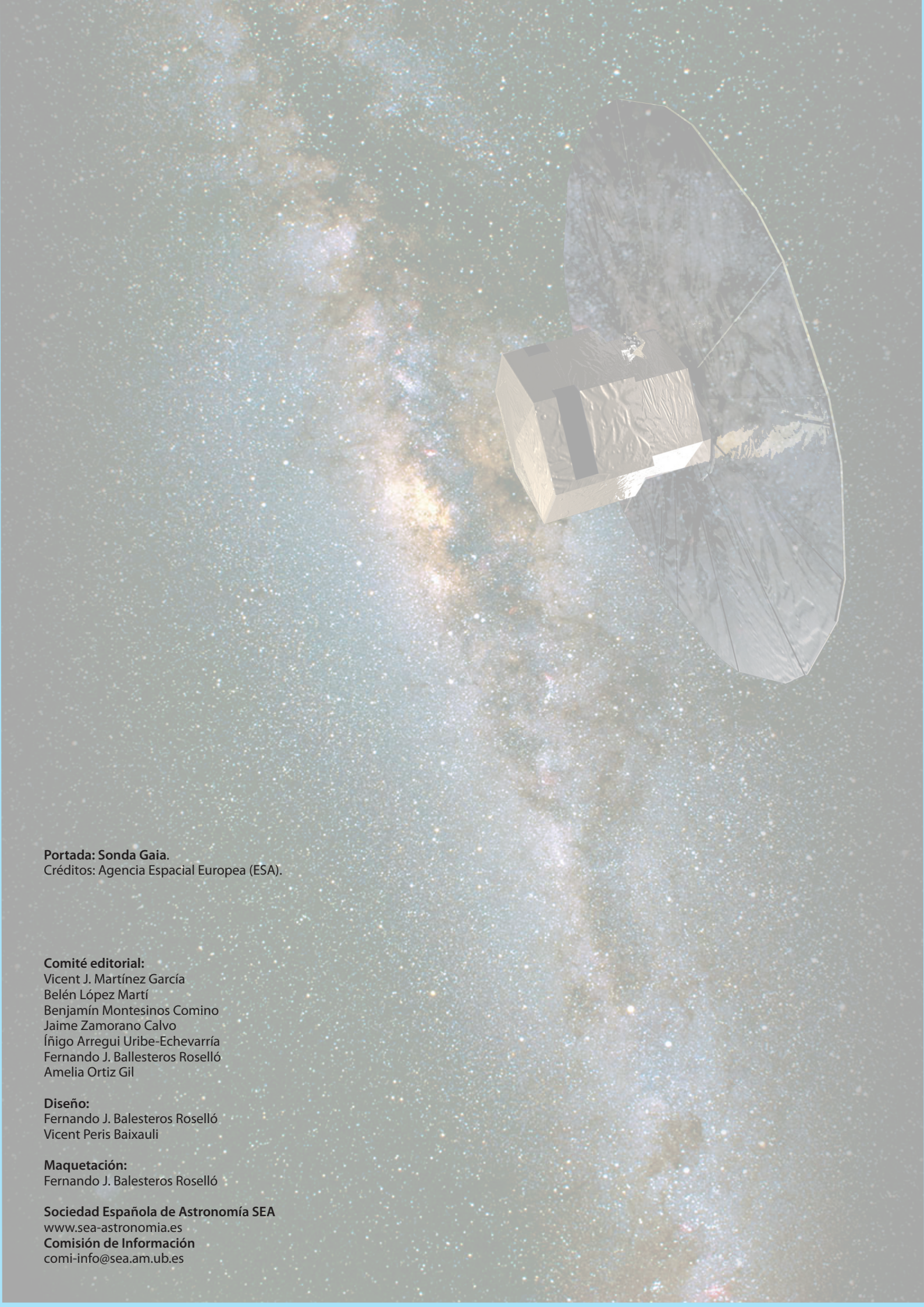
SEA

Sociedad Española de Astronomía

29 Invierno 2013



Portada: Sonda Gaia.
Créditos: Agencia Espacial Europea (ESA).

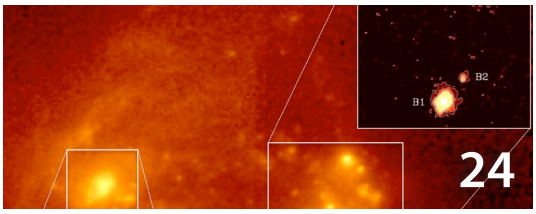
Comité editorial:
Vicent J. Martínez García
Belén López Martí
Benjamín Montesinos Comino
Jaime Zamorano Calvo
Íñigo Arregui Uribe-Echevarría
Fernando J. Ballesteros Roselló
Amelia Ortiz Gil

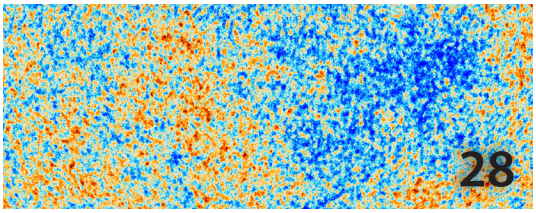
Diseño:
Fernando J. Balesteros Roselló
Vicent Peris Baixauli

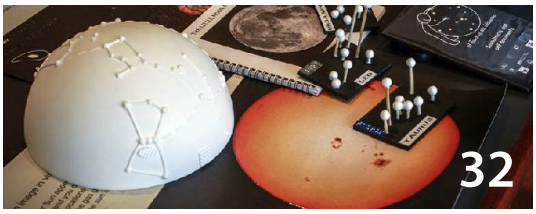
Maquetación:
Fernando J. Balesteros Roselló

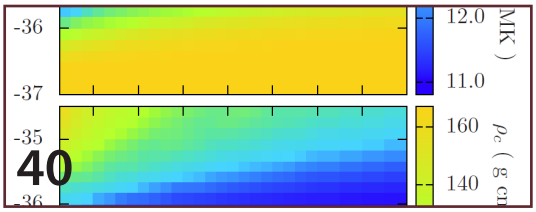
Sociedad Española de Astronomía SEA
www.sea-astronomia.es
Comisión de Información
comi-info@sea.am.ub.es

CONTENIDOS









5 Editorial

6 XI Reunión Científica de la SEA

10 Gaia empieza su andadura

24 CANARICAM en el GTC empieza a vislumbrar las regiones centrales de galaxias activas

28 Cosmología con los datos del satélite Planck

32 Actividades divulgativas financiadas por la SEA

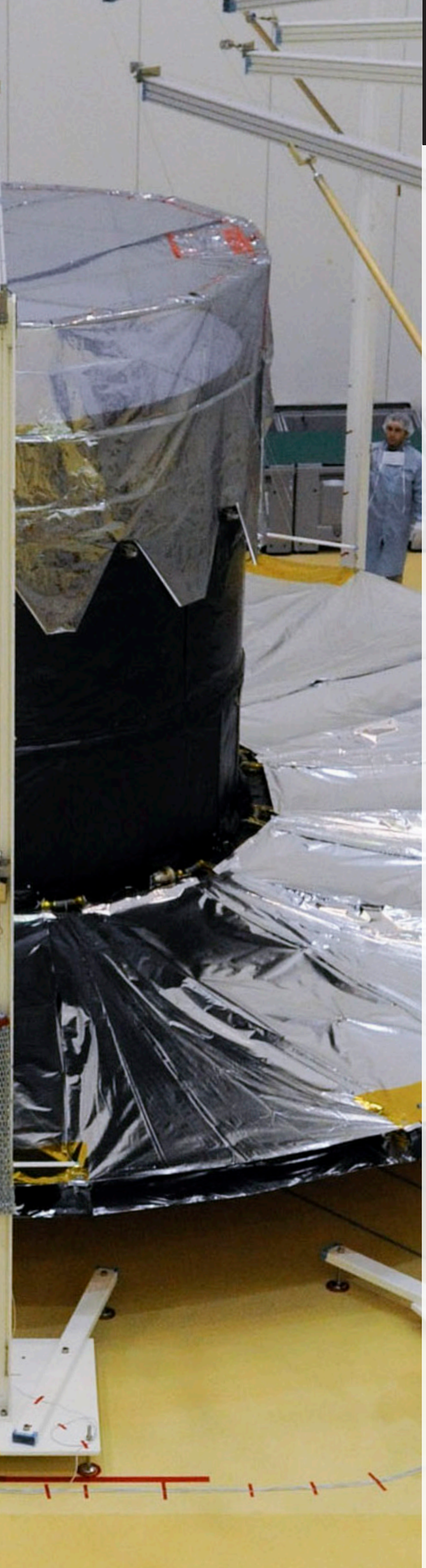
38 Ecos de (la) Sociedad

39 Libros

40 Tesis doctorales

Número 29, Invierno 2013

La sonda Gaia en el edificio de integración S1B en el espaciopuerto de Kourou, Guayana Francesa.
Crédito: ESA - M. Pedoussaut.



EDITORIAL

Recientemente se ha lanzado con éxito la misión Gaia en la que llevan trabajando astrónomas y astrónomos de nuestra sociedad desde hace muchos años. Jordi Torra ha escrito una reseña en este boletín sobre este apasionante proyecto científico cuyos resultados científicos estamos deseosos de conocer. El resumen de la actividad de otro satélite, Planck, escrito por José Alberto Rubiño, pone de manifiesto el tremendo impacto que este proyecto ha tenido en la comprensión de nuestro universo y la importante participación de diferentes grupos punteros españoles en cosmología. CANARICAM ha llegado por fin al GTC, y en este número Almudena Alonso nos contará cómo se está utilizando para estudiar las regiones centrales de galaxias acitivas. La próxima reunión científica será en Septiembre de 2014 en Teruel: sus organizadores nos desvelan algunas de las claves que tendrá este evento tan importante para la SEA. Por otro lado, la SEA decidió dedicar parte de sus fondos a financiar actividades de divulgación llevadas a cabo por sus socios. Encontraréis las reseñas de algunas de las que ya se han llevado a cabo en las páginas de este boletín, que se completa como ya es habitual con los Ecos de (la) Sociedad y las reseñas de las tesis doctorales defendidas desde la publicación del último boletín. Esperemos que lo disfrutéis y os animamos a seguir contribuyendo con esta herramienta de comunicación entre los socios.

Vicent J. Martínez
Observatorio Astronómico
de la Universidad de Valencia

XI REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEA

Estimados amigos, como ya os anunciamos hace unas semanas, la XI Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía tendrá lugar del 8 al 12 de septiembre en Teruel. La reunión se celebrará en pleno casco histórico de la ciudad, en torno a la Plaza de San Juan, donde se encuentra la sede del Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón.

Luisa Valdivielso Casas
Presidenta del Comité Organizador Local
de la XI Reunión Científica de la SEA
lval@cefca.es

La idea que sustenta la XI Reunión Científica es, al igual que en anteriores ocasiones, la de crear un foro de discusión científica donde la Astronomía española y sus invitados puedan presentar y debatir sus trabajos más recientes, promover nuevas líneas de colaboración y organizarse para abordar futuros retos. Una reunión que sirva como lugar de encuentro donde cualquier astrónomo tenga cabida y donde los miembros jóvenes de nuestra sociedad puedan avanzar en su carrera investigadora.

Es por ello que desde los comités científico y local queremos animar a todos los miembros de la comunidad astronómica de este país a participar de manera activa en la XI Reunión a través de los diferentes formatos posibles.

De la misma forma queremos animar a todas las empresas involucradas de una manera u otra en el mundo de la Astronomía a participar, pues éstas constituyen un elemento esencial en el progreso de nuestra Ciencia.

Esta Asamblea tendrá como invitada a la Sociedad Mexicana de Astronomía y dedicará charlas en sesión plenaria a las colaboraciones científicas entre ambos países. Asimismo habrá charlas en sesión plenaria dedicadas a los premios SEA-SF2A 2014 al mejor proyecto científico de colaboración franco-española.

Dada la diversidad de temas astronómicos relevantes en la Astronomía española, las sesiones y contribuciones científicas se agruparán en varias sesiones paralelas dedicadas diferentes los siguientes bloques temáticos:

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

INSCRIPCIONES Y COMUNICACIONES

Todas las tareas organizativas de la XI Reunión Científica están ya en marcha. Siguiendo el calendario de anteriores reuniones, el periodo de inscripción, la solicitud de becas para miembros júnior de la SEA y la solicitud de ponencias se abrirá la próxima primavera.

Todos los detalles y formularios, así como la información relevante estarán entonces disponibles en la página web de la Reunión. De momento,

SEA
XI REUNIÓN CIENTÍFICA
DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
ASTRONOMÍA
TERUEL 8 - 12 SEPTIEMBRE 2014
ESO/VISTA/J. Emerson. Acknowledgment: Cambridge Astronomical Survey Unit
CARLOS ESCRICHE - Escuela de Arte de Teruel

remarcamos aquí el calendario con las fechas más importantes que deberéis tener en cuenta:

8 de mayo de 2014: fecha límite de solicitud de becas y comunicaciones
20 de junio de 2014: anuncio de la concesión de becas y comunicaciones seleccionadas
4 de julio de 2014: fecha límite de inscripción sin recargo
8 – 12 de septiembre de 2014: XI Reunión Científica

INVITADOS Y CONFERENCIAS PLENARIAS

Para esta XI Reunión, como representante de la Sociedad Mexicana de Astronomía, contaremos con la presencia de Silvia Torres-Peimbert, presidenta de la IAU. Asimismo, disponemos ya de una primera lista de conferenciantes invitados a plenarias que han confirmado su participación:

Andrés Asensio-Ramos
Roland Bacon
Martín Guerrero Doncel
Vigo Hansteen
Enrique Martínez González
Claudia Mendes de Oliveira
Eduard Salvador-Solé
Rita Schulz
Rashid Sunyaev
Charles M. Telesco
Licia Verde
Wouter Vlemmings

REUNIONES DE CONSORCIOS, REDES Y EQUIPOS

Como en ocasiones anteriores, existirán salas para aquellos grupos, redes o consorcios que consideren la Reunión una buena oportunidad para realizar reuniones de trabajo. Los interesados deben ponerse en contacto con el LOC con suficiente antelación para la reserva de espacio y tiempo.

Plaza de San Juan, Teruel, donde se celebrará la XI Reunión científica de la SEA. Al fondo, la sede del CEFCA.

TERUEL COMO SEDE

La ciudad de Teruel resulta ser una sede singular dado su pequeño tamaño. Siendo una capital de provincia pequeña, las distancias son cortas y se palpa un ambiente de tranquilidad y sin las prisas de una gran ciudad, creando un ambiente familiar para cualquier encuentro profesional. La propia Reunión se celebrará en el centro de la ciudad, un enclave que permite disfrutar de inmediato del cada rincón de la ciudad. La riqueza monumental del arte mudéjar (declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 1986), y la arquitectura modernista de fachadas y forjas de diversos edificios pueden contemplarse disfrutando a pie por el entramado de callejuelas del casco histórico. A ello se une la excelente gastronomía de la tierra, que cuenta con un gran número de denominaciones de origen como son el ternasco de Aragón, el Jamón de Teruel, el aceite de oliva del Bajo Aragón o el melocotón de Calanda, además de otros tesoros culinarios de la zona como son la trufa negra, las setas, los quesos y los vinos.

Os esperamos.

Contacto XI Reunión científica: sea2014@cefca.es

http://www.sea-astronomia.es/SEA2014

GAIA EMPIEZA SU ANDADURA

El satélite astrométrico Gaia fue lanzado con éxito el pasado 19 de diciembre desde el Centro Espacial Europeo de Kourou en la Guayana Francesa. Con la mayor cámara jamás construída para el espacio, Gaia cartografiará mil millones de estrellas de la Galaxia. Identificará centenares de miles de objetos de nuestro Sistema Solar, descubrirá nuevos planetas extrasolares, mandará miles de alertas de nuevas supernovas y censará millones de galaxias y más de medio millón de cuásares. La explotación científica de esta ingente cantidad de datos plantea un reto sin precedentes a la comunidad científica.

Jordi Torra
Investigador principal del Proyecto Gaia
en la Universidad de Barcelona
jorditorra@ub.edu

Gaia es una misión de la Agencia Espacial Europea (2013-2018) que determinará las posiciones, paralajes y movimientos propios de mil millones de estrellas, el 1 % del contenido estelar de nuestra Galaxia. La misión proporcionará también velocidades radiales y parámetros atmosféricos derivados de sus dos espectrofotómetros y su espectrógrafo de velocidades radiales.

El principal objetivo científico de la misión es proporcionar las claves para comprender la formación y evolución de nuestra Galaxia. En la figura 1 se presenta un esquema de la contribución de Gaia al conocimiento de la Galaxia y los textos superpuestos en ella muestran los datos más destacables de la misión.

La Agencia Espacial Europea financia la construcción y operaciones con un coste total de cerca de 740 millones de euros. La construcción ha sido liderada por EADS-Astrium y ha involucrado a 300 personas durante 7 años repartidas en 74 empresas de 16 países. No se incluye en estas cifras ni el procesado de los datos ni la explotación científica, financiados por las agencias nacionales

Después del lanzamiento (figura 2), el despliegue del parasol, y la primera verificación de sus componentes, Gaia se encuentra de camino a L2. Las operaciones científicas nominales comenzarán en el segundo trimestre de 2014, después de la fase de comisionado. Las operaciones científicas empezarán a mediados del segundo trimestre de 2014.

Una máquina de descubrimientos

Gaia utiliza dos telescopios de 1.5mx0.4m y 35 m de focal que observan regiones del cielo separadas 106 grados. Mediante una serie de reflexiones (Figura 3) las imágenes de ambos campos de visión se superponen en un único y enorme plano focal, de un tamaño de un metro de ancho por 42 cm de alto, donde un total de 106 CCD de 9 megapíxeles cada una (Figura 4) recogen la señal.

Puesto que además de la información astrométrica se deben obtener velocidades radiales y parámetros físicos, Gaia integra elementos dispersivos a baja y media resolución. Dos prismas se encargan de proporcionar espectros de baja resolución en el rojo y el azul, mientras que el espectrógrafo RVS proporciona resolución once mil en una región centrada en el doblete del Ca (847–874 nm).

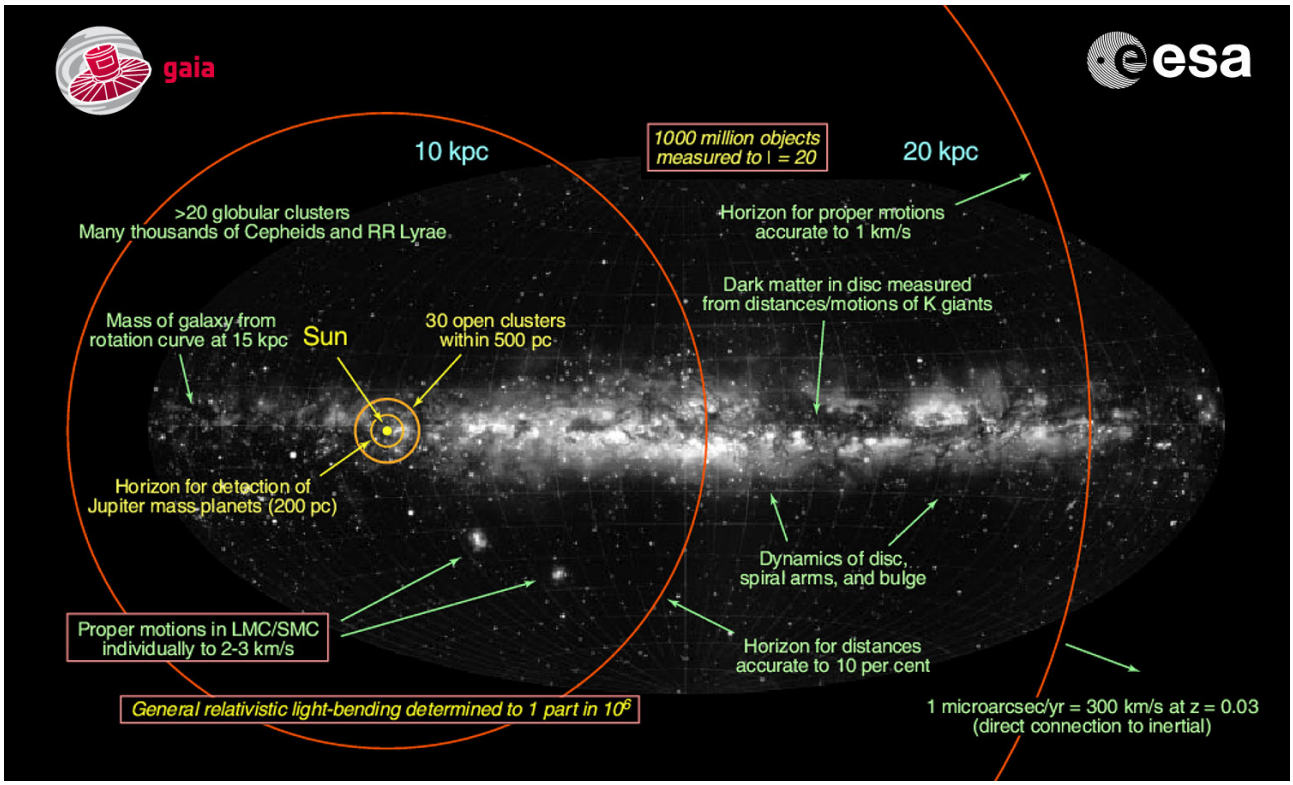


Figura 1: Ilustración de la contribución de Gaia al conocimiento de nuestra Galaxia. Copyright: ESA; Fondo: Lund Observatory.

Figura 2: El 19 de diciembre a las 10:12:18 hora peninsular Gaia fue lanzado con éxito desde la Guayana francesa.

