



ESTRELLA
CERVANTES

@puratura



SEA

Sociedad Española de Astronomía



ESTRELLA CERVANTES

@puratura

**Portada: Logotipo de la campaña
"Estrella Cervantes".**

Créditos: Almudena M. Castro (@puratura)

Comité editorial:

Antxon Alberdi Odriozola
Belén López Martí
Benjamín Montesinos Comino
Jaime Zamorano Calvo
Íñigo Arregui Uribe-Echevarría
Fernando J. Ballesteros Roselló
Amelia Ortiz Gil

Diseño:

Fernando J. Ballesteros Roselló
Vicent Peris Baixauli

Maquetación:

Fernando J. Ballesteros Roselló

Sociedad Española de Astronomía SEA

www.sea-astronomia.es

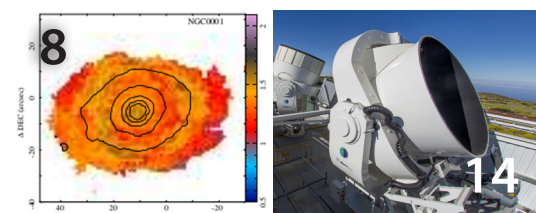
Comisión de Información

comi-info@sea.am.ub.es

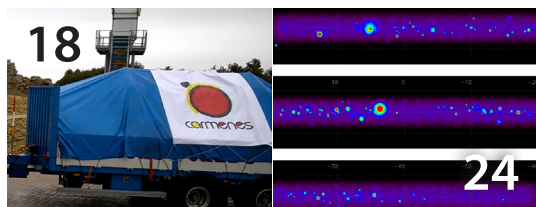
CONTENIDOS



5 Editorial



6 Cervantes y sus personajes, en el cielo



8 El proyecto CALIFA: Una visión panorámica de las galaxias del Universo Local

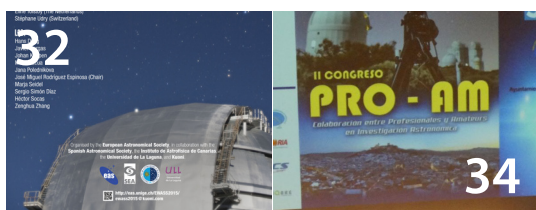
14 El Experimento QUIJOTE

18 CARMENES: buscando otras Tierras



24 CTA-Norte en el Roque de los Muchachos (La Palma)

28 La SEA celebra su XII Reunión Científica



32 Congreso EWASS 2015 en La Laguna

34 La Comisión Pro-Am de la SEA



38 Ecos de (la) Sociedad

39 Libros



40 Tesis doctorales



Cervantes

Dulcinea

Rocinante

Quijote

#YoEstrellaCervantes

Nuevos nombres de la estrella μ Arae
y los planetas que la orbitan.



Sancho

EstrellaCervantes.es

David Cabezas Jimeno (

Haciendo honor a las fiestas que se avecinan, y gracias al esfuerzo e ilusión de -entre otros- muchos socios de la SEA, hemos recibido a modo de regalo navideño la noticia de que la IAU ha asignado a la estrella μ Arae el nombre de Cervantes, al tiempo que sus planetas se denominarán Quijote, Dulcinea, Rocinante y Sancho. El proceso que ha llevado a esta designación ha sido largo y ha posibilitado una gran labor de divulgación de la astronomía en diferentes medios de comunicación, en especial en el tema de los exoplanetas. La campaña de la estrella Cervantes ha servido además para reivindicar, una vez más, la contribución de la Ciencia a la cultura, generando una colaboración estrecha con humanistas, periodistas y ciudadanos en general.

En este boletín, los observatorios astronómicos situados en nuestro país tienen una fuerte presencia. Incluimos un artículo sobre los resultados científicos del proyecto CALIFA, que está a punto de finalizar sus observaciones, y que han permitido un estudio detallado del origen, evolución y propiedades físicas de las galaxias del Universo Local. CALIFA se ha configurado como el referente internacional para la próxima generación de muestreos extragalácticos que harán uso de la espectroscopía de campo integral, situando al observatorio de Calar Alto (CAHA) en el escenario internacional. Siguiendo con CAHA: el instrumento CARMENES ha culminado el proceso de integración de los canales en el infrarrojo cercano y el visible, y se han obtenido los primeros espectros simultáneos con los dos espectrógrafos. Los resultados obtenidos en el periodo de comisionado están siendo muy prometedores y abre la búsqueda de planetas parecidos a la Tierra en las estrellas M más cercanas al Sistema Solar.

Si tornamos la atención hacia el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), también llegan excelentes noticias: los dos telescopios del experimento QUIJOTE han completado ya su instalación y se están enviando los primeros resultados científicos a publicación. Por otro lado, el proyecto CTA, que lidera la iniciativa global de investigar los fenómenos más energéticos del Universo mediante el estudio de la emisión de rayos Gamma de muy alta energía, instalará su observatorio del hemisferio Norte en el ORM. Es la primera instalación ESFRI que se instala en nuestro país. Entrará en funcionamiento a principios del próximo decenio.

Y siguiendo con los buenos deseos y las buenas noticias, desde el equipo editorial queremos desearos una Feliz Navidad y lo mejor para el año 2016. No olvidéis que en 2016, del 18 al 22 de julio, celebraremos la XII reunión científica en Bilbao. Hoy mismo, 22 de diciembre, coincidiendo con el lanzamiento de este Boletín, se abre la el periodo de inscripción. Allí nos vemos.

Antxon Alberdi
Instituto de Astrofísica
de Andalucía (CSIC)



CERVANTES Y SUS PERSONAJES, EN EL CIELO

Como todos ya sabéis, por primera vez la Unión Astronómica Internacional (IAU) ha organizado durante 2015 una votación mundial para dar nombres populares a un conjunto seleccionado de exoplanetas y a sus estrellas anfitrionas. Los nombres propuestos fueron presentados por agrupaciones y organizaciones sin ánimo de lucro interesadas en Astronomía, y los votos se emitieron por personas de todo el mundo a través de la página web *NameExoWorlds*¹. La votación finalizó el día 31 de octubre. El Planetario de Pamplona, y la Sociedad Española de Astronomía, codo con codo, con el apoyo del Instituto Cervantes, empujamos una candidatura para dar nombres a la estrella μ Arae con sus cuatro planetas b, c d, y e, bautizando la estrella con el nombre de *Cervantes* y los planetas como *Quijote*, *Rocinante*, *Sancho* y *Dulcinea*.



Benjamín Montesinos
Centro de Astrobiología (CAB - CSIC/INTA)
bmm@cab.inta-csic.es

En nombre de los impulsores
de #YoEstrellaCervantes

Han sido unas semanas de tensa espera, con mensajes periódicos preguntando a los organizadores, puesto que el primer plazo fijado para dar a conocer los resultados era mediados de noviembre, y ha sido un mes después cuando se han hecho públicos. La razón del retraso ha sido la minuciosa tarea del comité de nomenclatura de la IAU, que ha repasado uno por uno los nombres propuestos en las candidaturas ganadoras para comprobar que se adecuaban estrictamente a las normas de la IAU. El día 15 de diciembre a las 10 de la mañana se desveló por fin el anuncio, con la buena nueva de que la propuesta cervantina ha roto todas las barreras.

Aunque casi con toda seguridad habréis leído las notas de prensa de la SEA y de la IAU en nuestra página web², aquí va un resumen de unos números que consideramos espectaculares: La propuesta ha conseguido 38.503 votos, un 69% del total de los registrados para este sistema planetario. Competíamos con otras seis propuestas para este sistema y la suma de votos a nuestros seis competidores es inferior a los votos que hemos recibido; en esta época post-electoral, ¡aquí sí podemos hablar de mayoría absoluta! Ha sido, además, la propuesta que ha registrado más votos válidos entre las más de 200 iniciativas del conjunto del concurso. Se podía elegir entre un total de 274 nombres propuestos por organizaciones astronómicas de 45 países, y se han recibido en total 573.242 votos, procedentes de 182 países. España ha sido el tercer país en porcentaje de participación, sólo por detrás de India y Estados Unidos.

Yendo más allá de haber logrado que Cervantes y sus personajes ocupen ya un lugar permanente en el cielo, el éxito de esta propuesta tiene mucho más calado. Como dice Javier Armentia, Director del Planetario de Pamplona, institución que oficialmente presentó la candidatura, *"Esta iniciativa ha cargado de sentido la labor de los que trabajamos por la cultura científica: une en una sola propuesta diferentes aspectos de la ciencia y de las letras, y nos ha ilusionado tanto a los que nos dedicamos profesionalmente a la astronomía como a todas aquellas personas que disfrutan mirando al cielo"*. Nos está dando pie a divulgar astronomía a través de todas las entrevistas en televisión, radio y prensa, estamos acercando lo que hacemos a la sociedad, y estamos intentando cerrar de una vez por todas esa brecha que tanto nos molesta que separa *ciencia* y *cultura*.

En la misma línea, dejo hablar a Miguel Marañón, filólogo y responsable de los medios digitales del Instituto Cervantes: *"...Y es que los astrónomos son magos, o lo parecen a los ojos de aquellos que no comprendemos la tecnología avanzada que manejan. Nuestra locura ve en ellos auténticos sabios Frestones, que del mismo modo que desenmas-*

caran nuestras ilusiones haciendo desaparecer los libros-patraña, son capaces de extraer casi todo lo que saben de nuestro firmamento simplemente observando y analizando luz. Estos fantásticos Merlines, «príncipes de la Mágica y monarcas y archivos de la ciencia zoroástrica» nos han sacado de la cueva de Montesinos y nos han apeado de Clavileño. Pero han elevado a los cielos a Cervantes y a sus Dulcinea, Rocinante, Quijote y Sancho y, con ello, han dado nuevas alas a nuestra imaginación y a nuestra capacidad de anticipación desde las nuevas bases de conocimiento que nos proporciona la ciencia”.

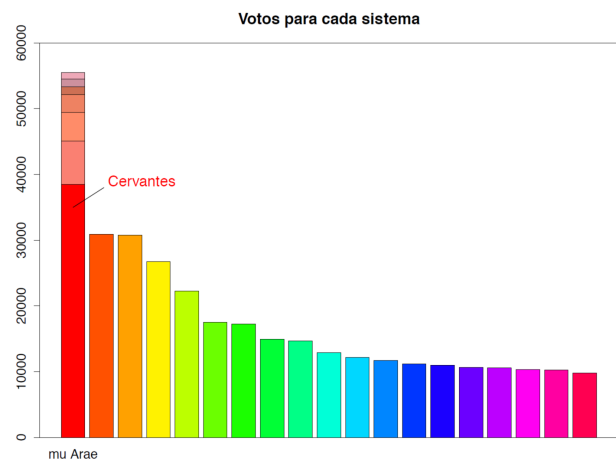
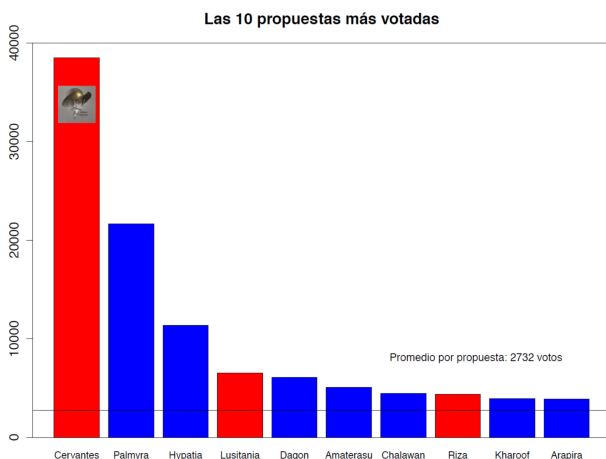
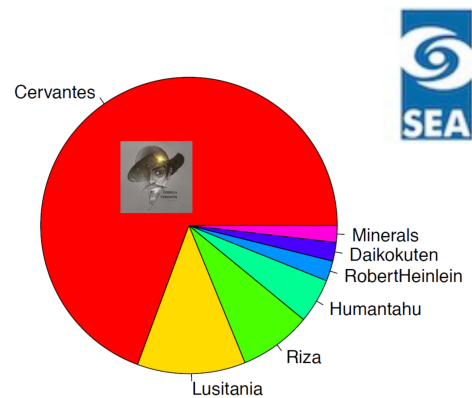
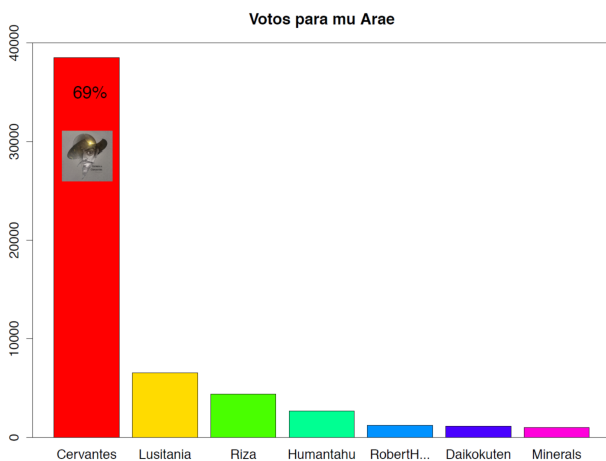
He extraído estos testimonios de la página web³ puesta en marcha por el Planetario de Pamplona para impulsar la candidatura. Podéis encontrar en ella mucho más material.

Creo que podemos felicitarnos todos por el éxito que ha culminado un trabajo de más de año y medio. Aprovechemos el tirón para acercar la astronomía al público en general. Y ojalá que esto sirva también para que los políticos que nos van a gobernar en esta nueva legislatura se den cuenta de la importancia de la ciencia, como parte integral de la cultura, en el desarrollo de la sociedad.

Enlaces:

- [1] <http://www.nameexoworlds.org>
- [2] <http://www.sea-astronomia.es/drupal/content/cervantes-ya-es-una-estrella-y-los-personajes-del-quiote-sus-planetas>
- [3] <http://estrellacervantes.es>

Resúmenes de las estadísticas de votos de NameExoWorlds.



EL PROYECTO CALIFA: UNA VISIÓN PANORÁMICA

Las galaxias de Universo Local son la fuente de información más precisa sobre las propiedades de estos objetos, su origen y evolución cosmológica, y en definitiva sobre la propia estructura del Universo. Su estudio en detalle es por tanto una herramienta fundamental para nuestra comprensión de los procesos físicos que dieron lugar al Universo tal y como lo observamos. Es por ello que han sido y son objetos de estudio de multitud de proyectos, siendo cartografiadas con el fin de caracterizar sus propiedades en diferentes rangos de frecuencias: rayos-X (ROSAT, XMM, CHANDRA, eROSITA), ultravioleta (GALEX), ópticos (DSS, SDSS...), infrarrojo (WISE), o en ondas de radio (NVSS, FIRST).



Sebastián F. Sánchez
Instituto de Astronomía - UNAM
sfsanchez@astro.unam.mx

Rubén García-Benito
Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)
rgb@iaa.es

Las galaxias de Universo Local son la fuente de información más precisa sobre las propiedades de estos objetos, su origen y evolución cosmológica, y en definitiva sobre la propia estructura del Universo. Su estudio en detalle es por tanto una herramienta fundamental para nuestra comprensión de los procesos físicos que dieron lugar al Universo tal y como lo observamos. Es por ello que han sido y son objetos de estudio de multitud de proyectos, siendo cartografiadas con el fin de caracterizar sus propiedades en diferentes rangos de frecuencias: rayos-X (ROSAT, XMM, CHANDRA, eROSITA), ultravioleta (GALEX), ópticos (DSS, SDSS...), infrarrojo (WISE), o en ondas de radio (NVSS, FIRST).

