferómetros de dos o más telescopios. El proyecto más avanzado es el telescopio espacial infrarrojo japonés SPICA, en el que colaboran también la Agencia Espacial Europea y los centros de investigación europeos que han contribuido a la instrumentación de Herschel, con una participación importante española liderada por el Centro de Astrobiología.

### **Participación española en Herschel y sus instrumentos**

La participación de la comunidad científica y de empresas españolas en Herschel ha sido relevante. Varios grupos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) y del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) han participado en los consorcios de centros de investigación europeos que han construido los tres instrumentos de Herschel. Además, uno de los cinco Científicos de Misión de Herschel, José Cernicharo (del Centro de Astrobiología), es español. Los grupos científicos han contado con financiación del Plan Nacional del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Representación artística del observatorio espacial Herschel



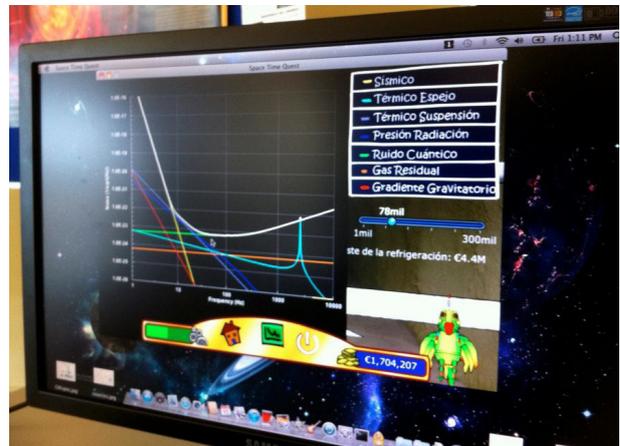
# SPACE-TIME QUEST, UN JUEGO MUY *ESPACIAL*

¿Te has preguntado alguna vez lo que harías si estuvieras a cargo de un experimento científico internacional que podría revolucionar la astronomía y que en caso de éxito tiene garantizado un premio Nobel? Ésa fue la pregunta que les planteamos a docenas de estudiantes que se acercaron a nuestro stand durante la semana de la ciencia. En él podían encontrar varios ordenadores con los que jugar a Space-Time Quest (“En búsqueda del espacio-tiempo”), un juego donde el desafío era diseñar el detector de ondas gravitacionales más sensible del mundo.



Sara Gil Casanova

Grupo de Relatividad y Gravitación de la  
Universidad de las Islas Baleares.  
[sara.gil@uib.es](mailto:sara.gil@uib.es)



Captura de pantalla de Space-Time Quest

La investigación de nuestro grupo se centra en las ondas gravitacionales y uno de los problemas con que nos encontramos para realizar actividades con estudiantes es la escasez de recursos didácticos en español sobre este tema. Por ello decidimos colaborar con otros grupos para comenzar a traducir al español juegos, tutoriales y vídeos. Los primeros productos de esta colaboración son el juego de ordenador Space-Time Quest y un libro electrónico sobre ondas gravitacionales, ambos desarrollados por investigadores del grupo de ondas gravitacionales de la Universidad de Birmingham.

En el juego se introducen los conceptos básicos relacionados con un detector de ondas gravitacionales, de forma muy visual y amena. Primero, el jugador ha de elegir dónde lo colocará, considerando pros y contras de cada posible emplazamiento. Después, podrá elegir la calidad y sofisticación de la mayoría de los componentes del detector. Para hacer el juego más realista, se dispone de un presupuesto limitado, parecido al de detectores reales como LIGO. Un loro-robot acompaña al jugador en todo momento para ayudarlo. También se puede consultar un gráfico en el que observar a tiempo real cómo afectan los cambios a la sensibilidad del detector. Cuando se acaba con el diseño, el jugador puede poner en marcha el detector y comprobar su sensibilidad. Además, también puede comparar su puntuación con la de jugadores de todo el mundo. Space-Time Quest es un programa de software libre, que se puede descargar gratuitamente y está disponible para la mayoría de sistemas operativos.

Para la Semana de la Ciencia, decidimos presentar este juego mediante un concurso. Para ello organizamos un stand a la entrada del edificio de Ciencias, en el que se

disponían de tres ordenadores con los que jugar. En todo momento hubo investigadores y estudiantes de doctorado ayudando y resolviendo dudas. El concurso duró dos días, durante los cuales se acercaron varias docenas de jugadores. Aunque inicialmente parecían un poco intimidados por la temática del juego, en pocos minutos solían perder el miedo y empezaban a probar por sí solos como afectaban al resultado final las distintas variables. El ganador del concurso, un estudiante de 1º de Física, obtuvo una puntuación muy buena y al acabar la Semana de la Ciencia le hicimos entrega de un premio y un certificado.

Además, durante los días del concurso una clase de estudiantes de 4º de la ESO que estaba visitando la universidad también se acercaron a nuestro stand. Con ellos comprobamos que el juego puede también funcionar muy bien entre adolescentes, aunque necesitaban mayor atención y guía. Además, en cuanto uno de los adolescentes rompía el hielo haciendo preguntas, los demás se animaban y acababan preguntando por casi cualquier tema relacionado con astronomía.

Durante la Semana de la Ciencia también organizamos otras dos actividades. Una fue una charla para los estudiantes de física que impartió Enrique Fernández (IFAE), con el título “Un Universo en expansión acelerada”. La otra fue una exposición de pósters de astropartículas, “Los mensajeros del Universo”, en el mismo edificio de la facultad de ciencias. Estos pósters (bilingües en inglés y castellano) presentan las astropartículas como una fuente muy valiosa de información sobre el Universo. En ellos se hablaba de los neutrinos, los rayos cósmicos o la naturaleza de la materia oscura o las ondas gravitacionales.

#### **Enlaces:**

Más información sobre Space-Time Quest:

<http://tinyurl.com/spacetimequest>

Exposición Virtual “Los Mensajeros del universo”:

<http://tinyurl.com/mensajeros>



Fotografía general de nuestro Stand durante la Semana de la Ciencia, a la entrada del edificio de Ciencias en la Universidad de las Islas Baleares.

En esta sección de nuestro Boletín pretendemos mostrar la cara más social de los miembros de nuestra sociedad: entradas y salidas de comités, nombramiento de nuevos directores de centros, cambios de afiliaciones, jubilaciones, premios, etc. Si cuando acabéis de leer la sección pensáis "Podían haber hablado también de..." os pedimos que nos enviéis vuestra entrada para incluirla en el próximo número. Gracias.

## LOS PRÍNCIPES DE ASTURIAS EN PARANAL

Sus altezas reales los Príncipes de Asturias visitaron las instalaciones de la ESO en Paranal, mostrando una vez más su interés por la astronomía. En su visita fueron acompañados por la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, y por el entonces vicepresidente del ESO Council, y miembro de nuestra sociedad, Xavier Barcons.

## XAVIER BARCONS, PRESIDENTE DEL CONSEJO DE LA ESO

La ESO ha nombrado recientemente un nuevo presidente de su Consejo. El elegido, por unanimidad, ha sido Xavier Barcons, que se convierte así en el primer español que llega a este puesto en las cumbres administrativas de la ESO. ¡Muchas felicidades, Xavier, y que te sea leve!

## ALMUDENA ALONSO EN EL INSTITUTO DE FÍSICA DE CANTABRIA

Nuestra colega Almudena Alonso Herrero se ha trasladado al Instituto de Física de Cantabria. Este movimiento ha sido posible gracias al nuevo programa Augusto González Linares de Captación de Talento, recientemente emprendido por la Universidad de Cantabria dentro del proyecto Cantabria Campus Internacional. Damos la enhorabuena todos los implicados en este traslado y les deseamos lo mejor en su futuro trabajo conjunto.

## JUAN RAMÓN PARDO, ASESOR CULTURAL

Nuestro compañero Juan Ramón Pardo ha abandonado temporalmente el mundo de la radioastronomía, y el CAB, para dedicarse a una actividad diferente, actuar como asesor cultural de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del gobierno de Castilla - La Mancha. Desde aquí le deseamos mucha suerte en esta nueva etapa.

## LA PLAZA DEL CSIC

A finales de noviembre se celebró la oposición para adjudicar la única plaza que el CSIC ha creado este año en astronomía. Felicitamos calurosamente a Txitxo Benítez por su éxito en el concurso, y aprovechamos estas fechas para pedir un deseo de año nuevo: que salgan plazaS, en plural, porque son muchos los astrónomos de gran nivel que tenemos atascados en contratos temporales y no podemos permitirnos el lujo de perderlos.

**CONEC**

DIVULGACIÓN & INVESTIGACIÓN

GENERALITAT  
VALENCIANA

**www.conec.es** es el portal de difusión del conocimiento y la investigación editado por la Universitat de València e impulsado por la Dirección General de Universidad, Estudios Superiores y Ciencia de la Generalitat Valenciana

Síguenos también en:

[facebook.com/conecmagazine](https://facebook.com/conecmagazine)

[twitter.com/conecmagazine](https://twitter.com/conecmagazine)

## 10.000 AÑOS MIRANDO ESTRELLAS

Fernando J. Ballesteros

Bartolo Luque

ISBN: 978-84-206-5081-4

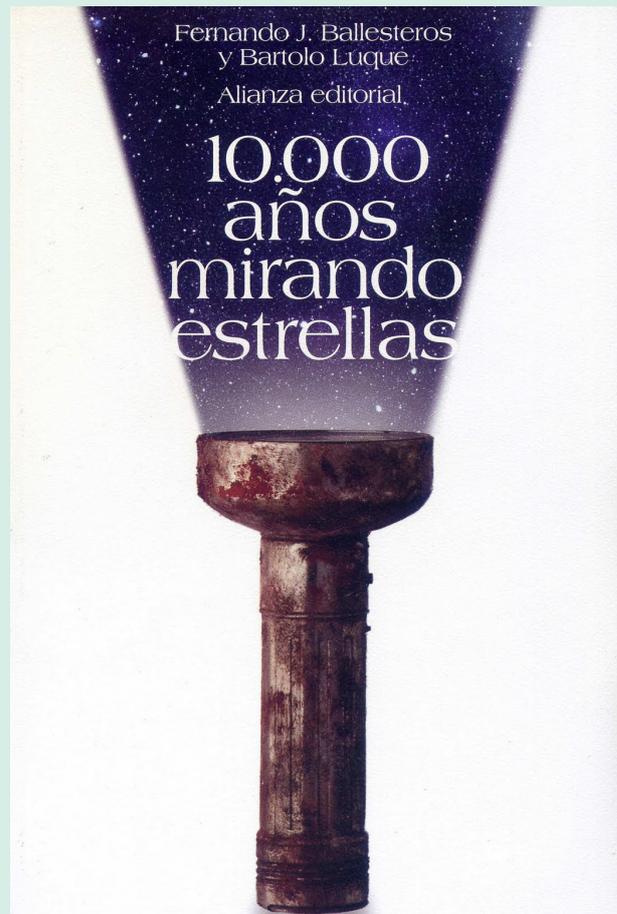
El Libro de Bolsillo

Alianza Editorial

Uno de los factores indicativos de una sociedad avanzada es la valoración que los ciudadanos otorgan a la significación de la ciencia en sus vidas. Para aproximarse a la ciudadanía, los científicos deben comunicarla, explicar los hechos científicos con un lenguaje llano. Esto es lo que han hecho durante años los investigadores Fernando Ballesteros y Bartolo Luque en diversos medios de comunicación escritos, así como en Radio Nacional de España. El libro "10.000 años mirando estrellas" recoge los pequeños ensayos que han ido publicando aquí y allá y ahora los hacen accesibles a todos, actualizándolos, fusionándolos y enriqueciéndolos para la ocasión. Inspirándose en el gran divulgador Carl Sagan, a quien dedican el volumen, no sólo nos cuentan los grandes temas de la astronomía y la exploración espacial, sus especialidades, sino que además, siguiendo la maestría de este astrofísico americano, muestran la relación del ser humano con el universo.