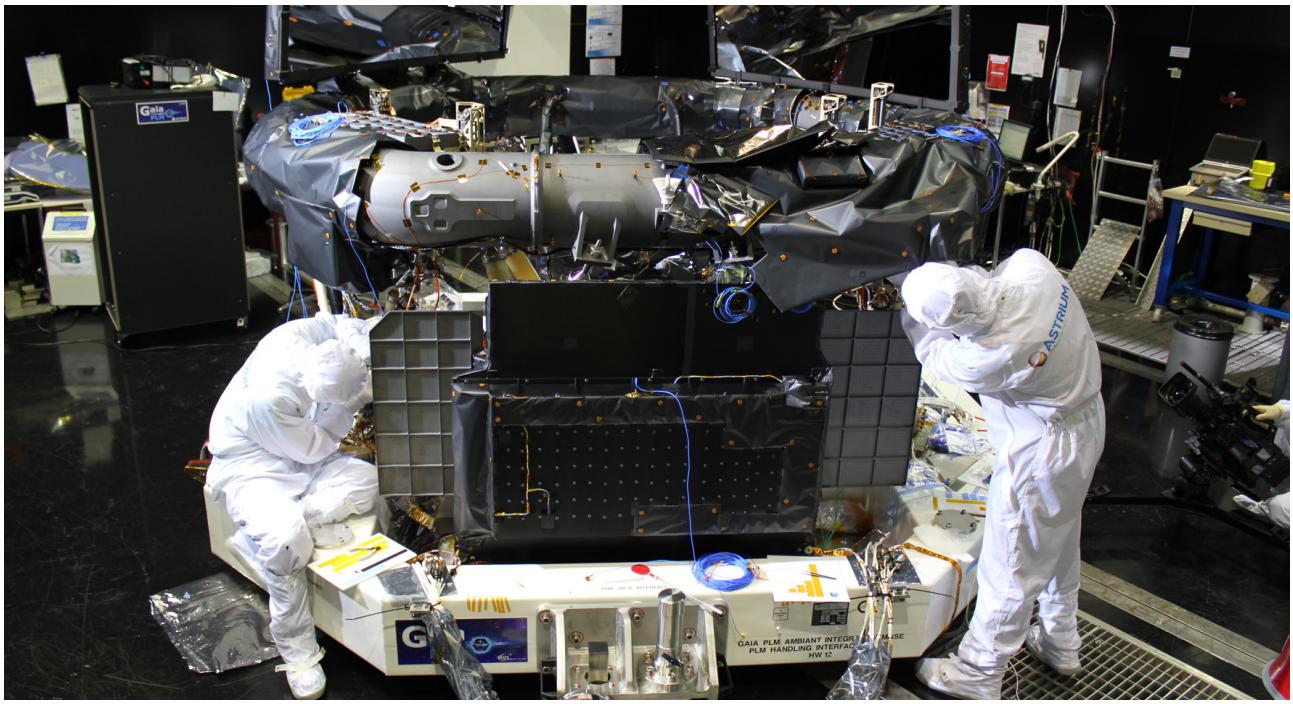


Figura 3: El módulo de carga de Gaia; pueden apreciarse la estructura en forma de toro que sostiene los instrumentos, los dos espejos primarios de 1,45 por 0,5 metros, y la parte trasera del plano focal.

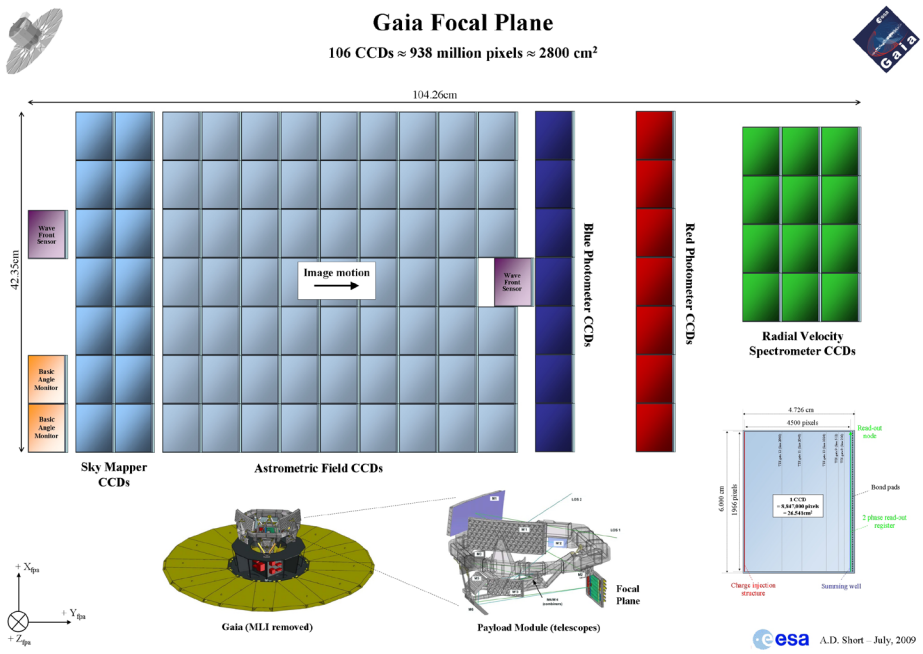


Figura 4: Plano focal de Gaia, el más grande construido para aplicaciones espaciales, con mil millones de píxeles. Este plano focal es común a los dos telescopios de Gaia y está compuesto por cinco áreas distintas: 1) el sensor de frente de onda (2 CCD), utilizado para medir la calidad óptica de cada telescopio y el monitor del ángulo de base (2 CCD), utilizado para medir la estabilidad del ángulo de base con una precisión mayor de 0.5 micras; 2) los dos cartógrafos celestes (7 CCD cada uno) detectan los objetos observados por cada telescopio y transmiten los detalles a las siguientes CCD para el seguimiento de los tránsitos; 3) el plano principal astrométrico (62 CCD); 4) los fotómetros azul (7 CCD) y rojo (7 CCD) que proporcionan espectrofotometría de baja resolución para cada objeto en el rango 330-680 nm y 650-1050 nm; 5) el espectrógrafo de velocidades radiales (12 CCD), registrando espectros de objetos hasta aproximadamente magnitud 17 con R∼11500. Todas las CCD trabajan en modo TDI (Time-Delayed Integration) es decir, sincronizando el movimiento de la carga y su lectura al movimiento de escaneo del satélite.

Gaia barrerá el cielo durante cinco años de forma contínua, girando alrededor de su eje en seis horas. Dicho eje a su vez precesiona alrededor del Sol con un periodo de 70 días. Con ello, cada objeto será observado una media de 70 veces. Como consecuencia de ese movimiento las estrellas cruzan el plano focal en la dirección del barrido que debe coincidir con la transferencia de carga en las CCD, puesto que, a fín de mejorar el nivel de la señal, se opera en modo "time delayed integration" sincronizado con la rotación del satélite.

Como puede verse en la figura 5 áreas diferentes del plano focal realizan funciones diferentes. Las estrellas entran en el plano focal atravesando dos columnas de CCDs donde son detectadas (recordemos que Gaia observa todo aquello más brillante que la magnitud 20 de manera que sus observaciones astrométricas tienen ese límite de completitud) y se les asignan ventanas de observación para la región de 9x7 CCDs de cuyas observaciones se deducirán los parámetros astrométricos. La luz que en su camino

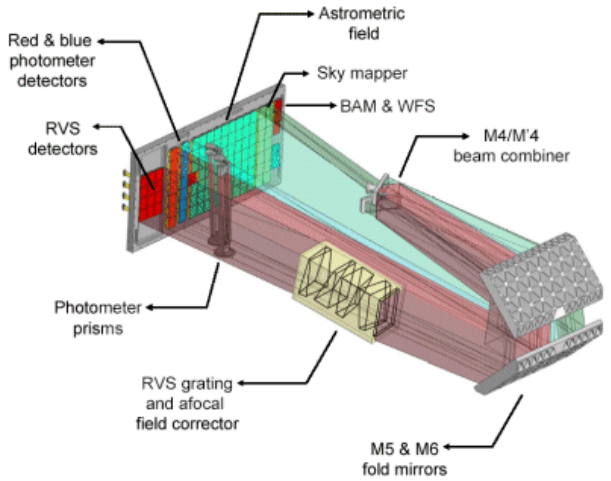


Figura 5: Espectrógrafos y plano focal de Gaia.

Figura 6: Precisión astrométrica que conseguirá Gaia al final de la misión (Cinco años de operación).

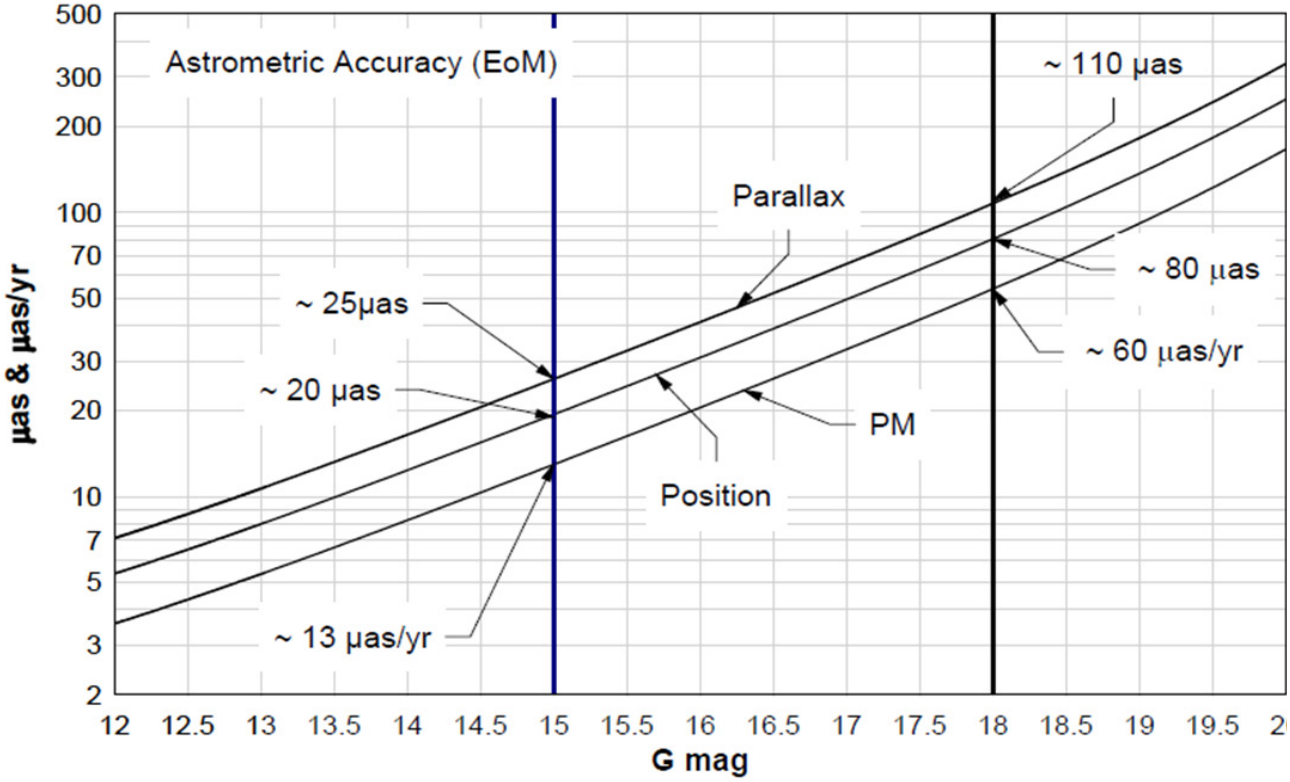


Figura 7: Precisión en un solo tránsito de las magnitudes asociadas a los instrumentos fotométrico (G) y espectrofotométricos (G_{BP} y G_{RP}), estos últimos calculados para una estrella con de tipo A0V (tipo Vega), en función de la magnitud G.

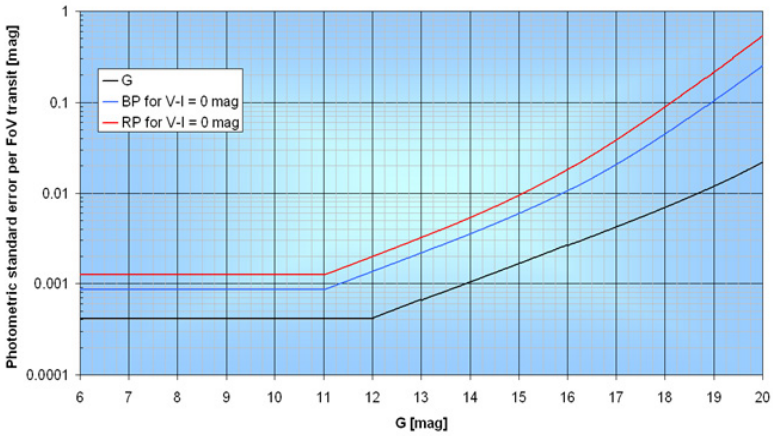
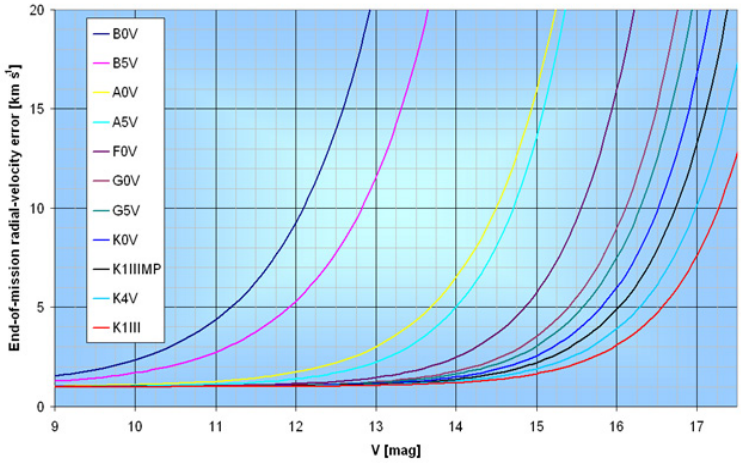


Figura 8 Errores estándar en la velocidad radial en función de la magnitud V al final de la misión (unidades: km/s)



hacia el plano focal cruza los dos prismas, uno rojo y otro azul, se recoge en sendas columnas de CCDs. Aquella que ha sido dispersada por RVS se recoge en un grupo adicional de doce CCDs.

En la Figura 6 se muestra la precisión esperada en la determinación de la posición, la paralaje y los movimientos propios en función de la magnitud aparente G. Esta es la magnitud que se obtiene en las CCD astrométricas que trabajan sin filtro para optimizar la recepción de la señal.

De forma análoga, a la respuesta total de los instrumentos espectrofotométrico (BP y RP) y espectroscópico de velocidades radiales (RVS) también se les puede asociar una magnitud (GBP, GRP y GRVS respectivamente). La precisión en la medición de estas magnitudes se puede ver en la Figura 7. La Figura 8 muestra la precisión esperada en la velocidad radial medida con el espectrógrafo RVS.

Gaia observa desde el punto de Lagrange L2 del sistema Sol-Tierra situado a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra en dirección opuesta al Sol lo que proporciona un entorno térmico estable La instrumentación está protegida por una tienda térmica y por uno de los elementos distintivos del satélite: el gran parasol. Este tiene más de 10 metros de diámetro y garantiza mantener el interior del satélite a menos 110 grados centígrados. La alta precisión requerida para las medidas exige que toda la estructura que soporta los elementos ópticos y el plano focal sea extremadamente estable desde el punto de vista mecánico y térmico. El material elegido para la construcción del toro (figura 3) que realiza esta función ha sido el carburo de silicio, un elemento cerámico ligero y muy resistente.

La reducción de los datos de Gaia

Los instrumentos de Gaia detectan, seleccionan y miden cientos de estrellas por segundo, generando unos 50 Gigabytes de datos cada día de misión y que .se envían a las estaciones de recepción de Cebreros (Madrid), New Norcia (Australia) y Malargüe (Argentina). Los datos se almacenan en ESAC, el centro de la Agencia Espacial Europea en Villanueva de la Cañada, que los distribuye a los distintos centros de procesado.

La reducción de datos es uno de los grandes retos de Gaia. Sólo los datos astrométricos recibidos involucran 10^{12} medidas individuales para determinar cinco mil millones de incógnitas. Estas incluyen los parámetros astrométricos de mil millones de estrellas, 150 millones de datos que describen la actitud del satélite, algunas decenas de millones de datos de calibración y algunas decenas de parámetros globales. Además, todos los datos de Gaia están interrelacionados. Así por ejemplo, la fotometría (que nos proporciona los parámetros físicos de los objetos celestes observados) es imprescindible para corregir de cromaticidad y determinar las correctas PSF y LSF (Line Spread Function) que serán usadas para la determinación del centroide de cada una de las imágenes obtenidas del cual se obtiene el tiempo de paso de la estrella por un determinado lugar del plano focal.

«El satélite es el máximo exponente de una tecnología que ha colocado a Europa como líder absoluto en el campo de la astrometría desde el espacio.»

El principio básico de la reducción de los datos astrométricos es la comparación entre los datos observados y los predichos, mediante un proceso de iteración global, partiendo de un primer modelo para los parámetros astrométricos de los objetos, datos de calibración del instrumento y datos orbitales del satélite (Torra et al., 2013). Así pues los datos requieren un tratamiento muy complejo y global. Global en el sentido que el conjunto total de datos está entrelazado, y global también en el sentido de

Datos destacables de la misión

- Gaia catalogará mil millones de estrellas, un 1% del total de la Galaxia.
- Gaia, con un plano focal con mil millones de píxeles, constituye la cámara más grande que se ha construido jamás para trabajar en el espacio.
- El satélite trabajará a 1,5 millones de km desde la Tierra.
- Observará todo el cielo durante 5 años con unas 70 repeticiones.
- Contiene dos telescopios de 35 metros de distancia focal y un total de 10 espejos, y tres instrumentos completamente integrados: astrométrico, fotométrico y espectroscópico.
- Observará todos los objetos celestes con magnitud menor que G=20.
- En un día de misión se generan 50 gigabytes de datos que se envían a tierra y son procesados. Al final de la misión se habrán enviado 100 terabytes de datos.
- El catálogo final se publicará en 2022 y tendrá un volumen de un petabyte, es decir, un millón de gigabytes, equivalente a 200.000 DVD.
- Los datos obtenidos tendrán una precisión cien veces mejor que las misiones precedentes.

Gaia en cifras

- **1.000 millones de estrellas** y de otros objetos astronómicos que se observarán a lo largo de la misión
- **1.000 millones de píxeles** que tiene la cámara que registra las imágenes de las estrellas
- **10 microsegundos de arco**: la precisión de los datos obtenida, equivalente a observar desde la Tierra el ojo de una persona situada en la Luna
- **70 observaciones** de media para cada objeto detectado durante los cinco años de misión
- **100 terabytes** de datos enviados a Tierra, a razón de 50 gigabytes diarios
- **1.000.000.000 Mb** (o 1 petabyte): cantidad de información que generará la misión
- **25 años**: duración de la misión desde su concepción
- **3200 reuniones** necesarias para la fase de desarrollo y construcción
- **30.000 documentos** producidos en la fase de desarrollo y construcción
- **740 M€**: coste de la misión sin incluir el procesado de datos ni la explotación científica
- **1,5 millones de km**: distancia desde la que observará el satélite
- **225.000 kg** de queroseno y oxígeno líquido necesarios para poner en órbita el satélite
- **1275 vatios**: consumo del satélite durante las operaciones nominales; equivalente al consumo de un secador de pelo; se obtiene de los paneles solares.
- **Menos de 1 euro** por persona de los estados miembros de ESA es el coste de cada estrella, si contamos la construcción del satélite y el procesado de los datos.

que los datos de los tres instrumentos (astrométrico, fotométrico y espectroscópico) deben tratarse de forma combinada. Este proceso iterativo tiene un coste computacional muy elevado. Cabe mencionar que la elevada precisión de las medidas de Gaia exige además un tratamiento relativista: la aproximación clásica no es suficiente para alcanzar la precisión de los micro-segundos de arco. Por ello, las propias medidas de Gaia nos servirán para poner a prueba algunos de los parámetros de la modelización de la teoría de la Relatividad General.

En 2007 ESA seleccionó al consorcio DPAC (Data Processing and Analysis Consortium) para abordar la compleja tarea del procesado y análisis de los datos de Gaia. DPAC está organizado en nueve unidades de coordinación (CU)La enorme tarea de reducción de los datos recibidos en ESAC se reparte entre seis centros europeos entre los que se incluyen el Barcelona Supercomputing Center- Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) y el CESCA (que esta en CU9!!) Los

«Gaia es una misión emblemática tanto por su capacidad de revolucionar la astrofísica de las próximas décadas, gracias a la precisión de sus observaciones astrométricas, como por el desafío tecnológico que supone.»

«A finales de 2015 se harán públicos los primeros datos de Gaia para un número reducido de objetos. Será a mediados de 2016 que contaremos con un primer catálogo con datos astrométricos para millones de estrellas.»

compromisos de España en DPAC para la fase de operaciones incluyen un uso intensivo de estos recursos.
El complejo sistema de tratamiento inicial de los datos (Initial Data Treatment) que integra un buen número de algoritmos proporcionados por diversos equipos europeos ha sido responsabilidad del equipo de la Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC) y durante la misión se ejecuta diariamente en ESAC. Gaia mejora sus resultados a medida que se acumulan observaciones, por ello es posible reprocesar toda la información recogida desde el inicio de la misión cada vez que se dispone de nuevas y más precisas calibraciones. IDU (Intermediate Data Updating) es el sistema que ejecuta esta tarea. Su diseño, implementación y ejecución son tarea de nuestro equipo. IDU es el proceso de reducción de Gaia más exigente en términos de CPU necesaria.

El equipo UB-ICC/IEEC ha sido también el responsable del diseño e implementación del simulador de la misión, que ha generado decenas de terabytes de datos para su preparación y para la verificación de toda la cadena de procesado. En el campo de la fotometría hemos contribuído contribuye a establecer los métodos de calibración del instrumento espectrofotométrico BP y RP y hemos desarrollado algoritmos para eliminar los efectos instrumentales que afectan al flujo total medido en cada observación (tales como variaciones de la sensitividad del instrumento, diferencias en la dispersión de los espectros, su posición en el plano focal, la radiación que afecta al comportamiento nominal de las CCDs, el fondo de cielo y otros muchos factores).