El estudio sistemático de estos grandes muestreos extragalácticos del universo cercano ha permitido determinar propiedades globales tales como la densidad de formación estelar, el reparto de masa estelar entre diferentes tipos de galaxias, la relación entre estas dos cantidades y los procesos de enriquecimiento químico, etc... Las ventajas principales de estos proyectos son: (1) el alto número de objetos muestreados, permitiendo un tratamiento estadísticamente significativo a escalas sin precedentes; (2) la posibilidad de construir grandes muestras y sus correspondientes controles para cada tipo de galaxia; (3) un amplio cubrimiento de los subgrupos de galaxias y sus condiciones ambientales, permitiendo la obtención de conclusiones universales; y (4) la homogeneidad en el proceso de adquisición de los datos, reducción y análisis, lo que reduce los sesgos observacionales.

Sin embargo la mayoría de estos muestreos adolecen de carencias importantes. La mayoría muestrea las galaxias mediante imágenes multibanda, lo que permite obtener una detallada información espacial (a la escala del segundo de arco, en general, o unos pocos cientos de pársecs), a expensas de una pobre información espectroscópica. O, en el caso de muestrear espectroscópicamente las galaxias, estas se observan en una sola apertura limitada a las zonas centrales de las galaxias (por ej., el SDSS), o con aperturas que integran una fracción considerable del flujo de las galaxias. En definitiva, carecen de información espectroscópica detallada espacialmente resuelta. Dado que la mayoría de los procesos que gobiernan la evolución de las galaxias, tales como la acreción de gas, la formación estelar, los procesos de retroalimentación, tanto de super-novas como por

DE LAS GALAXIAS DEL UNIVERSO LOCAL

Haz clic en la imagen de la derecha para acceder al vídeo "CALIFA: City of Light", o escribe en tu navegador la siguiente dirección: <https://youtu.be/oyE9VZBXfqA>

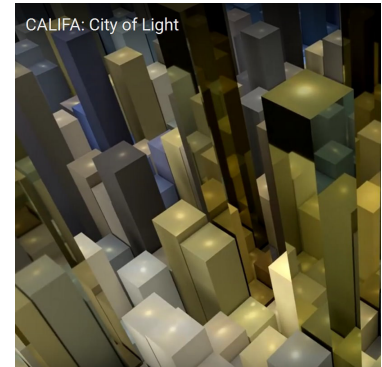
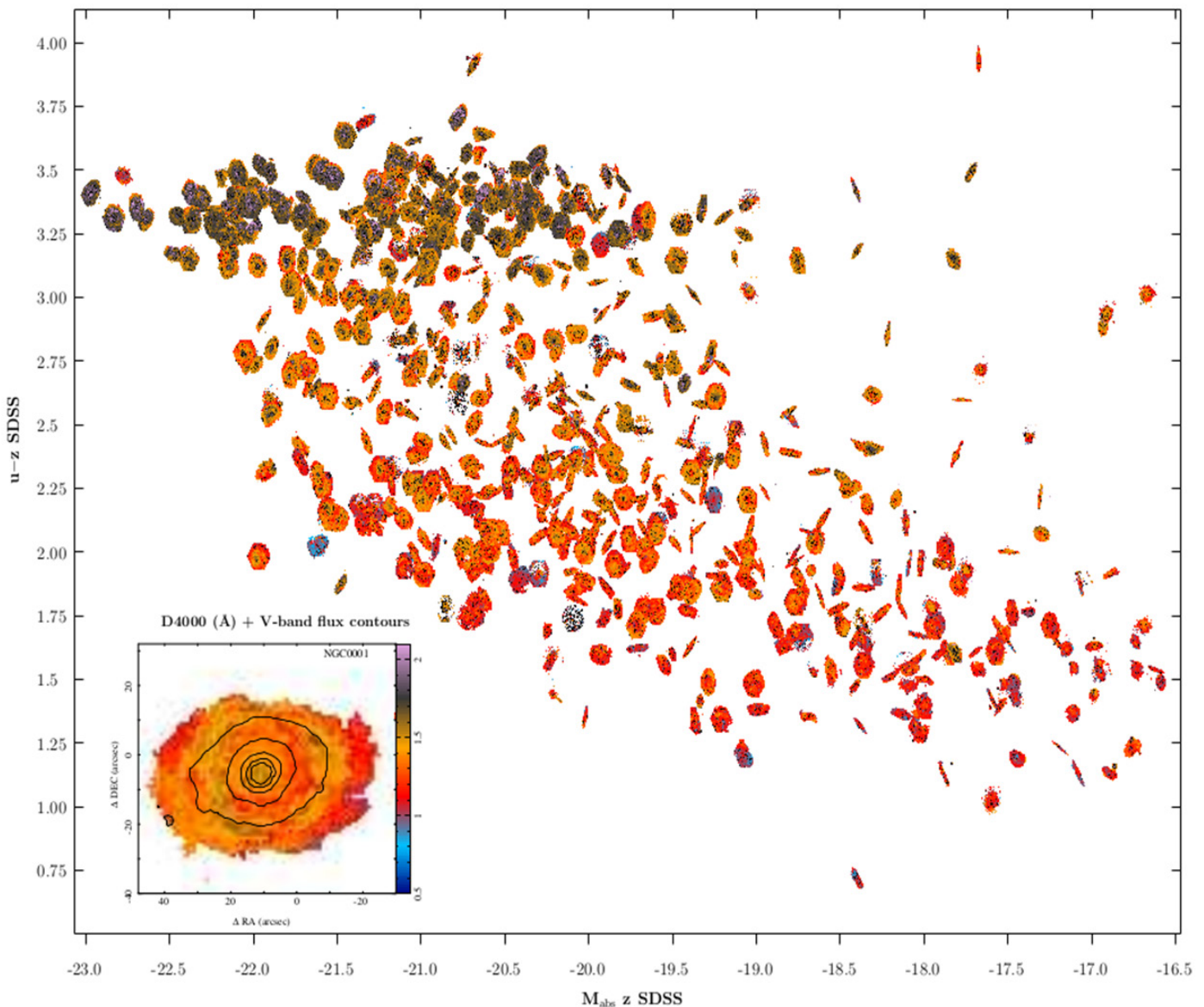


Figura 1. Distribución a lo largo del diagrama color-magnitud de 635 galaxias que comprenden la lista de candidatos al DR3 de CALIFA. Cada galaxia está representada por el correspondiente mapa del índice D4000, sensible a la edad de las poblaciones estelares, para cada spaxel dentro del cubo, ilustrando el tipo productos intermedios que pueden derivarse con los datos. Abajo a la izquierda se muestra de forma ampliada dicho mapa para la galaxia NGC0001. Se observa claramente la bimodalidad de la distribución de este parámetro para los objetos de la secuencia roja y los objetos en la nube azul. Distribuciones similares se pueden realizar para diferentes observables físicos con el fin de trazar líneas evolutivas entre los diferentes tipos morfológicos.



AGNs, los ciclos de enriquecimiento químico, las migraciones radiales y todos los procesos cinemáticos y dinámicos, tienen un efecto (y una naturaleza) local dentro de las mismas, la falta de esta información limita nuestra capacidad de comprensión de los mismos, y por tanto nuestra capacidad de comprensión de los procesos evolutivos que moldearon estos objetos a lo largo de las edades cosmológicas. En muchos casos, la limitación de la apertura de la información espectroscópica que se ha adquirido ha introducido sesgos y errores de interpretación importantes.

La espectroscopía de campo integral (IFS, Integral Field Spectroscopy), o espectroscopía 3D, es una técnica que permite soslayar las dificultades técnicas de muestreos anteriores, al obtener información espectroscópica espacialmente resuelta de los objetos observados. A pesar de haberse desarrollado a principios de los años 90 del pasado siglo, durante mucho tiempo estuvo limitada al uso por parte de unos pocos especialistas, principalmente debido a la complejidad intrínseca de los datos, y a casos científicos muy limitados, principalmente debido a lo reducido de los campos de visión de estos instrumentos (normalmente unos pocos segundos de arco). La llegada de instrumentos de mayor cubrimiento espacial, y en concreto del instrumento SAURON, permitieron la realización de los primeros muestreos de un número mayor de objetos (por ej., de Zeeuw et al. 2002, MNRAS, 400, 1225). El proyecto Atlas3D (Cappellari et al. 2011, MNRAS, 413, 813), supuso un cambio conceptual, al obtener espectroscopía 3D de 260 galaxias elípticas del Universo Local, muestreándolas hasta un radio efectivo. Si bien tanto la muestra, el rango espectral, como el cubrimiento espacial presentaban limitaciones evidentes.

Con el fin de cubrir el hueco existente entre los grandes muestreos en imagen multibanda y/o espectroscópicos de una sola apertura, tales como el SDSS, y los estudios de menos envergadura, con espectroscopía 3D detallada, iniciamos en 2010 el proyecto CALIFA: *Calar Alto Legacy Integral Field spectroscopy Area survey* (Sánchez et al. 2012, A&A, 538, 8; <http://califa.caha.es>). Los objetivos principales de este proyecto son (i) la caracterización de las propiedades espectroscópicas espacialmente resueltas de las galaxias de Universo Local, y (ii) la comprensión de los procesos evolutivos que han dado lugar a dichas ga-

laxias mediante el estudio de las improntas que dicha evolución ha dejado en las propiedades espectroscópicas de las galaxias. En general, CALIFA aporta una visión panorámica de las galaxias sin precedentes.

Durante los últimos 5 años hemos obtenido espectroscopía 3D de 733 galaxias del Universo Local utilizando la Unidad de Espectroscopía Integral (IFU) de gran campo PPAK/PMAS del telescopio 3.5m de Calar Alto. PPAK permite obtener un cubrimiento hexagonal de los objetos de $\sim 74'' \times 64''$, con una resolución espacial de $2.5''/\text{FWHM}$, muestreando gran parte de su extensión óptica hasta un brillo superficial de $\sim 24 \text{ mag/arcsec}^2$ (~ 3 radios efectivos), con una señal-ruido superior a 5 en cada spaxel (pixel espacial). El muestreo se realiza con 331 fibras ópticas distribuidas siguiendo una patrón triangular dentro del hexágono descrito en plano focal del telescopio, y a lo largo de la rendija de entrada del espectrógrafo en el otro extremo. Mediante un proceso de dithering se consigue cubrir todo el campo de visión obteniendo 993 espectros independientes para cada objeto y rango espectral cubierto. Se utilizaron dos configuraciones instrumentales: (1) La baja resolución ($R \sim 850$) que cubría el rango entre 3750-7200 Å, enfocada a la determinación de las propiedades de las poblaciones estelares y del gas ionizado (cubriendo las líneas entre [OII]3727 y [SII]6731), y (2) La resolución intermedia ($R \sim 1650$), que cubría el rango entre 3700-4700 Å, enfocada al estudio cinemático tanto de las poblaciones estelares como del gas ionizado. En total se obtienen más de 2100 espectros individuales por objeto y exposición, los cuales se procesan mediante una pipeline automática hasta formar dos cubos de datos independientes (uno por cada resolución), con un muestro final de $1''/\text{spaxel}$ (pixel espacial), tal y como se describe en García-Benito et al. (2015, A&A, 576, 135).

La muestra fue seleccionada por diámetro ($45'' < D < 80''$), a partir del catálogo del muestreo SDSS, dentro del rango de distancias cosmológicas comprendido entre 20 y 130 Mpc ($0.005 < z < 0.03$). El objetivo fue obtener una muestra de objetos cuyo tamaño fuera similar al campo de visión ofrecido por el instrumento, y a la vez presentara un cubrimiento adecuado del diagrama color magnitud (con al menos 20 objetos por bin de 0.5 magnitudes y 0.5 mag en color), sin pre-selección morfológica o de

cualquier otro tipo, hasta una magnitud de $M_B \sim -18$ mag. Dicha muestra se demuestra que es por tanto representativa de la población de galaxias del Universo Local, y estadísticamente significativa (Walcher et al. 2014, A&A, 569, 1), lo cual nos ha permitido derivar propiedades globales mediante correcciones por volumen. La muestra inicial se amplió mediante la observación de unas 100 galaxias que debido a su naturaleza están representadas en número bajo mediante esta selección, y que completan la muestra total. Dichas galaxias comprenden desde galaxias de baja masa, elípticas compactas, compañeras en interacción de las galaxias de la muestra, elípticas supermasivas, S0 de baja masa o radio galaxias.

Para su consecución el observatorio dotó inicialmente al proyecto de 250 noches oscuras, las cuales se incrementaron hasta un total de 350 noches, distribuidas homogéneamente a lo largo de cada mes del año. Esta enorme cantidad de noches entraña una responsabilidad para con la comunidad científica a la que se ofrece el Observatorio de Calar Alto, y es por ello que desde el principio concebimos CALIFA como un proyecto de Legado, cuyos datos, reducidos y con calidad científica garantizada se han ido distribuyendo en diferentes distribuciones de datos: DR1 (Husemann et al. 2013, A&A, 549, 87,

<http://califa.caha.es/DR1>), DR2 (García-Benito et al. 2015, <http://califa.caha.es/DR2>), y la última que planeamos realizar en Abril de 2016, coincidiendo con un congreso internacional enfocado al estudio de las propiedades resueltas de las galaxias en Cozumel (<http://www.astroscu.unam.mx/galaxies2016/>), donde daremos cierre a la fase observacional del proyecto. Los diferentes DR han tenido una muy buena acogida en la comunidad, con más de 10000 descargas de cubos y diferentes estudios realizados.

Para la realización de CALIFA hemos contado con un amplio grupo internacional de investigadores, mayormente jóvenes entusiastas, comprendiendo un total de más de 80 miembros distribuidos en 17 países distintos. Hemos intentado mantener una actividad científica acorde a la inversión en tiempo de telescopio, y podemos afirmar que con más de 109 publicaciones (35 de ellas en revistas con árbitro), con 6 tesis doctorales y 4 tesis de maestría defendidas (y 11 más en proceso), y más de 200 presentaciones en congresos y seminarios presentados, CALIFA es hasta la fecha el muestreo más rentable de los realizados en el Observatorio de Calar Alto, y uno de los más eficientes en nuestro país. Y todo ello sin contar los artículos publicados fuera de la colaboración debido a las distribuciones de datos.

Figura 2. Imagen de los miembros del proyecto CALIFA que asistieron a la última reunión científica del mismo (Busy Weeks), celebrada en la casa de Galileo en Florencia el pasado mes de abril de 2016.