Pero, ¿cómo empezó el cosmos? La aventura del descubrimiento de la radiación fósil del fondo de microondas del universo y la confirmación de su inicio explosivo, si bien es apasionante, no es fácil de entender para el lector medio. Por eso mismo los autores han hecho el esfuerzo de usar objetos cotidianos, como el horno de microondas, para explicar los procesos físicos. Y el resultado ha sido satisfactorio.

Nuestro planeta es nuestro hogar y, si somos capaces de conservarlo, nos seguirá proporcionando un entorno adecuado para la vida. Sin embargo no está exento de peligros que la Humanidad, de momento, no puede evitar. Peligros que el cine y la prensa sensacionalista han magnificado últimamente, como las tormentas solares o los meteoros que caen del cielo y pueden ser los causantes del final de nuestra civilización. Los autores dedican varios capítulos a explicar y desmentir estas teorías catastrofistas y añaden que estos fenómenos han existido siempre y que, incluso, como en el caso del impacto de asteroides sobre la Tierra, son moduladores de la evolución de las especies.



En "10.000 años mirando estrellas", capítulo que da nombre al libro, se nos presenta el ser humano observador del cielo por motivos religiosos, prácticos o científicos. Desde los observatorios más antiguos, como el de Stonehenge, hasta los más modernos situados en Canarias o Chile, los astrónomos han visto las estrellas como cuerpos inalcanzables pero regulares hasta que han conseguido entenderlas. Y este conocimiento celeste ha sido muchas veces fuente de polémica, como en las primeras observaciones lunares con telescopio con consecuencias para la ciencia, la religión y también el arte.

Nuestro futuro está en el espacio. Primero tímidamente, con satélites y sondas planetarias, con aciertos y errores, después colonizaremos el Sistema Solar y tal vez la galaxia. Mientras tanto, la detección de una señal extraterrestre inteligente puede cambiar nuestra sociedad. Pero también podemos mirar a nuestro alrededor y darnos cuenta que realmente no estamos solos ya que delfines, sepias y calamares, también inteligentes, nos acompañan en este viaje cósmico. ¿Quién osará pedir sepia a la plancha después de leerse el libro?

Enric Marco  
*Departament d'Astronomia i Astrofísica*  
*Universitat de València*

## Multiwavelength study of accretion-powered pulsars

Autora: Elisa Nespoli (elisa.nespoli@uv.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Juan Fabregat Llueca y Pablo Reig Torres

Centro: Universitat de València

Fecha de lectura: 18 de junio de 2010

Mi tesis doctoral consiste en un enfoque multi-frecuencia para el estudio de Binarias de Rayos X de alta masa (HMXBs), a través de datos infrarrojos y en banda X.

Por un lado, mi proyecto de investigación está dirigido a la identificación y caracterización de las contrapartidas infrarrojas de HMXBs oscurecidas en los brazos galáctico internos de Escudo y Norma. La identificación de las compañeras ópticas/IR de HMXBs es un paso necesario para llevar a cabo estudios detallados de estos sistemas, ya que con datos limitados al rango de altas energías, la comprensión de la compleja estructura y dinámica del acrecimiento no puede ser completa.

En los últimos años, el satélite INTEGRAL de la Agencia Espacial Europea ha revelado la presencia de una importante población de HMXBs fuertemente absorbidas en las regiones de Escudo y Norma, prácticamente inobservable por debajo de 4 keV. Las contrapartidas ópticas de estas fuentes oscurecidas son difícilmente observables, debido a la alta extinción interestelar, con  $A_V$  superior a 20 mag.

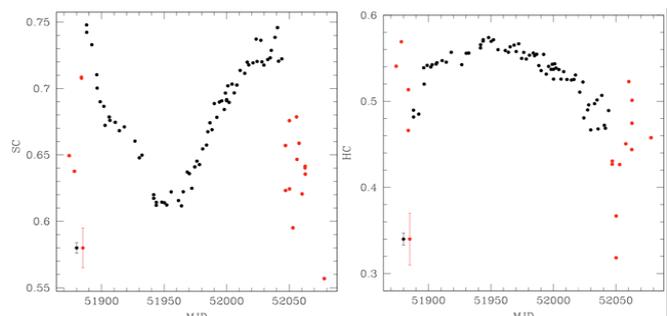
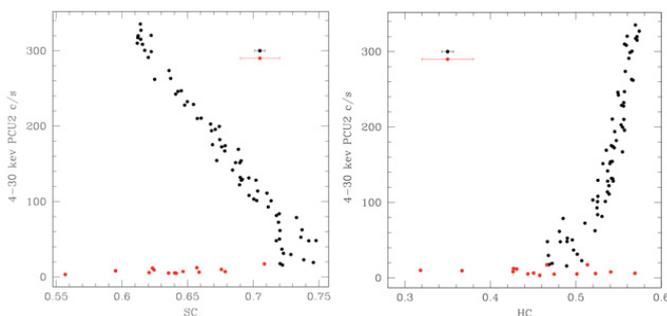
En este trabajo de tesis, hemos seleccionado candidatos a contrapartidas candidatas por medio de una búsqueda fotométrica de estrellas con líneas de emisión dentro de los círculos de error en la posición de las fuentes de rayos X detectadas por INTEGRAL. Con este objetivo, se han construido diagramas color-color en el IR del tipo (Br $\gamma$ -K)/(H-K) y (HeI-K)/(H-K), en los que las estrellas con líneas de emisión se espera que aparezcan por debajo de la secuencia de estrellas con líneas de absorción. Aplicamos esta técnica para la búsqueda de contrapartidas de Be/XRBs, la subclase más numerosa de HMXBs, cuya naturaleza transitoria impide la identificación de contrapartidas mediante seguimiento con observaciones de rayos X con alta resolución espacial. Para cada campo, de uno a cuatro candidatos fueron identificados. También se tomaron espectros de los candidatos propuesto. La confirmación y la clasificación espectral de los sistemas permitió dar a conocer la naturaleza de nueve objetos descubiertos por INTEGRAL (Nespoli, E. et al. A&A 2010a, 2010b, 2008).

Por otro lado, el trabajo tuvo el objetivo de proporcionar por primera vez un estudio sistemático de cuatro Be / XRBs durante "outbursts" gigantes (tipo II), cuando las fuentes llegan a una luminosidad X de  $L_X \sim 10^{37}$ - $10^{38}$  erg s $^{-1}$  y se convierten en el objeto más brillante del cielo de rayos X. Se utilizaron datos de la misión de la NASA RXTE, empleando las tres técnicas de diagramas color-color e intensidad-color (CD/HID), ajuste espectral y análisis de Fourier. Los resultados obtenidos permitieron definir y caracterizar por primera vez unos estados espectrales para esta clase de sistemas. Para este objetivo, he seguido tanto un enfoque independiente (CD / HID) como uno dependiente de los modelos (ajuste espectral) para investigar la variabilidad aperiódica rápida en función de los estados espectrales en HMXBs.

Se extrajeron espectros de energía, curvas de luz, y espectros de potencia para un total de 320 observaciones. Nuestro análisis claramente identifica en los cuatro sistemas dos estados espectrales diferentes, que llamamos la rama diagonal (DB) y la rama horizontal (HB).

La HB corresponde a un estado de bajo flujo, mientras que la DB presenta un rango amplio de variación en flujo. Además, el índice de fotones de la ley de potencias empleada en los ajustes espectrales disminuye con el flujo en la HB, mientras que se mantiene constante o aumenta en la DB. La HB muestra frecuencias características más bajas de los componentes del ajuste temporal, y mayor variabilidad aperiódica respecto a la DB. Las líneas de ciclotrón están generalmente asociados a la DB, mientras que están ausentes o son débiles en la DB. Nuestra interpretación muestra cómo la transición entre los dos estados puede corresponder a la transición de emisión desde el "standing shock" al "thermal mound" de la estrella de neutrones debido al cambio de régimen desde luminosidad súper-Eddington (DB) a luminosidad sub-Eddington (HB).

Desde el punto de vista del análisis color-color, espectral y temporal, las diferencias entre los sistemas fácilmente distingue dos subgrupos, con los púlsares más lentos, KS 1947+300 y EXO 2030+375, por un lado, y los más rápidos, 4U 0115+63 y V 0332+53, por el otro. El primer grupo se caracteriza por espectros más blandos en la HB en comparación con los otros sistemas. No se observa histéresis en los púlsares más lentos, mientras que es evidente en V 0332+53 y 4U 0115+63. Las líneas de ciclotrón son características cruciales en los espectros de V 0332+53 y 4U 0115+63, donde también se observa un armónico en el rango de 3-30 keV. Están más bien ausentes o son muy débiles en el primer grupo. De acuerdo con el análisis temporal, una gran diferencia entre los dos grupos es la presencia de QPOs en los púlsares más rápidos.



## Distribución de las condiciones físicas y abundancias químicas en regiones HII a pequeñas escalas angulares

Autor: Adal Mesa Delgado (adalfis@gmail.com)

Tesis doctoral dirigida por: César Esteban López

Centro: Universidad de La Laguna / Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 16 de Julio de 2010

Las regiones HII son nubes de gas interestelar, ionizadas por estrellas masivas jóvenes de tipos espectrales OB, cuyo espectro de líneas de emisión puede observarse a grandes distancias en el Universo. El análisis del espectro de las regiones HII permite determinar las condiciones físicas del gas ionizado y las abundancias químicas de algunos de los elementos más importantes (He, C, N, O, Ne, S, Ar, Cl y Fe). Este último aspecto hace de las regiones HII objetos indispensables para el estudio de la composición química del medio interestelar, desde la cercanía solar hasta galaxias a alto desplazamiento al rojo.

En nebulosas fotoionizadas, las abundancias de elementos más pesados que el He clásicamente se han determinado a partir de las brillantes líneas excitadas colisionalmente (LECs). Sin embargo, hace ya más de 20 años que se midió la primera línea de recombinación (LR) pura de elementos pesados y, desde entonces, persiste un gran problema en la comprensión de la física que tiene lugar en el seno de las nebulosas fotoionizadas: las abundancias químicas de un mismo ión obtenidas a partir de LRs suelen ser significativamente mayores a las determinadas a partir de LECs. Este problema se conoce en la actualidad como Discrepancia de Abundancias (DA) y continúa siendo un reto en el ámbito de las nebulosas gaseosas, todavía sin una solución satisfactoria.

El objetivo principal de la presente tesis doctoral fue explorar, desde distintas vertientes observacionales, cuáles son las variables, o procesos físicos, de los que depende la DA en regiones HII, si existiera alguna dependencia. Una de las vertientes más prometedoras es el estudio del comportamiento de la

DA en regiones HII galácticas brillantes y cercanas a pequeñas escalas espaciales, su posible dependencia con distintos parámetros nebulares (tales como temperatura y densidad electrónica, estado de ionización local del gas o la presencia de material a alta velocidad) y su correlación con estructuras morfológicas particulares (frentes de ionización, objetos Herbig-Haro, discos protoplanetarios o glóbulos). Este fue el punto de inicio de esta tesis doctoral, ya que dicha técnica, utilizada en el estudio de la DA en contadas nebulosas planetarias y en la región HII extragaláctica 30 Doradus, aún no había sido explorada en profundidad en regiones HII galácticas. Para ello, las regiones HII seleccionadas son: la Nebulosa de Orión, M8, M17 y NGC 7635.

La aplicación de la técnica anterior se consigue a partir del muestreo de espectros de rendija larga que cubren diferentes partes de las regiones HII. Para todos los objetos se determinaron las distribuciones espaciales de un gran número de flujos de líneas de emisión, los coeficientes de extinción, las condiciones físicas y las abundancias químicas a partir de LECs y LRs. Entre otros resultados, en general, la DA resultó no depender de ninguna de las propiedades nebulares del gas y, excluyendo la Nebulosa de Orión, la DA permanece básicamente constante a lo largo de las posiciones de rendija.