El grupo Gaia-Galicia tiene como principal cometido en DPAC la clasificación de “outliers” a partir de los parámetros astrofísicos obtenidos. Para este fin se han desarrollado e implementado técnicas de inteligencia artificial (Self Organized Maps). Los resultados realimentan a su vez el proceso general de clasificación.

El archivo de Gaia

España lidera junto con ESAC (X. Luri, W. O’Mullane) el equipo europeo que trabaja en el diseño e implementación del Archivo de Gaia; con esta contribución estratégica pretendemos estar en primera línea para la explotación científica de los datos de la misión.

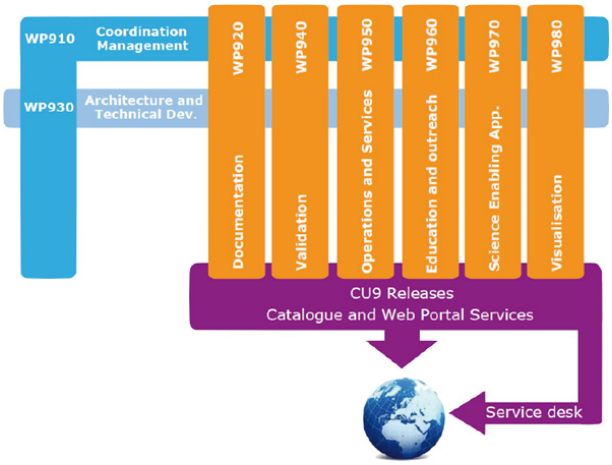
El diseño, implementación y operación del archivo Gaia es una tarea que ESA abrió a la participación de la comunidad científica europea en 2012. El consorcio DPAC ha aceptado esta responsabilidad, canalizada en su Unidad de Coordinación 9 (CU9) liderada por UB y ESAC y cuyas actividades han sido incorporadas recientemente al MLA de la misión.

Un proyecto FP7, liderado por miembros del equipo UB-ICC/IEEC participará, durante tres años y medio, en la importante tarea de desarrollar este archivo basado en los siguientes principios:

1) El archivo debe cubrir las necesidades de la comunidad de usuarios en todos sus requisitos.
2) Uilizará los mejores sistemas de archivo y consulta de datos.
3) Proporcionará herramientas para maximizar el retorno científico y garantizar una consulta a los datos adecuada a los requisitos del usuario.
4) Deberá asegurar la calidad del contenido del archivo y su inter-operatividad con otros archivos futuros.
5) Y deberá proporcionar herramientas para las actividades de divulgación y docencia que la comunidad planifique.

Más de de 100 astrónomos e ingenieros participan en las tareas de CU9, así como en todos los aspectos de Gaia, la contribución española es muy importante (cerca del 25 %) e incorpora además de la UB, GGG y CESCA grupos en UNED y INTA-CSIC así como grupos más reducidos en las universidades de Pablo de Olavide, Politécnica de Madrid, Oviedo y La Rioja. Las tareas se plantean en los grupos de trabajo que se muestran en la Figura 9.

Figura 9: Grupos de trabajo creados recientemente en el marco de DPAC para abordar las tareas de preparación del archivo de la base de datos de Gaia.



La explotación científica de Gaia

Si bien la precisión del orden de los microsegundos no se conseguirá hasta el final de la misión, cuando se hayan completado todas las observaciones y su tratamiento, también es cierto que antes de esto ya se habrán superado las precisiones de misiones precedentes. Es por ello que los datos intermedios tienen también un interés científico muy alto. Por ello, y con el objetivo de no retrasar la explotación científica, se ha establecido un calendario de publicación de los catálogos de datos científicos desde octubre de 2015hasta el último (hacia 2022) que irán mejorando la precisión y aumentando el número de objetos publicados (Figura 10).

Vamos a poder responder a preguntas claves hasta ahora completamente abiertas: ¿Cómo se formó la Galaxia? ¿Fue por un proceso de fusión de objetos menores? ¿Cuál es la evolución química y dinámica de los discos en galaxias espirales como la nuestra? ¿Qué pasos ha seguido la formación del núcleo y la barra central? ¿Existe realmente el número elevado de galaxias satélite que prevé el modelo cosmológico estándar?

La medida de la edad y la masa de las estrellas permitirá mejorar los modelos de evolución estelar. Características físicas como son la luminosidad, la temperatura y la composición química de cada estrella nos permitirán deducir en qué fase evolutiva se encuentra y cuáles han sido los mecanismos de formación de la población a la que pertenecen.

Las observaciones de Gaia aumentarán el conocimiento de la distribución de la materia oscura en nuestra Galaxia y sus galaxias satélites. Gracias a la precisión en sus medidas de movimientos estelares, Gaia trazará por primera vez esta distribución, si existe o alternativamente, estudiará en profundidad teorías alternativas a la gravedad newtoniana. Está previsto que se descubran centenares de miles de nuevos objetos celestes, desde planetas extrasolares – de los que se espera detectar cerca de 7000 – hasta enanas blancas y enanas marrones. Dentro de nuestro Sistema Solar, Gaia determinará las órbitas, las masas y los periodos de rotación de centenares de miles de asteroides.

Primera publicación: L + 22 meses: Agosto 2015	• Posiciones (α,δ) y magnitudes G para estrellas individuales (90% del cielo) • El catálogo de los Cien mil movimientos propios (*Hundred Thousand Proper Motions* HTPM) basado en el catálogo Hipparcos • Datos del polo eclíptico con calibraciones adecuadamente caracterizadas
Segunda publicación: L + 28 meses: Febrero 2016	• **Posiciones (α,δ), movimientos propios y paralajes,** y magnitudes G-para estrellas individuales (90% del cielo) • Fotometría integrada RP/BP (algunos parámetros astrofísicos según disponibilidad) • **Velocidades radiales medias para estrellas** con velocidades radiales no-variables (90% del cielo)
Tercera publicación: L + 40 meses: Febrero 2017	Actualizaciones de lo anterior + • Solución orbital para periodos entre 2 meses y 75% de la duración de la observación • Espectrofotometría a partir de RP/BP para las fuentes con parámetros astrofísicos • **Clasificación de las fuentes basada en BP/RP y la astrometría** para estrellas con datos de calidad suficiente • Espectro RVS medio para fuentes con observaciones espectrales de calidad y de los que se publica simultáneamente sus parámetros astrofísicos.
Cuarta publicación: L+ 65 meses: Marzo 2019	Actualizaciones de lo anterior + • **Clasificaciones de estrellas variables y sus parámetros** según disponibilidad, y la fotometría de cada época • **Resultados de Sistema Solar** con soluciones orbitales preliminares y observaciones individuales de cada época • Catalogo de estrellas múltiples
Publicación final: Final de la Misión (Marzo-2019/2020) + 3 años (36 meses) : **Marzo 2022/2023**	Catálogo final incluyendo astrometría, fotometría y velocidades radiales • Todas las variables disponibles y soluciones para las estrellas múltiples • Clasificaciones de fuentes (probabilidades) y parámetros astrofísicos múltiples derivados de BP/RP, RVS y la astrometría de las estrellas, binarias no resueltas, galaxias y quásares. Precisiones mejoradas respecto a la cuarta publicación. Algunos parámetros de las estrellas más débiles pueden no estar disponibles. • Estrellas múltiples y lista de exoplanetas • Todos los datos por tránsito y época de todas las fuentes • Todos las observaciones desde tierra complementarias al procesado de datos (o enlaces a ellas)

Figura 10: El plan de publicación de catálogos de Gaia aprovado por el Grupo Científico de Gaia (Gaia Science Team), el comité ejecutivo de DPAC y el Grupo de Trabajo de Astronomia (Astronomy Working Group) de la ESA. Los catálogos sucesivos mejorarán la calidad de los datos y aumentarán la cantidad de información incluida según vaya progresando la misión. La duración nominal de la misión son 5.5 años (incluyendo 0.5 años de puesta en marcha), con una posible extensión de un año.

Gaia dará un nuevo paso en el establecimiento de la escala de distancias del Universo. Su precisión en la determinación de la distancia de las estrellas cefeidas con distinta composición química permitirá establecer con precisión la distancia a otras galaxias del sistema local. Gaia establecerá también medidas precisas de la posición de galaxias lejanas y nos proporcionará sus espectros. Con Gaia dispondremos de datos astrométricos de precisión para más de medio millón de cuásares que nos permitirán establecer con una precisión sin precedentes la inercialidad del sistema de referencia del catálogo final de la misión.

Como se ha mencionado, el objetivo principal de la misión es recopilar información sobre mil millones de estrellas que ha de permitir conocer los procesos de formación y evolución de nuestra Galaxia. Ello nos permitirá comprobar la validez de los modelos cosmológicos actualmente aceptados.

La participación española en Gaia

Gracias a su experiencia con el satélite Hipparcos, el equipo de la Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC) ha participado en la misión Gaia desde sus inicios y con un papel destacado en el diseño científico y tecnológico de la misión. El primer prototipo de tratamiento de datos y las simulaciones necesarias para ello (figura 11) fueron elaborados bajo contrato con ESA liderado por GMV y con la colaboración de CESCA y UB. La participación española en DPAC puede verse en la figura 12 y aunque ya hemos comentado alguna de sus actividades conviene recordar que disponemos de representación en los diversos organismos de gestión, desde el Gaia Science Team (C. Jordi) al comité ejecutivo de DPAC y a diversos grupos de expertos para propósitos específicos como calibración en órbita o “Payload Experts”. El Grupo Gaia Galicia (UdC y UVigo), la UNED y la UCA hace uso para la realización de sus desarrollos del supercomputador de la UCA. El consorcio DPAC incluye alrededor de 400 científicos e ingenieros de 20 países. La contribución española en el consorcio es de alrededor del 10%.

La Red Española para la explotación científica de Gaia (REG) es una red temática abierta a la comunidad astronómica española dedicada al intercambio científico entre investigadores en todas aquellas líneas relacionadas con la explotación científica de los datos que aportará el satélite Gaia. Esta red, creada en 2010, subvencionada por el MINECO y con más de 140 miembros de 30 instituciones españolas (Figura 13), está elaborando herramientas para la explotación científica y obteniendo datos espectroscópicos desde tierra para complementar los datos de la misión.

«España, con una participación en el proyecto que supera el 10%, es el segundo país europeo con más empresas participando en Gaia.»

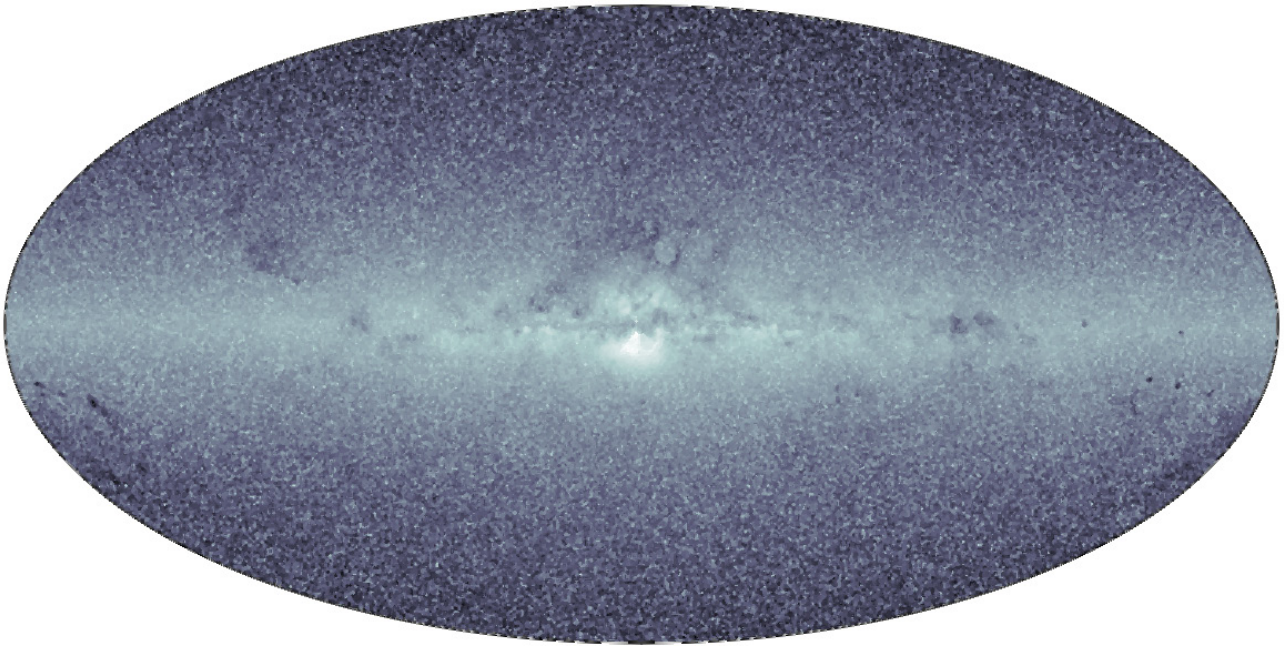
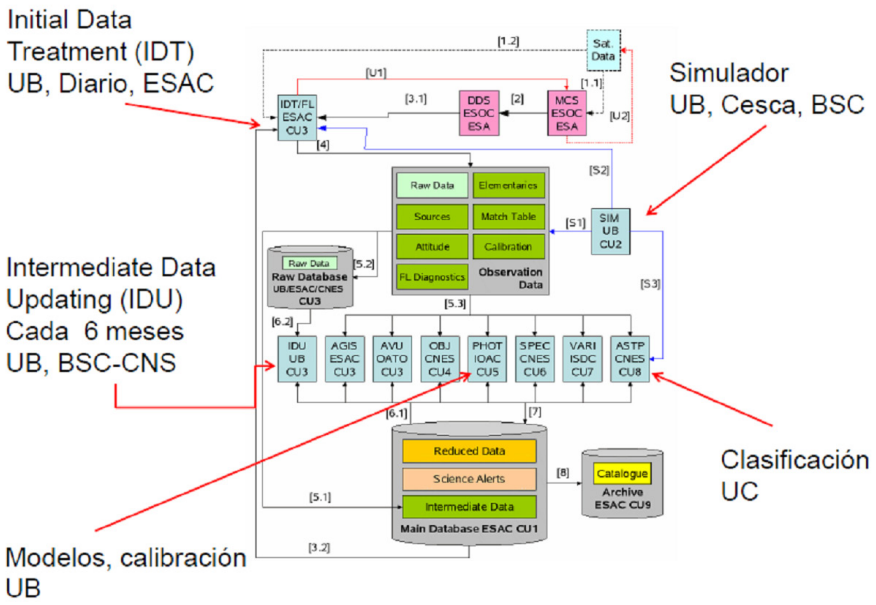


Figura 11: Simulación del mapa del flujo integrado total sobre todo el cielo en la banda G observado por Gaia. Dibujado en coordenadas galácticas. La escala de color es relativa con el máximo del flujo en blanco y el mínimo en negro. (Equipo UB/ICC-IEEC)

Figura 12: Participación española en DPAC



La industria española ha tenido también un papel relevante en la misión. SENER ha fabricado el parasol desplegable que caracteriza el satélite; Crisa ha elaborado los módulos de electrónica del las CCD; RYMSA ha puesto a punto las antenas de baja ganancia de medida y comando remoto; Mier Comunicaciones ha producido los amplificadores de potencia con control de fase instalados en la antena activa desarrollada por EADS CASA Espacio; el INTA ha realizado campañas de metrología de alta precisión; GMV es responsable de sofisticadas herramientas informáticas y Alter Technology Group ha efectuado la calificación de distintos equipos; Thales Alenia Space España diseñó y desarrolló las unidades electrónicas de distribución de señal de reloj de rubidio que viaja a bordo del satélite.

Divulgación y Gaia en la web

Gaia es también una oportunidad para hacer divulgación de la astronomía. La Agencia Espacial Europea dispone en sus páginas web de diverso material didáctico, como los Mini-libros de Gaia, traducidos a varios idiomas; así como gran cantidad de material multimedia. En nuestro país se realizó el video reportaje "La misión Gaia: participación española", donde se explican tanto los aspectos científicos como técnicos de la misión. Por otra parte, con la publicación de los primeros datos de Gaia está previsto ofrecer herramientas que puedan ser utilizadas por astrónomos no profesionales e incluso estudiantes de todos los niveles educativos, que permitan por ejemplo la visualización en 3D de las posiciones de las estrellas o la representación de curvas de luz de estrellas variables.

Figura 13: Participantes en la III Reunión de la Red Española de explotación científica de Gaia (REG) celebrada en Sitges (Barcelona) en enero de 2013.

En los siguientes enlaces podréis encontrar información sobre la misión, la participación española. También encontraréis enlaces a muchísimo material de divulgación que hemos ido confeccionando.

Gaia (ESA): http://cosmos.esa.int/web/gaia/home
Gaia-España (REG): https://gaia.am.ub.es/Twiki/bin/view/RecGaia/WebHome
Equipo Gaia en la Universidad de Barcelona: https://gaia.ub.edu/
Grupo Gaia Galicia: https://www.tic.udc.es/

Página que permite calcular la precisión con la que Gaia observará:
Gaia Performance Web Page: http://cosmos.esa.int/web/gaia/science-performance

Vídeos sobre la participación española en Gaia: http://gaiavideo.ub.edu/
Divulgación: https://gaia.am.ub.es/Twiki/bin/view/RecGaia/DivulgacionCientifica/
Exposición: "Mil millones de ojos para mil millones de estrellas"
http://serviastro.am.ub.edu/twiki/bin/view/ServiAstro/ExpoGaia
Aplicación “Gaia Mission” disponible en Apple Store:
https://itunes.apple.com/es/app/gaia-mission/id735128015?mt=8

Bibliografía

Torra, J., et al., 2013, Gaia: the challenge begins, Highlights of Spanish Astrophysics VII, Proceedings of the X Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA), held in Valencia, July 9 - 13, 2012, Eds.: J.C. Guirado, L.M. Lara, V. Quilis, and J. Gorgas., pp.82-94.

CANARICAM EN EL GTC EMPIEZA A VISLUMBRAR

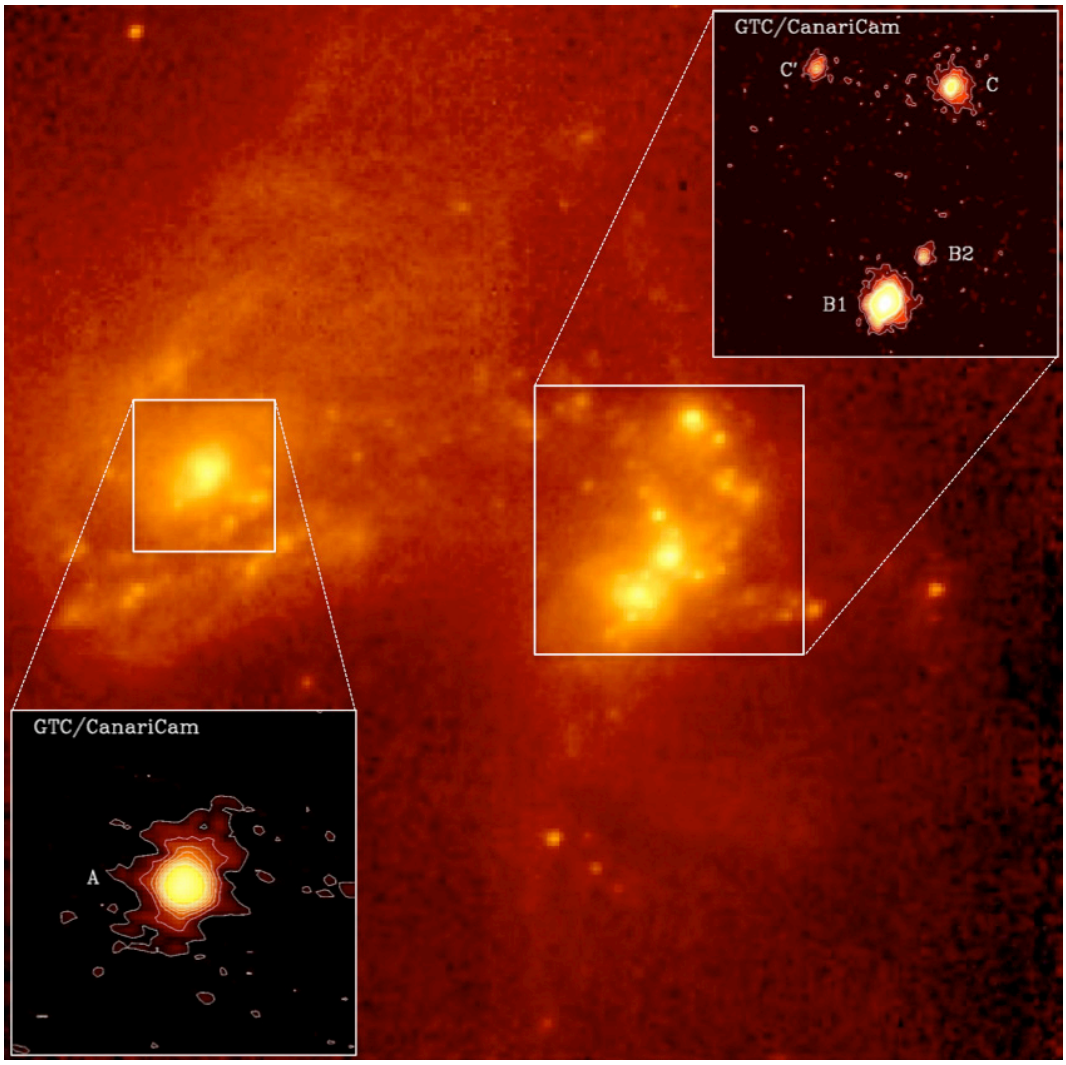
El Modelo Unificado de los núcleos de galaxias activas (AGN, de sus siglas en inglés) propone la existencia de una estructura en forma de toro y compuesta de gas molecular y polvo que oscurece los AGN a lo largo de ciertas líneas de visión[1]. Este toro absorbe una fracción de la emisión óptica y ultravioleta emitida por el AGN y la re-emite en el rango espectral del infrarrojo.