Dentro de los resultados científicos más importantes que hemos obtenido podemos destacar: (i) el desarrollo de nuevas técnicas de paleontología galáctica que nos han permitido descomponer la historias de formación estelar (SFH) de las galaxias (Cid Fernandes et al. 2014, 2015), con las cuales hemos podido comprobar el crecimiento de dentro hacia fuera del ensamblaje de masa en las galaxias y la existencia de un downsizing local (Perez et al. 2013); (ii) la comprobación de que las SFHs de los bulbos y los discos están intrínsecamente relacionados con la masa total, en el primer caso, y con la densidad de masa, en el segundo (González-Delgado et al. 2014, 2015); (iii) que la paralización de la formación estelar en galaxias tempranas sucede sistemáticamente de dentro hacia fuera (González-Delgado et al. 2015); (iv) que la presencia de barras no altera los gradientes globales de abundancia de oxígeno (Sánchez et al. 2014), ni de metalicidad estelar (Sánchez-Blázquez et al. 2014), existiendo un gradiente característico de abundancias en las galaxias con disco, independiente de la mayor parte de las propiedades de los mismos (Sánchez et al. 2012, 2014; Sánchez-Menguiano et al. 2016); (v) exploramos las propiedades espacialmente resueltas de las poblaciones estelares en las galaxias (González-Delgado et al. 2015), y como las fusiones determinan la naturaleza de las galaxias elíptica azuladas (Haines et al. 2014); (vi) Exploramos el origen de la emisión de gas ionizado de baja intensidad en las galaxias tempranas, la llamada emisión tipo LINER (Kehrig et al. 2012; Papaderos et al. 2013; Singh et al. 2013), encontrando que en general está no está restringida al núcleo de las galaxias, siendo compatible en muchos casos con ionización debida a estrellas viejas (Gomes et al. 2015a), aunque en algunos casos se presenta emisión central compatible con un AGN, y en otros, procesos de formación estelar en la parte externa de estas galaxias (Gomes et al. 2015b); (vii) Hemos realizado un estudio sistemático de las propiedades cinemáticas tanto del gas ionizado (García-Lorenzo et al. 2015) como de las poblaciones estelares para todo tipo de galaxias, determinado el efecto de las barras en la cinemática de las galaxias (Barrera-Ballesteros et al. 2015a), encontrando que no existe un efecto global, y si existe es solamente en las zonas centrales donde aparecen movimientos radiales (Holmes et al. 2015); determinamos que las barras son siempre rápidas, para cualquier tipo morfológico (Aguerri et al. 2015);

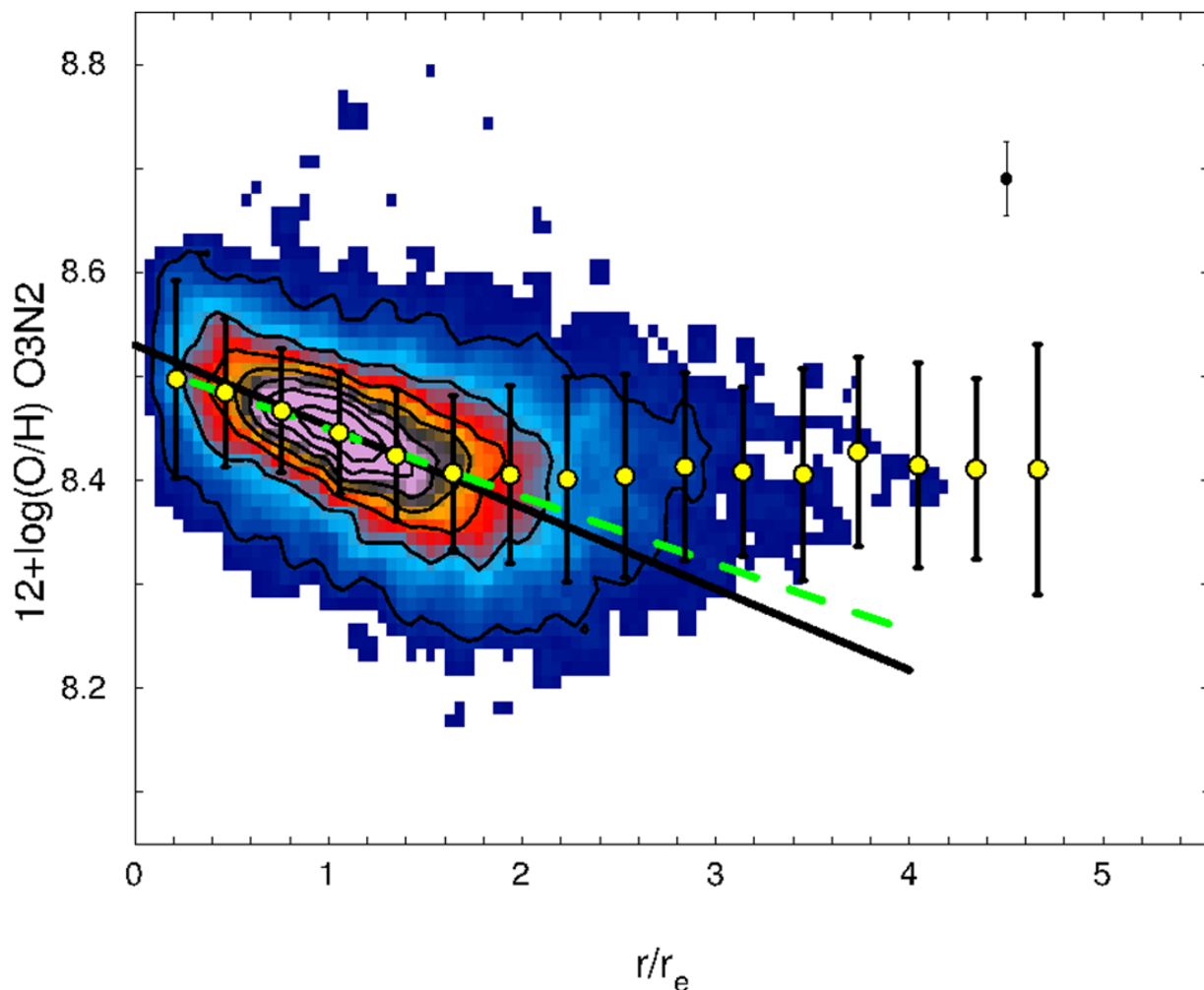
y extendimos las medidas de momento angular de las galaxias a tipos más tardíos de lo obtenido hasta la fecha (Falcón-Barroso et al. 2015), encontrando que el esquema de evolución de galaxias Sa a S0 planteado por Atlas3D no encaja totalmente con los datos; (viii) exploramos el efecto de la interacción en la formación estelar de las galaxias (Wild et al. 2014), y en los procesos de expulsión de metales (Barrera-Ballesteros et al. 2015c), así como las evidencias que dejan en la cinemática de las galaxias (Barrera-Ballesteros et al. 2015b), encontrando que si bien en determinadas fases de la interacción hay incrementos en algunas galaxias de las distorsiones cinemáticas y de la formación estelar central, no se observan procesos evidentes de expulsión de metales; (ix) estudiamos las relaciones de escala existentes, tales como la relación de Tully-Fischer (Bekeraite et al., in prep.), la relación Masa-Metalicidad (Sánchez et al. 2013), y la secuencia principal de galaxias en formación estelar (Catalan-Torrecilla et al. 2015), describiendo así mismo relaciones de escala locales desconocidas, como la relación Densidad de Masa-Metalicidad (Rosales-Ortega et al. 2012; Sanchez et al. 2013), descrita para abundancias gaseosas y metalicidades estelares (Gonzalez-Serrano et al. 2015c), y las secuencia principal de regiones de formación estelar (Cano et al., enviado), estudiando la formación estelar espacialmente resuelta a lo largo de la secuencia de Hubble (Gonzalez-Delgado et al., in prep.); (x) Igualmente hemos explorado los progenitores de diferentes tipos de super-novas, haciendo uso de la información local que tenemos de las regiones donde se observaron las mismas. En conclusión hemos contribuido de forma significativa a la comprensión de los procesos que dan forma a las galaxias del Universo Local, mostrando que en líneas generales, al menos durante los últimos 8 mil millones de años, están dominados por procesos de crecimiento quiescente, de dentro hacia fuera, sin grandes influencias por los procesos de mergers o incluso procesos seculares dentro de las galaxias.

Por todo ello CALIFA, aun en plena fase de explotación científica, se ha configurado como el referente internacional para la próxima generación de muestras extra-galácticas que harán uso de la espectroscopía de campo integral, tales como MaNGA (Bundy et al., 2015), o SAMI (Croom et al., 2012), que en gran medida han copiado los procedimientos de

observación e incluso la configuración y distribución espacial de las fibras, así como las técnicas de reducción y reconstrucción de los cubos. Todo ello ha sido posible gracias al compromiso personal de muchos miembros de la colaboración, y al apoyo incondicional de una parte de la comunidad astronómica de nuestro país, en particular de los trabajadores y

cargos directivos del Observatorio de Calar Alto, que han apostado y siguen apostando por este proyecto, haciendo un trabajo encomiable a pesar de las múltiples dificultades que han atravesado. Esperamos que CALIFA, si sirve para algo, sea al menos para demostrar la profesionalidad y entrega de todos ellos. A ellos sobre todo, les damos las gracias.

Figura 3. Uno de los resultados principales del proyecto fue determinar que las galaxias presentan un gradiente de abundancia muy similar, con una pendiente de entre -0.05 dex/Re y -0.1 dex/Re (dependiendo del calibrador) entre 0.5 y 2 radios efectivos, independientemente de las propiedades de dichas galaxias (masa, tipo morfológico, presencia de barras...). Es por ello que decimos que las galaxias presentan un gradiente de abundancia característico o común. Dicho resultado fue presentado inicialmente en Sánchez et al. 2014, y ha sido puesto al día en sucesivas presentaciones en congresos a medida que el número de objetos observados se iba incrementando. La Figura ilustra este resultado mostrando el mapa de densidad de puntos derivado para ~ 11.000 regiones HII obtenidas a partir de 326 galaxias de la muestra, de la distribución radial abundancias normalizada a la abundancia al radio efectivo a lo largo de las distancias galactocéntricas. El primer mapa de contornos engloba el 95% de los puntos, con un decremento del 20% entre contornos sucesivos. Los puntos en amarillo muestran el promedio en bins de $0.3 R/Re$. La línea negra muestra el gradiente derivado para estos puntos entre 0.5 y $2 R/Re$, mientras que la línea discontinua verde muestra el promedio de los gradientes derivados para cada una de las galaxias incluidas en la figura. Como se puede apreciar todas las galaxias presentan un gradiente muy similar, hasta $2R/Re$, a partir de aquí se aprecia un gradiente plano, como se ha demostrado recientemente en Sánchez-Menguiano et al. 2016.



EL EXPERIMENTO QUIJOTE

El pasado 12 de noviembre de 2015 se cumplieron tres años desde que el primer radiotelescopio del experimento QUIJOTE, junto con su primer instrumento, tuvo la primera luz. Los primeros resultados científicos de estos tres años de operación ya se están enviando a publicación. En paralelo, hemos completado la instalación del segundo telescopio QUIJOTE en 2014, y hemos finalizado la fabricación del segundo de los instrumentos, que se encuentra ahora mismo en fase de calibración y comisionado. La instalación fue inaugurada el pasado mes de Junio de 2015 por S.M. el Rey.



José Alberto Rubiño Martín
Instituto de Astrofísica de Canarias
jalberto@iac.es

El experimento QUIJOTE (Q-U-I Joint Tenerife) es el resultado de una colaboración científica entre el Instituto de Astrofísica de Canarias (Tenerife), el Instituto de Física de Cantabria (Santander), el Departamento de Ingeniería de las Comunicaciones (Santander), y las Universidades de Manchester y Cambridge (Reino Unido). El experimento consta de dos telescopios, que han sido construidos por la compañía IDOM, y de tres instrumentos, dedicados a la caracterización de la polarización de la emisión del cielo en microondas en el rango de frecuencias de 10 a 40GHz, y en escalas angulares del orden de un grado. El primer instrumento (MFI) es multi-frecuencia, y opera desde noviembre de 2012 en cuatro bandas de frecuencia, a 11, 13, 17 y 19 GHz. El segundo instrumento (TGI), contiene 31 receptores a 30 GHz, y está ahora mismo en fase de comisionado. Y el tercer instrumento (FGI) tendrá otros 31 receptores, pero a 40 GHz.

¿Cuáles son los procesos físicos que ocurrieron en inflación?

El objetivo principal del proyecto es el estudio de la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM), y en particular, de las condiciones en las que se desarrolló la inflación, una etapa en la evolución del Universo que tuvo lugar apenas 10^{-33} s después de Big Bang, durante la cual el factor de escala del Universo aumentó de forma casi exponencial.

El modelo más sencillo de inflación se basa en un campo escalar fundamental, denominado inflatón, que evoluciona lentamente. Durante la fase de la inflación, las fluctuaciones cuánticas del espacio-tiempo y el propio campo escalar son amplificadas y estirados hasta escalas macroscópicas. El proceso también genera un baño de ondas gravitacionales, siendo su amplitud una medida directa de la energía potencial del campo escalar.

Estas perturbaciones tensoriales del espacio-tiempo actúan como semillas de las anisotropías que observamos en el FCM. Sin embargo, su contribución a la intensidad de las anisotropías del FCM es subdominante, por lo que su detección directa se hace muy complicada. Afortunadamente, estas perturbaciones inducen también un patrón muy característico en la polarización del FCM en grandes escalas angulares, que se denomina "modos B", y que nos indicaría de forma indirecta pero inequívoca la existencia de dichas ondas gravitacionales. Experimentos como QUIJOTE intentan detectar dicho patrón en los mapas de la polarización del FCM.

Cotas actuales

Las mejores cotas que tenemos en la actualidad sobre la amplitud de un fondo de ondas gravitacionales provienen de los mapas del satélite PLANCK, de la ESA. Dichas cotas indican que la contribución relativa de la componente tensorial respecto a la escalar, es menor que el 12%. Esta restricción viene principalmente impuesta por la exquisita medida de la intensidad del FCM que ha realizado PLANCK. Estos valores implican que la energía potencial del inflatón es menor que $\sim 2 \times 10^{16}$ GeV, que es una escala de energías que corresponde a teorías de gran unificación. Resultados más recientes de experimentos como BICEP2 y Keck Array sugieren que la contribución de ondas gravitacionales podría ser incluso inferior al 10%. El objetivo final que tenemos con QUIJOTE es alcanzar valores del orden del 5% tras tres años de operación con el TGI y el FGI. Sin embargo, tras el primer año de operación con el TGI, y combinando con los datos del MFI, ya esperamos obtener las primeras mediciones de la polarización del FCM a niveles del 10%.

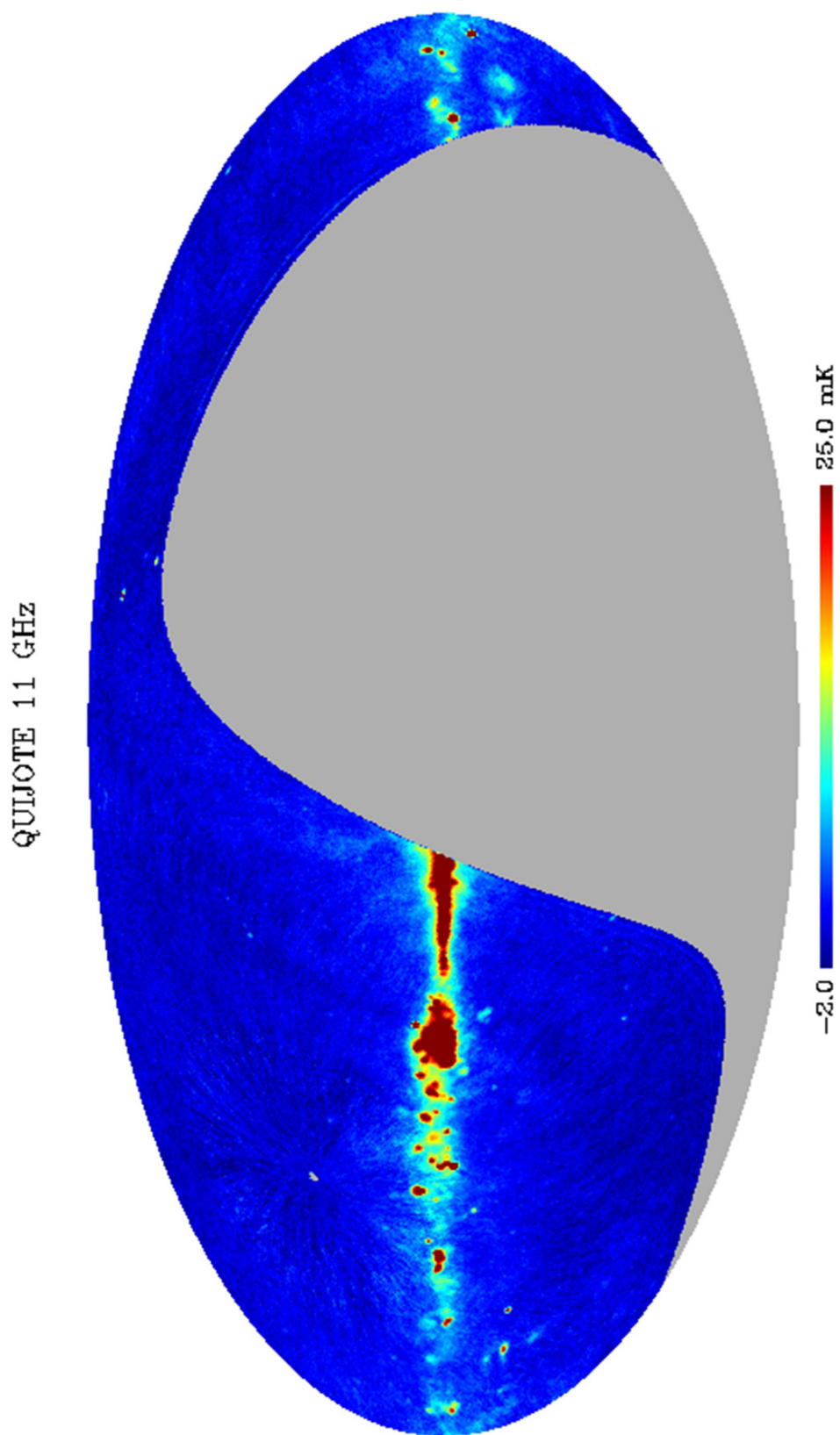
Emisión galáctica en microondas

Caracterizar la polarización de las anisotropías del FCM es un enorme reto observacional. Por un lado, las señales esperadas son intrínsecamente muy débiles. Y por otro lado, nuestra propia Galaxia emite radiación polarizada en microondas que es más intensa que las señales que queremos medir. En el rango de las microondas, el proceso físico dominante de emisión en nuestra Galaxia es la radiación sincrotrón, mientras que en el rango milimétrico, el proceso dominante es la emisión térmica de los granos de polvo del medio interestelar. En ambos casos, el campo magnético galáctico juega un papel esencial, determinando la estructura espacial de los patrones de emisión polarizada.