Debido a su cercanía y alto brillo superficial, el análisis llevado a cabo en la Nebulosa de Orión nos permitió relacionar algunos aumentos locales de la DA con la presencia de objetos Herbig-Haro. Este resultado nos llevó a aplicar nuevas técnicas observacionales centradas en el estudio del rol de los objetos Herbig-Haro en el problema de la DA. Más concretamente, se analizó uno de los objetos Herbig-Haro más prominentes de la Nebulosa de Orión: HH 202. Por un lado, se abordó el problema de la DA en el objeto HH 202 haciendo uso de la espectroscopía de campo integral, encontrando un aumento progresivo de la DA en las zonas donde el flujo de gas alcanza su máxima velocidad, que además coinciden con la localización del nudo sur de dicho objeto (HH 202-S). Por otro lado, ya contábamos con observaciones echelle de muy alta resolución espectral en la posición del HH 202-S que nos permitieron resolver las componentes cinemáticas asociadas al gas de fondo y al flujo de gas a alta velocidad. Los resultados indican que la mayor contribución a la DA, en el objeto HH 202, observada en los trabajos de rendija larga y espectroscopía de campo integral, proviene de la componente a alta velocidad. Esta es la principal conclusión de la presente tesis, ya que es la primera evidencia observacional obtenida que relaciona el problema de DA en regiones HII con la presencia de flujos de gas a alta velocidad.

## Detección de planetas en sistemas binarios eclipsantes

Autor: José Manuel Almenara Villa  
(josemanuel.almenara@oamp.fr)

Tesis doctoral dirigida por:

Hans Deeg y Teodoro Roca Cortés

Centro: Universidad de La Laguna

Fecha de lectura: 2 de julio de 2010

En este trabajo, se desarrolla la metodología de dos procedimientos para la detección de planetas en sistemas binarios eclipsantes. Posteriormente, se aplican a observaciones realizadas por el satélite francés CoRoT (Convection, Rotation and planetary Transits). Este satélite cuenta con un telescopio de 27 cm con 2 CCD dedicadas a la búsqueda de exoplanetas, que proporcionan fotometría precisa de unas 12000 estrellas por campo.

El primero de los procedimientos consiste en el análisis de las curvas de luz observadas buscando la detección de los tránsitos de planetas circumbinarios. Debido a que tales tránsitos no son estrictamente periódicos y a que su forma y duración dependen de la fase de las estrellas binarias, se ha desarrollado una metodología de búsqueda específica. Primero, se ha diseñado un algoritmo automático y rápido de búsqueda de sistemas binarios eclipsantes (SBE) en las curvas de luz observadas. Aplicándolo a los primeros cuatro campos observados por CoRoT se obtiene que un 1.3% de objetos observados son precisamente SBE. Se ha establecido también un conjunto de criterios para la selección de 10 SBE en los que aplicar la metodología desarrollada. Las binarias seleccionadas han sido ajustadas con un modelo para obtener los parámetros físicos necesarios como entrada en el algoritmo de detección. Después de aplicar el algoritmo, no se ha encontrado ningún candidato a planeta circumbinario; no obstante, se han encontrado otros sistemas o configuraciones que podrían confundirse con el tránsito de uno de ellos.

El segundo procedimiento desarrollado es el de la medida precisa de la época o tiempo en el que ocurren los mínimos de los eclipses del SBE esperando encontrar desviaciones causadas por un tercer cuerpo orbitando en torno a él. Aplicándolo a los 536 SBE encontrados no se ha detectado tampoco un tercer objeto de masa planetaria. Sin embargo, se ha encontrado desviaciones periódicas de 5 minutos de amplitud en el tiempo en el que ocurren los mínimos de los eclipses de un SBE observado por CoRoT (LRc01\_E2\_1055). Esta señal podría explicarse con la presencia de un tercer cuerpo de masa estelar cuya predicción aún no se ha podido confirmar observacionalmente.

## Objetos subestelares en cúmulos abiertos

Autor: Gabriel Bihain (gbihain@aip.de)

Tesis doctoral dirigida por: Rafael Rebolo López

Centro: Universidad de La Laguna / Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 29 de Julio de 2010

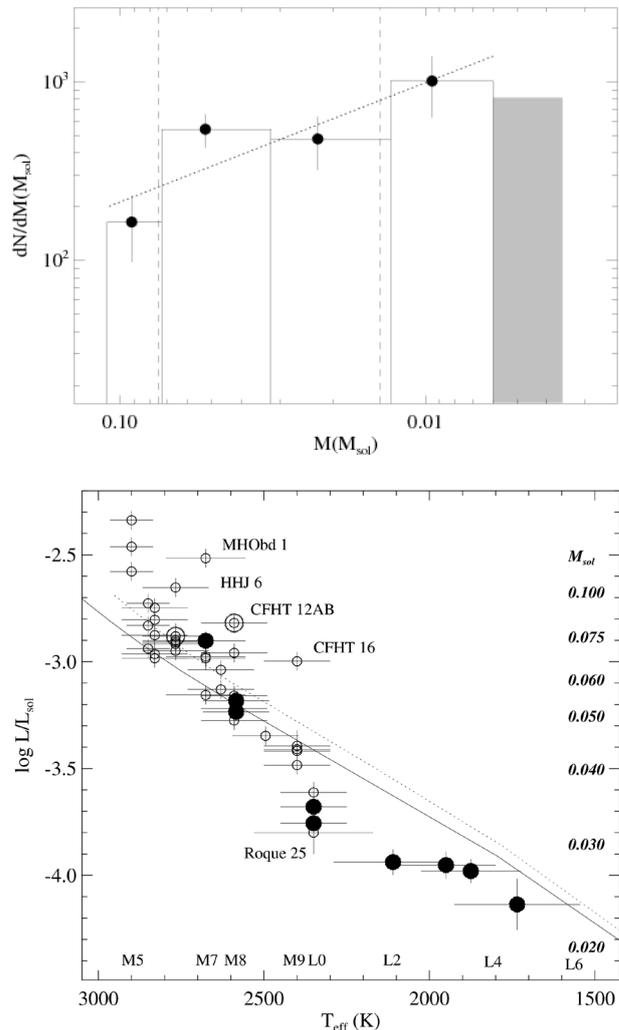
Los objetos subestelares (masas  $M \leq 0.075 M_{\text{sol}}$ ) tienen temperaturas centrales demasiado bajas para producir una fusión estable del hidrógeno. Esto implica que progresivamente se van contrayendo y enfriando. Centenares de enanas marrones ( $M \sim 0.013 - 0.075 M_{\text{sol}}$ ) y otros centenares de objetos de masa planetaria ( $M \leq 0.013 M_{\text{sol}}$ ) o candidatos han sido descubiertos en los últimos quince años. Las enanas marrones han sido caracterizadas por tipos espectrales ultra-fríos M, L, y T. Debido al progresivo debilitamiento de su luminosidad – especialmente rápido a edades  $\leq 0.1$  Ga, los objetos subestelares se detectan mejor cuando son jóvenes. Los cúmulos abiertos cercanos con edades y metalicidades bien determinadas son regiones idóneas para identificarlos y comprobar las predicciones de los modelos teóricos. En esta tesis doctoral presentamos la búsqueda, identificación y caracterización de nuevos objetos subestelares en los cúmulos abiertos de las Pléyades y  $\sigma$  Orionis, y con masas teóricas de  $\sim 35-25$  y  $\sim 4$  veces la masa de Júpiter ( $M_{\text{Jup}}$ ), respectivamente.

El cúmulo abierto de las Pléyades ha recibido gran atención en la literatura, gracias a su riqueza en objetos, cercanía al Sol ( $\sim 120$  pc), juventud ( $\sim 120$  Ma), notable movimiento propio y baja extinción interestelar. Debido a que su población de enanas marrones más débiles y de tipo espectral L era poco conocida, hemos realizado una búsqueda de estos objetos. Hemos analizado datos fotométricos del óptico e infrarrojo cercano (bandas RIJ) en un área de  $1.8 \text{ deg}^2$  y hemos identificado 18 candidatos. Posteriormente hemos realizado un seguimiento de ellos en el infrarrojo cercano (bandas HKs), obteniendo medidas fotométricas y espectroscópicas para comprobar su pertenencia al cúmulo y determinar sus características espectrales. Confirmamos nueve miembros por movimiento propio, que nos permiten mejorar la determinación del espectro de masas subestelares de las Pléyades dN/dM (número de objetos por unidad de masa). En el rango  $\sim 0.5-0.026 M_{\text{sol}}$ , el espectro de masas puede ser ajustado por una ley de potencias  $M^{-\alpha}$  con un índice  $\alpha = 0.5 \pm 0.2$ . Este índice es similar al de otros cúmulos abiertos mucho más jóvenes, lo que sugiere que la evaporación diferencial de las enanas marrones de baja masa respecto a los objetos más masivos no es significativa. Este resultado apunta a la existencia de objetos subestelares aun menos masivos en las Pléyades. Los espectros obtenidos para

seis miembros del cúmulo muestran tipos espectrales desde L temprano a L medio. Al menos dos de ellos tienen rasgos espectrales que pueden ser relacionados con baja gravedad superficial, polvo, y juventud. Las enanas marrones de tipo L de las Pléyades parecen ser intrínsecamente tan débiles como las enanas de tipo L del campo con paralaje trigonométrico conocido, en desacuerdo con las predicciones de luminosidad de los modelos teóricos. Es posible que las enanas marrones de tipo L de las Pléyades se hayan contraído más rápidamente de lo que indican los modelos.

En el cúmulo abierto  $\sigma$  Orionis, de edad  $\sim 3$  Ma, baja extinción, y relativa cercanía ( $\sim 360$ – $440$  pc), hemos buscado candidatos a masa planetaria y de tipo espectral T, adicionales a los ya conocidos S Ori 69 y S Ori 70. Hemos obtenido y analizado datos fotométricos desde el rojo lejano hasta el infrarrojo medio en un área de  $\sim 840$  arcmin<sup>2</sup>. Hemos descubierto tres nuevos candidatos a masa planetaria que por sus colores tendrían tipos espectrales L, transición L/T, y T medio, respectivamente. El candidato de tipo L está situado cerca de una estrella de tipo solar perteneciente al cúmulo (separación angular de 11.8 arcsec). Las masas teóricas estimadas de estos nuevos candidatos están en el rango  $2$ – $7 M_{\text{Jup}}$ , teniendo en cuenta las incertidumbres en la edad, distancia y fotometría. De confirmarse como miembros del cúmulo serían algunos de los objetos de masa planetaria menos masivos identificados por imagen directa fuera del Sistema Solar. No obstante, es probable que algunos de ellos sean enanas del campo (mucho más viejas y cercanas) o galaxias contaminantes, en cuyo caso el espectro de masas tendría un fuerte cambio en la pendiente, que podría ser evidencia del llamado límite de opacidad para la fragmentación de nubes moleculares.

Los resultados y la figura fueron publicadas en los artículos Bihain et al. (2006, A&A, 458, 805; 2009, A&A, 506, 1169; 2010, A&A, 519, A93)



Arriba: Espectro de masa de  $\sigma$  Orionis, con datos corregido por contaminación. La línea punteada representa el ajuste lineal a los datos de Caballero et al. (2007) en el rango de masa  $0.110$ – $0.006 M_{\text{sol}}$ . La región en gris es nuestra estimación de 0–2 miembros del cúmulo en el rango de masa  $0.006$ – $0.004 M_{\text{sol}}$ . De la izquierda a la derecha, las líneas verticales discontinuas representan los límites de masa de fusión de hidrógeno y deuterio, respectivamente. Abajo: Diagrama Hertzsprung–Russell de estrellas de baja masa y enanas marrones de las Pléyades, mostrando como círculos rellenos nuestros nuevos datos y como círculos sin relleno los datos anteriores. Dos isocronas de 120 Ma de modelos teóricos diferentes están representadas con las líneas punteada y continua. Tipos espectrales y masas teóricas están indicados.