Almudena Alonso Herrero
Instituto de Física de Cantabria (CSIC-UC)
Investigadora Senior del Programa
Augusto González Linares
aalonso@ifca.unican.es

Recientemente, observaciones interferométricas en el infrarrojo medio[2], así como el modelado de las distribuciones espectrales de energía y espectros infrarrojos nucleares[3,4,5], han demostrado que este toro es relativamente compacto (tamaños desde unos pocos parsecs a unas decenas de parsecs). Además, los modelos teóricos predicen que el material que se utiliza para alimentar en agujero masivo central en su fase activa también puede formar estrellas dentro o en las zonas externas del toro. Por último, los toros de los AGN no son estructuras aisladas en los centros de las galaxias, sino que hay una cierta continuidad en las propiedades del polvo desde el toro a las regiones nucleares de la galaxia que alberga el AGN. Aunque el esquema básico sobre el material que oscurece a los AGN esté claro, todavía existe un gran número de interrogantes sobre la naturaleza de estos toros. Por ejemplo, no se conoce en detalle su geometría ni las propiedades del polvo, se desconoce si las propiedades del toro dependen de la luminosidad y tipo de AGN, y por último no está claro cuál es papel de la formación estelar nuclear en alimentar al AGN y/o en oscurecerlo.

Las observaciones infrarrojas nucleares de AGN se reproducen mejor si en los modelos de teóricos se asume que el polvo en el toro está distribuído en nubes –los llamados modelos de toros grumosos- y no de manera homogénea. Estos modelos predicen que el pico de emisión se produce en el infrarrojo medio entre 8 y 40μm. Por lo tanto, el instrumento CanariCam[6,7] en el Gran Telescopio Canarias (GTC) de 10.4m proporciona en la actualidad la mejor resolución angular en el infrarrojo medio para estudiar las propiedades del toro usando imagen y espectroscopía directas. Aunque la resolución angular típica de 0.3" que se puede alcanzar con CanariCam no sea suficiente para resolver el toro, es fundamental para poder distinguir entre emisión infrarroja debida al polvo en el toro y emisión infrarroja asociada con polvo en la galaxia que alberga al AGN y/o emisión producida por formación estelar nuclear.

Estamos llevando a cabo observaciones con GTC/CanariCam en el infrarrojo medio en imagen a 8.7μm y en espectroscopía con resolución espectral nominal de $R=\Delta\lambda/\lambda=150$ en el rango espectral 8-13μm de una muestra de 100 AGN locales. Las observaciones combinan tiempo obtenido con un *large programme*



El sistema de galaxias en interacción Arp299 (IC694 a la izquierda y NGC3690 a la derecha). Los núcleos de las galaxias están a una distancia proyectada de 4.5kpc aproximadamente. La imagen grande fue tomada en 1.6μm con la cámara 3 del instrumento NICMOS en el Hubble Space Telescope10 cubriendo un campo aproximado de 51"×51". Las imágenes pequeñas son las de GTC/CanariCam en 8.7μm mostrando campos de 6.4"×6.4" para Arp299-A y 13.6"×13.6" para las fuentes Arp299-B1, B2, C y C'. Las resoluciones angulares de las imágenes de CanariCam y de la cámara 3 de NICMOS son comparables. Crédito: GTC/CanariCam y A. Alonso-Herrero.

ESO/GTC (IP A. Alonso Herrero, 182.B-2005) y tiempo garantizado de CanariCam (coordinado por C. Packham) para un total de 280 horas de observación. El objetivo fundamental de nuestro proyecto es determinar las propiedades del toro de los AGN para una muestra estadísticamente significativa de AGN en el Universo Local. En la página web[8] del proyecto se puede encontrar más información sobre los participantes, objetivos científicos y publicaciones relacionadas.

Una de las primeras observaciones realizadas con CanariCam ha sido la del sistema de galaxias en interacción Arp299 (IC694+NGC3690) usando tiempo garantizado. Este sistema está clasificado como galaxia luminosa infrarroja (LIRG, de sus siglas en inglés) y su gran emisión infrarroja se explica como fundamentalmente debida a formación estelar intensa resultado del proceso de interacción. Sin embargo, estudios previos en rayos X, radio y óptico parecían indicar que los núcleos de ambas galaxias contienen un AGN.

Las imágenes de CanariCam obtenidas con resoluciones angulares de 0.3-0.6" nos han permitido diferenciar la emisión en el infrarrojo medio de los núcleos de las galaxias (Arp299-A=núcleo de IC694 y Arp299-B1=núcleo de NGC3690) del resto de la emisión proveniente de regiones de formación estelar (Arp299-B2, Arp299-C y Arp299-C') como se puede apreciar en la figura. A la distancia de esta galaxia de 44Mpc las observaciones de CanariCam nos permiten resolver escalas físicas de 60-120pc.

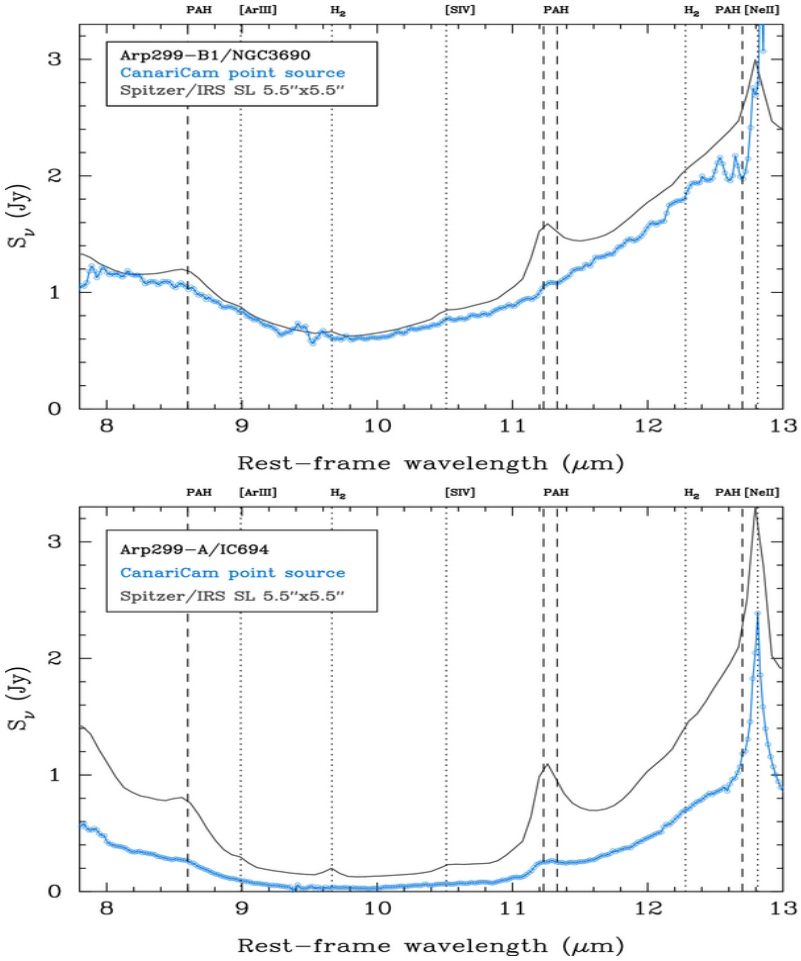
Los espectros de CanariCam de Arp299 (ver figura) confirman la presencia de un AGN doble en el sistema a través de la detección de la emisión en el infrarrojo medio de polvo calentado por el AGN en cada núcleo. Además, en la galaxia IC694 se ha detectado emisión de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs, de sus siglas en inglés) en 8.6 y 11.3μm provenientes de la región nuclear extremadamente embebida. Las observaciones demuestran la coexistencia del fenómeno AGN y de formación estelar intensa en el núcleo de IC694. La absorción ancha de los silicatos en torno a 10μm se puede modelar para estimar el oscurecimiento de las regiones centrales de galaxias. En el caso de Arp299, las observaciones de CanariCam nos permiten concluir que ambos núcleos activos están escondidos detrás de grandes cantidades de polvo tanto en el toro como de la galaxias, lo que hace difícil su detección en otras longitudes de onda. Estos resultados se han publicado recientemente en Astrophysical Journal Letters[9].

Las observaciones de Arp299 han demostrado por lo tanto el gran potencial de CanariCam para estudiar regiones muy oscurecidas en galaxias activas. En estos últimos meses se han obtenido observaciones para parte de nuestra muestra de AGN (ver galeria de imágenes) lo que nos permitirá extender este tipo de estudios para otros tipos de AGN y así estudiar las propiedades del polvo en el toro y la presencia (o no) de formación estelar en función de la luminosidad del AGN y de la clase de AGN (por ejemplo, AGN de baja luminosidad, Seyferts, radio galaxias, cuásares, etc).

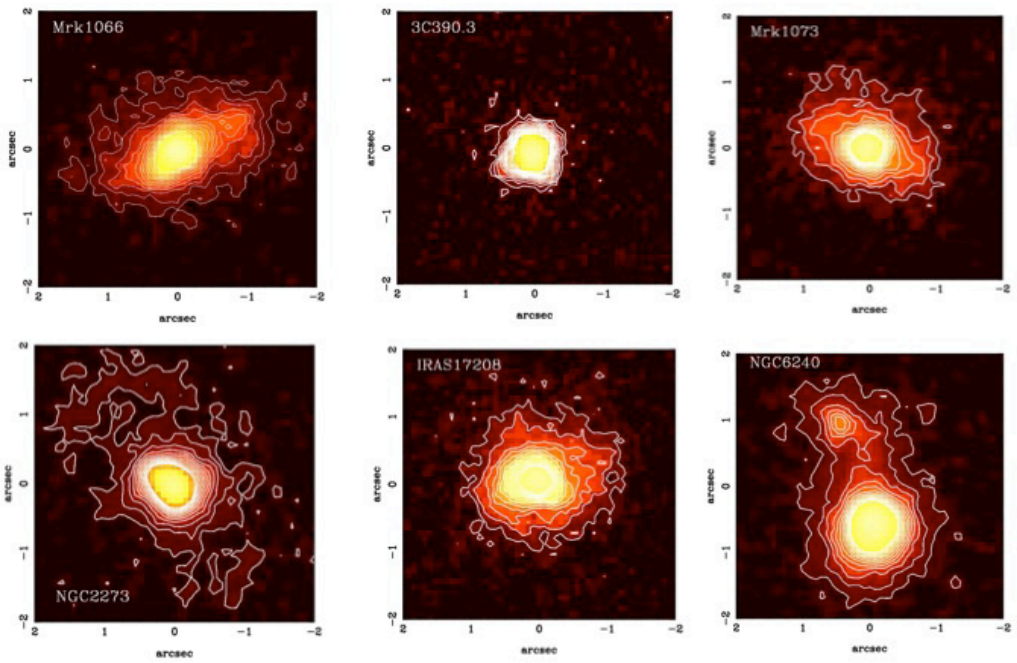
NOTAS

[1] Antonucci, R. 1993, ARA&A, 31, 473
[2] Tristram, K.R.W. et al. 2009, A&A, 502, 67
[3] Ramos Almeida, C. et al. 2009, ApJ, 703, 1127
[4] Ramos Almeida, C. et al. 2011, ApJ, 731, 92
[5] Alonso-Herrero, A. et al. 2011, ApJ, 736, 82
[6] Telesco, C. M. et al. 2003, Proc. SPIE, 4841, 913
[7] http://www.gtc.iac.es/instruments/canaricam/canaricam.php
[8] https://sites.google.com/site/piratasrelatedpublications/
[9] Alonso-Herrero, A. et al. 2013, ApJ, 779, L14
[10] Alonso-Herrero, A. et al. 2000, ApJ, 532, 845

Espectros de las regiones nucleares de Arp299 tomados con GTC/CanariCam usando la rendija de 0.52" de anchura (en azul). Los espectros de CanariCam se comparan con espectros tomados por el instrumento IRS en el Spitzer Space Telescope (en negro) extraídos con aperturas un factor 10 mayores. El espectro de CanariCam de Arp299-B1 (panel superior) muestra emisión de polvo en el toro que rodea al AGN con poca formación estelar reciente. El espectro de Arp299-A (panel inferior) se explica como una combinación de emisión de polvo calentado por el AGN y emisión debida a formación estelar. Esto último claramente debido a la detección de emisión de los PAHs a 8.6 y 11.3μm. Se indican además otras líneas de emisión. Las más brillantes son [NeII] a 12.8μm y [SIV] a 10.5μm. Crédito: A. Alonso-Herrero et al.[9]



Ejemplos de imágenes obtenidas con GTC/CanariCam en 8.7μm para 6 AGN en nuestra muestra con resoluciones angulares de 0.3-0.5". Claramente existen AGN en el Universo Local donde la emisión nuclear en el infrarrojo medio es extensa. La resolución angular que nos proporciona CanariCam es por lo tanto fundamental para distinguir la emisión infrarroja producida por polvo en el toro calentado por el AGN y emisión infrarroja producida por otros mecanismos. Crédito: A. Alonso-Herrero.



COSMOLOGÍA CON LOS DATOS DEL SATÉLITE PLANCK

A las 7:38 UT del pasado 19 de Octubre de 2013, la carga útil del satélite Planck (ESA) era finalmente desconectada, y cuatro días más tarde, también se apagaba el propio satélite. Quedan atrás más de cuatro años de observación con el programa de investigación espacial en Cosmología más ambicioso realizado en Europa hasta la fecha. ¿Cuáles han sido los logros más importantes obtenidos hasta la fecha? ¿Qué nos queda por ver de Planck para el próximo año? Y sobre todo, ¿qué ha representado Planck para la comunidad española?

José Alberto Rubiño Martín
Instituto de Astrofísica de Canarias.
jose.alberto.rubino@iac.es

Primeros resultados de la misión

Tras COBE (1989-1993) y WMAP (2001-2010), Planck es considerado como un experimento de "tercera generación" para medir las anisotropías del fondo cósmico de microondas (FCM). Ha observado el cielo desde L2 en nueve bandas espectrales, cubriendo el rango de 30 a 857GHz (1cm a 350μm), con una resolución angular entre 31' y 5'. El satélite disponía de dos instrumentos: el "Low Frequency Instrument" (LFI), que cubría el rango de 30, 44 y 70GHz con amplificadores de bajo ruido enfriados a 20K; y el "High Frequency Instrument" (HFI), que cubría las bandas de 100, 143, 217, 353, 545 y 857GHz con bolómetros enfriados a 0.1K, y que suponía todo un desafío tecnológico.

La sensibilidad del satélite Planck (unas 15 veces mejor que WMAP), su resolución angular (tres veces mejor que WMAP) y su amplio cubrimiento en frecuencia, lo convierten en una herramienta única no solamente para la Cosmología, sino también para estudiar las emisiones Galácticas y extra-galácticas en este dominio de frecuencias. En Marzo de 2013 se presentaron los primeros resultados cosmológicos, basados en el periodo de observación de 15.5 meses que va desde el 12 de Agosto de 2009 al 27 de Noviembre de 2010, y que constituye la duración nominal de la misión. En este periodo se realizaron dos cubrimientos completos del cielo en las nueve bandas de observación.

El estudio detallado de los mapas de la misión nominal de Planck nos confirma un modelo cosmológico descrito por la Relatividad General, con materia oscura fría y constante cosmológica, donde las "condiciones iniciales" estarían generadas durante una etapa inflacionaria, y tendrían un espectro inicial que no es invariante con la escala. Quizás los resultados más llamativos han sido la medida del contenido energético del Universo y la constante de Hubble. En particular, los valores obtenidos de $\Omega_m=0.307\pm0.019$, $\Omega_\Lambda=0.693\pm0.019$, y $H_0=67.9\pm1.5$ km/s/Mpc, nos hablan de un Universo con un contenido en materia ligeramente mayor al que había determinado WMAP, y con una edad unos 100 millones de años mayor que las estimaciones anteriores. Después de Planck, sabemos que el Universo tiene una edad de 13.800 millones de años.

En pequeñas escalas angulares, la imagen que nos llega del FCM está distorsionada debido al efecto lente gravitatoria producido por la distribución global de la materia a gran escala en nuestro Universo. Planck ha proporcionado por primera vez una detección de dicho efecto en sus mapas a todo el cielo, permitiendo incluso una reconstrucción del potencial

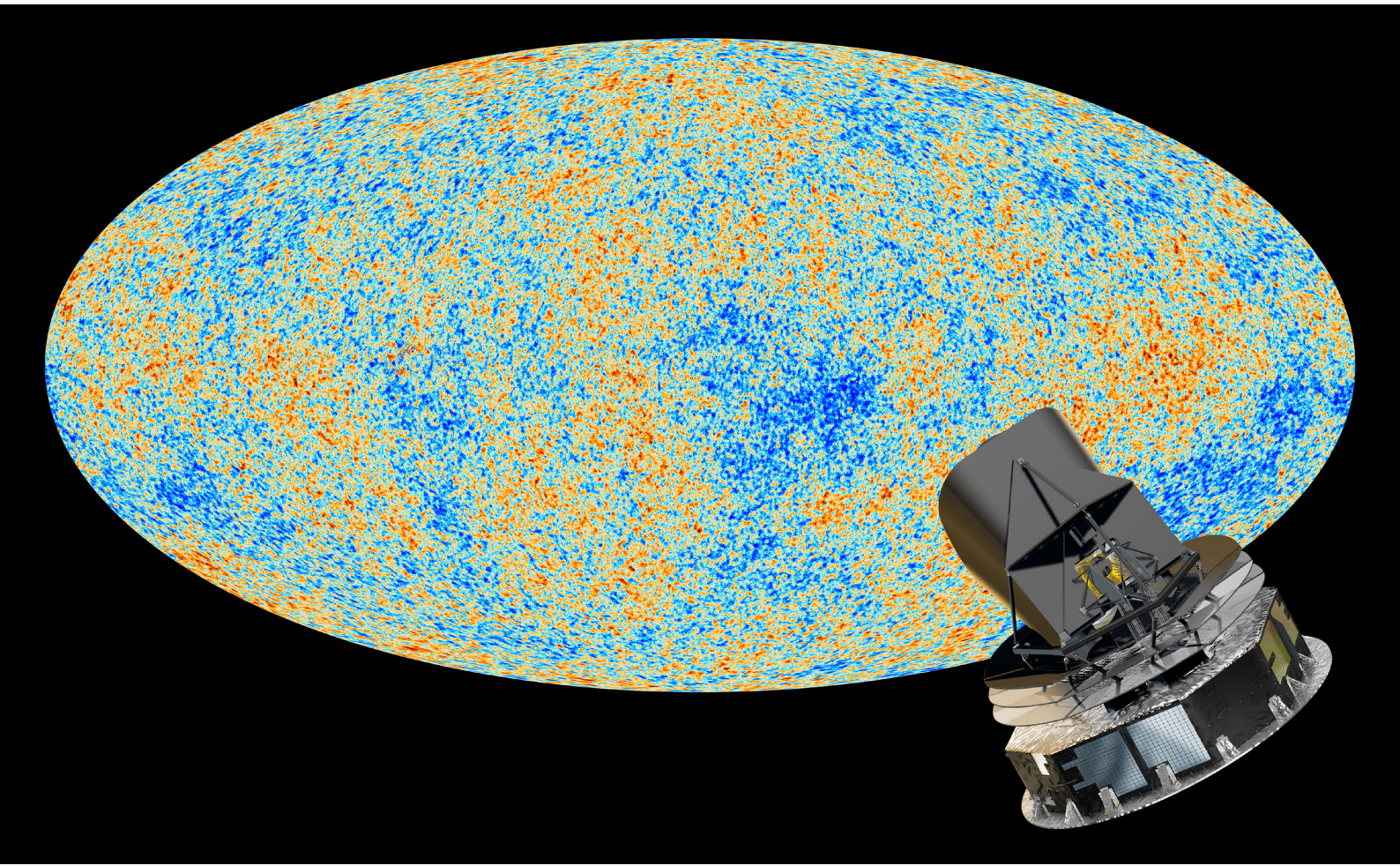
gravitatorio integrado desde nosotros hasta la época de la recombinación (principalmente dominado por estructuras a desplazamiento al rojo del orden de z=2). Esta detección es de enorme importancia, ya que nos permite romper determinadas degeneraciones entre los parámetros cosmológicos inherentes a los datos del FCM, tales como la propia medida de la geometría global del Universo.

Más allá del modelo estándar cosmológico

La precisión de los datos de Planck permite no solamente acotar los parámetros del modelo estándar con precisiones sin precedentes, sino también explorar posibles desviaciones o extensiones de dicho modelo. Pues bien, llama la atención que el resultado más relevante es precisamente la ausencia de evidencia a favor de cualquiera de las extensiones propuestas. Por ejemplo, según Planck, nuestro Universo es compatible con curvatura nula con precisiones mejores que el 0.5%. No se encuentra evidencia de una contribución adicional de neutrinos relativistas más allá de las tres familias del modelo estándar, ni de energía oscura dinámica; y no se encuentran desviaciones respecto al escenario inflacionario más sencillo. Planck tampoco encuentra evidencia de desviaciones respecto a la Gaussianidad de origen primordial, proporcionando restricciones importantes sobre la existencia de cuerdas cósmicas, defectos topológicos, o campos magnéticos primordiales. Sin embargo, los datos confirman la presencia de las enigmáticas desviaciones respecto a la isotropía ya medidas por WMAP en grandes escalas angulares, tales como la asimetría de potencia entre los dos hemisferios eclípticos, o la gran mancha fría.

Finalmente, hay que destacar que Planck ha podido detectar 1227 cúmulos de galaxias en todo el cielo usando su señal Sunyaev-Zeldovich (SZ). Aunque muchos de ellos eran conocidos previamente, esta muestra constituye el mayor catálogo de cúmulos de galaxias de todo el cielo publicado hasta la fecha. Estos cúmulos proporcionan a su vez medidas independientes de algunos parámetros cosmológicos que parecen estar en tensión con los datos de Planck del FCM, y que podrían apuntar hacia física relacionada con el sector de los neutrinos, y en particular, una posible medida indirecta de sus masas.

Planck y el fondo cósmico de microondas. Crédito: ESA.