Cualquier experimento que pretenda detectar la existencia de modos B en los mapas de polarización del FCM debe antes corregir la emisión de nuestra propia Galaxia. La mayor parte de los experimentos actuales en Tierra usan bolómetros, que exploran el FCM a frecuencias por encima de 100



Telescopios QUIJOTE, instalados en el Observatorio del Teide. El primer telescopio (al fondo) está en operación desde Noviembre de 2012. El segundo telescopio QUIJOTE (al frente) fue comisionado a finales de 2014. (Fotografía: Daniel López).



Mapa obtenido con QUIJOTE a 11GHz, como parte del cartografiado del cielo del hemisferio norte. Este mapa ha sido construido con datos correspondientes a un mes de observaciones.

GHz, y deben, por tanto, realizar una corrección detallada de la emisión polarizada del polvo. Sin embargo, QUIJOTE usa una aproximación diferente. Las frecuencias más sensibles del instrumento (30 y 40 GHz) se encuentran en el dominio en el que solamente el sincrotrón es relevante. Y para modelar dicha emisión, se usa el instrumento MFI, con sus cuatro bandas de frecuencia.

Primeros resultados del experimento QUIJOTE: el instrumento MFI

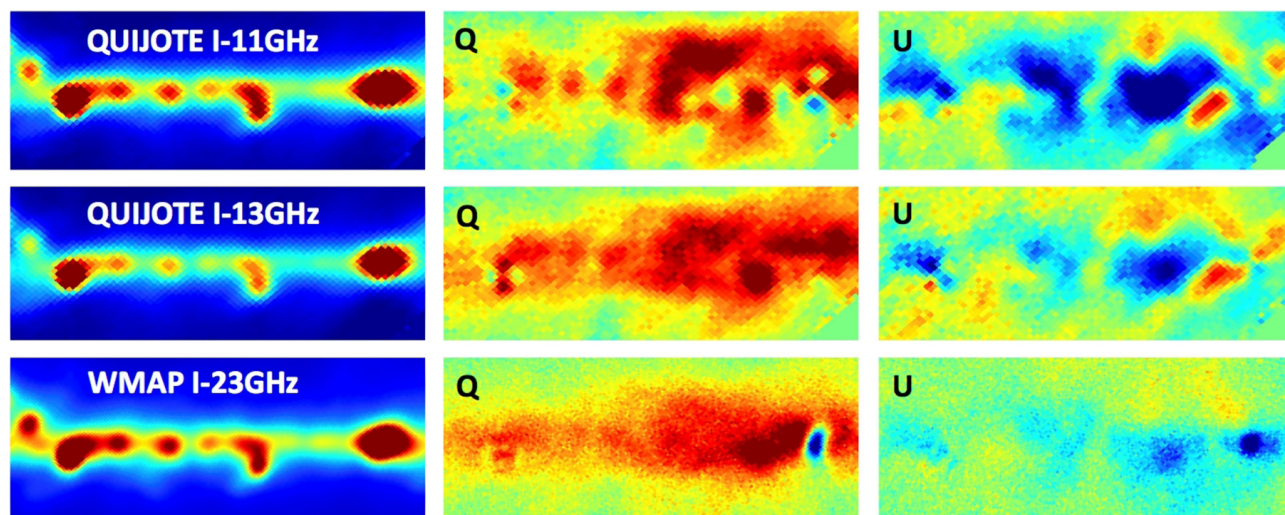
Durante estos primeros años de operación con el MFI, el proyecto se ha centrado en caracterizar las propiedades de la emisión polarizada de nuestra Galaxia entre 10 y 20 GHz. Además de medir las propiedades de la emisión sincrotrón, hemos estudiado en detalle las propiedades de la polarización de un nuevo proceso físico de emisión, la denominada emisión anómala de microondas (EAM), que potencialmente podría contribuir de forma importante a la señal polarizada en nuestras frecuencias y en las de otros experimentos. Nuestras medidas con el MFI muestran que la EAM no está polarizada a niveles por debajo del 1%. Estas cotas son únicas a estas frecuencias, y nos permiten concluir que su contribución no es relevante para los objetivos cosmológicos del experimento.

Además de la caracterización de la polarización de la emisión sincrotrón, el MFI proporcionará también un serie de mapas "legado" de la emisión de cielo en el hemisferio norte a 11, 13, 17 y 19GHz. Estos mapas, que complementan de forma natural a los mapas del satélite PLANCK (30-857 GHz), aportarán una información muy valiosa para la planificación de futuros experimentos o misiones espaciales.

Enlaces:

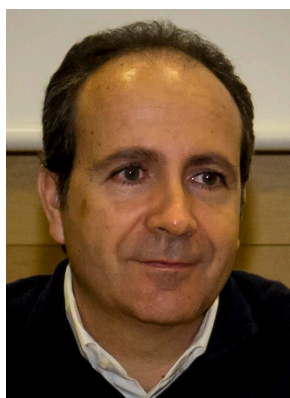
- [1] Experimento Quijote. <http://www.iac.es/project/cmb/quijote/>
- [2] Proyecto Consolider-Ingenio "Exploring the Physics of Inflation". <http://www.epi-consolider.es>
- [3] Satélite Planck. <http://planck.esa.int>

Mapas del plano galáctico ($20^\circ \times 6^\circ$) centrados en $l=8^\circ$, vistos por QUIJOTE a 11 y 13 GHz, comparados con el mapa de WMAP a 23GHz. Los mapas de QUIJOTE corresponden a 4 días de observación.



CARMENES: BUSCANDO OTRAS TIERRAS

Criogenia: palabra que proviene de la unión de dos palabras griegas “Kryos”, que significa “frío” o “helado” y “gennos”, que significa “engendrar” o “producir” y se utiliza para referirnos a la producción de temperaturas muy bajas en varias decenas de grados. En general, en física, la criogenia se refiere al estudio de la operación a temperaturas muy bajas (por debajo de -150°C o 123 K). A principios del siglo 19, todavía no era posible conseguir refrigeración a gran escala que no fuera por medio del hielo natural, pero ya existía una fuerte demanda de refrigeración artificial por parte de los carniceros, los cerveceros y de la industria. Hoy en día, sin embargo, alcanzar la temperatura de 77 K , que es la temperatura de cambio de fase del Nitrógeno líquido, no es difícil si se tiene un buen aprovisionamiento de este gas en estado líquido.



Pedro J. Amado
Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC)
pja@iaa.es

Según esta definición, el espectrógrafo de alta resolución, alta estabilidad y gran cobertura en longitud de onda en el infrarrojo cercano (canal infrarrojo o canal NIR) de CARMENES no sería criogénico, ya que su temperatura de operación (140 K) quedaría por encima de este rango. En principio, podríamos pensar que, por este motivo, su diseño, fabricación y operación fueran más sencillos. Resulta que no, todo lo contrario.

El pasado 20 de octubre, este canal, el último componente del instrumento CARMENES en llegar al Centro Astronómico Hispano Alemán de Calar Alto, subió al observatorio para quedar albergado en su ubicación definitiva para los próximos años, la sala Coude del telescopio de 3.5 m . Este último componente, que se ha venido denominando el “ojo NIR de CARMENES”, viajó desde el Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC (foto 1), por carretera, integrado casi al completo en su tanque de vacío, en un transporte especial (foto 2 y 3) en uno de los días de tiempo meteorológico más inclemente que he visto en los últimos tiempos.

La decisión de transportarlo con parte de la óptica mecánica integrada en el inmenso tanque de vacío (foto 4) también fue dura, pero finalmente muy acertada en vistas del éxito de la operación y del tiempo que se ha ahorrado en la reintegración en el observatorio (fundamental para el muy exigente plan de este proyecto, fijado en la adenda al acuerdo de operación de CAHA entre CSIC y MPG, y que se ha cumplido en tan solo siete años).

Ya en el observatorio se encontraban el canal que observa en el rango visible (canal VIS) y el frontal de CARMENES, así como todos los subsistemas auxiliares, como unidades de calibración, ordenadores, electrónica y demás. Entre el 20 de octubre y el 5 de noviembre se realizó lo que esperábamos fuera el último ciclado criogénico (que al final no lo fue, ya que en semanas posteriores hubo otro más). Estos ciclados del canal NIR son periodos de dos semanas que se cuentan desde que se cierra el tanque de vacío y se ponen en funcionamiento sus potentes bombas para generar el vacío requerido en su interior hasta que el sistema de enfriamiento estabiliza al canal NIR a la temperatura de operación nominal de 140 K . Calentar el canal hasta temperatura ambiente para poder abrirlo y hacer las intervenciones oportunas requiere una semana más, habiendo sido el total de ciclados utilizados para llevarlo a operación de tan solo cinco (lo que podría considerarse un record para este tipo de instrumentos).

Fotografía 1





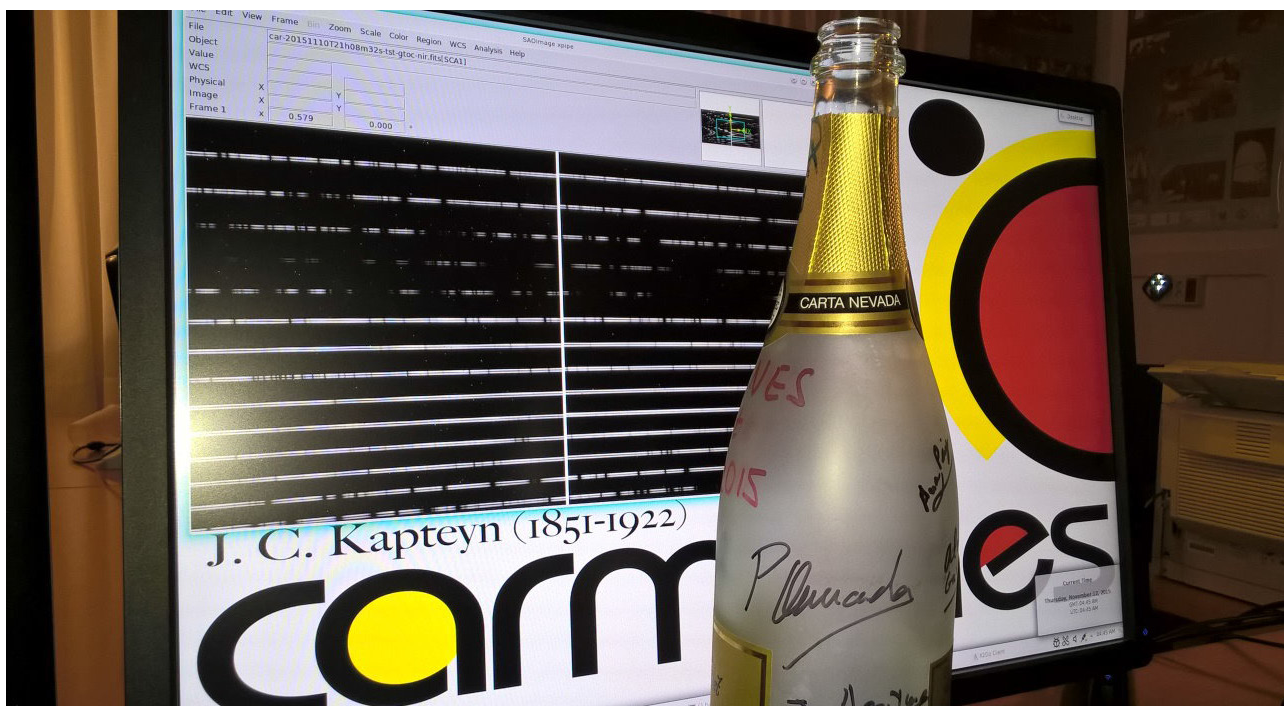
Fotografía 2

Fotografía 3



Fotografía 4





Fotografía 5

«Uno de los hitos más importantes ha sido el de poder obtener espectros simultáneos con los dos espectrógrafos, lo que correspondería a observar por primera vez las estrellas con “los dos ojos” de CARMENES.»

El sistema de enfriamiento del canal NIR es único en el mundo, por la estabilidad que proporciona, del orden del milikelvin, a temperaturas superiores a la del cambio de fase del Nitrógeno líquido, y por la tecnología empleada, basada en la del "Continuous Flow Cooling" (CFC) de los criostatos de los detectores del European Southern Observatory (ESO). CARMENES también es único por el rango espectral que cubre (550 a 1700 nm) a alta resolución espectral (82,000), lo que lo pone a la cabeza de proyectos similares liderados por EE.UU., Canadá-Francia o Japón.

Desde primeros de noviembre, todos los componentes se han ido integrando para comenzar la última fase de comisionado del instrumento completo en CAHA. Esta fase, cubriendo un total de seis semanas continuas, desde el 6 de noviembre hasta el 17 de diciembre (sentimos los inconvenientes que esto haya podido generar en los usuarios del observatorio y del telescopio de 3.5 m) está permitiendo poner a punto el canal VIS, el NIR, el frontal y el software de control del instrumento y de reducción de datos.

En este periodo hemos tanto alcanzado hitos clave en el proyecto como pasado por momentos de preocupación, con problemas que sólo surgen en esta fase pero que afortunadamente estamos solventando. Uno de los hitos más importantes ha sido el de poder obtener espectros simultáneos con los dos espectrógrafos, lo que correspondería a observar por primera vez las estrellas con "los dos ojos" de CARMENES. Ese momento se produjo el pasado 9 de Noviembre de 2015 (ver foto 5)

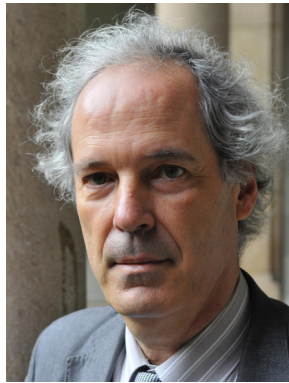
Cumplido este hito, puedo decir que CARMENES, un instrumento especialmente diseñado para encontrar planetas parecidos a la Tierra por un consorcio de once centros españoles y alemanes, liderados por el LSW Heidelberg y el IAA-CSIC en Granada, ha pasado con éxito sus primeras pruebas en telescopio.