## Evolución química de galaxias utilizando el SDSS

Autora: Maritza Arlene Lara López  
(mlopez@aa0.gov.au)

Tesis doctoral dirigida por:

Jordi Cepa Nogué y Angel Bongiovanni

Centro: Universidad de la Laguna/Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 23 de septiembre de 2010

La formación y evolución de galaxias dependen fuertemente de la metalicidad y la tasa de formación estelar (SFR), por lo que el vínculo entre estos dos parámetros a diferentes desplazamientos al rojo ( $z$ ) afectará sustancialmente la evolución de las galaxias. Paradójicamente, en la literatura abundan los estudios de evolución a  $z$  altos, mientras que los correspondientes a  $z$  bajos son escasos. Sin embargo, estos últimos pueden proporcionar importantes aportaciones a la evolución de galaxias, estableciendo el vínculo necesario entre el universo local y a altos  $z$ . En esta tesis, nos centraremos en algunos parámetros fundamentales de las galaxias, tales como la metalicidad, SFR y masa a desplazamientos al rojo ( $z$ )  $< 0.4$ , con el objetivo de buscar indicios de evolución.

En los primeros 2 artículos derivados de esta tesis utilizamos datos espectroscópicos del SDSS-DR5, cubriendo  $z$  de  $\sim 0$  a 0.4 en los siguientes intervalos de 0.1. Los datos fueron procesados con el código de síntesis espectral STARLIGHT. Seleccionamos galaxias con formación estelar a través de los diagramas BPT (Baldwin, Phillips & Terlevich 1981), corregimos los flujos por extinción, y estimamos metalicidades con el método R23. Al dividir y comparar las muestras a diferentes  $z$  en intervalos de luminosidad similares, encontramos indicios importantes de evolución. Las galaxias en el intervalo  $0.3 < z < 0.4$  muestran un decremento en metalicidad de  $\sim 0.1$  dex comparadas con galaxias locales.

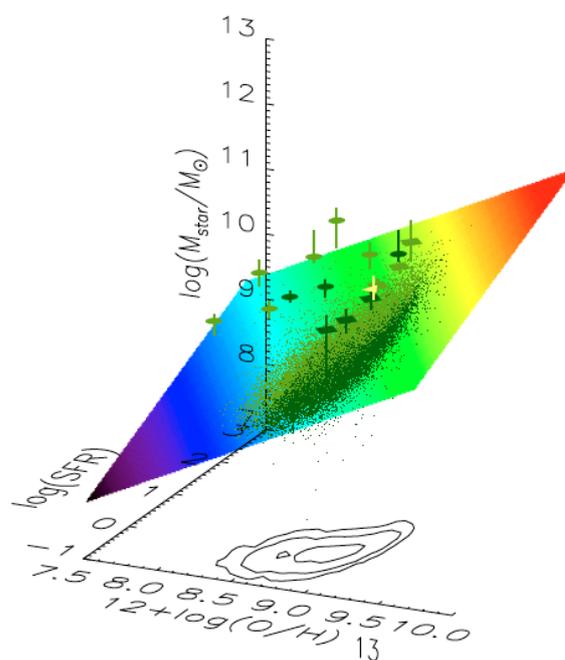
También concluimos que la producción del nitrógeno de la muestra de galaxias es principalmente de origen secundario ya que ésta está formada por galaxias masivas, luminosas y de alta metalicidad. Nuestros resultados apoyan la idea de que la evolución del gas en galaxias masivas sigue presente por debajo de  $z \sim 0.4$ , estando éstos en buen acuerdo con modelos teóricos y observacionales de galaxias masivas.

En la tercera publicación derivada de esta tesis analizamos la evolución de la SFR, metalicidad y parámetros trazadores de la morfología a través de las relaciones masa-metalicidad ( $M-Z$ ), luminosidad-metalicidad, masa-SFR, y metalicidad-SFR para galaxias con formación estelar. Encontramos una evolución en la relación  $M-Z$  de  $\sim 0.2$  dex para el intervalo  $0.3 < z < 0.4$  en comparación con galaxias locales. Del análisis de la evolución de la SFR y la SFR específica (SSFR) en función de la masa estelar y la metalicidad, descubrimos un grupo de

galaxias en todas nuestras muestras en  $z$ , cuya morfología es consistente con la de galaxias de tipo tardío. Al comparar la muestra local en  $z$  con la más lejana, encontramos que la metalicidad, la SFR, y la morfología evolucionan hacia valores menores en metalicidad, SFRs más altas y morfologías de tipo tardío. También estudiamos la evolución de los diagramas BPT, encontrando que éstos muestran una evolución hacia valores mayores del cociente  $[\text{O III}]/\text{H}\beta$  debido a un decremento en metalicidad. Finalmente, analizamos el diagrama S2N2  $[\log(\text{H}\alpha/[\text{S II}]) \text{ vs. } \log(\text{H}\alpha/[\text{N II}])]$ , encontrando que es una herramienta útil y confiable para clasificar galaxias con formación estelar, compuestas y AGN.

En la cuarta publicación derivada de esta tesis usamos una muestra de galaxias con formación estelar de la "muestra principal de galaxias" del SDSS-DR7 en el rango  $0.04 < z < 0.1$  y magnitudes  $14.5 < m_r < 17.77$ . Las metalicidades, SFRs, y masas estelares fueron tomadas de la base de datos de galaxias con líneas de emisión del MPA-JHU. En este trabajo, mostramos por primera vez la existencia de un plano fundamental (FP), mostrado en la figura, en el espacio 3D formado por los ejes SFR  $[\log(\text{SFR})(M_{\text{sol}} \text{ yr}^{-1})]$ , metalicidad del gas  $[12 + \log(\text{O}/\text{H})]$  y masa estelar  $[\log(M_{\text{star}}/M_{\text{sol}})]$  de galaxias con formación estelar. Datos a  $z \sim 2.2$  y  $\sim 3.5$  disponibles públicamente, no muestran evidencia de evolución en este FP. Proponemos el uso de este FP como una herramienta alternativa a los métodos existentes para determinar la masa estelar de galaxias a partir de su SFR y metalicidad, a  $z$  bajos y altos.

Finalmente, en una quinta publicación, realizamos simulaciones con el instrumento OSIRIS, ubicado en el telescopio GTC de 10m. Las simulaciones se hicieron como parte de una estrategia observacional con el fin de encontrar la óptima combinación de FWHM y barrido para poder estimar metalicidades en galaxias con el proyecto OTELO.



## Asterosismology and mass loss in Be stars.

### Study with CoRoT

Autor: Pascual David Diago Nebot

(Pascual.Diago@uv.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Juan Fabregat Lluca y Juan Gutiérrez Soto

Centro: Universitat de València

Fecha de lectura: 28 de octubre de 2010

El objetivo de la asterosismología es describir el interior de las estrellas a partir de las oscilaciones. El interior de las estrellas es, posiblemente, el lugar más difícil de estudiar de todo el Universo, ya que las condiciones especiales que allí se dan no pueden reproducirse en ningún laboratorio terrestre. Así, la importancia de esta ciencia en el estudio global de la física estelar es crucial. Los principios básicos de la asterosismología son, en esencia, similares a los que los geólogos usan en el estudio de terremotos terrestres. La asterosismología hace uso de descripciones matemáticas de las oscilaciones en cuerpos tridimensionales, creando para ello sofisticadas simulaciones numéricas. Es, por tanto, un claro ejemplo de ciencia multidisciplinar.

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es el estudio de las estrellas Be con la misión espacial CoRoT (Convección, Rotación y Tránsitos), lanzada el 27 de diciembre de 2006. Las estrellas Be son objetos de secuencia principal, con alta velocidad de rotación, que presentan un exceso infrarrojo y emisión en las líneas de Balmer, debido a la presencia de una envoltura circumestelar concentrada en el ecuador y generada por eyecciones discretas de materia originado por mecanismos que todavía no son bien conocidos. Los mecanismos propuestos para explicar la eyección de materia son hasta ahora, las pulsaciones no radiales combinadas con la alta velocidad de rotación característica de este tipo de estrellas. La observación de estrellas Be con el satélite de alta precisión CoRoT está aportando claves importantísimas para comprender la física de estos objetos y la naturaleza del fenómeno Be.

Para la detección de señales periódicas en las estrellas seleccionadas utilizamos tanto observaciones fotométricas como espectroscópicas. A partir de las observaciones obtenemos las frecuencias, amplitudes y fases de las variaciones. Como se muestra en la tesis, las variaciones en las curvas de luz estudiadas podrían estar estrechamente relacionadas con los mecanismos de pulsación estelar. Para realizar el análisis de frecuencias hemos desarrollado un código basado en técnicas estándar de análisis de Fourier. Este código, llamado *Pasper* (Diago et al. 2008), nos permite analizar grandes conjuntos de datos de forma casi automática.

Entre los resultados más interesantes obtenidos en este trabajo destacamos la detección observacional de estrellas pulsantes de tipo Beta Cephei y SPB entre las estrellas B y Be estudiadas en las Nubes de Magallanes. Sabemos que estas regiones están caracterizadas por su bajo contenido en metales y por tanto, los modelos teóricos actuales no predicen pulsaciones en estrellas de tipo B.

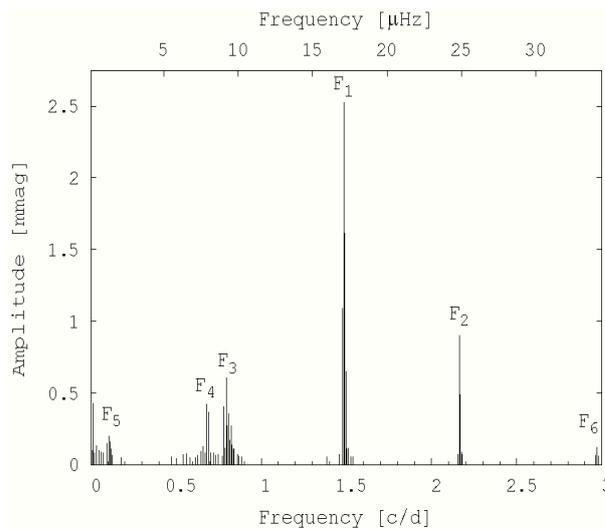
Otro resultado importante es consecuencia del análisis de frecuencias de la estrella Be tardía HD 50209 observada por el satélite CoRoT en el campo sismológico. La estrella HD 50209 es una estrella de tipo espectral B8IVe. A partir de este análisis se detectan cerca de 60 frecuencias agrupadas claramente en seis grupos diferenciados y que se atribuyen a modos g, como se observa en la Fig. 1. La interpretación de los datos nos muestra cuatro frecuencias, correspondientes a modos de gravedad, con órdenes azimutales  $m=0, -1, -2, -3$  con la misma frecuencia de pulsación en el sistema de co-rotación. Además, las frecuencias de rotación y de pulsación aparecen claramente separadas (Diago et al. 2009).

Es claro que estos resultados, junto con los que la misión CoRoT está proporcionando, ayudarán a una mejor comprensión y caracterización de la naturaleza del fenómeno Be y de los modelos sismológicos de las estrellas masivas.

#### Referencias:

Diago et al. 2008, A&A, 480, 179

Diago et al. 2009, A&A, 506, 125.



Frecuencias detectadas en la estrella Be HD 50209 agrupadas en seis conjuntos claramente separados.

## Evolución de relaciones fundamentales de galaxias

Autora: Mirian Fernández Lorenzo  
(mfernan@iac.es)

Tesis doctoral dirigida por: Jordi Cepa Nogué

Centro: Universidad de la Laguna

Fecha de lectura: 14 de diciembre de 2010

En esta Tesis doctoral, hemos realizado un estudio de la relación de Tully-Fisher, y del Plano Fundamental, para muestras situadas a distintas distancias cosmológicas. Con el objetivo de minimizar las dificultades que surgen en los trabajos que comparan diferentes desplazamientos al rojo, se ha realizado un estudio detallado de los parámetros involucrados en ambas relaciones, así como de los métodos utilizados para obtenerlos.