La participación española en Planck

Desde el año 1993, cuando se empezó a gestar el primer concepto del satélite y sus dos instrumentos (llamados entonces COBRAS/SAMBA), han sido varios los grupos e instituciones españoles que han participado en el desarrollo de la misión. Atendiendo a los desarrollos instrumentales y la contribución a la carga útil de Planck, han sido tres las instituciones involucradas. Para el instrumento de baja frecuencia (LFI), el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) construyó la electrónica de control del radiómetro (REBA), y contribuyó al conmutador de fase y al software de compresión de datos del satélite. El Departamento de Ingeniería de las Comunicaciones (DICOM) de la Universidad de Cantabria y el Instituto de Física de Cantabria (IFCA) desarrollaron los módulos traseros de los radiómetros de 30GHz y 44GHz. Por otro lado, la Universidad de Granada participó en la construcción del HFI, con la fabricación del regulador de pre-carga para el complejo sistema de enfriamiento del instrumento. En perspectiva, podemos concluir que la misión ha sido un éxito del que debemos sentirnos partícipes.

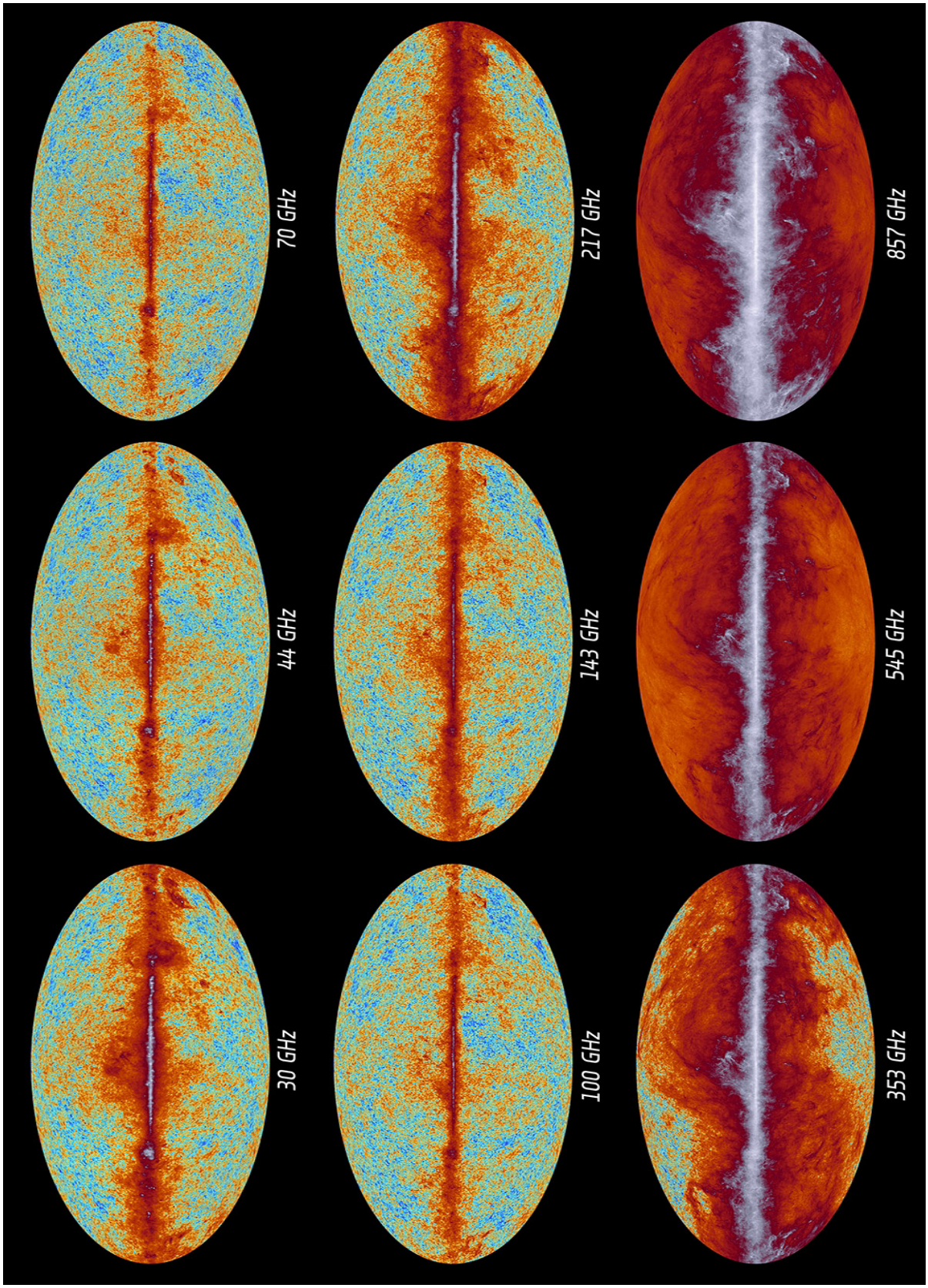
Sin embargo, han sido muchos más los investigadores y centros que han participado (y siguen participando) en la fase de explotación científica de la misión, tomando en muchos casos un papel de liderazgo. Así, además de los grupos de cosmología del IAC, IFCA y la Universidad de Granada, también han contribuido investigadores de la Universidad de Oviedo, CEFCA, la Universidad de Salamanca o del IEEC. Es de destacar que, en particular, desde España hemos coordinado tres de los siete grupos centrales de ciencia de la misión (el de isotropía y estadística; el de cúmulos de galaxias y anisotropías secundarias; y el de fuentes extra-galácticas), así como hemos liderado algunos proyectos específicos (entre otros, el estudio del ISW; la caracterización de la señal SZ cinética; el estudio de magnetismo de origen primordial en el Universo; o la caracterización de las contrapartidas ópticas de los nuevos cúmulos SZ en la que el GTC está teniendo un papel relevante).

¿Qué esperamos de Planck en 2014?

A partir de mediados del próximo año, la colaboración Planck hará públicos los mapas de la misión completa del satélite. A diferencia de los mapas publicados en 2013, los nuevos mapas contendrán también la información sobre la polarización lineal. La incorporación de esta información adicional, junto con el incremento del número de horas de integración (más de cinco coberturas de cielo completas con el HFI, y ocho con el LFI), y la mejora en nuestra comprensión de los efectos sistemáticos y el procesado de los datos del satélite, nos permitirán responder a algunos de los interrogantes que han quedado abiertos hasta el momento, y nos proporcionarán la descripción más completa que nunca hemos tenido sobre las propiedades globales del Universo. Especialmente, las medidas de polarización pueden abrir una nueva ventana al estudio de la época inflacionaria, con nuevas restricciones sobre la presencia de modos B primordiales.

Por último, quisiera volver a resaltar que los mapas y productos asociados (catálogos de fuentes, cúmulos de galaxias, etc.) de Planck constituyen un legado de enorme valor científico, y que están disponibles para su uso por toda la comunidad [1]. No cabe duda de que aún se puede hacer mucha ciencia con estos mapas.

[1] http://pla.esac.esa.int/pla/aio/



El cielo visto por Planck. Crédito: ESA

ACTIVIDADES DIVULGATIVAS

Recientemente la SEA aprobó un programa de ayudas para la realización de actividades de divulgación de la Astronomía realizadas por miembros de esta sociedad. Con una periodicidad bimensual la Junta Directiva ha estado valorando diferentes propuestas, y aprobando varias de ellas que aparecen listadas en la siguiente página de la web de la SEA:

http://www.sea-astronomia.es/drupal/content/actividades-financiadas-por-la-sea

Algunas de estas actividades ya se han llevado a cabo y para este número del boletín, hemos pedido a sus artífices que nos escribieran una breve reseña sobre las mismas.

A touch of the Universe - *Amelia Ortiz (OAUV)*

Se trata de una misión sin ánimo de lucro que tiene como fin crear treinta kits con actividades astronómicas táctiles destinadas a niños con problemas de visión. El Observatori está distribuyendo actualmente estos paquetes o astrokits enviándolos a educadores y profesores de Astronomers Without Borders, Universe Awareness (UNAWE) y Galileo Teacher Training Program (GTTP) en América, África y Asia. Cada uno de los treinta astrokits está compuesto por diversas piezas, entre las que destacan una esfera que simula el relieve lunar y una semiesfera que representa las principales constelaciones. Estas últimas, además, también son palpables en tres maquetas en 3D que recrean la distancia respecto a la Tierra de cada una de las estrellas que componen Orión, la Osa Mayor y Tauro, por ejemplo.

El resto del astrokit lo componen un pequeño libro sobre las fases de la Luna, otro con actividades y unas láminas con imágenes astronómicas en relieve que la NASA realizó para el Año Internacional de la Astronomía. Todo ello bajo la sinfonía del espectáculo de planetario 'El cielo en tus manos', un DVD incluido en el paquete con explicaciones en inglés, español y portugués. Dos locutores ayudan al niño a palpar los relieves de las constelaciones mientras le explican todo lo relacionado con lo que está tocando, como el color de la luz de una estrella o la historia de las constelaciones.

Es un material que, en un principio, está dirigido a niños y jóvenes, adaptado totalmente al braille, pero también es extensible a personas invidentes de todas las edades. En las aulas de los países sin recursos,

El Astrokit de "A touch of the Universe"

los profesores no disponen a veces de los medios necesarios y adecuados para ayudar a los niños con discapacidad o deficiencia visual. Este inconveniente es el que pretende subsanar este proyecto solidario que supone la continuación de uno anterior en el que se enviaron veinte lunas desde Argentina hasta La India. La satisfacción de los educadores, su entusiasmo y su colaboración con la propuesta de mejoras condujeron a esta segunda parte del proyecto.

Estaba previsto que en diciembre de este año el proyecto hubiera finalizado con el envío de todos los astrokits, pero hasta la fecha falta financiación para este último paso. Concretamente, son 2.000 euros los necesarios para hacer llegar las dieciocho cajas restantes a sus destinatarios. Es por ello que los responsables de este proyecto solidario han decidido poner en marcha una nueva campaña de financiación a través de la fórmula del micromecenazgo utilizando la plataforma universitaria Uniempren. Así, las personas u organizaciones que deseen colaborar pueden hacerlo mediante su página web: www.uniempren.es

Más información:
http://astrokit.uv.es/
http://www.uniempren.es/69_a_touch_of_the_universe

Con A de astrónoma - *Josefa Masegosa (IAA)*
Desde hoy y hasta finales de febrero, el Parque de las Ciencias ofrece una recorrido por el desarrollo científico de esta disciplina y el importante papel que han desempeñado las mujeres en su avance desde la antigüedad hasta nuestros días. 'Con A de Astrónomas' llega al museo con un atractivo montaje que incluye fotografías, interactivos y parte del material de atrezzo, réplica de instrumentos antiguos y estatuas, de la película Ágora, dirigida por Alejandro Amenábar.

Se presenta así un atractivo viaje por la historia en el que los visitantes descubrirán nombres de mujeres como Aglaonike, que predecía eclipses de Luna en la Grecia clásica, Caroline Herschel, que colaboró en el hallazgo de Urano y descubrió la galaxia Andrómeda; Carolyn Shoemaker, batió el récord en el descubrimiento de cometas en solitario; Cecilia Payne, primera mujer en obtener un doctorado en Astronomía en Harvard/Radcliffe, o Jocellyn Bell, que descubrió los púlsares, aunque el Premio Nobel por este hallazgo se lo concedieron a su director de tesis.

La exposición, ideada por el grupo "Ella es una Astrónoma" del Año Internacional de la Astronomía, y de la que se ocupa en la actualidad la "Comisión Mujer y Astronomía" de la Sociedad Española de Astronomía se suma a los contenidos que el museo dedica a la astronomía a través de espacios permanentes como el Planetario, el Jardín de Astronomía y el Observatorio Astronómico y de actividades mensuales como el programa 'Noches de Astronomía', diseñado para introducir a todos los públicos en este ámbito de una forma amena y sencilla y en el que se incluyen observaciones para conocer y reconocer cómo es el cielo de cada mes.

Exposición "Con A de astrónoma"

III Escuela de Astronomía en Arcos de las Salinas - *Luisa Valdivielso (CEFCA)*

Por tercer año consecutivo se ha celebrado en Arcos de las Salinas (Teruel) una nueva edición de la Escuela de Astronomía que desde el Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) se viene organizando como parte de las actividades de outreach que se llevan a cabo desde la Fundación, y que en esta ocasión ha estado dedicada al mundo de las estrellas. La Escuela se ha desarrollado con el patrocinio del CEFCA y la SEA, y la colaboración del Ayuntamiento de Arcos de las Salinas y la Agrupación Astronómica de Teruel (Actuel).

El curso, de carácter teórico-práctico, tiene el objetivo de acercar la Astronomía y la Astrofísica de manera divulgativa y formativa de la mano de los propios investigadores, estando los contenidos especialmente adaptados para quienes toman contacto por primera vez con la Astronomía e iniciando a los participantes en la observación del cielo mediante el uso de prismáticos y telescopios a través de sesiones prácticas. Durante el curso, se organiza además una salida para visitar las instalaciones del Observatorio Astrofísico de Javalambre, donde los participantes pueden disfrutar de una toma de contacto directa con un observatorio de carácter profesional.

En esta tercera edición, celebrada del 4 al 6 de octubre de 2013, casi 60 personas, entre participantes, monitores y ponentes provenientes de diferentes universidades y centros de investigación estuvieron presentes. El programa contó con la participación de investigadores y profesores del Centro de Astrobiología, la Universidad de Valencia, la Universidad Politécnica de Cataluña y el CEFCA, además de la colaboración activa como monitores durante las actividades prácticas de astrónomos aficionados de Actuel.

Cabe destacar la acogida y el éxito de la convocatoria, que puede medirse comparando las más de cien inscripciones que el CEFCA ha recibido este año frente a las 35 plazas que se ofrecen para participar, y que cada año van en aumento. El buen ambiente de las propias jornadas y la valoración altamente positiva que tanto ponentes, monitores y participantes manifestaron a lo largo de la Escuela. Los resultados de la encuesta aportada por los propios participantes son un fiel reflejo del buen desarrollo de la misma, la organización y la calidad de las ponencias realizadas.

Participantes en la III Escuela de Astronomía en Arcos de las Salinas

El Universo en un minuto - *Alberto Fernández (IFCA)*

Hemos conseguido una ayuda de la SEA para financiar parcialmente la realización de una serie de diez vídeos muy breves enfocados a presentar conceptos básicos de Astronomía al público general. En cada uno de ellos, de dos minutos como máximo de duración, se responde de modo conciso a la vez que preciso a una pregunta concreta. Los vídeos son presentados por actores a los que se añaden imágenes, vídeos, o animaciones (en muchos casos de diseño original) que acompañan el tema.

El destino inmediato de estos vídeos es la difusión por internet, a través tanto de redes sociales, de la página web de la SEA, o de la página de CONEC, portal de divulgación científica patrocinado por la Generalitat Valenciana, la Universitat de València y la Confederación de Sociedades Científicas Españolas (COSCE). En el futuro cercano los ofreceremos también a televisiones de ámbito regional o nacional, que puedan hacer uso de ellos como miniespacios de divulgación.

Los títulos ya producidos y publicados son:

- ¿Qué es un cuásar?
- ¿Para qué queremos telescopios tan grandes?
- ¿Qué es una supernova?
- ¿Hay otros tipos de luz?
- ¿Cómo se forman los planetas?
- ¿Hay vida en otros planetas?
- ¿Hay terremotos en las estrellas?
- ¿Es el universo infinito?
- ¿Existen los agujeros negros?
- ¿Son peligrosas las explosiones solares?

Para la realización de estos vídeos hemos contado, además de con la ayuda de la SEA, con otra del Observatori Astronòmic de la Universitat de València por valor de 1000 euros y otra de la FECyT (a través de conec.es) de 2000 euros. Los vídeos se han realizado con la colaboración de científicos del OAUV y del Instituto de Física de Cantabria (CSIC-UC) experimentados en la elaboración de guiones y realización de vídeos similares, que pueden verse también en http://www.conec.es.

Participantes socios de la SEA: Alberto Fernandez Soto, Amelia Ortiz Gil, Vicent Martinez Garcia, Juan Fabregat Llueca

XIII Jornadas de divulgación de la Astronomia, en Alicante, 1ª parte - *Adriano Campo (UA)*

Del 11 de octubre al 15 de noviembre, en la Sede de la Universidad en Alicante, situada en pleno centro de la ciudad, se celebró la primera parte de las XIII Jornadas de divulgación de la Astronomía, parcialmente patrocinadas por la Sociedad Española de Astronomía.

La actividad, con más de una década de recorrido, ha ido trayendo a Alicante a más de 30 investigadores españoles y extranjeros de renombre, que han compartido sus conocimientos con el público alicantino a lo largo de estos años. Las Jornadas son ya una actividad consolidada en el panorama cultural alicantino y una cita muy esperada por los ciudadanos interesados en la Astronomía en la provincia.

Como de costumbre, la actividad fue organizada de nuevo por los grupos de investigación en Astronomía y Astrofísica del Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante (UA).

Las jornadas consistieron en cuatro conferencias divulgativas a cargo de investigadores invitados y de otros pertenecientes a los grupos de la propia UA.
La acogida de público fue una vez más buena, y un público variado de astrónomos aficionados, universitarios y personas que se acercan a la astronomía por primera vez, participó con interesantes preguntas y debates al final de cada conferencia.

La segunda parte de estas Jornadas de divulgación se desarrollará en la próxima primavera.

Programa de las Jornadas:

- Viernes, 11 de octubre. Gonzalo Tancredi (Universidad de la República. Montevideo, Uruguay): Conglomerados granulares en asteroides y cometas.
- Viernes, 18 de octubre. Ignacio Negueruela Díez (Universidad de Alicante): El nacimiento de las estrellas.
- Jueves, 7 de noviembre. Artemio Herrero Davó (Instituto de Astrofísica de Canarias y Universidad de la Laguna. Tenerife): La primera estrella.
- Viernes, 15 de noviembre. Adriano Campo Bagatin (Universidad de Alicante): Misión Marco Polo: viaje de ida y vuelta a un asteroide.

Universo fascinante - *A.M. Marín y X. Barcons (IFCA)*
Del 23 de Septiembre al 18 de Octubre de 2013, en la Biblioteca Central de Cantabria (Calle Ruiz de Alda, 19, Santander), el Instituto de Física de Cantabria (IFCA, CSIC-UC), en colaboración con el Observatorio Europeo Austral, trajo hasta Santander la muestra "Universo Fascinante – El cosmos a través de los ojos del observatorio europeo austral". Entorno a la misma, se organizaron multitud de actividades: visitas guiadas, ciclo de conferencias, concurso de dibujos… Todas resultaron ser un éxito rotundo. La exposición, que conmemora el 50 aniversario de ESO, estuvo abierta al público en el horario normal de la Biblioteca: de 9 de la mañana a 9 de la noche de lunes a viernes, y sábados de 9 de la mañana a 2 de la tarde. Esta actividad contó con el patrocinio de la Sociedad Española de Astronomía y de la Real Sociedad Española de Física.

La muestra, compuesta por 50 imágenes astronómicas, reproducidas en gran tamaño y de enorme calidad, fue complementada con 11 posters con información sobre actividades industriales realizadas por empresas españolas trabajado para ESO; una maqueta de la cúpula y estructura del telescopio E-ELT, cedida por la empresa IDOM; y una exposición de fondos bibliográficos antiguos relacionados con la astronomía, cedida y expuesta por la propia Biblioteca.

Las visitas guiadas, dirigidas a escolares y asociaciones, se realizaron en horario de mañana, bajo petición previa. También, en horario de tarde, de 18h a 19h, hubo visitas guiadas libres y abiertas a todo el público interesado. Sólo a través de las visitas guiadas, visitaron la exposición más de un millar de personas, sin contar el constante goteo de visitantes que se acercaron a la misma por su cuenta.

Imágenes de la muestra "Universo Fascinante"

Se impartieron un total de cinco conferencias a lo largo de las cuatro semanas que se mantuvo la muestra:

- ESO: 50 años construyendo y operando los telescopios más potentes, por Xavier Barcons (IFCA).
- Planetas y vida, por Agustín Sánchez (EHU/UPV).
- ¿De qué está hecho el Universo?, por Patricio Vielva (IFCA).
- El impacto de las tecnologías astronómicas en la vida cotidiana, por Natalia Ruiz Zelmanovitch (CAB).
- Galaxias: las ciudades donde viven las estrellas, por Almudena Alonso (IFCA).

En todas ellas, prácticamente se completó el aforo, contando con un público de más de 100 personas. Así, se contabilizaron en total a más de 550 asistentes.

Cabe por último hacer referencia al impacto mediático que el evento tuvo a nivel regional. Fueron abundantes las noticias que se publicaron tanto en prensa, como en radio y televisión con información al respecto.

En definitiva, el objetivo de la exposición, que era acercar la astronomía y en concreto la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral al público, se cumplió con creces.

ECOS DE (LA) SOCIEDAD

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.

BAILE DE DIRECTORES

Durante el segundo semestre del año hemos tenido un bonito baile de directores en algunos centros de nuestro país.

En junio José María Quintana González fue nombrado nuevo director de Calar Alto. Tiene por delante la difícil tarea de mantener activo uno de los observatorios más emblemáticos e importantes de nuestra historia reciente (no olvidemos que es el más grande de la Europa continental y el gran número de astrónomos españoles que se ha formado en él). ¡Felicidades por el nombramiento y mucha suerte!

En agosto, Rafael Rebolo se hizo cargo de la dirección del Instituto de Astrofísica de Canarias. Nuestras más sinceras felicitaciones desde aquí, y muchos ánimos.

Y mientras esto ocurría, en otro observatorio seguramente se ha batido el récord de velocidad en cambios de directores (y si no es así, que nos informen de ello, por favor). En marzo nuestro colega Eduardo Ros era nombrado director del Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia. En julio Eduardo retomó un puesto de dirección en el Max Planck de Radioastronomía en Bonn, y dejó paso a otro radioastrónomo en la dirección del Observatorio, José Carlos Guirado, al que deseamos ciertamente un mandato más longevo que el de su antecesor. ¡Felicidades a ambos por sus nombramientos!