Los dos "ojos" de CARMENES, optimizados para analizar la luz de las estrellas M enanas más cercanas a nuestro Sistema Solar, se han abierto así para mirar al cielo e iniciar, de forma ininterrumpida en los próximos cinco años, la búsqueda de una segunda Tierra.

Agradecimientos: Aprovecho para agradecer a todos aquellos que han hecho posible este proyecto: agencias financiadoras regionales, nacionales españolas y alemanas y europeas, las empresas involucradas, los distintos centros del consorcio y, sobre todo, a su personal (a muchos de los cuales perderemos en los próximos meses), en particular al equipo de ingenieros del IAA. También agradezco el apoyo recibido de las distintas direcciones del IAA, en particular a las dos últimas, sin el cual no habría podido liderar este proyecto. Por último a mi familia, que ha aguantado estoicamente todos mis cambios de humor durante los últimos siete años.

CTA-NORTE EN EL ROQUE DE LOS MUCHACHOS

La astronomía de rayos gamma de muy alta energía es uno de los pilares de la física de astropartículas y la última ventana al cosmos que se ha abierto en astrofísica. Es una ventana al universo más energético, más violento y más extremo que nos ayuda a completar y comprender la información proporcionada en otras longitudes de onda por el resto de telescopios, los aceleradores de partículas, los telescopios de neutrinos y los detectores de ondas gravitacionales, en cuestiones fundamentales de la Astrofísica, la Física de Partículas y la Cosmología



Josep M. Paredes

Institut de Ciències del Cosmos, UB, IEEC-UB
jmparedes@ub.edu

Manel Martínez

Institut de Física d'Altes Energies (IFAE)
martinez@ifae.es

Ramón J. García López

Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
rgl@iac.es

Entre las técnicas que se han ensayado en los últimos cincuenta años, los telescopios Cherenkov han demostrado ser los instrumentos más eficaces para efectuar observaciones astronómicas en esta ventana, donde la observación mediante satélites resulta tecnológica y económicamente impensable. Tras los instrumentos pioneros Whipple y HEGRA, la generación de telescopios Cherenkov que está ahora en funcionamiento, formada por los H.E.S.S., VERITAS y MAGIC, ha descubierto más de 150 fuentes de rayos gamma, demostrando el potencial científico de este nuevo campo de la astronomía.

CTA: CHERENKOV TELESCOPE ARRAY

Este potencial podrá desarrollarse al máximo mediante una nueva gran infraestructura científica denominada "Cherenkov Telescope Array" ("Red de Telescopios Cherenkov" o CTA). A este proyecto se ha unido toda la comunidad de rayos gamma de muy alta energía: un contingente de unos 1200 científicos y 300 ingenieros de 31 países y todos los continentes. El proyecto CTA está listado con alta prioridad en las hojas de ruta europeas ESFRI (Unión Europea), de APPEC (Astropartículas), de Astronet (Astrofísica), así como en las de todos los países del mundo que investigan en astronomía de rayos gamma. CTA tiene como objetivos principales el estudio de:

- Los fenómenos más violentos del Universo, como la aceleración de rayos cósmicos en explosiones de supernovas, así como en procesos de acreción en objetos galácticos y extragalácticos.
- Los ambientes más extremos del Universo, como núcleos activos de galaxias, las estrellas de neutrones y los agujeros negros.
- Los límites de las leyes fundamentales de la Física, intentando entender la estructura del espacio-tiempo postulada por la Gravedad Cuántica, la naturaleza de la materia oscura, la existencia de axiones o la densidad y distribución de la Luz Extragaláctica de Fondo, reliquia de la formación de estructura en el Universo.

CTA constará de dos observatorios, uno en el hemisferio norte y otro en el sur, que cubrirán así todo el cielo. Pretende abarcar un amplio rango de energías en el espectro electromagnético, con valores comprendidos entre decenas de Giga-electronvoltios (GeV) y centenares de Tera-electronvoltios (TeV), y una sensibilidad diez veces superior a la generación de telescopios actuales. Esto se consigue mediante la combinación de telescopios Cherenkov de distintos tamaños: unos pocos "*Large Size Telescopes*" (LST, con espejos de 23 metros de diámetro), pocas decenas de "*Medium Size Telescopes*" (MST, con espejos de 12 m) y unos cincuenta "*Small Size Telescopes*" (SST, con espejos de 4 m).

Ambos observatorios, norte y sur, estarán equipados con LST y MST, pero sólo el sur estará equipado con SST, porque los estudios a las energías que cubren estos telescopios se centran sobre todo en fuentes galácticas y éstas se observan mejor desde el sur.

Estos dos observatorios tienen un coste conjunto estimado de unos 300 millones de Euros (unos 100 M€ en el Norte y 200 M€ en el sur), comenzarán a construirse ya durante el año 2016 y deberían estar completados en unos cinco años, a principios de próximo decenio. Desde ese momento estarán abiertos a toda la comunidad científica mundial y operarán durante al menos los próximos treinta años.

El proyecto CTA lidera la iniciativa global de investigar los fenómenos más energéticos del Universo mediante el estudio de las astropartículas. Será, por ahora, la única gran infraestructura científica de la prestigiosa hoja de ruta ESFRI ubicada en España y supondrá la confirmación del Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) como un observatorio líder mundial.

EL PAPEL DE ESPAÑA EN LA ASTRONOMÍA GAMMA DE MUY ALTA ENERGÍA. ESPAÑA EN CTA

La astronomía gamma de muy alta energía está muy ligada a España y en especial al Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma. Es allí donde alemanes y españoles construyeron los telescopios HEGRA, que fueron la primera red de telescopios Cherenkov. Allí se instalaron también los dos telescopios MAGIC de 17 metros de diámetro. Los telescopios MAGIC, que están actualmente en funcionamiento, fueron construidos y están siendo operados por una colaboración cuyos actores principales son España, Alemania e Italia. MAGIC consiguió por primera vez llegar a energías inferiores de 100 GeV desde tierra (hasta entonces sólo se había podido hacer desde satélites), ha logrado resultados científicos de alto impacto y su diseño ha servido de inspiración para los LST de CTA. Científicos españoles han ostentado numerosos cargos de responsabilidad en el instrumento y en dos ocasiones han dirigido toda la colaboración.

Representación artística de los cuatro telescopios de 23 metros que compondrán el conjunto de telescopios de gran diámetro CTA-LST.



Con el apoyo de MICINN y MINECO, la comunidad española jugó un papel clave en la concepción inicial de CTA en 2006 y desde entonces ha participado decisivamente tanto en el desarrollo de todo el proyecto desde posiciones de la mayor responsabilidad ("*Co-Spokesperson*" y "*Physics Coordinator*"), como en el diseño de los telescopios LST y MST. En este momento unos cien investigadores españoles de ocho instituciones (CIEMAT, Instituto de Astrofísica de Canarias, Instituto de Ciencias del Espacio, Instituto de Física de Altas Energías, Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad de Barcelona, Universidad Complutense de Madrid y Universidad de Jaén) forman parte del consorcio CTA.

España se ha comprometido a contribuir a la construcción del CTA-Norte con 40 millones de euros, provenientes de fondos FEDER especializados para infraestructuras científicas en Canarias. La participación tecnológica española es clave para la estructura mecánica de los LST, para la mecánica y la electrónica de las cámaras de los LST, para la electrónica de las cámaras de los MST, así como para el software de análisis y simulación de todos los telescopios y, a nivel científico, España se encuentra también en el grupo de los países líderes.

EL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS COMO CANDIDATO A ALBERGAR CTA-NORTE

El éxito de los telescopios de HEGRA y MAGIC ha demostrado que los observatorios de Canarias son lugares privilegiados para la astronomía Cherenkov. Es por esto que, en el contexto de una competición internacional para albergar los observatorios de CTA, el Instituto de Astrofísica de Canarias propuso los observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos como sede de CTA-Norte.

Tras una larga campaña de caracterización y el examen de un comité independiente de expertos, el "*Resource Board*" de CTA (comité que representa a las agencias financiadoras de CTA) eligió el pasado mes de julio el Roque de los Muchachos como candidato principal para el observatorio norte. Las negociaciones finales están en marcha y el acuerdo definitivo entre el IAC y CTA está muy avanzado y podría cerrarse a principios del próximo año.

La red de telescopios del norte se instalará durante los próximos cinco años y constará de cuatro LST, quince MST y varios edificios de operación y mantenimiento. Contará con el apoyo de las instalaciones del IAC en La Palma y en Tenerife.

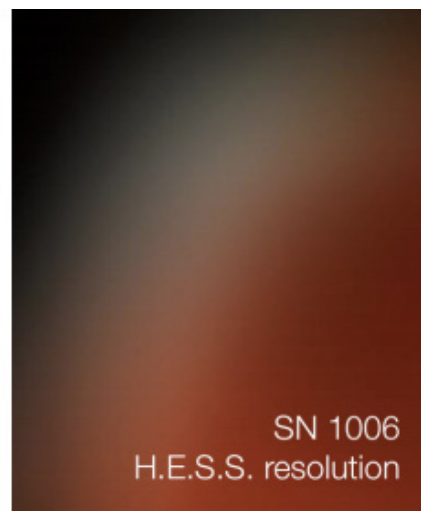
EL PROTOTIPO DEL LST

El *Large Size Telescope* (LST) supone posiblemente el mayor desafío tecnológico de CTA. Este tipo de telescopio no sólo está equipado con un espejo inmenso -de 23 metros de diámetro-, sino que debe moverse a una gran velocidad con el objeto de perseguir la efímera emisión de los "*Gamma Ray Bursts*", llamaradas de rayos gamma que duran sólo unos segundos. Eso hace que todos sus componentes se hayan diseñado para ser muy ligeros. El soporte del espejo, por ejemplo, es una estructura hueca de tubos de fibra de carbono de sólo unas cincuenta toneladas de peso.

Comparación de la resolución de CTA con la de H.E.S.S.



SN 1006
CTA resolution



SN 1006
H.E.S.S. resolution

En el equipo que diseña el LST hay una importante participación española. Está co-liderado por un investigador español y otro español es el "Chair" de su Comité de Dirección, y los grupos españoles tienen responsabilidades claves. España es el país con más peso en el LST junto con Japón y Alemania, y participan también Francia, Italia, Brasil, Suecia, India y Croacia.

El 9 de Octubre de este año, tuvo lugar en el Observatorio del Roque de los Muchachos la ceremonia de colocación de la primera piedra para el telescopio CTA-LST1 (por *Cherenkov Telescope Array - Large Size Telescope 1*), el prototipo de los telescopios de gran diámetro en CTA. La ceremonia contó con la participación de numerosas autoridades y, adicionalmente, del reciente premio Nobel de Física Prof. T. Kajita, director del ICRR de Tokio, instituto que representa legalmente al consorcio del proyecto LST1, co-liderado por Japón, España y Alemania.

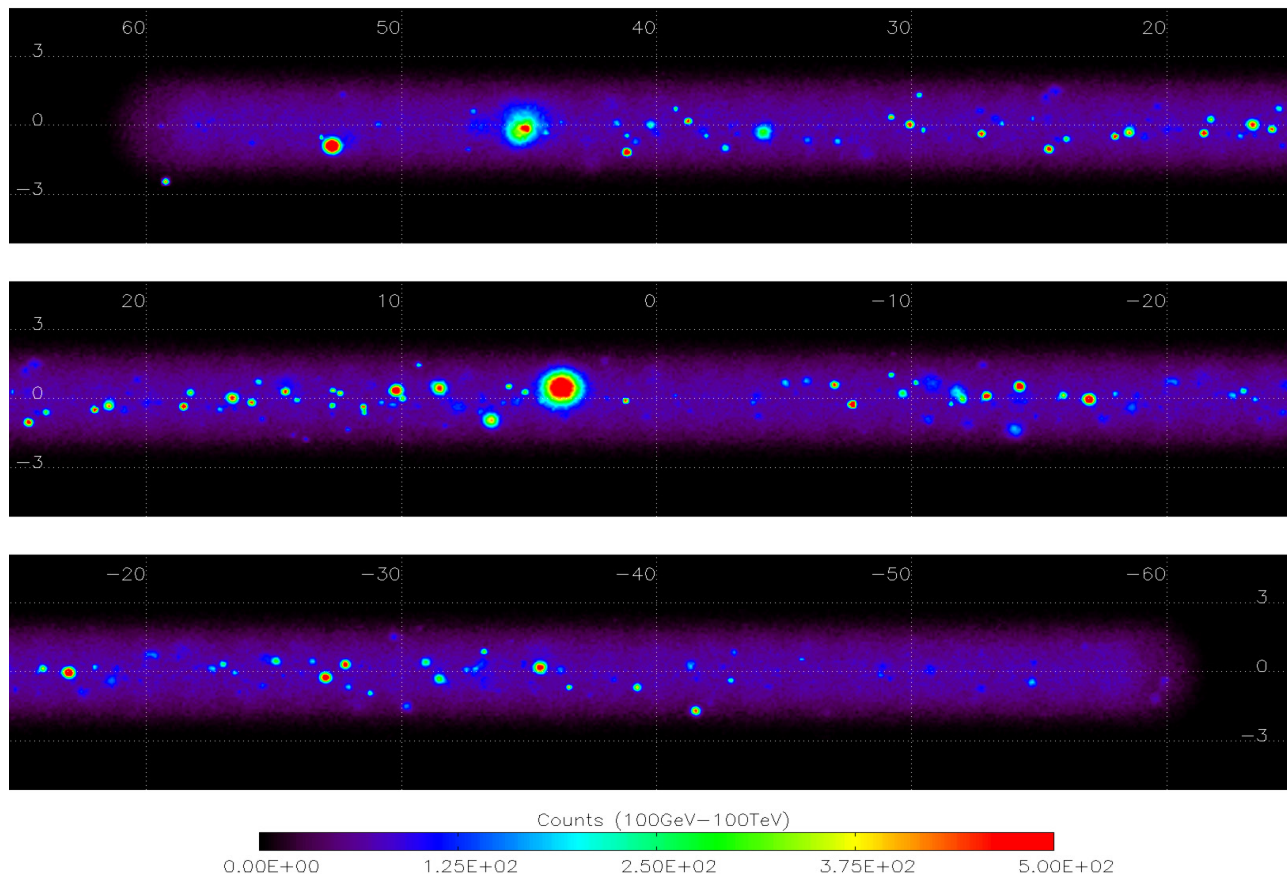
El CTA-LST1 será un telescopio Cherenkov para astronomía gamma en el rango VHE, de nueva generación de 23 metros de diámetro (entre los más grandes de su clase en el mundo) y el primero de un conjunto de diecinueve (4 LST y 15 MST) que conformarán el observatorio CTA en el hemisferio norte.

PERSPECTIVAS QUE CTA ABRE A LA COMUNIDAD CIENTÍFICA ESPAÑOLA

Los objetivos científicos de CTA abarcan una gama amplia de temas tanto de Astrofísica como de investigación en Física Fundamental. Una parte importante de la comunidad española de Física y Astrofísica está trabajando en estos temas, a través de observaciones en radio, infrarrojo, óptico, rayos X, aceleradores de partículas, telescopios de neutrinos y detectores de ondas gravitacionales, o por medio de desarrollos teóricos. En este sentido, el que CTA-Norte esté ubicado el ORM proporciona una oportunidad única para la realización de programas de observación multi-longitud de onda.