En la primera parte de la Tesis, nos hemos centrado en estudiar la relación de Tully-Fisher en las bandas ópticas B, R e I, para una muestra de galaxias en 6 rangos de desplazamiento al rojo entre  $0.1 < z < 1.3$ . Comparando la velocidad obtenida a partir de las anchuras de las líneas ópticas H $\alpha$ , [OIII], H $\beta$  y [OII], hemos encontrado que todas ellas proporcionaban resultados similares, aunque con una gran dispersión en el caso de H $\beta$ . También se ha analizado el mejor método para determinar la morfología de las galaxias de la muestra, optando finalmente por una clasificación visual. Las relaciones locales fueron construidas a partir de los datos en el rango  $0.1 < z < 0.3$ , y resultaron ser consistentes con las relaciones locales que se encuentran en la literatura. Representamos los datos en los distintos rangos de  $z$ , fijando la pendiente local, y encontramos evidencia de una evolución en la ordenada en el origen de la relación de Tully-Fisher, muy similar en todas las bandas, de forma que las galaxias habrían sido más brillantes a desplazamientos al rojo más altos, para una velocidad de rotación fija. Sin embargo, los resultados no eran concluyentes ya que la posible evolución en luminosidad era del orden de la dispersión de la relación.

A continuación, se amplió la muestra de galaxias en el rango de desplazamiento al rojo más alto, así como en el rango local ( $0.1 < z < 0.3$ ), con el fin de confirmar la evolución encontrada en el trabajo anterior. Además de obtener la relación de Tully-Fisher en las bandas ópticas, se extendió el estudio al infrarrojo. A partir de la información óptica+infrarroja, se realizó un estudio

sobre el mejor método para determinar la corrección-K, con el fin de obtener unas magnitudes absolutas más fiables. Las relaciones de Tully-Fisher en la muestra a  $1.1 < z < 1.4$  fueron obtenidas fijando nuevamente la pendiente al valor obtenido para las relaciones locales. La diferencia en el punto-cero obtenida para la banda B era equivalente, aunque algo menor, a la evolución encontrada en el trabajo anterior, de forma que las galaxias habrían sido más brillantes en el pasado que ahora. Sin embargo, a medida que nos íbamos hacia bandas más rojas, esta evolución era cada vez menos notable. En la banda I, la diferencia era ya menor de 1s, y en la banda  $K_s$ , la relación local y a alto  $z$  eran prácticamente iguales. Debido a las controversias existentes con respecto a la pendiente de la relación de Tully-Fisher local en la banda  $K_s$ , usamos los datos simulados de Millenium para obtener una relación local en el mismo rango de luminosidad que los datos a alto  $z$ . Al comparar nuestra muestra con la nueva relación local, confirmamos la no evolución de la relación de Tully-Fisher en el infrarrojo. A continuación, representamos los colores (R-I) y (V- $K_s$ ) frente a la velocidad de rotación para las galaxias locales y a alto- $z$ . Encontramos en ambos casos una evolución de  $\sim 0.3$  mag, en el sentido de que las galaxias habrían sido más azules en el pasado que ahora, que podría interpretarse como un envejecimiento de las poblaciones estelares como consecuencia del decrecimiento de la tasa de formación estelar desde  $z=1.25$ . Además, encontramos que las galaxias espirales podrían haber doblado su masa estelar en los últimos 8.6 Gyr.

Finalmente, estudiamos la evolución del Plano Fundamental en las bandas B y g, para una muestra de galaxias de tipo temprano en el rango  $0.2 < z < 1.2$ . Asumiendo que el radio efectivo y la dispersión de velocidades no evolucionan con el desplazamiento al rojo, encontramos que las galaxias a un  $\langle z \rangle \sim 0.7$  eran 0.68 mag más brillantes en la banda B y 0.52 mag más brillantes en la banda g, que sus contrapartidas locales. Sin embargo, encontramos que la dispersión de la relación para la muestra a alto- $z$  se reducía a la mitad cuando permitíamos un cambio en la pendiente del plano, sugiriendo una evolución diferente de las galaxias en función de sus propiedades internas. A partir del estudio de la relación de Kormendy a distintos desplazamientos al rojo, encontramos la existencia de una población de galaxias muy brillantes y compactas que es casi inexistente a  $z=0$ . La evolución de estos objetos compactos es principalmente causada por un aumento en tamaño que puede ser explicado por la acción de fusiones menores secas, más eficaces incrementando el tamaño de las galaxias que la masa estelar. Estos objetos brillantes y compactos serían los responsables de la evolución encontrada en el Plano Fundamental.

# Formación y evolución de envolturas y discos circunestelares en estrellas de masa intermedia

Autor: Tomás Alonso Albi (t.alonso@oan.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Asunción Fuente Juan

Centro: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas

Fecha de lectura: 29 de abril de 2011

## Introducción

Este trabajo de tesis doctoral se centra en el estudio de la formación y evolución de estrellas de masa intermedia. Se trata de objetos en el rango entre 3 y 8 veces la masa del Sol, y que constituyen el nexo entre los objetos de baja masa tipo solar, cuya formación y evolución se comprende bien en base a modelos teóricos y numerosos estudios observacionales previos, y estrellas de alta masa, que habitualmente se encuentran en regiones complejas y muy alejadas del Sol como para permitir un estudio detallado con la instrumentación actual. Además, los objetos más masivos evolucionan con mayor rapidez, lo que dificulta encontrar objetos en sus primeras fases de formación. En este grupo podemos distinguir las estrellas de tipo espectral A (masa menor a 4 veces la masa del Sol), que muestran similitudes con las estrellas T Tauri de baja masa, y las estrellas de tipo B, más parecidas a las de alta masa.

Dado que estos objetos están inmersos en nubes de gas y polvo opacas en el óptico e infrarrojo, sus estudios se valen de la radioastronomía milimétrica. Para las observaciones de envolturas en torno a protoestrellas de masa intermedia de clase 0 (los objetos más jóvenes) se utilizó el radiotelescopio de 30 metros de IRAM en Pico Veleta, Granada. Este instrumento permite observar las líneas espectrales y trazar la distribución de diferentes moléculas. Para el estudio de discos circunestelares se utilizaron los interferómetros de Plateau de Bure (IRAM) y el Very Large Array (NRAO), los más sensibles y resolutivos disponibles en este rango de longitudes de onda, que permiten observar estructuras pequeñas como los discos.

Para interpretar las observaciones se hizo un laborioso trabajo de implementación de modelos teóricos utilizando el lenguaje de programación Java. Se implementaron tres modelos principalmente: el modelo de discos circunestelares de Dullemond y colaboradores (2001), un modelo de transferencia radiativa en líneas moleculares, y un programa que implementa un método habitual en radioastronomía para el cálculo de columnas de densidad de moléculas, llamado diagrama rotacional. Los modelos se distribuyen como software libre bajo licencia GPL.

## Envolturas en torno a protoestrellas de masa intermedia de clase 0

Los objetos de masa intermedia de clase 0 muestran el máximo de emisión en la molécula de  $N_2H^+$  en dirección a la fuer-

te central, mientras que en los objetos algo más evolucionados el máximo se produce en la periferia, debido a la erosión producida en la nube por los chorros o flujos bipolares de la protoestrella. La relación existente entre deuteración y depleción en objetos de baja masa no se mantiene en estos objetos, debido a su mayor complejidad física y química.

El principal resultado que se encontró es una falta de abundancia de CO en la región interior de las envolturas. Esta carencia puede estar asociada a la fotodisociación del CO en las regiones calientes del interior o a una transformación química del CO en metanol sobre los granos de polvo durante la depleción del CO en las regiones exteriores y frías de la envoltura, de manera que cuando el polvo migra hacia el interior el manto de hielo de los granos se evapora y libera metanol en vez del CO inicialmente depletado. Observaciones recientes con el satélite infrarrojo Herschel confirman los resultados observacionales en objetos de masa similar y menor.

## Discos circunestelares en torno a estrellas de masa intermedia

Un primer resultado es que los objetos de masa intermedia conservan una envoltura densa que emite la mayor parte del flujo en el infrarrojo lejano, por lo que los datos procedentes de IRAS o Spitzer trazan la envoltura, y no el disco como a menudo se consideraba.

Como resultado de aplicar el modelo de discos circunestelares obtenemos que los granos de polvo en todos los discos estudiados deben tener tamaños máximos en torno a un centímetro, por lo que el crecimiento del polvo respecto al tamaño típico en el medio interestelar (inferior a una micra) ya ha ocurrido en estos objetos. Dado que estos objetos evolucionan más rápido (los discos estudiados tienen una edad de unos 105 años frente a algunos millones en aquéllos en torno a estrellas T Tauri) la conclusión es que las propiedades del polvo no dependen de la masa o edad de la estrella.

Hicimos un estudio comparativo de nuestros resultados con las propiedades de los discos detectados en torno a estrellas de menor masa por otros autores. El resultado es que los discos en estrellas de masa mayor a 6 veces la masa del Sol muestran una mayor dispersión en sus masas, debido probablemente a la intensa fotoevaporación que produce la estrella en escalas de tiempo muy breves. La masa de los discos en estrellas de menos de 5 masas solares no depende significativamente de la edad, pero a partir de este valor la masa decae rápidamente, salvo en los objetos extremadamente jóvenes.

El disco en torno a la estrella R Monocerotis fue detectado y modelizado en las transiciones rotacionales 2-1 de  $^{12}CO$  y 1-0 de  $^{13}CO$ . Como resultado se obtuvo que la geometría del disco debe ser plana, y además se hizo la primera determinación dinámica de la masa de una estrella de masa intermedia mediante el ajuste de la velocidad de rotación del gas en torno al disco circunestelar.

## Enlaces

Los modelos pueden descargarse en

<http://conga.oan.es/%7Ealonso/doku.php?id=jparsec>

El texto de la tesis está disponible en

<http://conga.oan.es/%7Ealonso/sources/tesis.pdf>

## Simulación de perfiles de flujo de sucesos SEP: Dependencia del ritmo de inyección de protones acelerados por choques interplanetarios con la latitud y la longitud del observador

Autora: Rosa Rodríguez-Gasén  
(rrodriguez@am.ub.es)

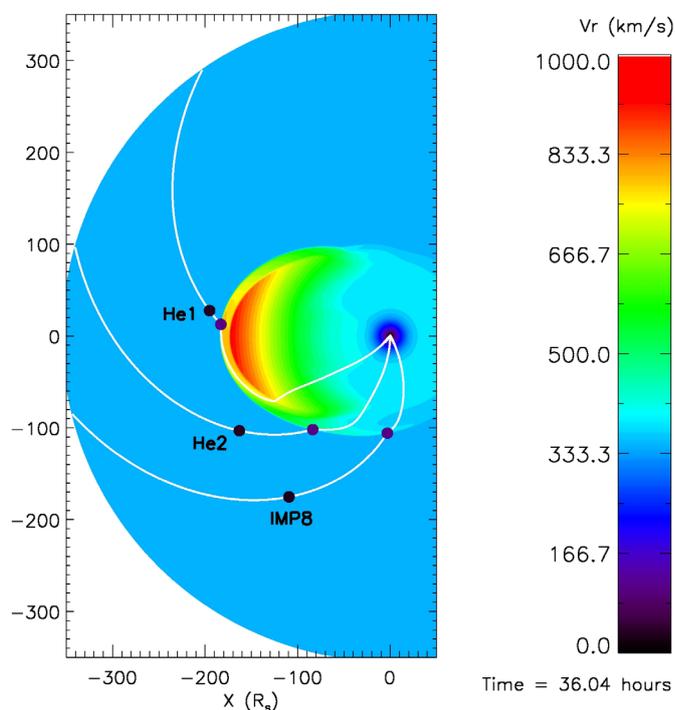
Tesis doctoral dirigida por:  
Blai Sanahuja Parera y Àngels Aran i Sensat  
Centro: Facultat de Física,  
Universitat de Barcelona  
Fecha de lectura: 6 de mayo de 2011

Los sucesos graduales de partículas solares energéticas (SEP) representan uno de los peligros más importantes en el entorno espacial. Son particularmente severos de cara al lanzamiento y la operación de vehículos espaciales, para las misiones en el sistema solar interno y para la exploración humana de la Luna y Marte. Debido a que las tormentas de radiación solar son de gran interés en el ámbito de la meteorología espacial, su predicción y la intensidad de las mismas es fundamental para garantizar la correcta operatividad del material técnico y científico. Sin embargo, hoy en día hay un gran vacío entre las predicciones de los modelos actuales y la realidad observada de los sucesos SEP. El principal objetivo de la presente tesis doctoral es la mejora de los modelos existentes con el fin de obtener una mayor precisión en la descripción del escenario solar-interplanetario. La tesis se centra en el modelado de sucesos SEP y, en particular, en el estudio de la influencia de la posición relativa del observador y de la fuerza del choque en los perfiles de flujos derivados.