PREMIO JOSÉ MARÍA SAVIRÓN DE DIVULGACIÓN

Vicent J. Martínez ha conseguido el Premio Nacional José María Savirón de Divulgación Científica de este año 2013, un reconocimiento promovido por varias sociedades científicas de Aragón y la Universidad de Zaragoza. La entrega del premio tuvo lugar el pasado 28 de noviembre en la Sala de Grados de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.!

LA EXPOSICIÓN CON "A DE ASTRÓNOMAS", EN GRANADA

La exposición 'Con A de astrónomas' podrá visitarse en el Parque de las Ciencias de Granada hasta finales del mes de febrero. Se trata de un completo montaje que incluye fotografías, interactivos y parte del material de atrezzo, réplicas de instrumentos antiguos y estatuas, de la película Ágora, dirigida por Alejandro Amenábar..

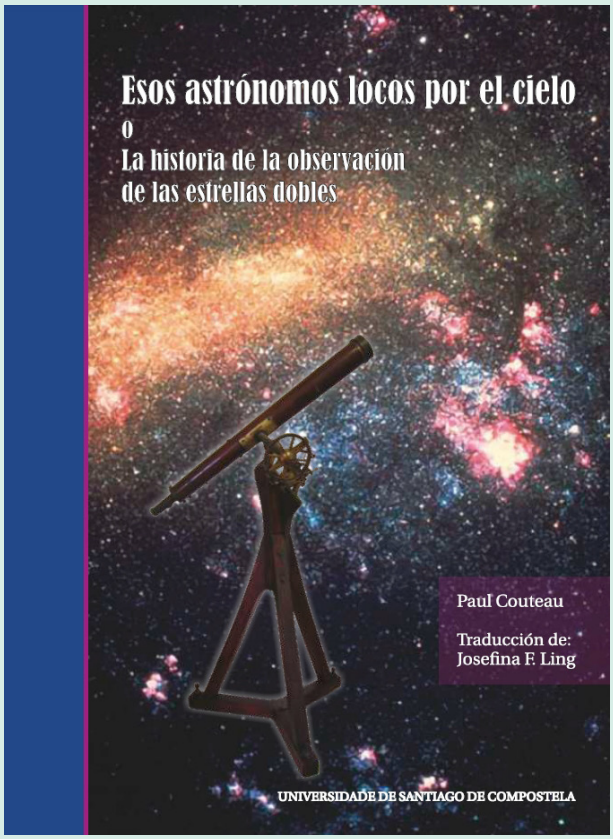
XI REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SEA

Y para acabar, ya ha visto la luz la web de la próxima reunión de nuestra Sociedad en Teruel, que además tiene un sabor especial (no sólo por el jamón): es la primera de las reuniones científicas de nuestra sociedad en que tanto el LOC como el SOC están encabezados por mujeres: Luisa Valdivielso preside el LOC y Francesca Figueras el SOC.

¡Esperamos veros allí a todos y feliz solsticio!

ESOS ASTRÓNOMOS LOCOS POR EL CIELO

Paul Couteau
Traducción: Josefina F. Ling
ISBN: 978-84-15876-72-4
Servicio de Publicaciones e Intercambio
Científico de la Universidad de Santiago



Esos locos por el cielo son personas que han consagrado su vida, y a menudo su fortuna, a la investigación y al estudio de las estrellas dobles; unos enigmáticos sistemas estelares que se dedican a jugar al escondite mientras danzan un vals misterioso.

Muchos fueron los esfuerzos realizados para poder recoger esa maravillosa cosecha de oro que nos proporcionan los campos celestes. Un ejemplo de ello ha sido la competición por la instalación de telescopios refractores gigantes en alta montaña, que ha contado con la participación de intrépidos astrónomos.

Desde Sir William Herschel, el organista y genial astrónomo, que propuso en los albores del siglo XIX la distribución del Universo en galaxias, pasando por el pastor anglicano que descubrió verdaderas joyas celestes, hasta los actuales equipos internacionales de investigación dotados de los mayores telescopios; todos, han buscado con la misma pasión y más allá del mero espectáculo que constituye la eternidad de estos pares celestes, la Piedra Filosofal, el secreto de la alquimia estelar y los medios para derribar el muro que aprisiona nuestro conocimiento.

El autor es uno de esos locos por el cielo, que lo ha observado casi todas las noches y que sabe de lo que habla. Nadie mejor que él para sumergirnos en la aventura de conocer estos objetos estelares, tanto desde el punto de vista científico como histórico, pues se trata de una de las máximas autoridades en esta materia: descubridor de más de 2700 estrellas binarias, ha sido director del Centro Europeo de Estrellas Dobles (Observatorio de Niza) durante mas de 40 años, presidente de la Comisión 26 de la Unión Astronómica Internacional y autor de numerosos libros de astronomía.

A pesar de los 25 años transcurridos desde la edición original francesa, esta obra no ha perdido su vigencia, ya que la historia nunca muere y la atracción que todavía suscita, especialmente en el ámbito de la astronomía no profesional, ha sido entre otras una de las razones para ofrecer a los lectores de habla hispana su transcripción. De todos modos, y a sugerencia del propio autor, se ha incluido un último capítulo de actualización escrito por Josefina F. Ling.

Josefina F. Ling

Estructura y naturaleza de binarias de rayos gamma mediante observaciones VLBI

Autor: Javier Moldón (moldon@astron.nl)
Tesis doctoral dirigida por: Marc Ribó y Josep Maria Paredes
Centro: Universitat de Barcelona
Fecha de lectura: 5 de julio de 2012

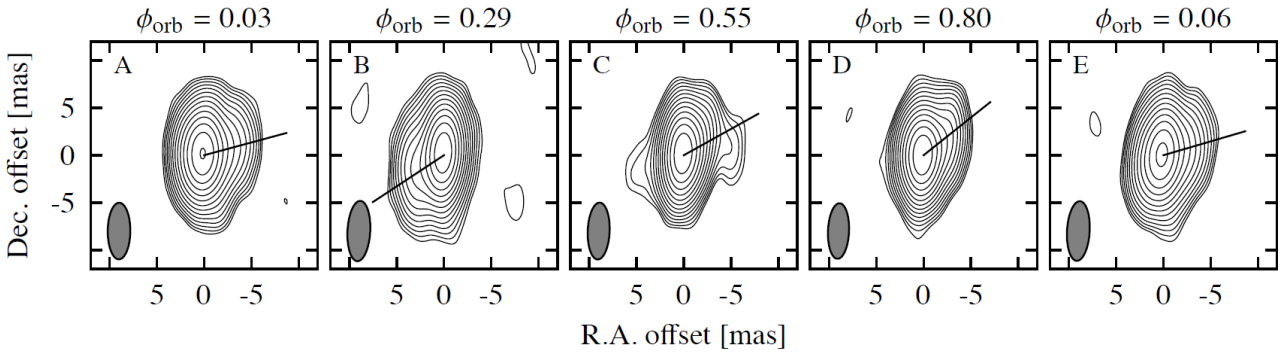
Las binarias de rayos gamma son sistemas extremos formados por una estrella masiva y un objeto compacto, agujero negro o estrella de neutrones, capaces de producir emisión no-térmica desde longitudes de onda radio hasta rayos gamma de muy alta energía (TeV). Su emisión a lo largo del espectro electromagnético está modulada por el ciclo orbital del sistema, lo que sugiere que las condiciones físicas son también periódicas, y por lo tanto reproducibles, convirtiendo a las binarias de rayos gamma en excelentes laboratorios físicos en los que estudiar procesos de aceleración de partículas, difusión, emisión y absorción. Sin embargo, estos sistemas son relativamente escasos, tan solo se conocen alrededor de cinco binarias de rayos gamma, y con propiedades muy diversas. Además, su fuente de energía, gravitacional o electromagnética, es desconocida en la mayoría de casos.

Estos sistemas producen chorros de material relativista detectables mediante observaciones radio de alta resolución espacial. En particular, la técnica de interferometría de muy larga línea de base (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) ofrece resoluciones de pocos milisegundos de arco. En esta tesis se presenta el estudio de cinco binarias de rayos gamma, una de ellas candidata, utilizando las mayores redes VLBI: la red americana (Very Long Baseline Array, VLBA), la red europea (European VLBI Network, EVN) y la red australiana (Australian Long Baseline Array, LBA), según las necesidades de cada caso. Para entender el comportamiento de la estructura radio se han realizado observaciones en diferentes fases orbitales del sistema binario y, cuando ha sido posible, en diferentes longitudes de onda.

Al inicio de esta tesis doctoral tan solo se conocía la estructura de dos de los sistemas, LS 5039 y LS I +61 303, y únicamente para el segundo se había hecho un estudio de su variabilidad. En los trabajos presentados en esta tesis se han encontrado cambio periódicos en las estructuras de ambos sistemas y se ha descubierto emisión extendida en dos nuevos sistemas, PSR B1259–63 y HESS J0632+057.

En particular se ha estudiado el sistema LS 5039, compuesto por una estrella O y un objeto compacto degenerado de masa desconocida, y con un periodo orbital de 3.9 días. Observaciones de este sistema, cuya emisión extendida ya era conocida y se creía persistente, han mostrado que su estructura radio es variable. Para caracterizar el comportamiento de la morfología del sistema se llevó a cabo un estudio multi-época y multi-longitud de onda. Los resultados muestran importantes cambios en la orientación de la emisión extendida a lo largo de ciclo orbital (ver Figura). Dichas variaciones, además, son periódicas, como se ha mostrado mediante la recopilación de todas las observaciones VLBI de la fuente, obtenidas en los últimos 10 años. Para explicar estos cambios, se ha desarrollado un modelo de la evolución del chorro de partículas relativistas asumiendo la presencia de un púlsar joven no-acretante cuyo viento colisiona con el viento no relativista de la estrella. Nuestras simulaciones describen los cambios observados y nos permiten estimar parámetros geométricos del sistema, así como la masa del objeto compacto, que es también compatible con una estrella de neutrones. Estos resultados fortalecen la idea de que la fuente de energía del sistema es electromagnética, y no gravitacional. Por otro lado, se ha medido la velocidad espacial de LS 5039 dentro de la Galaxia y se han estudiado los posibles orígenes del sistema, así como su posible edad.

Asimismo se han realizado observaciones y análisis para las binarias de rayos gamma PSR B1259–63, LS I +61 303 y HESS J0632+057, para las que se ha encontrado morfología extendida y variabilidad orbital, y de la candidata AGL J2241+4454, para la que no se ha encontrado emisión radio. Estos resultados han permitido establecer las propiedades básicas del comportamiento de la emisión radio de las binarias de rayos gamma, y se ha contribuido a encontrar propiedades comunes a ellas, lo que ha permitido definir una nueva herramienta para clasificar estos sistemas. Los resultados también han servido para fortalecer la idea de la posible presencia de un púlsar joven no-acretante en todos los sistemas conocidos, lo cual determina su fuente de energía y por lo tanto su naturaleza.



Imágenes de LS 5039 obtenidas con el VLBA a 5 GHz durante cinco días consecutivos en 2007 (Moldón et al., 2012, A&A, 548, A103). La fase orbital de cada observación está indicada sobre cada imagen. Las líneas indican la dirección de la componente más brillante según el ajuste de los datos uv. La morfología radio en escalas de millisegundos de arco (1 mas ~ 2.9 AU) es variable, con cambios en menos de 24 horas (épocas A y B). Imágenes en fases orbitales similares muestran morfologías muy parecidas (épocas A y E), mostrando que los cambios son periódicos.

Las estrellas como laboratorios cosmológicos: iluminando la materia oscura

Autor: Jordi Casanellas (jordicasa@gmail.com)
Tesis doctoral dirigida por: Ilídio Lopes
Centro: CENTRA, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal
Fecha de lectura: 24 de diciembre de 2012

Uno de los misterios más interesantes de la ciencia moderna es el descubrimiento de que el 83% de toda la materia del Universo existe en una forma desconocida, llamada materia oscura, diferente de todos los tipos de materia hasta hoy conocidos. A pesar de los muchos esfuerzos y recursos dedicados a investigar el problema de la materia oscura, aún no ha sido posible identificar su naturaleza. En esta Tesis hemos propuesto un enfoque innovador, complementario a las actuales búsquedas de materia oscura: el uso de las propiedades de las estrellas para investigar qué es la materia oscura.

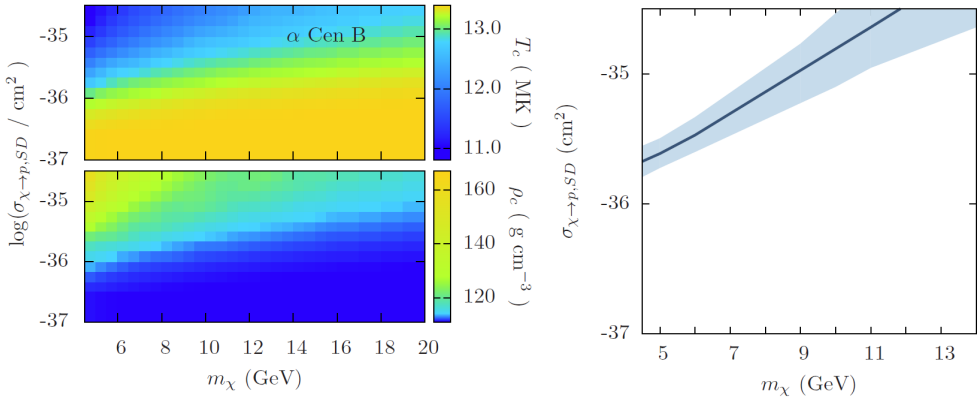
El primer resultado de nuestras simulaciones, con un código de evolución estelar modificado, fue descubrir que las características de las estrellas de pequeña masa podrían cambiar debido a la captura y aniquilación de partículas de materia oscura en su interior. En entornos con densidades de materia oscura muy altas, como se prevén en el centro de nuestra Galaxia, estas estrellas tendrían luminosidades, temperaturas efectivas y tiempos de vida diferentes a las que se conocen en la teoría de evolución estelar clásica. Además, demostramos que las oscilaciones estelares podrían ser usadas para identificar estas modificaciones debido a la inusual presencia de un núcleo convectivo en estrellas de tipo solar. Sin embargo, su localización particular y su baja luminosidad hacen que su observación directa sea actualmente muy difícil.

También estudiamos el impacto de la materia oscura en las propiedades globales de cúmulos estelares, y encontramos características muy peculiares de la aniquilación de materia oscura en las estrellas. En entornos con mucha materia oscura la apariencia del cúmulo podría variar, incrementando la luminosidad del segmento inferior de la secuencia principal y del desvío hacia la fase de gigante roja.

Uno de los resultados más destacados de esta Tesis fue que conseguimos, por primera vez, poner límites a las características de ciertos tipos de partículas de materia oscura usando observaciones astrosismológicas de estrellas cercanas. Ciertos modelos de partículas de materia oscura, como la materia oscura asimétrica, no se aniquilarían en el interior de las estrellas pero proporcionarían un eficaz sistema de enfriamiento del núcleo estelar, alterando sus propiedades. Comparando nuestros modelos y las oscilaciones de Alfa Centauri B conseguimos restringir la masa y la sección eficaz de interacción de las hipotéticas partículas de materia oscura (ver Figura).

Este trabajo supone el principio de una nueva estrategia para investigar la naturaleza de la materia oscura, y coincide con el florecer de la astrosismología, con centenares de estrellas recientemente observadas por las misiones Kepler y CoRoT. Nuevos estudios astrosismológicos de estrellas con una masa inferior a la del Sol o de gigantes rojas podrían restringir aún más las características de la materia oscura. Además, el método desarrollado en esta Tesis puede permitir, en un futuro próximo, la medición de la densidad de materia oscura en el entorno de cualquier estrella observada con la suficiente precisión.

Además de estos resultados, en esta Tesis aplicamos la misma filosofía al área de las teorías de la gravitación. Estudiamos una teoría de gravedad modificada basada en las ideas de Eddington (Born-Infeld Gravity), que es equivalente a la relatividad general excepto dentro de la materia. Esta característica le permite superar todas las pruebas experimentales a las que se somete la teoría original de Einstein, pero al mismo tiempo mantiene particularidades en cosmología y en el colapso de objetos compactos que la hacen muy interesante a nivel teórico. Si esta teoría fuese cierta, alteraría también, de forma ligera, la evolución y propiedades del Sol. Comparando nuestro modelo solar, que incluye las modificaciones derivadas de una nueva ecuación de Poisson, con las mediciones de la heliosismología y de los flujos de los neutrinos solares, conseguimos por primera vez poner límites al único parámetro de esta teoría. Las diversas líneas de investigación seguidas en esta Tesis son ejemplos de cómo se puede usar las estrellas como laboratorios cosmológicos.



La figura de la izquierda muestra las modificaciones en la temperatura y densidad centrales causadas por la acumulación de materia oscura en la estrella Alpha Centauri B. Estas alteraciones dependen de las características de las hipotéticas partículas de materia oscura: su masa (m_χ) y su sección eficaz de interacción con los protones (σ_χ). En la figura de la derecha se muestran los límites en m_χ y σ_χ derivados de un análisis astrosismológico de esta estrella. La existencia de partículas con características por encima de la línea azul produciría un fuerte impacto en el núcleo de Alpha Centauri B, llevando a una pequeña separación media entre sus frecuencias de oscilación muy alejada de las observaciones ($>2\sigma$). El área alrededor de la línea azul muestra el impacto de las incertidumbres observacionales en nuestro análisis.

Formación de núcleos densos en las nubes moleculares de Tauro y Perseo

Autor: Álvaro Hacar González
(alvaro.hacar@univie.ac.at)
Tesis doctoral dirigida por: Mario Tafalla García
Centro: Universidad Complutense de Madrid
Fecha de lectura: 18 de enero de 2013

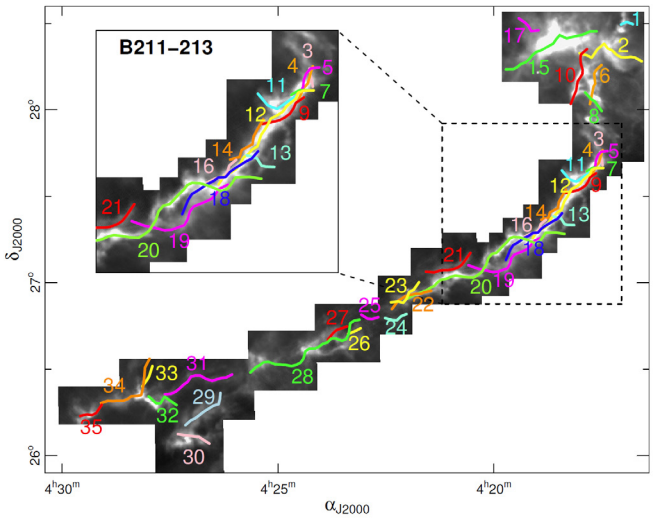
La formación de núcleos densos en las nubes moleculares es el paso más crítico en el proceso de formación estelar. La transformación del gas difuso en núcleos densos determina tanto la tasa de formación estelar como la distribución de masas de las estrellas en las nubes moleculares. Sin embargo, y tras décadas de estudio, la comprensión de los mecanismos físicos que gobiernan la formación de núcleos densos (gravedad, campos magnéticos y turbulencia) sigue siendo materia de un amplio debate en la comunidad científica.

Con el objetivo de caracterizar observacionalmente el proceso de formación de núcleos densos en las nubes moleculares, en esta Tesis hemos investigado 3 regiones prototípicas de formación de estrellas: L1517, Barnard 213 y NGC 1333. Estas regiones, pertenecientes a las nubes moleculares de Tauro y Perseo, han sido seleccionadas por presentar distintos grados de actividad y complejidad y por cubrir los diferentes modos de formación estelar, desde las regiones con formación aislada hasta aquellas con formación en cúmulos. En todos los casos hemos estudiado cada una de estas regiones mediante observaciones radioastronómicas a gran escala en el rango de ondas milimétricas y submilimétricas tanto en el continuo como, y muy especialmente, a partir de su emisión en líneas moleculares.

Nuestro trabajo ha estado principalmente enfocado a la caracterización de la cinemática del gas mediante el estudio simultaneo de diferentes trazadores moleculares sensibles a los distintos rangos de densidad presentes en las nubes moleculares. Para llevar a cabo este estudio, en esta Tesis hemos desarrollado una nueva metodología de análisis de datos moleculares a gran escala a la que hemos denominado Friends-In-Velocity (FIVe). Basado en una aproximación de Friends-of-Friends, FIVe está específicamente diseñado para identificar automáticamente las diferentes componentes del gas presentes en los espectros mediante el estudio de la distribución y la continuidad de los centroides de línea en el espacio Posición-Posición-Velocidad (PPV).

Nuestro análisis de la cinemática del gas alrededor de los núcleos densos ha revelado la presencia de un nuevo tipo de estructuras en las nubes moleculares a las que hemos denominado filamentos coherentes en velocidad (Hacar & Tafalla 2011, A&A, 533, A34). Dichos filamentos coherentes en velocidad, con tamaños típicos de ~0.5 pc, están caracterizados por presentar dispersiones internas de velocidad del orden (o incluso menor) de la velocidad del sonido y campos continuos de velocidad dominados por suaves gradientes y oscilaciones a lo largo de su eje principal. En las 3 regiones estudiadas en esta Tesis, con independencia de la morfología inicial de la nube y de si se trata de entornos de formación estelar aislada o en cúmulos, los filamentos coherentes en velocidad dominan la estructura del gas de la nube a densidades de entre 10^3-10^4 cm^{-3} (Hacar et al. 2013, A&A, 554, A35; Hacar et al., in prep.). Estos filamentos contienen además la inmensa mayoría de núcleos densos identificados en cada una de estas regiones, lo que indica que la formación de un núcleo requiere la formación previa de uno de estos objetos. Así mismo, y en todos estos casos, la transición filamento-núcleo parece además producirse sin cambios apreciables en la cinemática del gas, lo que demuestra que los núcleos densos heredan las propiedades físicas de los filamentos coherentes de los cuales proceden.