El acceso a CTA nos permitirá estudiar la banda de energía más alta del espectro electromagnético y obtener un conjunto completo de datos necesarios para la comprensión de la física subyacente de unos objetos absolutamente fascinantes.

Imagen simulada de un survey del plano galáctico con CTA.



LA SEA CELEBRA SU XII REUNIÓN CIENTÍFICA

Nuestra Sociedad celebra su XII Reunión Científica en el centro Bizkaia Aretoa, situado en una de las zonas más emblemáticas de Bilbao, del 18 al 22 de julio de 2016. Durante los cinco días de reunión, la comunidad astronómica española y los científicos invitados presentarán y debatirán sus trabajos más recientes con el fin de promover la transmisión de resultados y discutir nuevos proyectos. Nos esperan en Bilbao actividades plenamente consolidadas y nuevas propuestas.



Francesca Figueras
Coordinadora del SOC
de la XII Reunión Científica de la SEA
cesca@am.ub.es

Agustín Sánchez Lavega
Miembro del SOC y coordinador del LOC
de la XII Reunión Científica de la SEA
agustin.sanchez@ehu.es

Para esta edición contaremos con once conferencias invitadas en sesión plenaria además de dos sesiones con un nuevo formato que hemos dado en llamar “Plenarias monográficas”, para esta edición dedicadas al JWST y SKA. Podéis encontrar la lista de invitados en nuestra web (<http://sea-astronomia.es/drupal/sites/default/files/archivos/reuniones/Plenarias-Bilbao-1.pdf>), lista que, como veréis, refleja el gran abanico de temas y proyectos futuros en los que nuestra comunidad está plenamente involucrada.

Colegas españoles nos acercarán a las aportaciones científicas de la misión ROSETTA (¿necesitamos nuevos modelos de formación del Sistema Solar?), y nos mostrarán el buen funcionamiento del satélite Gaia. Pronto podremos contar con la primera publicación de datos de la misión. Los expertos en física solar nos informarán sobre las decisiones tomadas durante estos primeros meses de 2016 en la construcción del Telescopio Solar Europeo y han aceptado también nuestra invitación expertos en astropartículas y altas energías (proyectos CTA y *Athena*), dos campos en clara expansión y en el que nuestros equipos españoles poseen un alto nivel de competencia internacional.

Conscientes de la siempre difícil tarea de seleccionar una lista reducida de conferenciantes extranjeros, dentro de una larga y extensa lista de propuestas, el SOC ha priorizado para esta edición propuestas vanguardistas como la relacionada con el estudio de las distorsiones del espectro de cuerpo negro de la radiación del fondo cósmico de microondas, que constituye una nueva e inexplorada ventana hacia el universo temprano, y que será presentada por un pionero en este campo como el Dr. Jens Chluba (Universidad de Cambridge). Cambiando completamente de escala y pasando al sistema solar, será el Investigador principal de la misión JUNO, Scott J. Bolton quien de primera mano, nos cuente casi en directo la llegada de la sonda a Júpiter, prevista para el 4 de julio, 2016.

Como os comentábamos, proponemos iniciar en Bilbao una serie de sesiones plenarias monográficas. Su objetivo es tratar en sesión plenaria aquellos temas candentes que creemos que interesan a toda la comunidad, desafíos comunes que romperán en un futuro cercano varias de las fronteras de la astrofísica. El ya cercano lanzamiento del telescopio espacial James Webb (JWST, 2018) nos plantea un importante



XII REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA Bilbao, 18-22 de Julio de 2016

Celebración del X Aniversario de la entrada de España en ESO

¿Cuáles han sido los principales logros conseguidos por nuestra comunidad gracias a la entrada de España en ESO en 2006? Tim de Zeeuw ha aceptado nuestra invitación a asistir a la reunión y solicitaremos al gestor del programa de AyA una valoración por parte española (estadísticas y demás). No obstante, la evaluación más completa será aquella que podamos ofrecer los científicos. Os animamos a mostrar los logros obtenidos en estos diez años, aquellos derivados del uso de los telescopios de ESO y, cómo no, de la entrada en servicio de ALMA. Nos gustaría también contar con la presentación de resultados derivados de la contribución *in-kind* para la entrada de España en ESO, una contribución cuyo tiempo técnico y científico ha sido completado a día de hoy. Como SOC, hemos invitado a nuestra científica Nuria Huélamo a presentar su trabajo en el campo de los discos circunestelares y formación planetaria.

Sesión plenaria especial: la colaboración España-Brasil

La Sociedad Brasileña de Astronomía ha aceptado la invitación a participar en la XII Reunión Científica. Conjuntamente hemos decidido dedicar una de las sesiones plenarias a mostrar la colaboración científica entre ambos países. Contaremos con conferencias plenarias invitadas de científicos brasileños y españoles, y ejemplos del desarrollo actual de proyectos de investigación conjuntos entre ambos países.

Acto de entrega de Premios

Siguen creciendo los premios que otorga nuestra sociedad. Durante la sesión inaugural entregaremos los premios a las Mejores Tesis Doctorales en Astronomía y Astrofísica en sus convocatorias de 2014 y 2015. En esta ocasión, y por primera vez, concederemos el Primer Premio a la Mejor Tesis Doctoral Española en Instrumentación, Computación y Desarrollo Tecnológico en Astronomía y Astrofísica (convocatoria 2014). Se otorgará también el premio a la IV edición de Premio SEA-SF2A al mejor proyecto de colaboración franco-española de Astronomía, organizado conjuntamente por nuestra Sociedad y la Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique (SF2A). Este y el ganador de la anterior edición (2015) nos presentarán sus actuales líneas de investigación y proyectos futuros.

Sesión plenaria sobre Estallidos de Rayos Gamma

A propuesta de muchos de vosotros hemos organizado una sesión plenaria para resaltar la ciencia que esconden los estallidos de rayos gamma, las explosiones más energéticas del Universo. Javier Gorosabel, investigador Ikerbasque y científico del CSIC, excelente científico y divulgador nos contaba: "Hemos 'visto' cómo la materia se arremolina alrededor de un agujero negro y la luz emitida durante la explosión está polarizada circularmente, como si fuera un tornillo..." Javier nos dejó ya hace un año pero serán sus colaboradores nacionales e internacionales quienes nos acercarán a esta ciencia y a sus últimos avances y, cómo no, al legado que nos ha dejado Javier.

"Nuestra estrella CERVANTES"

Como sabéis la Unión Astronómica Internacional (IAU) lanzó hace unos meses un concurso mundial para nombrar 20 nuevos sistemas planetarios descubiertos en los últimos años. La comunidad astronómica española, que en su día eligió la estrella μ (leído 'mu') Arae y los cuatro planetas que la orbitan para llamarlos Cervantes (la estrella) y Quijote, Rocinante, Sancho y Dulcinea (los planetas), ha realizado un importante esfuerzo durante todos estos meses. Este esfuerzo ha dado sus frutos, contribuyendo ampliamente a la divulgación de nuestra ciencia. Desde el SOC deseamos que los que activamente han contribuido a él puedan presentarnos sus resultados y su evaluación sobre los contactos establecidos con los medios y otros estamentos de la cultura española y latinoamericana. A todos nos interesa la lección aprendida en esta aventura.

Tareas del PCN de la UAI para la divulgación de la Astronomía

Se mostrarán las tareas desarrolladas por nuestro punto de contacto nacional en la Oficina de divulgación de la Astronomía (Office for Astronomy Outreach, OAO) de la Unión Astronómica Internacional (IAU), actualmente coordinador por Benjamín Montesinos. Nuestros representantes nos mostrarán las iniciativas y proyectos en esta línea que se realizan en colaboración activa con la SEA y sus Comisiones de Enseñanza y Pro-Am.

Reuniones de grupos

Como es ya tradicional, sigue aumentando el número de equipos, redes y consorcios españoles que aprovechan nuestra reunión científica para mantener reuniones específicas de trabajo donde discutir el estado de sus proyectos y perspectivas de futuro. Como SOC y LOC nos ofrecemos a colaborar en la organización de estos encuentros. Avisadnos.



XII REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA

*Bilbao 18-22 Julio de 2016
Bizkaia Aretoa*

SOC

Francesca Figueras
Almudena Alonso Herrero
Santiago Arribas
Andrés Asensio Ramos
Carlos Hernández-Monteagudo
Agustín Sánchez-Lavega
Rainer Schödel
Eva Villaver

LOC

Agustín Sánchez-Lavega
Naiara Barrado-Izagirre
Santiago Pérez-Hoyos
Jose Félix Rojas
Ricardo Hueso
Arrate Antuñano
Jesus Arregi
Teresa del Río Gaztelurrutia
Itziar Garate-Lopez
Jon Legarreta
Iñaki Ordoñez
Jose Fco. Sanz-Requena

<http://www.sea-astronomia.es/SEA2016>



El cartel de la XII Reunión Científica de la SEA, que tendrá lugar en Bilbao del 18 al 22 de julio de 2016.

«Proponemos iniciar en Bilbao una serie de sesiones plenarias monográficas. Su objetivo es tratar en sesión plenaria aquellos temas candentes que creemos que interesan a toda la comunidad, desafíos comunes que romperán en un futuro cercano varias de las fronteras de la astrofísica.»

reto a día de hoy. La primera llamada a propuestas está prevista para 2017, y seremos competitivos si nuestros equipos muestran un alto grado de coordinación y conocimiento de las prestaciones de los instrumentos a bordo. La sesión estará coordinada por colegas del CAB y contaremos con la presencia del investigador principal del JWST en ESA, Pierre Ferruit, y con especialistas españoles que nos harán ver el potencial de este proyecto en los diferentes campos (primera luz, estructura de galaxias, exoplanetas y objetos subestelares...). La segunda sesión monográfica de esta edición estará dedicada al proyecto SKA (Square Kilometer Array), un proyecto que, sin duda, trasciende a la radioastronomía y necesitará de una amplia colaboración multi-frecuencia. Esta sesión tendrá lugar en lo que podemos llamar momentos críticos para la entrada de España en SKA. Contaremos con una conferencia invitada del director general del proyecto SKA, Phil Diamond, y la sesión estará coordinada por el equipo del IAA. En esta sesión se mostrarán, por una parte, las tareas que han culminado con la publicación del libro blanco de SKA-España, y por otra, los futuros pasos que nos permitirán abordar con éxito la llamada formal de proyectos científicos que tendrá lugar en tres años.

Muchos ya sabéis, por experiencia, que estas reuniones de la SEA son intensas, por no llamarlas agotadoras. Seguiremos con nuestras sesiones paralelas, nuestras reuniones de grupos y nuestro empeño colectivo en seguir potenciando y mejorando las tareas de divulgación y enseñanza de la astronomía. En el siguiente cuadro encontraréis algunos aspectos destacados de la reunión. Nos quedan aún seis meses por delante para ir incrementando esta lista.

No faltará, como en ediciones anteriores, la organización de un evento al público general que tenga un impacto directo en la sociedad. Iremos concretando el programa en la web de la reunión. No dudéis en contactar con el SOC y el LOC para plantear nuevas propuestas y actividades relacionadas con este campo tan apasionante que es la divulgación de nuestro trabajo a la sociedad.

Para terminar, os invitamos a todos a participar en esta Reunión y a disfrutar de la ciudad de Bilbao. Desde estas líneas, un sincero agradecimiento a los miembros del Grupo de ciencias planetarias de la Universidad del País Vasco (UPV /EHU) por el inmenso esfuerzo que somos conscientes supone acoger a más de 300 astrónomos en Bilbao durante una intensa semana.

Del 22 al 26 de junio, Tenerife se convirtió en el centro de la astronomía Europea, ya que se celebró en el campus de la Universidad de La Laguna la "Semana Europea de la Astronomía y las Ciencias de Espacio" (EWASS 2015). La EWASS 2015 ha sido el mayor congreso astronómico jamás celebrado en España; contó con 1163 participantes de 53 países de todo el mundo, de los cuales 250 eran estudiantes de Master o de Doctorado, otro récord que se ha alcanzado en esta edición de la EWASS.



Johan Knapen
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
jhk@iac.es

La EWASS es un congreso anual, organizado por la Sociedad Europea de Astronomía (EAS) en diferentes países de Europa. La edición de 2015, ha sido organizado por la EAS junto a la Sociedad Española de Astronomía (SEA), el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y la Universidad de La Laguna (ULL), con los retos de informar sobre los últimos avances en nuestro campo de trabajo, facilitar los contactos entre los astrónomos Europeos, pero también mostrar en una plataforma internacional cómo la astronomía y la instrumentación astronómica en España han crecido a lo largo de las últimas décadas.

La EWASS consiste tradicionalmente en una serie de sesiones paralelas y unas sesiones plenarias, con charlas invitadas de especial relevancia científica, la entrega de los premios de la EAS (los premios Tycho Brahe y MERAC, y el *Lodewijk Woltjer Lectureship*), y la asamblea general de la EAS. En esta edición, las 41 sesiones paralelas habían sido seleccionadas por el comité científico, liderado por Cathie Clarke de Cambridge y por el abajo firmante, y que incluía también al presidente del comité organizador local, José Miguel Rodríguez Espinosa, al Presidente de la SEA, Javier Gorgas, y al Director del IAC, Rafael Rebolo.

Las sesiones científicas abordaron temas como la formación, evolución y propiedades de las estrellas y galaxias, la física Solar, la cosmología, las ondas gravitacionales, los exoplanetas, AGNs, y la instrumentación astronómica. En el conjunto de todas las sesiones se presentaron unas 760 charlas y más de 300 pósteres.

Premios de la EAS y Sesiones Plenarias

Una de las partes más destacadas de cada EWASS es la presentación de los diversos premios que otorga la EAS, y las charlas plenarias que imparten los galardonados. En el 2015, 20 años después del descubrimiento del primer exoplaneta orbitando una estrella del tipo solar, el Profesor Michel Mayor de la Universidad de Ginebra recibió el premio *Tycho Brahe*, por su desarrollo de la instrumentación que le llevó a este descubrimiento tan importante. El otro premio de la EAS para investigadores sénior es el *Lodewijk Woltjer Lectureship*, que este año ha sido otorgado a la Profesora Ewine van Dishoeck de la Universidad de Leiden por su carrera excepcional en la astrofísica molecular, y en particular en el área de la formación de estrellas y planetas. Los premios MERAC se otorgan cada año a tres investigadores jóvenes, por su trabajo

EWASS 2015

Tenerife
2015

EUROPEAN WEEK OF ASTRONOMY AND SPACE SCIENCE

22-26 JUNE

LA LAGUNA, TENERIFE
CANARY ISLANDS, SPAIN

de tesis doctoral o, como en el caso del año 2015, por su carrera investigadora en los años inmediatamente posteriores a la terminación de la tesis. En el 2015 los premios MERAC han sido otorgados a Michela Mappelli de Padova por sus contribuciones teóricas y computacionales sobre la dinámica de los cúmulos estelares y de galaxias, la época de la reionización, el centro Galáctico, y la formación de agujeros negros estelares masivos; a Saskia Hekker de Göttingen por sus observaciones con CoRoT y Kepler de las oscilaciones estelares y su descripción de la estructura interna de las estrellas rojas gigantes; y a Sylvestre Lacour de Paris por su trabajo en instrumentación astronómica, en particular por el desarrollo de técnicas de observación con máscaras en el plano de la pupila, que permiten una combinación única de imágenes de alto contraste y alta resolución angular para el estudio de los alrededores de las estrellas.