Una parte importante de la tesis trata sobre simulaciones magnetohidrodinámicas (MHD) en 3D del choque interplanetario, comenzando en las inmediaciones solares. El trabajo encara la potencial relevancia de la heliolatitud en la evolución de la fuerza del choque y su influencia en el ritmo de inyección de partículas aceleradas por el mismo, consecuentemente en los perfiles de flujo resultantes. La dependencia con la latitud no se ha considerado desde un punto de vista cuantitativo en simulaciones anteriores de sucesos SEP, básicamente porque la mayoría de los códigos MHD empleados hasta el momento no son códigos 3D o han sido aplicados a sucesos cercanos al plano de la eclíptica.

En la tesis también se presenta una simulación MHD en 2D de un suceso multisonda de protones observado el 1 de marzo de 1979. Durante el mismo, las sondas estaban posicionadas a distancias radiales similares pero en posiciones angulares, respectivamente diferentes a la ubicación de la fuente solar asociada, significativamente diferentes (véase Figura 1). Este suceso nos permite testear la capacidad del modelo choque-y-partícula para estudiar la relevancia de las variaciones longitudinales en la forma de los perfiles de intensidad. A pesar del interés de los sucesos multisonda, y a causa de las restricciones que imponen las observaciones desde diferentes puntos, sus características choque-partícula sólo se han modelado en dos ocasiones.

Con el trabajo realizado en la presente tesis doctoral demostramos que el ritmo de inyección de partículas aceleradas por el choque y sus perfiles de flujo dependen tanto de la latitud como de la longitud del observador. Por tanto, deben ser consideradas con la finalidad de pronosticar satisfactoriamente los sucesos SEP y evaluar correctamente su peligro potencial.



Ejemplo de la simulación 2D de la propagación del choque interplanetario. Instantánea de la simulación a  $t=36.04$  horas. La barra de color representa los contornos de la  $v_r$ . Los círculos negros marcan la posición de las sondas Helios-1, Helios-2 e IMP-8, los círculos lila sus correspondientes cobypoints y las líneas blancas sus líneas IMF.

# New Insights into Galaxy Clusters: from Simulations to Observations

Autora: Susana Planelles Mira  
(Susana.Planelles@uv.es)

Tesis doctoral dirigida por: Vicent Quilis Quilis  
Centro: Departament d'Astronomia i Astrofísica, Universitat de València  
Fecha de lectura: 31 de mayo de 2011

El trabajo llevado a cabo durante esta Tesis se enmarca dentro del campo de la Cosmología Numérica y se centra en el estudio de la formación y la evolución de los cúmulos de galaxias. En este sentido, el presente estudio se ha centrado en varias líneas de investigación íntimamente relacionadas que tratan con el análisis teórico y numérico de los cúmulos de galaxias: (i) el problema de encontrar los halos de materia oscura, (ii) nuevas mejoras en simulaciones cosmológicas y, (iii) la formación y evolución de los cúmulos de galaxias.

En los últimos treinta años, la Cosmología Computacional ha contribuido de forma crucial a nuestra comprensión sobre la formación y evolución del Universo. No obstante, a pesar de los logros alcanzados, las simulaciones hidrodinámicas/N-cuerpos actuales todavía presentan importantes discrepancias con las observaciones, especialmente en las regiones internas de los cúmulos de galaxias más masivos. Entre estas discrepancias podemos citar, por ejemplo, la ruptura de las relaciones de la escala auto-semejantes o el problema de los flujos de gas frío (véase, por ejemplo, Borgani & Kravtsov, 2009). Estas discrepancias han motivado la idea de que, además de gravedad y dinámica de gases adiabática, procesos no gravitacionales relacionados con la componente bariónica del Universo deben ser incluidos en nuestras simulaciones.

En este contexto, de forma complementaria a los diferentes procesos no gravitacionales que están siendo incluidos en las simulaciones para explicar las discrepancias existentes, es crucial describir de forma adecuada los distintos procesos gravitacionales inherentes a la propia formación jerárquica de las estructuras cósmicas. En esta línea, las fusiones de cúmulos de galaxias son cruciales para entender sus escenarios de formación. Además, durante estas fusiones se producen fenómenos de turbulencia y de mezclado y se generan ondas de choque que influyen directamente en las propiedades del medio intracúmulo (ICM) y, por tanto, de los cúmulos de galaxias. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es describir, de forma autoconsistente, algunos de los procesos de calentamiento asociados con la propia evolución jerárquica de los cúmulos de galaxias en un contexto puramente cosmológico. Para ello, con tal de identificar las distintas estructuras cosmológicas y analizar sus historias evolutivas, se ha hecho uso de un código cosmológico euleriano y un buscador de halos basado en el método de sobredensidad esférica (SO).

El código cosmológico empleado en esta Tesis, MASCLET (Quilis, 2004), es un código de malla basado en un esquema de refinamiento de malla adaptativo (AMR) capaz de simular la evolución conjunta de materia oscura, gas y componente estelar del Universo. Las propiedades de este tipo de códigos son fundamentales para describir procesos hidrodinámicos como ondas de choque así como procesos de mezclado y turbulencia del gas. Con tal de analizar los resultados de estas complejas simulaciones cosmológicas,

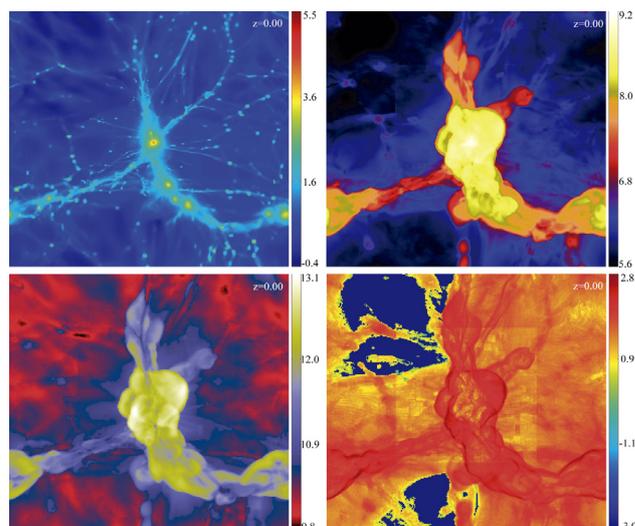
se ha desarrollado un buscador de halos (ASOHF, Planelles & Quilis, 2010) basado en el método SO. Esta herramienta permite extraer los halos de materia oscura y analizar sus principales propiedades físicas de forma muy precisa. Haciendo uso de estas herramientas numéricas, se ha analizado el papel que juegan las fusiones de cúmulos de galaxias y las ondas de choque generadas durante estos eventos como fuentes de calentamiento del ICM en un contexto puramente cosmológico. Para ello, se ha simulado con MASCLET la evolución de dos volúmenes de universo relativamente grandes (142 y 64 Mpc comóviles, respectivamente). En estas dos simulaciones la única fuente relevante de calentamiento tenida en cuenta ha sido la gravitacional, es decir, la inherente a la propia evolución jerárquica del Universo.

Analizando estas simulaciones se ha demostrado que las fusiones de cúmulos de galaxias y las ondas de choque cosmológicas juegan un papel fundamental, no sólo en las propiedades de los cúmulos de galaxias, si no también en la termalización del ICM.

En particular, se ha comprobado que las fusiones mayores de cúmulos de galaxias influyen directamente en la existencia de núcleos fríos en el centro de los cúmulos más masivos, así como en la dispersión observada en las relaciones de escala auto-semejantes (Planelles & Quilis, 2009). Por su parte, las ondas de choque, tanto externas como internas, también son cruciales en las propiedades de los cúmulos de galaxias, contribuyendo de forma muy eficiente a la virialización de los halos y a la termalización del Universo (Figura 1). Además, se ha comprobado que la fuerza de las ondas de choque generadas dentro del radio virial de los cúmulos de galaxias presenta cierta correlación con la masa virial de éstos, estando directamente relacionada con las diferentes historias evolutivas de los cúmulos.

## Referencias:

- Borgani, S. & Kravtsov, A., 2009. ArXiv0906.4370
- Planelles, S. & Quilis, V., 2009. MNRAS, 399:410
- Planelles, S. & Quilis, V., 2010. A&A, 519:A94
- Quilis, V., 2004. MNRAS, 352:1426



Estructura a gran escala de un volumen de universo simulado según la distribución de diferentes cantidades termodinámicas a  $z=0$ . Cada panel representa un corte de 10 Mpc de profundidad y 64 Mpc de lado. Los diferentes paneles muestran: el contraste de la densidad de gas (esquina superior izquierda), la temperatura del gas (esquina superior derecha), la entropía del gas (esquina inferior izquierda) y el mapa de ondas de choque según la distribución de números de Mach (esquina inferior derecha). Todas las cantidades se muestran en escala logarítmica.

## Actividad cromosférica y rotación de estrellas FGK de la vecindad solar: caracterización de estrellas progenitoras de posibles sistemas exoplanetarios

Autora: Raquel Mercedes Martínez Arnáiz  
(rma@astrax.fis.ucm.es)

Tesis doctoral dirigida por:

David Montes Gutiérrezz

Centro: Departamento de Astrofísica  
(Universidad Complutense de Madrid)

Fecha de lectura: 9 de junio de 2011

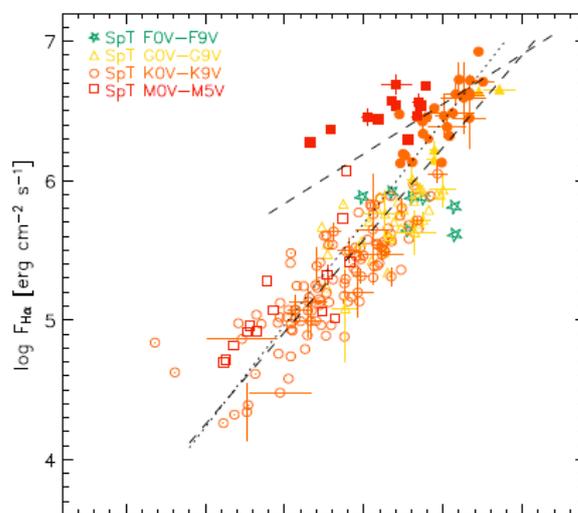
El estudio de las estrellas de últimos tipos espectrales de la vecindad solar tiene una importancia fundamental para asegurar el éxito de las misiones cuyo objetivo es la búsqueda de exoplanetas, discos debris o, en general, sistemas exoplanetarios. En concreto, el estudio de la actividad cromosférica de este tipo de estrellas es fundamental, ya que la actividad estelar tiene un gran impacto en las técnicas de detección de exoplanetas. La actividad cromosférica estelar produce variaciones fotométricas y espectroscópicas variables en el tiempo que pueden ser confundidas con la presencia de un planeta orbitando en torno a la estrella. Estas variaciones afectan y limitan dos de los métodos más empleados para la búsqueda de exoplanetas: la técnica de la velocidad radial y la del tránsito. De esta forma, el estudio de las fuentes de ruido producidas por la actividad magnética de la estrella es de vital importancia, puesto que permite evaluar la idoneidad de la estrella para la búsqueda de exoplanetas en su entorno.