Nuestros estudios en Tauro y Perseo sugieren por tanto que la formación de núcleos densos en las nubes moleculares está regida por un proceso de fragmentación jerárquica a diferentes escalas. Primero, diferentes partes de la nube se fragmentan en múltiples filamentos coherentes en velocidad con tamaños típicos de ~0.5 pc. Tras ello, y en un paso posterior, aquellos filamentos coherentes que han acumulado suficiente masa se fragmentan gravitacionalmente y de manera cuasi-estática para dar lugar a los núcleos densos. La formación de núcleos en las nubes moleculares está por tanto íntimamente ligada a la formación de filamentos coherentes en velocidad, siendo estos últimos las primeras estructuras desacopladas del régimen supersónico y turbulento que domina la dinámica del gas a gran escala.



Ejes principales de los 35 filamentos coherentes en velocidad identificados en la región de Barnard 213 (en colores) superpuestos a la imagen del continúo obtenida por Herschel-SPIRE a 500 mu (escala de grises). Nótese cómo el análisis por velocidad llevado a cabo en esta tesis revela que, aunque aparentemente monolítico cuando se observan en el continuo, el filamento de Barnard 213 está realmente formado por una colección de filamentos coherentes en velocidad a escalas de ~0.5 pc entrelazados en el espacio, similar a una cuerda formada por pequeñas fibras. Más información en Hacar et al. (2013), A&A, 554, A35.

Diseño, Construcción y desarrollo de un Sistema Limitado por Difracción para Telescopios Terrestres: FastCam

Autor: Roberto López López (rll@iac.es)
Tesis doctoral dirigida por: Ana Ulla Miguel y Alejandro Oscoz Abad
Centro: Universidade de Vigo
Fecha de lectura: 27 de febrero de 2013

Este trabajo describe el concepto, diseño, desarrollo, resultados, evolución y aplicación del instrumento FastCam. El instrumento FastCam nace como necesidad de aprovechar las nuevas capacidades de los detectores de alta velocidad y bajo ruido de lectura. La construcción de grandes telescopios permite colectar mucha más cantidad de fotones y en menos tiempo de observación se consiguen profundidades mayores. Pero los telescopios en tierra adolecen de otras limitaciones. La proporción de fotones aprovechables no es del todo proporcional. La atmósfera pasa factura. Son varios los efectos que hacen que la atmósfera sea limitante.

Por un lado, la dispersión atmosférica crea un fondo luminoso que, en cada banda de longitudes de onda, limita la magnitud límite de las estrellas observables. Existen otros efectos de la atmósfera que se deben a la estructura material de la atmósfera como un todo y que definen la propiedad refractiva del aire. Otro efecto es el que engloba varios aspectos de la dinámica de la atmósfera. La atmósfera no es nada estática y no es de composición homogénea, además se estratifica en capas con dinámicas diferentes. Cada uno de estos aspectos genera un efecto específico y globalmente los conocemos como «seeing».

Tradicionalmente los distintos efectos se han venido asumiendo y tratando por separado. Las limitaciones fotométricas piden colectores de mayor área y detectores más eficientes y más sensibles. Para la dispersión atmosférica se usan Correctores de Dispersión Atmosférica (ADC) que son sistemas ópticos que van compensando en cada posición la refracción diferencial de los colores. Y el seeing ha dado lugar a las técnicas de Óptica Adaptativa (AO), con espejos oscilantes (Tip-Tilt) y deformables (DM), que requieren algún sistema de muestreo del frente de onda que permita actuar como servocontrol de estos actuadores. La técnica de Lucky Imaging (imagen afortunada) surgió como una alternativa a la AO, aunque ahora empieza a beneficiarse también de ésta para grandes telescopios.

Existen técnicas para estudiar y diseñar sistemas reales que minimicen las aberraciones del sistema de modo que su influencia pueda quedar por debajo de un cierto límite. Estas técnicas de diseño óptico requieren hoy de una relativa potencia de cálculo para los análisis numéricos de los sistemas y en los casos necesarios los procesos de optimización apropiados. En general, cuando se trabaja con sistemas convencionales se define ese límite en un cierto valor que permite alcanzar la nitidez apropiada de la imagen en cada caso. Las peculiaridades de este sistema, al requerir calidad al límite de difracción, exigen la aplicación de técnicas de diseño muy específicas y un cuidado exquisito de la selección de materiales y componentes, así como un grado de estabilidad de la estructura soporte que garantice la fiabilidad del sistema.

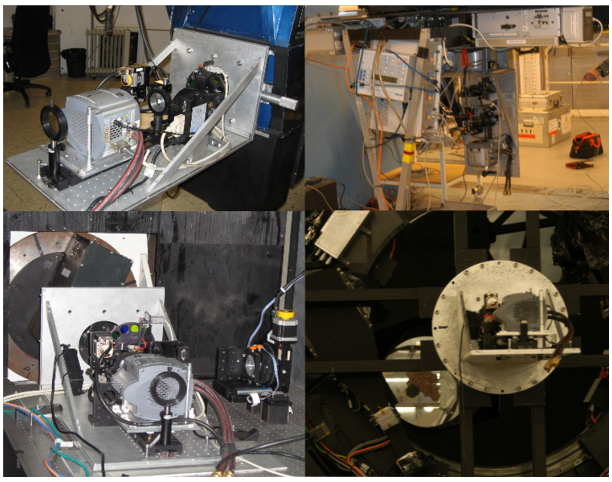
FastCam ha alcanzado límite de difracción en los telescopios Carlos Sánchez (TCS, 1.5 m) en el Observatorio del Teide en banda I y Nordic Optical Telescope (NOT, 2.5 m) en el Roque de los Muchachos en bandas R e I y la mejor resolución hasta ahora de los telescopios TCS, NOT, William Herschel Telescope(WHT, 4.2 m) y Gran Telescopio Canarias (GTC, 10.4 m). Con los 67 mas de separación de la, hasta entonces, binaria interferométrica COU-292 en WHT, la mejor de los observatorios de Canarias. También se ha adaptado al plano focal del instrumento de AO de WHT (NAOMI) y una versión de Gran Campo (8×8 arcmin) para el telescopio TCS. Las imágenes de M15 en el NOT han igualado en resolución y profundidad a las del telescopio espacial HST. Y también aprovechamos la alta resolución temporal para grabar el púlsar de la nebulosa del Cangrejo.

El instalar FastCam en distintos telescopios ha permitido descubrir muchos parámetros que afectan al sistema y por tanto ayudan a mejorarlo. A veces ayuda a mejorar las técnicas de observación o el propio sistema del telescopio. Y siempre se obtienen nuevas ideas para hacer evolucionar el instrumento, conservando la filosofía, ampliando sus capacidades o generando sistemas similares que permiten acceder a otro tipo de observación. Además surgen posibilidades de aplicación en otras disciplinas en campos no astronómicos como oftalmología, fotografía, videocontrol y robótica o simplemente vigilancia o supervisión en condiciones desfavorables.

FastCam abre un nuevo campo de trabajo en Astronomía y Astrofísica para ampliar el uso de los telescopios terrestres de tamaño medio y una nueva técnica de revisar observaciones en Astrometría. En la era de los grandes telescopios, esta tesis muestra como instrumentos de bajo costo alcanzan el nivel de resultados de la instrumentación de vanguardia.

Tesis disponible en: Versión HD en alta calidad 90MB
http://www.iac.es/proyecto/fastcam/media/tesis/FastCamBN.pdf

Versión eBook con referencias en color 16MB
http://www.iac.es/proyecto/fastcam/media/tesis/Tesis_rll.pdf

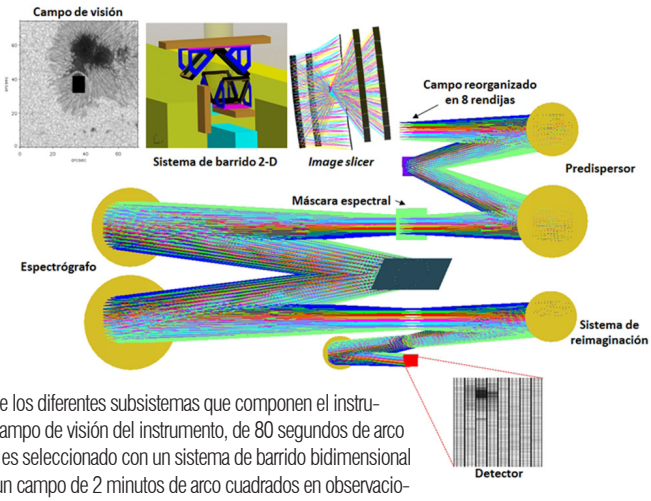


Imágenes del prototipo de FastCam montado en los cuatro telescopios en que ha trabajado (TCS-1.5 m, NOT-2.5 m, WHT-4.2 m, GTC-24x1.9m) y alcanzado las mejores resoluciones obtenidas por cada uno de ellos.

Diseño de un espectrógrafo de campo integral para el Telescopio Solar Europeo

Autora: Ariadna Z. Calcines Rosario (azcr@iac.es)
Tesis doctoral dirigida por: Manuel Collados Vera
Centro: Universidad de La Laguna
Fecha de lectura: 5 de marzo de 2013

El Sol es la única estrella que puede ser resuelta espacialmente utilizando telescopios terrestres debido a su proximidad, lo que lo convierte en el candidato ideal para estudiar los procesos físicos que tienen lugar en él, las relaciones Sol-Tierra y, dada su analogía con las demás estrellas, podemos además extrapolar los resultados al campo de la física estelar. Sin embargo, existen en la actualidad aspectos desconocidos del Sol sobre los procesos físicos que tienen lugar en su interior y el origen y evolución de los fenómenos observados que precisan avances en desarrollo tecnológico para su estudio. Ante esta motivación nace el proyecto del Telescopio Solar Europeo (EST), que, con cuatro metros de diámetro, se convertirá en el telescopio solar más grande del mundo y que, provisto de instrumentación de vanguardia, permitirá estudiar en alta resolución los fenómenos físicos que acontecen en la fotosfera y la cromosfera solar. Uno de esos instrumentos es el descrito en esta tesis: un espectrógrafo de campo integral, de alta resolución, espacial y espectral, con capacidad multi-rendija y multi-longitud de onda. Este instrumento ha sido diseñado contemplando la posibilidad de acoplar previamente un polarímetro, ofreciendo dos modos de observación, puramente espectroscópico o espectro-polarimétrico, por lo que puede ser considerado como un espectrógrafo 5-D, con el que obtener información espacial en un campo bidimensional (X,Y), espectral (λ), temporal (t) en exposiciones sucesivas, así como los parámetros de Stokes (S). A la complejidad tecnológica de este instrumento se añaden una serie de requisitos y especificaciones ambiciosas que deben cumplirse simultáneamente. El espectrógrafo presenta un campo de visión de 80 segundos de arco cuadrados reorganizado en ocho rendijas de 200 segundos de arco de largo por 0,05 de ancho utilizando una unidad de campo integral. Mediante un sistema de barrido bidimensional podrá cubrirse un campo de dos minutos de arco cuadrados en exposiciones secuenciales. El instrumento ofrece alta resolución espacial (0,1 segundos de arco en dos píxeles) y espectral ($R \approx 300.000$). El rango espectral cubierto se extiende desde el visible al infrarrojo cercano, desde 3.900 a 23.000 Å. Dentro de este intervalo espectral pueden observarse de manera simultánea ocho longitudes de onda, cinco de visible y tres de infrarrojo, elegidas por el observador. Con el objetivo de optimizar la eficiencia de las redes de difracción, el rango espectral se ha dividido en cuatro, dos intervalos de visible llamados: VIS-I, desde 3.900 a 5.600 Å, y VIS-II, desde 5.600 a 11.000 Å, y dos de infrarrojo: IR-I, de 7.000 a 16.000 Å e IR-II, de 10.000 a 23.000 Å. Por lo tanto este instrumento está compuesto por cuatro espectrógrafos conceptualmente idénticos que operan simultáneamente. El cálculo y diseño del instrumento puede estructurarse como una secuencia de subsistemas (ver Figura): sistema de barrido bidimensional, unidad de campo integral, predispersor, espectrógrafo, sistema de reimaginación y detector. El instrumento en sí es un sistema telecéntrico con calidad óptica limitada por difracción. Se utilizan dos sistemas de barrido idénticos, uno para visible y otro para infrarrojo, compuestos por dos parejas de espejos planos ortogonales entre sí y con un ángulo de inclinación de 45º respecto al haz incidente. Es un sistema compensado en polarización que puede además ser utilizado como mecanismo de enfoque. La mayor innovación de este instrumento es su unidad de campo integral, MuSICa (Multi-Slit Image slicer based on collimator-Camera), basada en el concepto de image slicer. MuSICa es un nuevo concepto de image slicer que reorganiza un campo bidimensional de 80 segundos de arco cuadrados en ocho rendijas de 200 segundos de arco de largo por 0,05 de ancho utilizando tres arrays de espejos (los espejos que cortan el campo conocidos como slicer mirrors, los colimadores y las cámaras). Los slicer mirrors tienen un ancho de 50μm garantizando un muestreo de 0,05 segundos de arco por píxel y son espejos planos. Los espejos colimadores y cámaras son esféricos, distribuidos en dos columnas para minimizar la altura sobre el eje óptico y por tanto las posibles aberraciones y presentan correspondencias cruzadas. Entre los colimadores y cámaras se localiza la imagen de pupila para cada parte de campo y, debido a la simetría del diseño, todas ellas se superponen. Los espejos de cámara presentan una triple función: hacer converger los haces asociados a diferentes partes del campo formando las rendijas de salida, hacer la reducción de relación focal de F/50 del telescopio a F/40 de predispersor y espectrógrafo y enviar la pupila de salida al infinito. El diseño de esta unidad de campo integral es telecéntrico y ofrece una calidad óptica al límite de difracción. Esta solución minimiza el número de elementos ópticos necesarios para generar las ocho rendijas y su simetría facilita su fabricación, disminuyendo los costes, así como el alineado del sistema. MuSICa es un image slicer de vanguardia que incrementa las prestaciones del espectrógrafo presentado en esta tesis y es, a su vez, el primer image slicer aplicado a física solar. Cada espectrógrafo está precedido por un predispersor con una máscara espectral multi-rendija en su plano focal imagen para seleccionar la combinación de longitudes de onda simultáneas en cada programa científico. Tanto los predispersores como los espectrógrafos son sistemas 1:1 con configuración Ebert-Fastie, como casos especiales de Czerny-Turner en los que el colimador y la cámara pertenecen, en cada caso, a la misma parábola global. Las focales de los predispersores están comprendidas entre 3,3 y 5,0 metros y las de los espectrógrafos entre 7,0 y 8,0 metros. Se utilizan ocho detectores, uno por longitud de onda, con formato 4k x 4k y píxeles cuadrados de 10 μm en visible y 20 μm en infrarrojo. Con el objetivo de tener la escala apropiada en los detectores, en el plano focal imagen de los espectrógrafos se utiliza un sistema de reimaginación por longitud de onda para transformar la relación focal F/40 a F/20,6 para las longitudes de onda infrarrojas y F/10,3 para las de visible. En la tesis se detallan los programas científicos principales considerados para la optimización del instrumento, el cálculo, diseño óptico, estudio y pruebas realizados para los diferentes subsistemas que componen el espectrógrafo de campo integral del Telescopio Solar Europeo. Tesis disponible en:
ftp://ftp.iac.es/out/azcr/DOCTORAL_THESIS_ARIADNA_CALCINES_2013.pdf



Esquema de los diferentes subsistemas que componen el instrumento. El campo de visión del instrumento, de 80 segundos de arco cuadrados, es seleccionado con un sistema de barrido bidimensional que cubre un campo de 2 minutos de arco cuadrados en observaciones sucesivas. Una unidad de campo integral (MuSICa) formada por un divisor de campo y ocho image slicers como el que se muestra en la figura reorganizan el campo bidimensional en ocho rendijas. Los siguientes subsistemas son: predispersor, espectrógrafo y sistema de reimaginación. En cada detector se obtiene el espectro de las ocho rendijas para una longitud de onda.

Estudio de la dinámica atmosférica en la región ecuatorial de Júpiter

Autor: Jesús Arregi Bengoa (jesus.arregi@ehu.es)
Tesis doctoral dirigida por: A. Sánchez Lavega y J. F. Rojas Palenzuela
Centro: Escuela Universitaria de Ingeniería (Vitoria-Gasteiz) UPV/EHU
Fecha de lectura: 13 de mayo de 2013

En esta tesis se aborda el estudio de la dinámica y la meteorología de la región ecuatorial de Júpiter. En concreto se ha estudiado el perfil zonal del viento y su variabilidad entre 15º N y 15º S, la dinámica general de las "dark projektions" (DPs) observadas a 7º N y 7º S, los movimientos locales en las proximidades de dichas DPs, las "white spot" (WSs) observadas a 6ºS y las ondas de gravedad en la EZ.

Para llevar a cabo el trabajo, se ha recurrido a la medida y estudio de un gran número de imágenes (~ 1900) obtenidas a partir de la base de imágenes IOPW, Observatorio Pic du Midi, Hubble Space Telescope, y las naves espaciales Voyager 1 y 2, Galileo y Cassini. Además cabe destacar la gran extensión del periodo cubierto por las observaciones, once años entre 1979 y 2009.

Los resultados de las medidas de posición y velocidad de las proyecciones oscuras o "dark projektions" (DPs) a 7º N y 7º S de latitud planetográfica se interpretan como el resultado de una estructura de viento zonal casi simétrica y a niveles de presión similares, con sendas ondas de Rossby confinadas alrededor de los dos jets, que marcan el máximo de velocidad zonal. En el jet a 7º S la onda de Rossby presenta un número de onda muy alto ($n \approx 70$) y se mueve hacia el oeste a muy baja velocidad respecto al flujo zonal. En el jet a 7º N el modo de la onda de Rossby dominante, salvo en el caso del grupo de los trazadores más rápidos, presenta números de onda bajos ($n \approx 10$) y se propaga hacia el oeste con velocidades entre 50 a 60 m/s con respecto al flujo zonal medio. Cuando la actividad ondulatoria en el jet norte es dominante, todo el paralelo a 7º N aparece cubierto por grupos de DPs con plumas más o menos brillantes y todos los trazadores presentan velocidades próximas a los 100 m/s con respecto al sistema SIII. Sin embargo, si la actividad ondulatoria es más baja y existen discontinuidades espaciales en la distribución de las DPs, en esas discontinuidades se detectan trazadores que ponen de relieve la alta velocidad del jet a 7º N, midiéndose velocidades de hasta 155 m/s.

El análisis combinado de las ondas de Rossby en el lado norte y en el lado sur permite pensar que la aproximación lineal para desarrollar el modelo de onda de Rossby ecuatorial es válido. Del estudio de las relaciones de dispersión obtenidas se deduce que el espesor equivalente de la atmósfera, h, se encuentra entre 0,1 y 5 km.

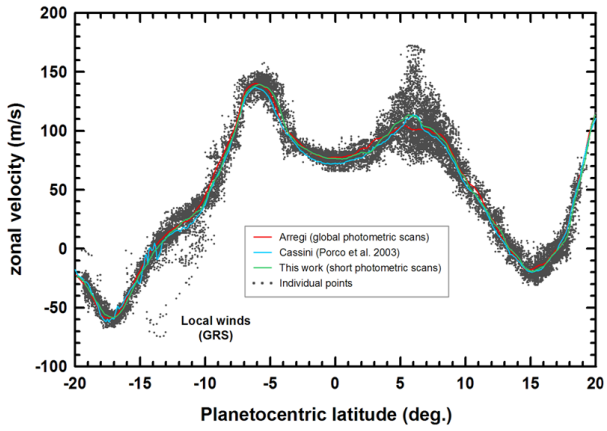
A tenor de las medidas realizadas, no existen movimientos de convergencia alrededor de todas las DPs, pero sí se observan en algunos casos que permiten concluir que dicha convergencia depende de la morfología de la DP.

La white spot, WS1, es una estructura de gran albedo con una cabeza con aspecto de vórtice y una extensa pluma brillante en su lado este. La extensión longitudinal de la cabeza es de ~10.000 km, mientras que la meridional se queda en unos 5.600 km. La extensión en longitud de la pluma es de unos 60.000 km. La velocidad zonal de deriva varía entre 92,4 ± 0,3 m/s y 87,5 ± 0,3 m/s siempre respecto al sistema SIII. Se ha medido el flujo interno en la cabeza de la WS1 utilizando para ello imágenes de alta resolución de Cassini, resultando una vorticidad $\zeta \sim (1{,}3 \pm 0{,}7) \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$, cercana a la cizalla ambiental ($1{,}2 \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$). Este dato permite suponer que las WS se forman en la latitud en la que se ha observado su evolución.

En el caso de la WS2 solo se pudo medir la velocidad de deriva, obteniéndose resultados entre 89,2 ± 0,2 m/s y 90,0 ± 0,3 m/s con respecto al SIII. Estas velocidades y las medidas para la WS1 son ligeramente menores (unos 5 m/s) que las medidas en otros trabajos para la WS observada por Voyager 1.

Se han detectado tres trenes de ondas de gravedad en imágenes de la nave Galileo. Todos se encuentran muy próximos al ecuador, entre 0º y 3º de latitud norte. La longitud de los trenes es de 760, 820 y 335 km y su anchura 435, 995 y 525 km respectivamente. Las longitudes de onda son 180, 205 y 110 km. Las velocidades respectivas respecto al flujo zonal son 35 ± 8 m/s, 8 ± 8 m/s y 0 ± 8 m/s. Según los cálculos realizados, las tres ondas también se propagarían verticalmente. Las longitudes de onda verticales calculadas serían respectivamente 45, 10 y 1 km.

En lo que se refiere a los dos tipos de modelos ("superficiales" y "profundos") que compiten para explicar la estructura y el origen del jet ecuatorial, se han encontrado pruebas a favor y en contra de ambas propuestas, por lo que solo cabe decir que el problema sigue abierto.



Los puntos grises representan todas las medidas obtenidas en el intervalo de latitudes (-20º, 20º), a partir de las imágenes tomadas por la nave Cassini con el filtro CB2. Los tres perfiles continuos describen el aspecto habitual del jet ecuatorial. Los puntos grises hacen patente la simetría del jet cuando la onda de Rossby con números de onda bajos se debilita (Garcia-Melendo et al., 2011).