Con un programa científico tan completo, sólo hubo tiempo para 5 charlas plenarias, además de los informes anuales sobre la ESA y la ESO, para los cuales pudimos contar en La Laguna con la presencia de Álvaro Giménez, Director Científico de la ESA, y de Tim de Zeeuw, Director General de la ESO. De las cinco plenarias, dos estuvieron a cargo de astrofísicas trabajando en España: Licia Verde de Barcelona que rememoró el descubrimiento del fondo cósmico de microondas, publicado hace 50 años, y nos informó sobre el estado actual de la cosmología, y María-Rosa Zapatero de Madrid que revisó el estado del campo de las enanas marrones, 20 años después del descubrimiento de la primera, Teide-1, hecho por ella y sus colaboradores. Las restantes plenarias fueron impartidas por Amina Helmi de Groningen (cosmología con las galaxias del grupo local), Frédéric Bournaud de Saclay (la estructura interna y la formación estelar en las galaxias cercanas), y Mark Bentley de Graz (los resultados científicos de ROSETTA).

Participación Española

La participación española en esta EWASS ha sido excepcional. De los casi 1200 participantes, 328 trabajaban en España, superando ampliamente al segundo país que más participantes envió (Alemania, con 133). Exactamente la mitad de los simposios y sesiones de la EWASS tenían un científico Español como (co-)presidente de su comité organizador, lo cual indica el nivel de influencia que ha tenido España en la elaboración del programa científico. El sector privado Español también se involucró en el congreso, con varias empresas, como FRACTAL, SENER, y

SOC:

Andreas Burkert (Germany)
Paola Caselli (Germany)
Cathie Clarke (Co-Chair, UK)
Françoise Combes (France)
Francesca D'Antona (Italy)
Francesca Figueras (Spain)
Javier Gorgas (Spain)
Rob Ivison (Germany)
Johan Knapen (Co-Chair, Spain)
John Peacock (UK)
Rafael Rebolo (Spain)
José Miguel Rodríguez Espinosa (Spain)
Dorota Sobczynska (Poland)
Sami Solanki (Germany)
Leonardo Testi (Germany)
Elaine Tolstoy (The Netherlands)
Stéphane Udry (Switzerland)

LOC:

Hans Deeg
Javier Gorgas
Johan Knapen
Mar Mezcuta
Jana Polednikova
José Miguel Rodríguez Espinosa (Chair)
Marja Seidel
Sergio Simón Díaz
Héctor Socas
Zenghua Zhang



el conjunto de empresas INEUSTAR, que estuvieron presentes en la exhibición que se organizó en la sede de la EWASS. El gobierno español también se hizo presente a través del ICEX (España Exportación e Inversiones).

EWASS 2016: Atenas

EWASS 2016 se celebrará en Atenas del 4 al 8 de julio. En la página web de la EAS están anunciados los títulos de las sesiones científicas y ya está abierto el registro y el envío de abstracts. El programa es, si cabe, aún más amplio que en 2015, y se ha mantenido un alto índice de participación española en la organización de las sesiones. Desde la SEA y la EAS esperamos que tanto el éxito de la EWASS 2015 como el alto nivel de involucración de los astrónomos Españoles se mantengan en los años venideros.

Si existe una ciencia donde la frontera entre lo “profesional” y lo “aficionado” o “amateur” (*) es difusa, ésa es la Astronomía. En efecto, posiblemente la Astronomía es la ciencia en la que el personal no “científico” contribuye más al avance del conocimiento. Esto no es algo nuevo, por ejemplo, al oír los nombres de William Herschel o Charles Messier enseguida pensamos que eran astrónomos profesionales, pero el primero era músico y el segundo empleado de la marina francesa, aunque sí es cierto que ambos consagraron su vida a la Astronomía. Los astrónomos aficionados juegan un papel muy importante en el conocimiento del cielo y en la divulgación astronómica, sobre todo si se tiene la constancia y la pasión que muchos de ellos poseen.



Ángel R. López-Sánchez
Australian Astronomical Observatory
y Macquarie University (Sydney)
Agrupación astronómica de Córdoba
Angel.Lopez-Sanchez@aao.gov.au

En la última década, gracias al gran avance de la tecnología (cámaras digitales y CCDs más sensibles, herramientas más sofisticadas y rápidas para reducir y analizar los datos, la existencia de accesorios antes sólo disponibles para los profesionales, como los filtros estrechos en H-alpha y [O III] o espectrógrafos, monturas telescópicas más estables, computarizadas, con GPS e incluso controlables con un móvil, y mejor calidad de los instrumentos ópticos, además de ser posible controlar desde tu casa urbana un telescopio robótico localizado a kilómetros de distancia si no en otro continente) los astrónomos aficionados han dado un paso más a la hora de explorar el firmamento. No en vano, y a pesar de los telescopios, proyectos y sondeos dedicados a observaciones concretas, los astrónomos amateur continúan descubriendo cometas y asteroides, refinan las órbitas de estrellas dobles, detectan nuevos rasgos en las dinámicas atmósferas de los planetas gigantes, caracterizan la variabilidad en el brillo de estrellas, determinan la actividad de lluvias de meteoros y las trayectorias de bólidos, estudian las poblaciones estelares de cúmulos abiertos mediante fotometría, descubren colas de marea y otros rasgos de interacción en galaxias cercanas, e incluso ya se están atreviendo a observar tránsitos de exoplanetas y a obtener espectros de planetas, estrellas, supernovas y galaxias.

Desde finales de la década pasada la SEA mantiene una comisión “Pro-Am” (<http://www.sea-astronomia.es/drupal/node/570>), que tiene como objetivo potenciar la colaboración de astrónomos aficionados en proyectos de astronomía profesional. Podríamos decir que el arranque de esta colaboración “Pro-Am” se inició en Córdoba en noviembre de 2009, cuando la Sociedad Española de Astronomía, en colaboración con la Universidad de Córdoba, el Instituto de Astrofísica de Canarias, el proyecto GTC-CONSOLIDER 2010, y con el patronazgo del MICCIN organizó el “I Congreso Colaboración Pro-Am” en España. Durante un fin de semana coincidieron astrónomos aficionados y astrofísicos profesionales españoles interesados en potencial tal colaboración. Las conclusiones de este congreso fueron la siguientes:

1. Inventariar las capacidades de la comunidad de astrónomos aficionados.
2. Buscar proyectos científicos donde tuvieran cabida la colaboración con astrónomos aficionados.
3. Crear un protocolo de comunicación entre ambas comunidades.

Desde entonces, y gracias a la excelente labor gestora de Jaime Zamorano (UCM), se ha avanzado mucho en estos campos. De hecho se han iniciado proyectos científicos entre profesionales y aficionados cuyos resultados han terminando siendo parte de artículos científicos. Entre ellos, hay que destacar el proyecto NIXNOX (<http://www.sea-astronomia.es/drupal/node/1594>), liderado por el propio Jaime, que busca localizar lugares en España donde se pueda disfrutar del cielo nocturno oscuro y estrellado. Además, NIXNOX pretende crear una plataforma que anime a la sociedad a contemplar el cielo nocturno y a las administraciones locales a cuidarlo. La recopilación de los datos de brillo de fondo de cielo y otra información relevante se está realizando con la colaboración de las asociaciones de astrónomos aficionados.

La página web de la comisión "Colaboración Pro-Am" posee formularios para proponer proyectos y ofertar telescopios y observatorios de propiedad y gestión amateur. Asimismo, gracias a la labor de la recién creada Federación de Asociaciones Astronómicas de España (<http://www.federacionastronomica.es>), que intenta unir a todas las agrupaciones de astrónomos aficionados en nuestro país, se está gestionando una mejor puesta en contacto entre profesionales y aficionados. Aún así queda aún camino por recorrer.

Siguiendo el espíritu del congreso Pro-Am de 2009, en junio de este año se celebró en el precioso pueblo de Alcalá la Real (Jaén) el "II Congreso Pro-Am" (<http://astroalcala.wix.com/2proam>). Organizado por la SEA y la Sociedad Einstein de Astronomía (SEDA), gracias al empuje de Paco Espartero y Paco Montes (SEDA), esta reunión científica proponía continuar explorando las prestaciones que la astronomía no profesional puede proporcionar a la investigación astrofísica española y en el establecimiento de vías de comunicación estables y fluidas que permitan la incorporación del potencial humano y tecnológico que representan los astrónomos amateur españoles en la investigación astronómica. Sobre el congreso II Pro-Am en Alcalá la Real puedes encontrar mi resumen "de tuits" en https://storify.com/El_Lobo_Rayado/congreso-proam15-en-alcala-la-real.

En este sentido, es un honor haber recogido el testigo de Jaime Zamorano como coordinador de la Comisión "Colaboración Pro-Am" de la SEA. Asimismo quiero agradecer tanto a nuestro presidente, Javier Gorgas (UCM), como a Emilio Alfaro (IAA-CSIC), la confianza que depositan en mí para que coordine en la distancia esta comisión. Agradezco también a

todos los miembros de la Comisión, Minia Manteiga (UDC), Luisa Lara-López (IAA-CSIC), Salvador Ribas (PAM/UB), Blanca Troughton (SMA/RAdA/FAAE), Jaime Zamorano (UCM) y, en especial, a Santiago Pérez-Hoyos (UPV) quien ostenta el cargo de vice-coordinador, por continuar en ella.

¿Qué propuestas son las que tenemos para esta nueva etapa? Básicamente serían las ya expuestas en 2009, sobre todo los puntos segundo y tercero, con el añadido de potenciar los conocimientos prácticos de los astrónomos aficionados, esto es, la preparación de talleres y cursos específicos desarrollados por astrofísicos para enseñar técnicas observaciones y de reducción y análisis de datos de forma científica a astrónomos aficionados que, a pesar de poseer un excelente equipo instrumental, aún no son capaces de sacarle todo su fruto. Los talleres que estamos considerando por ahora serían:

1. Técnicas de fotometría CCD,
2. Uso de instrumentación astronómica especializada y telescopios robóticos,
3. Técnicas de espectroscopía astronómica con telescopios de aficionados,
4. Técnicas de reducción y de análisis de datos (incluyendo "paquetes" de reducción rápida creados en Python),
5. Cursos de técnicas de explotación de bases de datos para explotar observatorios virtuales.

En cualquier caso, estrechar la comunicación con los astrónomos aficionados es de vital importancia, por lo que la interacción con la Federación de Asociaciones Astronómicas de España (cuya presidenta es precisamente Blanca Troughton) será especialmente importante. Por otro lado, es necesario que los profesionales veamos la oportunidad de realizar algunos estudios observaciones con astrónomos aficionados, proponiendo nuevas ideas y proyectos. El listado de los anuncios de astrofísicos profesionales buscando ayuda de astrónomos aficionados está en nuestra web (<http://www.sea-astronomia.es/drupal/?q=node/800>). Por ejemplo, Jesús Maíz (CAB, INTA-CSIC) ha propuesto un estudio de la "Variabilidad de estrellas masivas en el hemisferio norte", para el que es necesario el obtener imágenes en varios filtros (incluido el H-alpha) durante cierto período de tiempo. Sobre este proyecto Jesús presentó resultados obtenidos por el astrónomo aficionado Javier Salas (A.A. Huesca) de observaciones de la asociación Cygnus OB2. En esta colaboración han confirmado 17 binarias eclipsantes, 16 variables

pulsantes, 16 variables irregulares, y 3 estrellas de tipo Be que después se han confirmado espectroscópicamente con telescopios profesionales, según nos explicó Jesús en el II Congreso Pro-Am.

Otro tema que destacó en este congreso, particularmente por su novedad y por los impresionantes resultados que se pueden obtener con medios relativamente modestos, es el uso de espectroscopios en telescopios de aficionado. Juan Fabregat (Univ. de Valencia) impartió una charla invitada sobre espectroscopia estelar, describiendo el propio trabajo que él está dirigiendo sobre el estudio de estrellas masivas. Mi ponencia también estuvo centrada en el tema de la espectroscopia amateur: no sólo porque la he probado con mi telescopio amateur (y me ha parecido muy asequible a los aficionados) sino porque veo un gran potencial no explotado en este campo. La espectroscopia astronómica con métodos de aficionado no sólo permite observar estrellas masivas, sino también otro tipo de estrellas, e incluso nebulosas, galaxias y supernovas, incluso meteoros, además de la herramienta didáctica que supone al introducir conocimientos de física de forma amena a estudiantes y astrónomos aficionados.

Desde la comisión Pro-Am de la SEA queremos continuar con el compromiso de realizar más Congresos Pro-Am en España. En la reunión de Alcalá la Real decidimos que lo mejor sería hacerlo cada 4 años, por lo que nuestro objetivo sería celebrar el III Congreso Pro-Am en 2019. Esperemos para entonces haber puesto en marcha todos estos cursos y talleres de técnicas astrofísicas para astrónomos aficionados, a la vez de haber incrementado el número de proyectos Pro-Am en España y de haber estrechado lazos entre las dos comunidades de astrónomos, los amateurs y los profesionales, en nuestro país.

Notas:

[*] Nótese que el autor usa los adjetivos “amateur” y “aficionado” como términos completamente equivalentes.





Asistentes al II Congreso Colaboración Pro-Am en Alcalá la Real (Jaén), 13-15 de junio de 2015. Crédito: SEDA.

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.

JOHAN KNAPEN, PRESIDENTE DEL CONSEJO DE GOBIERNO DEL GRUPO DE TELESCOPIOS ISAAC NEWTON

El pasado mes de junio nuestro colega y miembro de la SEA Johan Knapen, investigador del IAC, fue nombrado presidente del Consejo del Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING). El Consejo de gobierno del ING está formado por los representantes de sus agencias financiadoras, entre las que se encuentra el IAC. ¡Enhorabuena, Johan!

NURIA HUÉLAMO CONSIGUE UNA AYUDA DE LA FUNDACIÓN BBVA

Y en julio, nuestra colega Nuria Huélamo, investigadora del Centro de Astrobiología, fue seleccionada para las Ayudas Fundación BBVA a Investigadores y Creadores Culturales 2015, una convocatoria altamente competitiva, con más de 1900 solicitudes y sólo 7 ayudas en Ciencia Básica. ¡Felicidades Nuria!

HOMENAJE A EDUARDO BATTANER

Nuestro colega Eduardo Battaner fue homenajeado por sus compañeros del grupo de astrofísica galáctica de la Universidad de Granada con motivo de su paso a profesor emérito. El homenaje tuvo lugar durante la reunión científica "50 años escudriñando y descifrando el Universo", una mirada retrospectiva al desarrollo de la astrofísica en España durante el último medio siglo. Mas de 50 astrónomos de diversas instituciones españolas, que han sido colaboradores suyos a lo largo de su carrera, participaron en el congreso de homenaje.

EL OBSERVATORIO ASTROFÍSICO DE JAVALAMBRE COMIENZA LAS OBSERVACIONES CIENTÍFICAS

El Observatorio Astrofísico de Javalambre ha iniciado en diciembre sus operaciones científicas observando los primeros 28 grados cuadrados de cielo del proyecto J-Plus con el telescopio JAST/T80. El proyecto completo cubrirá 8500 grados cuadrados de cielo. ¡Suerte!

BENJAMÍN MONTESINOS, NUEVO PUNTO DE CONTACTO DE LA OAO

La Oficina de Divulgación de la Astronomía de la Unión Astronómica Internacional (Office for Astronomy Outreach) tiene un nuevo punto de contacto en España. Se trata de nuestro compañero Benjamín Montesinos, que sustituye en esta importante labor a nuestro colega Juan Antonio Belmonte. Aprovechamos para agradecer a Juan Antonio sus esfuerzos por mantener en contacto la divulgación en España y la de la IAU, y ofrecemos todo nuestro apoyo a Benjamín en esta nueva tarea.