Por otro lado, las estrellas de últimos tipos espectrales son laboratorios que permiten estudiar los procesos de generación, amplificación y mantenimiento de los campos magnéticos estelares. Son estas estrellas las que poseen una envoltura convectiva, en la que la combinación de la rotación diferencial y movimiento convectivo del plasma producen la aparición de un campo magnético a través de un mecanismo de dinamo. A pesar de que el estudio de los campos magnéticos estelares no es un campo de estudio nuevo, existe gran cantidad de fenómenos y problemas que aún no se comprenden en su totalidad. En concreto, dos de las cuestiones que aún están sin resolver es, por un lado si todas las estrellas tienen el mismo tipo de dinamo magnética y si ésta es similar a la propuesta para el Sol y por otro, si una estrella mantiene el mismo tipo de dinamo a largo de su vida o si existe algún cambio con la edad de la estrella.

El presente trabajo de tesis consiste en un estudio sistemático de la actividad cromosférica y la rotación de las estrellas en la vecindad solar. Con este análisis se pretende, por un lado, determinar la idoneidad de éstas a la hora de detectar exoplanetas y, por otro, analizar en detalle la relación existente entre los distintos indicadores de actividad magnética, con el objetivo de verificar si esta relación es universal o no.

Los principales resultados que se han obtenido de este estudio pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Se ha observado una muestra de 565 estrellas cercanas de tipos espectrales tardíos (de F a M) empleando espectrógrafos ópticos de alta resolución. Estos espectros han sido analizados de forma homogénea y a partir de ellos se han derivado los parámetros y propiedades estelares más importantes. En particular, se han medido las velocidades radiales y velocidades de rotación, las abundancias de litio y la actividad cromosférica en los principales indicadores ópticos. Como resultado se ha obtenido un catálogo de estrellas frías de la vecindad solar que constituye una contribución notable, con aplicaciones en a diversos campos de la Astronomía.
- Se ha determinado la idoneidad de las estrellas para la búsqueda de exoplanetas a su alrededor. Para ello se han medido velocidades de rotación y niveles de actividad magnética en los distintos indicadores ópticos. Haciendo uso de estos resultados, se ha podido calcular el jitter en la velocidad radial. De esta forma se ha elaborado un catálogo de estrellas que permite determinar cuáles de ellas presentan ventajas a la hora de buscar planetas a su alrededor.
- Empleando los resultados del análisis espectroscópico, se ha analizado en detalle las relaciones flujo-flujo. Se ha mostrado por primera vez que no todas las relaciones flujo-flujo son universales, sino que si se compara el índice  $H\alpha$  con un indicador del calcio, existe una población de estrellas que se desvía claramente de las relaciones flujo-flujo clásicas (ver Fig. 1). El análisis realizado permite afirmar, además, que las estrellas que se desvían no son sólo estrellas de tipo M con líneas de emisión (dMe), como anteriormente se había propuesto. De hecho, se ha comprobado, que estas estrellas presentan un régimen de emisión en rayos X en la región de saturación y que son estrellas jóvenes y/o con fulguraciones. Todos estos factores parecen indicar que el hecho de que estas estrellas presenten una emisión peculiar en la línea  $H\alpha$  es consecuencia de que podrían tener una dinamo magnética distinta.
- Por último, se ha presentado una caracterización espectroscópica de las estrellas de la muestra DUNES. Para estas estrellas se han medido las velocidades de rotación, se han estimado las edades empleando la técnica de datación basada en el litio y se ha medido la actividad cromosférica en todos los indicadores ópticos. La determinación de estos parámetros permitirá en un futuro relacionar las propiedades de los discos detectados por el proyecto DUNES y de sus estrellas progenitoras.



Relación existente entre los excesos de flujo en las líneas  $H\alpha$  y el Ca II 8498 Å. Se han empleado distintos colores para representar estrellas de distinto tipo espectral. Como puede observarse, existe un grupo de estrellas (fundamentalmente de tipos espectrales K y M) que se desvía de la relación flujo-flujo clásica.

## Estudio de la emisión en ultravioleta cercano en núcleos de tipo Seyfert

Autor: Víctor Manuel Muñoz Marín  
(manuel@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Rosa María González Delgado

Centro: Instituto de Astrofísica de Andalucía  
/ Universidad de Granada

Fecha de lectura: 20 de julio de 2011

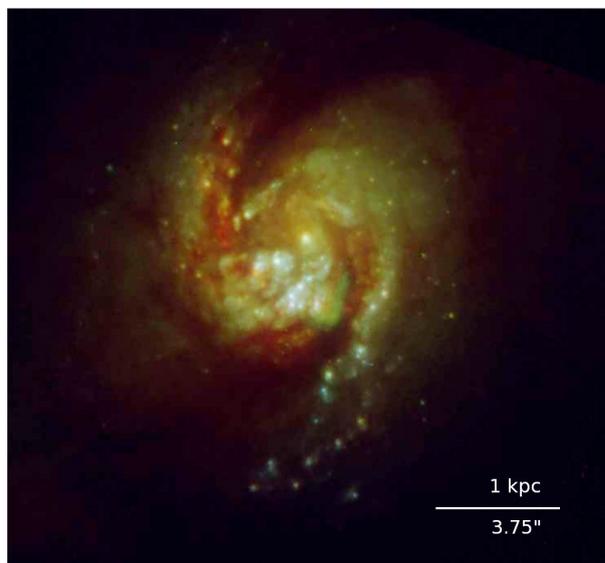
Esta tesis doctoral recoge nuestro trabajo sobre una muestra de galaxias con actividad nuclear de tipo Seyfert, en el que abordamos el estudio de la coexistencia de un objeto compacto supermasivo central y la formación estelar circumnuclear desde varios puntos de vista, así como la validez del modelo unificado a este respecto.

Los núcleos activos de tipo Seyfert se encuentran entre los fenómenos más energéticos del universo local. En el modelo generalmente aceptado se explica este fenómeno como la caída de material en un disco de acrecimiento en torno a un objeto compacto supermasivo, probablemente un agujero negro de masa entre un millón y mil millones de veces la del Sol, con la consiguiente transformación de parte de la energía potencial gravitatoria en radiación. En este proceso el agujero negro está ganando masa y por lo tanto creciendo. Pero esto no sería más que una etapa en la vida de las galaxias, ya que actualmente se piensa que la mayoría de las galaxias a partir de un cierto tamaño, si no todas, tienen en su centro un objeto masivo, que vendría en la forma de un agujero negro para las más masivas, o un cúmulo compacto de estrellas en las menores. Además se ha descubierto recientemente que las propiedades del objeto central se correlacionan con otras propiedades del bulbo galáctico que lo contiene. Esto hace probable una relación entre elementos a escalas físicas muy distintas, cuya posible causalidad está por determinar. Por otro lado, una serie de trabajos avalan la presencia de fenómenos de formación estelar violenta en las regiones circumnucleares de galaxias activas de diversos tipos. Ya que la formación estelar es uno de los principales procesos por los que crecen los bulbos galácticos, los objetos en los que ambos procesos se den a la vez son laboratorios perfectos para estudiar la posible conexión entre el crecimiento del bulbo y del objeto central.

Nuestra aproximación a este problema ha sido construir una muestra de 75 galaxias Seyfert que hemos estudiado con el Telescopio Espacial Hubble, lo que nos ha proporcionado una sensibilidad y una resolución extraordinarias, eligiendo la banda del ultravioleta cercano como base. Estos datos han sido complementados con imágenes ópticas y en infrarrojo cercano, también del Telescopio Espacial, y constituyen un atlas pancromático de referencia para las regiones nucleares de este tipo de objetos. El trabajo presentado en esta tesis se estructura en tres partes. En una primera presentamos el atlas de la muestra y realizamos su estudio morfológico y fotométrico, comparando los resultados entre tipos de actividad, identificando la población de cúmulos estelares y determinando la fracción de la emisión total que se puede atribuir a estos. En una segunda parte seleccionamos una submuestra para la cual posee-

mos imágenes en banda estrecha ([OIII] $\lambda$ 5007), y nos centramos en la componente de luz difusa en el ultravioleta cercano. Para cada objeto, con una combinación de cálculos teóricos y medidas experimentales, intentamos determinar la contribución de cada posible componente a esta emisión extendida. Finalmente, en una tercera parte nos centramos en la componente de emisión compacta. Eligiendo como ejemplo la galaxia NGC5135 desarrollamos y optimizamos una metodología para el estudio de la población de cúmulos estelares en este tipo de objetos, la cual podrá ser usada en una muestra mayor para determinar cómo afecta la proximidad del núcleo activo a la formación y disrupción de los cúmulos. Para terminar presentamos las líneas de investigación que estamos desarrollando, y que consisten principalmente en la extensión del trabajo a núcleos activos de baja luminosidad.

Nuestros resultados respecto al modelo unificado no son concluyentes. Por un lado, en el análisis fotométrico no hallamos diferencias entre las galaxias anfitrionas de Seyfert de distinto tipo, así como tampoco en la luminosidad de los brotes de formación estelar detectados. Sin embargo, la formación estelar sí que parece ser más frecuente en galaxias de tipo Seyfert 2. Además, las características tan variadas de las Seyfert 2 apuntan a que se trata de un grupo heterogéneo de objetos. Por otro lado, en este trabajo mostramos que la formación estelar es frecuente en las galaxias Seyfert, pero la emisión extendida en ultravioleta cercano viene dominada en gran parte por la emisión del gas ionizado. En un ejemplo estudiado con detalle (NGC5135), se observa tanto actividad AGN como formación estelar circumnuclear, aunque no encontramos evidencias de conexión causal entre ambos procesos.



La imagen muestra la zona circumnuclear de la galaxia NGC5135, Seyfert 2 que muestra una rica población de cúmulos estelares, la cual ha sido estudiada en detalle en este trabajo. Composición en falso color a partir de imágenes del telescopio espacial Hubble, con datos en ultravioleta cercano (ACS/HRC) en el canal azul, visible (~V+R; WFPC2) en el canal verde, e infrarrojo cercano (~H; NICMOS) en el canal rojo. El norte está hacia arriba, este a la izquierda.