Estudio de los objetos Trans-Neptunianos mediate técnicas fotométricas y simulaciones numéricas

Autora: Audrey Thirouin (thirouin@iaa.es)
Tesis doctoral dirigida por: Adriano Campo Bagatin y José Luis Ortiz Moreno
Centro: Universidad de Granada
Fecha de lectura: 9 de julio de 2013

Más de 1400 objetos Trans-Neptunianos (TNOs) han sido descubiertos desde el hallazgo de 1992 QB1 (Jewitt y Luu 1992). El cinturón Trans-Neptuniano es la reserva más grande y relativamente estable de pequeños cuerpos del Sistema Solar. Los TNOs, debido a su lejanía al Sol, son considerados los cuerpos menos evolucionados del Sistema Solar y por lo tanto su estudio nos da información clave sobre la materia que constituía la nebulosa solar primitiva. El estudio de estos cuerpos nos proporciona información sobre el origen y la evolución del Sistema Solar en sus fases iniciales. Además, el cinturón Trans-Neptuniano proporciona una conexión natural con el estudio de discos protoplanetarios que se observan alrededor de algunas estrellas.

El objetivo principal de esta tesis doctoral era determinar y analizar los rangos de variabilidad, los periodos de rotación y otra serie de parámetros físicos que se pueden derivar de la fotometría relativa de series temporales para una gran muestra de objetos. Se pretendía derivar parámetros físicos como razones de ejes, coeficientes de fase, albedo, cohesión interna, densidad, porosidad, etc. para una buena muestra de TNOs y centauros ya que hasta la fecha había pocos estudios. Dichos estudios permiten determinar la evolución rotacional, dinámica y física de estos objetos. Además, se piensa que los objetos grandes no están apenas evolucionados colisionalmente, por lo que posiblemente conservan la distribución de momento angular primitiva en las primeras fases de formación del Sistema Solar (Davis and Farinella, 1997).

Al empezar esta tesis doctoral, la muestra de periodos de rotación y de rangos de variabilidad era muy limitada. Se habían reportado ~50 objetos con estudios de fotometría relativa de series temporales y muchos de los periodos de rotación determinados eran muy inciertos e incluso erróneos. Además, se había notado un fuerte sesgo hacia periodos cortos y grandes amplitudes (Sheppard, Lacerda and Ortiz, 2008). Aumentar la muestra, mejorar periodos de rotación, curvas de luz, y vencer algunos de los sesgos observacionales eran algunos de los objetivos de este trabajo de investigación. Por otro lado, los cuerpos binarios merecían un trato especial, con objeto de determinar parámetros físicos relevantes y las posibles evoluciones de las órbitas por fuerzas de marea.

Otra motivación para llevar a cabo observaciones de fotometría fue el apoyo para el key-project (proyecto-clave) "TNOs are Cool!" del Observatorio Espacial Herschel (Herschel Space Observatory, HSO) es una misión de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de la NASA. "TNOs are Cool!" es un proyecto-clave del HSO dedicado a las observaciones de la emisión térmica de 130 TNOs y centauros en 400 h de tiempo de observación (Müller et al., 2009). Este proyecto-clave fue el proyecto clave del HSO más grande y requiere un gran esfuerzo internacional con un equipo de más de 40 miembros. Para el análisis y la interpretación de los datos térmicos del HSO, unos modelos térmicos o termofísicos (Müller et al., 2009; Vilenius et al., 2012; Mommert et al., 2012) son necesarios. Para derivar los diámetros y los albedos, todos estos modelos requieren parámetros de entrada como las magnitudes absolutas y los períodos de rotación o restricciones sobre ellos, y todo esto requiere observaciones desde Tierra dedicadas a la fotometría. Como consecuencia de algunos hallazgos a lo largo de la tesis, se decidió hacer también un estudio desde un punto de vista numérico de un nuevo modelo para explicar la formación de la familia de Haumea, y por extensión un modelo de formación de sistemas binarios, múltiples e incluso formación de pares no ligados de TNOs que no se había considerado como posibilidad en el cinturón Trans-Neptuniano. Haumea es un objeto Trans-Neptuniano de grandes dimensiones que presenta características muy peculiares. Varios modelos han sido propuestos para explicar la formación de la familia y las características peculiares de Haumea, pero todos ellos presentan algunas incoherencias.

Emisión de rayos gamma de objetos estelares jóvenes y descubrimiento de variabilidad superorbital a altas energías

Autora: Daniela Hadasch (hadasch@ieec.uab.es)
Tesis doctoral dirigida por: Diego F. Torres y Lluís Font Guiteras
Centro: Universitat Autònoma de Barcelona, Institute of Space Sciences (IEEC-CSIC)
Fecha de lectura: 30 de julio de 2013

Se puede dividir esta tesis en tres partes:

1. Estudios de la emisión gamma a altas energías de los sistemas binarios LSI +61 303 y LS5039 con el Fermi Large Area Telescope (Fermi-LAT) y el primer descubrimiento de variabilidad superorbital de la fuente LSI +61 303 a altas energías.

Los sistemas binarios de rayos gamma son sistemas estelares. Su espectro tiene su máximo a altas energías (sin tener en cuenta su emisión térmica). LSI +61 303 ha sido detectado en un rango desde las ondas de radio hasta los rayos gamma (en TeV). La fuente muestra una variabilidad muy alta en todas las frecuencias. Una característica de la variabilidad de este sistema es la modulación de su emisión a 26.496 días, que coincide con su período orbital.

En esta tesis presento el estudio más extensivo de este sistema binario a altas energías. Estudiamos el comportamiento del espectro de LSI +61 303 con la mejor estadística disponible hasta el momento. Encontramos que la forma espectral se puede describir mejor con una ley de potencias que posee una disminución brusca de tipo exponencial hacia el final, y que no se ve afectada por la posición en la órbita. En este contexto, mostramos por primera vez que la emisión gamma de LSI +61 303 también posee una variabilidad sinusoidal al período de 1667 días conocido de otras frecuencias. Esta modulación está más presente en fases orbitales alrededor del apastro (punto más alejado de la órbita), aunque no introduce ningún cambio visible cerca del periastro (punto más cercano de la órbita). Además, la modulación se encuentra también en la aparición y la desaparición de la variabilidad orbital en el espectro de potencias de los datos. Este comportamiento se puede explicar por una evolución cuasi-cíclica del disco ecuatorial de la estrella acompañante (estrella de tipo Be). Las características del disco influyen en las condiciones para generar los rayos gamma.

Con estos resultados tenemos por primera vez la posibilidad de usar observaciones en gamma para estudiar los discos de estrellas masivas en sistemas binarios excéntricos.

2. Estudios de la emisión gamma de magnetares a altas y muy altas energías con el Fermi-LAT y con los telescopios Cherenkov MAGIC.

Las magnetares son una clase particular de estrellas de neutrones que muestran emisión desde radio hasta unos centenares de keV. Se caracterizan por sus explosiones en rayos X y sus pérdidas de energía a lo largo del tiempo. Estas pérdidas son demasiado pequeñas para poder ser responsables de la luminosidad en rayos X que observamos. Por esta razón, la teoría más aceptada es que la emisión X de la estrella de neutrones está suministrada por el decaimiento y las inestabilidades de sus fuertes campos magnéticos. En esta tesis, estudio estos objetos por primera vez a altas y muy altas energías con el Fermi-LAT y los telescopios MAGIC. Pusimos las primeras cotas a la posible emisión gamma de estos objetos. Nuestros resultados, además, fuerzan una revisión del espacio de parámetros aplicable a la visibilidad del modelo de "outer gap" Cheng & Zhang (2001) y Zhang & Cheng (2002) para cada magnetar.

3. Predicciones para la astronomía Cherenkov con la red de telescopios CTA.

La siguiente generación de telescopios Cherenkov será CTA. Ahora mismo, este experimento está en la fase de diseño. En esta tesis, evalúo las capacidades de CTA para estudiar la física no-térmica de sistemas binarios de rayos gamma. Para ello se requieren observaciones de fenómenos a altas energías a tiempos y a escalas espaciales diferentes. En concreto, estudié los sistemas binarios de rayos gamma en el contexto de la física conocida o esperada de estas fuentes.

CTA será capaz de demostrar con una resolución espectral, temporal y espacial muy alta los procesos físicos que generan la emisión gamma en los sistemas binarios. Además, el número de las fuentes conocidas incrementará significativamente. Con nuestros estudios, encontramos que la sensitividad de CTA resultará en curvas de luz y espectros de alta calidad a escalas de tiempo muy cortas. Además, con CTA se podrá monitorear fuentes a lo largo de mucho tiempo usando solo una parte de los telescopios, y aún así alcanzará una sensibilidad 2 ó 3 veces mayor que cualquier instrumento actual operando a muy altas energías. En general, CTA reducirá órdenes de magnitud los errores de los flujos y de los índices espectrales.

En el apéndice de mi tesis presento las contribuciones científicas que hice aparte del tema general de esta tesis. Describo el descubrimiento de la nova en el sistema binario simbiótico V407 Cygni a altas energías. En este caso hice el análisis de contrastación de los datos tomados con Fermi-LAT. Como ha sido la primera detección de una nova a altas energías, este tipo de fuente se convirtió en una nueva clase de fuentes a altas energías.

Por otro lado, hice el análisis de contrastación de los datos del Fermi-LAT para el sistema binario PSR B1259-63 cuando pasó por su periastro. Finalmente, presento mi contribución técnica al experimento MAGIC. Estuve activamente involucrada en la renovación y mejora de los telescopios en La Palma, y desarrollé y conservé un código para controlar y monitorear el sistema de la calibración de los dos telescopios.

Tesis disponible en
http://www.ice.csic.es/en/view_theses.php?TID=125&ap=1

Magnetic fields in neutron stars

Autor: Daniele Viganò (vigano@ice.cat)
Tesis doctoral dirigida por: José A. Pons y Juan A. Miralles
Centro: Universidad de Alicante
Fecha de lectura: 20 de septiembre de 2013

En esta tesis se han estudiado en detalle diferentes aspectos teóricos y observacionales relacionados con los campos magnéticos de las estrellas de neutrones. Los procesos físicos en las estrellas de neutrones implican muchas ramas de la física, algunas de física fundamental, como la estructura de la materia en las condiciones extremas que se encuentran en estos objetos compactas. La gran diversidad de manifestaciones observacionales ha llevado históricamente a agrupar las estrellas de neutrones aisladas en clases y subclases diferentes. Entre las miles de estrellas de neutrones detectadas en diferentes bandas de energía, un panorama unificado ha comenzado a surgir en los últimos años, debido a la mejora en cantidad y calidad de los datos.

El modelado de magnetosferas es importante para entender el espectro en rayos X de las estrellas de neutrones mas magnetizadas, los magnetars. Con nuestras simulaciones numéricas podemos encontrar soluciones generales de magnetosferas con geometrías complejas. Hemos estudiado los cambios espectrales, encontrando que la geometría del campo magnético tiene un efecto visible, pero que es muy difícil de separar de efectos similares debidos a la variación de otros parámetros, como la distribución de la velocidad de las partículas del plasma. Con nuevos avances teóricos, y el aumento de datos de observación, en un futuro próximo será posible restringir las propiedades geométricas y dinámicas de la magnetosfera.

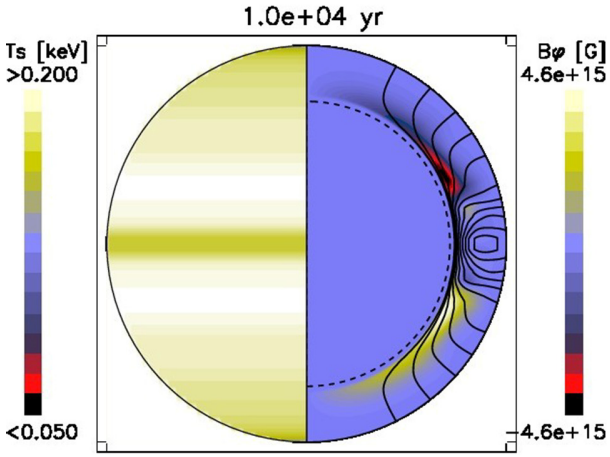
En la parte central de la tesis, hemos presentado un estudio exhaustivo de la evolución magneto-térmica de estrellas de neutrones aisladas, explorando la influencia de la intensidad y geometría del campo magnético inicial, la masa de la estrella, la composición de la envoltura, y algunos parámetros microfísicos, como el contenido de impurezas de la parte más interna de la corteza (la región de pasta nuclear). Nuestro código magneto-térmico 2D de vanguardia es el primero capaz de calcular con campo magnéticos intensos, incluyendo el término Hall a lo largo de toda la evolución. Hemos revisado los principios básicos que regulan el enfriamiento: conductividad térmica y eléctrica, capacidad de calor y superfluidez.

El objetivo de esta tesis ha sido estudiar los efectos de la evolución del campo magnético y avanzar en nuestra comprensión de su huella en las observaciones. Uno de los resultados principales es que existe una correlación directa entre el período de rotación máximo de los púlsares aislados de rayos X y la existencia de una capa de conductividad eléctrica baja en la corteza interna de las estrellas de neutrones. Esta es una evidencia de la existencia de la pasta nuclear (o de una fase desordenada similar) cerca de la interfaz de corteza/núcleo. Con el fin de comparar los modelos teóricos con las observaciones, hemos revisado los datos observacionales de todas las estrellas de neutrones aisladas conocidas en las cuales se haya detectado inequívocamente emisión térmica superficial. Para todos ellos hemos realizado un análisis homogéneo y sistemático de los espectros de rayos X, llegando a obtener la luminosidad térmica, y tratando de reducir al mínimo los errores sistemáticos. Hemos publicado en un catálogo online los resultados de nuestro análisis, incluyendo referencias detalladas para cada fuente. La comparación entre una serie de modelos teóricos y las observaciones ha demostrado que, para los objetos con campos relativamente bajos, el campo magnético tiene poco efecto sobre la luminosidad.

Nuestros modelos evolutivos con campos magnéticos iniciales $B \sim 3 \times 10^{14} - 10^{15}$ gauss pueden dar cuenta del rango de luminosidades de los magnetars a las correspondientes edades. También hemos estudiado el escenario de campo magnético oculto en los central compact objects, demostrando que una fase inicial de sumergimiento del campo magnético, causada por la caída de restos de la supernova, puede explicar el comportamiento desconcertante de estos objetos, que parecen tener campos externos bajos pero campos más intensos por debajo de la superficie.

Nuestras simulaciones ayudan a dibujar una imagen unificada de la variedad de propiedades observacionales de estas estrellas, y sus rutas evolutivas, que se puede entender en términos de sólo unas pocas diferencias intrínsecas, como la masa, la edad, el ángulo de inclinación y el campo magnético inicial, además de algunos sesgos observacionales que afectan a la detección en diferentes bandas de energía, como la distancia, la posición en el cielo, y el ángulo de visión.

Tesis disponible públicamente en http://arxiv.org/abs/1310.1243



Distribución de temperatura y campo magnético en el interior de un magnetar joven, simulado con nuestro código de evolución magneto-térmica.

Estructura de ionización y composición química de nebulosas Galácticas

Autor: Alba Fernández Martín (alba@iaa.es)
Tesis doctoral dirigida por: José Manuel Vílchez Medina y Enrique Pérez Montero
Centro: Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) / Universidad de Granada (UGR)
Fecha de lectura: 4 de octubre de 2013

Las estrellas masivas sufren intensos episodios de pérdida de masa a lo largo de su evolución enriqueciendo fuertemente el medio circundante. Debido a la interacción de los vientos se forman nebulosas ionizadas que condicionan cómo los nuevos metales sintetizados se dispersan y mezclan en el gas original en que se formó la estrella [1]. Por lo tanto, estudiar en detalle las nebulosas alrededor de estrellas masivas provee de información relevante tanto de los procesos estelares internos y de la interacción de los vientos en las diferentes etapas evolutivas, como del enriquecimiento químico y energético de la Vía Láctea. En la actualidad existen numerosas cuestiones abiertas acerca de la evolución de las nebulosas ionizadas y de su influencia en el enriquecimiento químico de la Galaxia. Uno de los problemas es la inconsistencia entre los resultados observacionales y teóricos, ya que los modelos hidrodinámicos de nebulosas alrededor de estrellas masivas evolucionadas (como por ejemplo estrellas Wolf-Rayet) no reproducen satisfactoriamente todas las características detectadas observacionalmente [2]. Esto se debe, por una parte, a las incertidumbres en los parámetros obtenidos de los modelos estelares (tales como tasa de pérdida de masa, influencia de la rotación o productividad química) y, por otra parte, a la falta de información sobre la interacción de los vientos en las diferentes etapas evolutivas y la influencia de las inestabilidad en el gas. Las diversas investigaciones llevadas a cabo para determinar la variación radial de abundancias en los discos de galaxias espirales, mediante el análisis de nebulosas alrededor de estrellas evolucionadas, también revelan muchas inconsistencias. La determinación de la distribución de las abundancias químicas en la Vía Láctea es fundamental para conocer su formación y evolución, y aunque está firmemente establecida la existencia de un gradiente negativo de abundancias a lo largo del disco, las evidencias acerca de la extensión y forma de este gradiente no son concluyentes, especialmente en la poco conocida región del anticentro Galáctico [3]. En esta tesis doctoral, hemos realizado un estudio de los parámetros físicos y de la composición química de una muestra de nebulosas Galácticas cubriendo las diferentes etapas evolutivas definidas por sus estrellas centrales. Dicho análisis se ha enfocado desde dos perspectivas diferentes con distintas técnicas observacionales: por un lado analizando la estructura bidimensional de dos nebulosas alrededor de estrellas Wolf-Rayet utilizando espectroscopía de campo integral y, por otro lado, estudiando las propiedades de una muestra de regiones HII situadas en el anticentro Galáctico mediante espectroscopía de rendija larga. En la primera parte de la tesis se ha llevado a cabo un exhaustivo estudio de dos nebulosas alrededor de estrellas Wolf-Rayet (NGC6888 y M1-67) para analizar su evolución química y dinámica a lo largo de las distintas etapas evolutivas. Para ello realizamos observaciones de espectroscopía de campo integral con PPaK en el rango óptico que nos han permitido analizar la estructura 1D y 2D de forma simultánea. En el caso de NGC6888, el estudio bidimensional de la estructura de ionización en la región emisora de rayos X revela un doble comportamiento, encontrando signos de choques en el área situada al suroeste. El análisis 1D ha permitido derivar la temperatura electrónica, densidad electrónica y abundancias químicas de la nebulosa. El resultado más relevante de este trabajo radica en las grandes variaciones de las propiedades encontradas en las diferentes regiones de NGC6888 estudiadas, destacando el fuerte enriquecimiento de N/H en las zonas más internas. El estudio conjunto de los resultados ha permitido determinar un escenario para la formación de NGC6888 en base a la evolución de su estrella central que explica las características observacionales. Este esquema consiste en una estructura de múltiples capas, que pueden ser irregulares o estar fragmentadas, con diferentes propiedades físicas, químicas y cinemáticas [4]. Las observaciones realizadas en M1-67 cubren prácticamente toda la extensión de la nebulosa permitiendo analizar en detalle la distribución 2D del gas, así como la estructura del campo de velocidad radial y las variaciones químicas. Este trabajo se complementó con observaciones en infrarrojo medio de Spitzer. El estudio revela que M1-67 presenta una apariencia grumosa con condensaciones alineadas a lo largo de un eje preferente. El gas perteneciente a este eje bipolar posee un bajo grado de ionización y se encuentra mezclado con polvo templado. Las variaciones de la velocidad radial y de la densidad electrónica, y las estimaciones de las abundancias químicas derivadas en las condensaciones, típicas de material procesado en ciclo CNO, sugieren que el gas de la estructura bipolar fue expulsado durante una eyección de la estrella central. En particular, la morfología, cinemática y composición química detectadas indican que el gas de la estructura bipolar proviene de una eyección producida durante la fase LBV, siendo este resultado coherente con los modelos de evolución estelar para una masa inicial estimada entre 60Mo y 80Mo [5]. En la segunda parte de la tesis se ha estudiado una muestra de regiones HII del anticentro Galáctico mediante espectroscopía de rendija larga para mejorar el conocimiento de esta región del disco, muy poco conocida, y esencial para la realización de modelos de evolución Galáctica. Este trabajo abarca tanto el estudio individual de nueve regiones HII (S83, S132, S156, S162, S207, S208, S212, S228 y S270), como el análisis de la distribución química en el contexto global de la Vía Láctea. En todas las regiones se han obtenido las propiedades físicas estimando la temperatura electrónica asociada a diferentes iones que ha permitido derivar las abundancias químicas con precisión. El estudio de la variación de la temperatura electrónica en el rango de distancias de la muestra revela un gradiente positivo con una pendiente de dTe([NII])/dRG=440K/kpc y dTe([OIII])/dRG =360~K/kpc. Por otro lado, la distribución radial de las abundancias químicas en el rango Galactocéntrico 11kpc<RG<19kpc muestra un claro gradiente negativo de las abundancias de O/H, S/H, N/H y Ar/H, mientras que He/H y N/O presentan una distribución prácticamente constante con la distancia. La comparación de nuestros resultados con los de trabajos previos en zonas más internas de la Galaxia apunta a un posible aplanamiento de O/H para las regiones situadas a RG>14kpc, o como mínimo, nos permite asegurar que una única pendiente no satisface todas las abundancias químicas de regiones HII del disco Galáctico [6].

Bibliografía:

[1] Jonhson & Hogg 1965, ApJ, 142, 1033.
[2] García-Segura et al. 1996, A&A, 305, 229.
[3] Vílchez & Esteban 1996, MNRAS, 280, 720.
[4] Fernández-Martín et al. 2012, A&A, 541, A119.
[5] Fernández-Martín et al. 2013, A&A, 554, A104.
[6] Fernández-Martín et al. 2013, en preparación.

Anochecer en el Observatorio de Aras de los Olmos
Autor: Fernando J. Ballesteros

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