## Agujeros negros supermasivos binarios en galaxias activas

Autora: Mar Mezcua Pallerola  
(mmezcua@mpifr.de)

Tesis doctoral dirigida por: Andrei Lobanov

Centro: Instituto Max Planck de Radioastronomía (Bonn, Alemania)

Fecha de lectura: 18 de octubre de 2011

Según el modelo jerárquico de formación galáctica, las galaxias crecen a través de fusiones que aumentan la formación estelar y desencadenan actividad en el núcleo galáctico activo (AGN). Si casi todas las galaxias contienen un agujero negro supermasivo (SMBH) en su centro, se espera que pares de SMBHs se formen en el transcurso de una fusión. La detección y estimación del número de agujeros negros binarios (BBH) pueden, por lo tanto, ayudarnos a entender cómo se forman y crecen las galaxias así como arrojar luz sobre los modelos evolutivos que rigen el Universo. Con este objetivo, en esta tesis seguimos tres líneas distintas de estudio para obtener pruebas observacionales de sistemas de BBH: en las radio galaxias en forma de X, en fuentes ultraluminosas de rayos X, y en galaxias en post-fusión con núcleo doble. Las galaxias en forma de X son una clase de radio fuentes peculiares que presentan dos pares de lóbulos en radio que pasan simétricamente por el centro de la galaxia, lo cual da a la galaxia la morfología en radio en forma de X. Se ha sugerido que esta morfología podría reflejar una fusión reciente de dos SMBHs o la presencia de un segundo agujero negro (BH) activo en el núcleo galáctico. En esta tesis, esta hipótesis se ha probado mediante un estudio multifacético que combina mediciones de la luminosidad óptica y de radio, estimaciones de las masas del agujero negro y las edades de los lóbulos en radio, y evaluaciones de las historias de formación estelar en las radio fuentes en forma de X y sus galaxias anfitrionas. El estudio abarca una muestra de 38 radio galaxias en forma de X y una muestra de control de 36 núcleos activos radio-fuertes con similares desplazamientos al rojo y similares luminosidades ópticas y de radio. Los espectros ópticos de las galaxias son modelados mediante una combinación lineal de poblaciones estelares sintéticas que proporciona la dispersión de velocidades estelares (a partir de la cual se puede obtener la masa del BH) así como la fracción de la luz, fracción de la masa y la metalicidad de las poblaciones estelares. A partir de éstas se puede obtener la historia de formación estelar de las galaxias. La edad dinámica de los lóbulos activos se estima por su tamaño angular en los mapas de radio. Un estudio estadístico de todas estas propiedades revela que todas las fuentes en forma de X de la muestra se encuentran en galaxias elípticas, sus masas de BH son en promedio superiores a los de la muestra de control de AGN radio-fuertes, y presentan una mayor actividad de formación estelar a las escalas de tiempo esperadas en fusiones galácticas (Mezcua et al. 2011, A&A, 527, 38). Estos resultados apoyan la hipótesis de la fusión como origen de la peculiar morfología de las radio galaxias en forma de X.

También se ha sugerido que las fuentes ultraluminosas de rayos X (ULX) pueden estar relacionadas con los sistemas de BBH en galaxias post-fusión. La alta luminosidad en rayos X de las ULXs no puede explicarse mediante los modelos de evolución estelar, a menos que sean binarias de rayos X con acrecimiento súper-Eddington, con fuertes efectos de colimación, o en un estado ultraluminoso. Por otra

parte, se ha sugerido que las ULXs son agujeros negros de masa intermedia (IMBH) con una tasa de acrecimiento sub-Eddington, supernovas jóvenes, o BHs secundarios en el curso de una fusión con la galaxia anfitriona de la ULX. Con el fin de aclarar cuál es la situación más probable, la masa de BH de las ULXs con contrapartidas en radio detectadas se estima a partir de la ubicación de las ULXs en el plano fundamental de los agujeros negros. Encontramos que las 19 ULXs estudiadas tienen masas de BH estimadas en el rango de  $10^3$ – $10^8 M_{\text{SOL}}$  y que el 58% de ellas tienen masas de BH en el rango de  $10^2$ – $10^5 M_{\text{SOL}}$  esperado en IMBHs. También llevamos a cabo observaciones en radio de alta resolución con VLBI de tres ULXs con contrapartidas en radio conocidas. Esto resulta en una mayor estimación de la masa de BH de dos de ellas (Mezcua & Lobanov 2011, AN, 332, 379) y la obtención de la estructura resuelta de uno de los restos de supernova más joven conocido.

La tercera clase de objetos propensos a alojar sistemas de BBH son las galaxias con doble núcleo. De acuerdo con los modelos que describen la evolución de los sistemas de BBH, se espera que la luminosidad de los dos núcleos se vea afectada por un aumento de la tasa de acrecimiento debido a efectos de marea y por la rotura del disco de acrecimiento. Esta tesis demuestra esta hipótesis mediante el estudio de la luminosidad óptica de una muestra de 54 galaxias post-fusión con núcleo doble. La luminosidad de cada uno de los núcleos y su separación relativa se obtiene a partir del ajuste de dos componentes gaussianas (PSF fitting) a las imágenes en banda g, r, y u del centro de estas galaxias post-fusión, mientras que la luminosidad de la galaxia anfitriona se obtiene a partir de la fotometría óptica del SDSS. Como resultado del PSF fitting, encontramos que en 19 de las galaxias post-fusión los dos núcleos están separados físicamente por menos de 1 kpc. Estas fuentes son, por lo tanto, candidatas a contener pares de AGN a escalas inferiores al kpc. En segundo lugar, encontramos que la luminosidad nuclear se correlaciona con la luminosidad de la galaxia debido a un aumento de la tasa de acrecimiento por causas de marea, pero que otro mecanismo está afectando también a la tendencia observada en la luminosidad. Sugerimos que la rotura del disco de acrecimiento desempeña también un papel, y estimamos que éste debería ocurrir en un radio de ligadura de entre 1 y 3 kpc. El ajuste de un modelo de BBH, que tiene en cuenta tanto el incremento en luminosidad debido a las mareas así como la rotura del disco de acrecimiento, apoya estos resultados e indica que el disco de acrecimiento, tanto del núcleo primario como del secundario, está siendo rasgado en todas las fuentes. El modelo indica también que los dos núcleos se encuentran gravitacionalmente unidos cuando están a una distancia proyectada de 2.3 kpc, que es el caso del 60% de las galaxias estudiadas. Así mismo, encontramos un valor del índice espectral de la ley de potencias del disco de acrecimiento que está de acuerdo con el de AGNs con un pico en la banda óptica/UV ("big blue bump") en su distribución espectral de energía.

Con el fin de probar el escenario BBH en las ULXs con contrapartidas detectadas en radio, los resultados del ajuste de BBH obtenidos para las galaxias con núcleo doble se aplican también a la dependencia de la luminosidad en rayos X de las ULXs con la separación nuclear a su galaxia anfitriona. La tendencia observada entre la luminosidad de las ULX y la distancia nuclear está de acuerdo con el modelo de BBH, apoyando la hipótesis de BBH para las fuentes ULX estudiadas. En general, los resultados de nuestro estudio indican que la actividad del agujero negro secundario se apaga rápidamente en las galaxias post-fusión, lo que explica la baja tasa de detección de secundarios. Nuestro estudio muestra una manera más efectiva de abordar el estudio observacional de estos objetos, que se continuará con observaciones en el visible y en radiofrecuencia utilizando, entre otros, el VLT, el EVLA, y el VLBA.

# Multi-wavelength surveys: Object detectability and NIR luminosity function of galaxies

Autor: Mauro Stefanon (mauro.stefanon@uv.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Alberto Fernández Soto (IFCA) y

Danilo Marchesini (Tufts University)

Centro: Observatorio Astronómico y

Dept. de Astronomía y Astrofísica -

Universidad de València

Fecha de lectura: 2 de diciembre de 2011

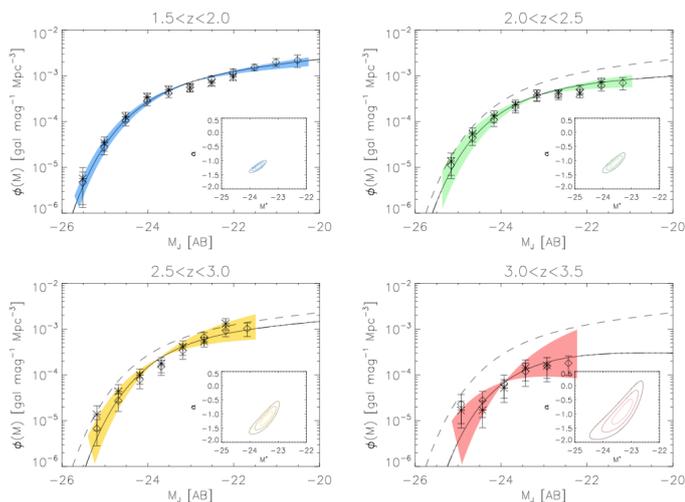
En esta tesis exploramos el rango menos brillante de un cartografiado cosmológico, tanto desde el punto de vista fotométrico como espectroscópico.

En el marco del proyecto ALHAMBRA, implementamos dos métodos distintos para la medida del nivel de completitud en la detección de objetos en función del tipo espectro-morfológico, de su magnitud absoluta y del redshift. El primer método está totalmente basado en la simulación del aparato instrumental (telescopio, cámara y detector) empleado para las observaciones, y consiste en la reproducción del camino de la luz desde su emisión por la fuente hasta la detección de los fotones por la cámara CCD. El segundo método consiste en una simulación Monte Carlo basada en datos reales; las imágenes de galaxias seleccionadas como modelos se escalaron tanto en flujo como en dimensión aparente, para tener una mejor representación de las características físicas de las galaxias en función del redshift.

Los resultados obtenidos con los dos métodos anteriores se aplicaron a un catálogo preliminar del cartografiado ALHAMBRA. En particular, se midió la función de luminosidad (FL) en tres diferentes rangos de redshift entre  $z=0.3$  y  $z=1.5$  y para las tres clases principales de galaxias (elípticas, espirales y starburst). La aplicación de las correcciones en completitud nos permitió medir la función de luminosidad llegando a una profundidad mayor de una magnitud respecto al cartografiado WDS, un cartografiado espectroscópico con límites en magnitud aparente parecidos. El análisis de la FL muestra una clara evolución con el redshift para los tipos más tardíos, mientras no se detecta evolución para los tipos más tempranos.

El estudio de la evolución de la FL se extendió al rango infrarrojo, en las bandas de reposo J y H, hasta redshift 3.5 (Stefanon & Marchesini, MNRAS, 2011). Este fue el resultado del análisis de tres catálogos públicos de los proyectos MUSYC, FIRES y FIREWORKS. El análisis nos permitió medir por primera vez la FL de galaxias de campo en el rango de redshift  $z=[1.5,3.5]$  en la banda H en reposo; al mismo tiempo, el mayor volumen nos permitió mejorar de manera significativa la medida del extremo brillante de la FL. Se analizó la evolución de la FL a través de parametrizaciones ad-hoc, que se aplicaron también a la medida de la densidad de luminosidad y a la tasa de formación estelar. En particular, se encontró que (1) la pendiente en el extremo débil de la FL es consistente con ser constante hasta  $z = 3.5$ , con  $\alpha = -1.05 \pm 0.03$  para la banda J en reposo y  $\alpha = -1.15 \pm 0.02$  para la banda H en reposo; (2) la normalización  $\phi^*$  disminuye en un factor 6 entre  $z = 0$  y  $z \sim 1.75$  y en un factor 3 entre  $z \sim 1.75$  y  $3.25$ ; (3) la magnitud característica  $M^*$  muestra un aumento de brillo desde  $z=0$  a  $z \sim 2$ , seguido por una caída más lenta hasta  $z = 3.25$ .

Desde el punto de vista espectroscópico, desarrollamos un método novedoso para el análisis de espectros con baja razón señal-ruido, parecido a los utilizados en el análisis de datos de rayos X. El método consiste en generar espectros bi-dimensionales a partir de espectros modelo, seleccionando el que mejor reproduce los datos observados a través de minimización de chi cuadrado. El método se aplicó en concreto al caso del GRB090423, el GRB más lejano observado hasta el momento, demostrando que se puede extraer más información de lo que generalmente se asume desde este tipo de datos (Stefanon, Fernández-Soto & Fugazza, A&A, 2011).



Función de luminosidad en la banda de reposo J, para los cuatro intervalos de redshift, calculada con tres métodos diferentes:  $V_{max}$  (asteriscos), Step-Wise Maximum Likelihood (diamantes) y Maximum likelihood con función de Schechter (línea continua). En cada panel, el área coloreada indica la incertidumbre a 1 sigma correspondiente a la función de Schechter, mientras que los contornos a 1, 2 y 3 sigma para los parámetros  $\alpha$  y  $M^*$  están representados en el recuadro.



Atardecer en el Observatorio de Calar Alto. Autor: Santos Pedraz.



**Sociedad Española  
de Astronomía**

Universidad de Barcelona,  
Facultad de Física  
Av. Martí Franquès, 1  
Barcelona 08028

Tfno: +34 91 394 5249  
Fax: +34 91 394 5051