CAMPAMENTO ASTRONÓMICO DE LA ESO

Felicidades a Carme Homs Pons, estudiante ganadora de la beca que ofrece la Sociedad Española de Astronomía para asistir al campamento de astronomía de ESO. La beca de la SEA cubre el coste completo del campamento, incluyendo el transporte. Podéis ver los vídeos de la ganadora y las finalistas en la página web de la SEA. ¡Es muy posible algún día también ellas formen parte de la SEA!

LA SEA EN CIENCIA EN ACCIÓN 2015

Varios miembros de nuestra Sociedad han colaborado de nuevo este año como jueces en el certamen internacional "Ciencia en Acción". La final de la XVI edición tuvo lugar los días 16 y 17 de octubre de 2015 en Viladecans (Barcelona), reuniendo unos 90 proyectos científicos realizados por estudiantes de primaria y secundaria de España, Portugal y Latinoamérica. En el Certamen existen tres modalidades directamente relacionadas con la astronomía: Indaga en Astronáutica, Investiga en Astronomía y Habla de Astronomía.

UN TELESCOPIO PARA JAVIER GOROSABEL

La red española de telescopios robóticos BOOTES inauguró en noviembre su estación en México con el telescopio Javier Gorosabel, llamado así en honor a nuestro compañero fallecido este año y que con su trabajo contribuyó al estudio de los estallidos de rayos gamma. Esta estación, BOOTES-5, completa el despliegue de estaciones robóticas del proyecto en el hemisferio norte.

OBITUARIOS

Este semestre hemos perdido a Francisco Sánchez Moreno, profesor de la Universidad Politécnica de Madrid, investigador principal del proyecto GLORIA. Participaba en el desarrollo de MEGARA siendo el responsable de la UPM en su Consorcio y había lanzado un gran número de proyectos de ciencia (sobre todo en astronomía) ciudadana. Descanse en paz.

ORÍGENES

Carlos Briones, Alberto Fernández Soto y
José María Bermúdez de Castro
ISBN: 978-84-9892-862-4
Ed: Crítica (col. Drakontos)

Se le atribuye a Heráclito la cita "solo podemos entender la esencia de las cosas cuando conocemos su origen y evolución". La fascinación que producen los orígenes en la población es muy grande. El misterio que esconden preguntas como ¿quiénes somos? ¿de dónde venimos? ¿hacia dónde vamos? genera un gran interés. Sentimos un enorme deseo de conocer nuestros orígenes, ya sea el origen del propio Universo, el origen de la vida en la Tierra o el origen de nuestra especie, el *Homo sapiens*.

Encontrar respuestas a esas preguntas, profundizar en todos estos orígenes mediante la lectura de un único libro es ahora posible. En una obra coral, con tres autores de prestigio, el libro que hoy describo en estas páginas cumple ampliamente ese objetivo: "Orígenes: El universo, la vida, los humanos", publicado por Crítica en la colección Drakontos que dirige el físico y académico José Manuel Sánchez Ron, ha sido escrito por el astrónomo Alberto Fernández Soto, el bioquímico Carlos Briones y el paleontólogo José María Bermúdez de Castro, un trío de lujo para acometer un proyecto realmente ambicioso.

Las tres historias se entrelazan y podrían empezar de manera semejante: "Érase una vez..." La primera, escrita por Alberto Fernández Soto, empieza hace 13.800 millones de años con el origen del propio universo. El autor describe con maestría la teoría del Big Bang. Se detiene en los grandes momentos de esa historia cósmica: la inflación, la nucleosíntesis, el desacoplo de la materia y la radiación, la radiación cósmica de fondo, la formación de la estructura cósmica. Con analogías brillantes, el texto es una introducción divulgativa de la cosmología moderna, actualizada hasta descubrimientos recientes como las oscilaciones acústicas de bariones en la distribución de galaxias, detectadas hace unos 10 años o la descripción del supercúmulo Laniakea, cuyo descubrimiento se publicó en Nature hace poco más de un año.

La segunda historia comienza hace unos 3.850 millones de años y narra cómo apareció la vida en la superficie de la Tierra, la transición de un planeta inanimado a otro vivo. Comienza Carlos Briones con una discusión moderna del azar y la necesidad en esta aventura, desde las ideas de Demócrito a las de Jacques Monod o Stephen Jay Gould. La definición moderna de vida ocupa una páginas básicas de esta sección del libro. La metáfora del árbol de la vida se describe con detalle, así como el papel del misterioso ancestro común, LUCA. Continúa Briones describiendo el proceso evolutivo que, partiendo de ese ancestro, nos lleva a la biodiversidad actual, ilustrada perfectamente con la explosión cámbrica. Unos cientos de millones de años más tarde comienza la tercera parte del libro: el origen de los humanos.

Orígenes

El universo, la vida, los humanos

Carlos Briones
Alberto Fernández Soto
José María Bermúdez de Castro

CRÍTICA

Sitúa este origen Bermúdez de Castro hace 70 millones de años con la aparición de los primates. También aquí se habla del antecesor común de chimpancé y humanos, que debió vivir en el ambiente boscoso de algún lugar recóndito de África. A diferentes ritmos, utilizando para ello los diferentes tiempos musicales característicos de la música clásica como títulos para los capítulos, el autor de esta última parte del libro cuenta la historia de la humanidad y el papel del desarrollo del cerebro, de la inteligencia, el lenguaje y la socialización en su evolución. El libro aquí también rebosa actualidad y cita trabajos muy recientes, publicados hace solo un año, en el que al comparar nuestra especie—la única de la genealogía humana que queda sobre la faz de la Tierra—con otras como el *Homo neanderthalensis*, con la que se cohabitó y con la que compartimos carga genética, se concluye que ninguna de las hipótesis sobre la inferioridad en la capacidad innovadora, cinegética o tecnológica de los neandertales se sostiene hoy en día a partir del registro arqueológico.

Y sí, es un libro en el que la evolución, y la selección natural positiva (en definitiva Charles Darwin) están presentes desde la primera hasta la última página.

Acaba el libro con un fantástico epílogo escrito a seis manos, que plantea, con profundidad, cuestiones que la ciencia abordará de manera interdisciplinar en los próximos años: el abismo de lo desconocido se abre ante una especie que se autodenomina inteligente. Quizá lo sea, quizá no tanto, pero desde luego, su curiosidad es insaciable, como concluyen los autores. Espero que esa curiosidad les lleve a leer *Orígenes*, una obra que además de lo dicho está muy bien editada, con ilustraciones originales y de gran calidad de Eduardo Sáiz y que está prologada por el científico Ricard Solé. Un buen regalo de Navidad. No lo duden.

Vicent J. Martínez
Observatori Astronòmic
Universitat de València

Dinámica caótica en astronomía galáctica

Autor: Juan Carlos Vallejo

(juancarlos.vallejo@urjc.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Miguel Ángel Fernández Sanjuán

Centro: Universidad Rey Juan Carlos

Fecha de lectura: 2 de Marzo de 2015

La dinámica orbital de un modelo de galaxia puede modelarse a partir del conjunto de las trayectorias independientes correspondientes a cada estrella, sometidas cada una de ellas a un potencial único. Esto es debido a que las galaxias pueden considerarse sistemas no-colisionales. Un aspecto clave para abordar estos estudios es el uso de simulaciones numéricas. La confianza en los resultados procedentes de estas simulaciones está directamente ligada a las propiedades de estabilidad y regularidad de las órbitas consideradas. La investigación realizada en esta tesis ha buscado desarrollar técnicas que permitan caracterizar esta confianza, centrándose en el cálculo de la previsibilidad de las órbitas en dichos modelos. Este es un campo interdisciplinar, en el que, junto a las leyes procedentes del campo de la Astronomía, se necesitan herramientas procedentes de la Dinámica No lineal y la Teoría del Caos.

Estas simulaciones se basan en ecuaciones totalmente deterministas, y muchos de los sistemas modelados presentan sensibilidad fuerte a las condiciones iniciales. Esto es, muestran la presencia de caos. La mayoría de los trabajos previos han caracterizado la presencia de caos usando los exponentes ordinarios de Lyapunov. Este exponente es un indicador que promedia globalmente la caoticidad de un sistema durante tiempo infinito. Nuestro trabajo busca estimar la previsibilidad, un concepto diferente de caoticidad. Mientras que la caoticidad está asociada a la presencia de sensibilidad fuerte a las condiciones iniciales, la previsibilidad caracteriza sin una órbita calculada numéricamente, puede estar suficientemente cerca de una solución real, incluso cuando es caótica.

Una solución numérica puede divergir exponencialmente de la solución real debido a una inevitable diferencia en las condiciones iniciales, pero, si es previsible, al menos podemos tener la seguridad de que esta siendo seguida por otra solución real, llamada sombra (shadow). Entonces, la órbita calculada conduce a resultados válidos durante un cierto tiempo porque refleja propiedades reales del modelo.

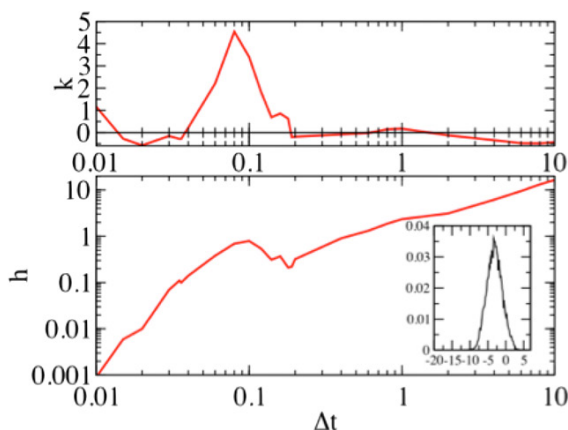
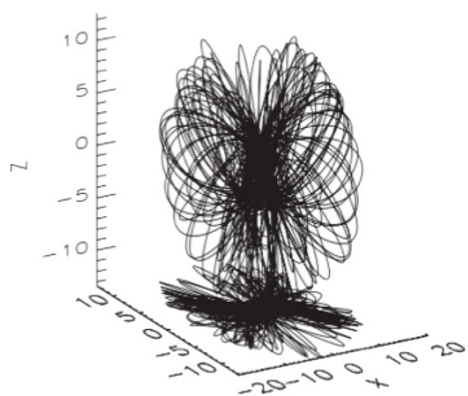
Este tiempo entre el inicio de la integración y el instante en el que las órbitas reales y computadas se alejan, se denomina tiempo de seguimiento. El cálculo de este tiempo había sido aplicado ya a simulaciones de N cuerpos a partir del cómputo de las distancias entre trayectorias. Nosotros estimamos en esta tesis los tiempos de seguimiento en modelos de potencial promedio analizando las distribuciones de exponentes finitos de Lyapunov. La motivación para escoger esta técnica ha sido que puede aplicarse a sistemas en los que los resultados asintóticos no son de interés o no tienen significado físico. Otra razón para escogerlos es que nos permiten estudiar comportamientos transitorios del sistema.

A lo largo de la tesis se han aplicado estas distribuciones de exponentes finitos de Lyapunov con el fin de caracterizar la previsibilidad a diversos modelos. Nuestro estudio se ha centrado en potenciales de plano meridional. Estos sistemas, pese a ser relativamente simples, son suficientemente realistas como para mostrar un comportamiento complejo en las órbitas que permita verificar las técnicas desarrolladas. El estudio concluye con la aplicación de las mismas a un modelo de potencial promedio más realista, que modela la Vía Láctea.

La conclusión principal que hemos obtenido ha sido que a partir del progresivo cambio en la morfología de las distribuciones, podemos estimar las escalas de tiempo propias de cada trayectoria, cuando se abandona la dinámica local y se refleja el comportamiento global de la órbita. Posteriormente, hemos calculado un indicador de la previsibilidad usando un intervalo de tiempo correspondiente a esta escala.

Hemos visto como el modelo subyacente de difusión del que se deriva el índice de previsibilidad no es solamente aplicable a órbitas ergódicas en sistemas disipativos, sino que puede también retornar resultados válidos en sistemas conservativos y órbitas regulares. Las escalas de tiempo en las que los vectores perturbación abandonan el régimen local para evolucionar con la dinámica global dependen del tipo de órbita considerada y pueden ser más pequeñas que las escalas necesarias para alcanzar el comportamiento asintótico.

Otra interesante conclusión es que esta técnica basada en el uso de exponentes finitos puede caracterizar no solo el comportamiento asintótico de una trayectoria dada, sino también el de un transitorio determinado. Esto es de especial interés para el análisis de modelos galácticos en los que las integraciones a escalas de tiempo muy grandes pueden no tener significado físico. Algunos de los resultados más relevantes de esta tesis pueden encontrarse, entre otras publicaciones, en "Vallejo y Sanjuán, Physical Review E, 78, 066204 (2008)" y "Vallejo y Sanjuán, MNRAS, 447, 3797 (2015)".



A la izquierda, una órbita caótica típica. A la derecha, la variación con el tamaño de intervalo temporal de la kurtosis $-k-$ de la distribución de exponentes finitos de Lyapunov (arriba) y el correspondiente índice de previsibilidad $-h-$ (abajo). El punto de kurtosis nula en $\Delta t=0.6$ indica una previsibilidad $h=1.31$.

Espectro-interferometría en el infrarrojo cercano de estrellas gigantes y supergigantes rojas

Autora: Belén Arroyo Torres

(belen.arroyo@uv.es)

Tesis doctoral dirigida por: Juan María

Marcaide Osoro y Markus Wittkowski

Centro: Universidad de Valencia

Fecha de lectura: 29 de Mayo de 2015

Las estrellas supergigantes rojas son estrellas frías y muy masivas que se encuentran en la fase previa a las estrellas Wolf-Rayet y a las supernovas. Presentan extensas atmósferas y fuertes vientos estelares que dan lugar a una importante pérdida de masa. El mecanismo que da lugar a estos vientos y a las extensas atmósferas es actualmente tema de debate. Además, la estimación de los parámetros fundamentales de este tipo de estrellas y su posterior localización en el diagrama HR son de gran importancia para calibrar los modelos de evolución estelar, y entender cómo la pérdida de masa afecta a su evolución.

En esta tesis hemos estudiado una muestra representativa de estrellas supergigantes rojas (RSGs) con dos objetivos: en primer lugar, estimar sus parámetros fundamentales y situarlas en el diagrama HR; y en segundo lugar, obtener información sobre la estructura de sus extensas atmósferas. También hemos observado una muestra de estrellas gigantes rojas para ver si las estrellas de este tipo, aunque sean menos masivas, también presentan atmósferas extensas. Para alcanzar estos objetivos, hemos realizado observaciones espectro-interferométricas en el infrarrojo cercano (banda K-2.3microm) usando el instrumento AMBER del Very Large Telescope Interferometer (VLTI), situado en el Observatorio de Paranal, Chile. Por otro lado, hemos comparado estas observaciones con tres modelos teóricos: un modelo hidrostático (PHOENIX), un modelo convectivo de 3 dimensiones y un modelo pulsante de 1 dimensión.

Todas las estrellas observadas en esta tesis presentan fuertes líneas de absorción de CO en sus espectros. Sin embargo, únicamente las estrellas supergigantes rojas y una de las estrellas gigantes rojas (beta Peg) poseen capas moleculares de CO muy extensas, pues estas líneas se observan también en sus visibilidades. Al comparar nuestras observaciones con los modelos PHOENIX, observamos que el espectro de todas nuestras estrellas está bien reproducido por estos modelos, lo que quiere decir que las opacidades están implementadas correctamente en los modelos. Sin embargo, los modelos PHOENIX no predicen las visibilidades de las estrellas supergigantes rojas y de beta Peg. Esto significa que el modelo es demasiado compacto comparándolo con nuestras observaciones. En el caso de las estrellas gigantes rojas y de HD 183589 (inicialmente clasificada como RSGs), los modelos PHOENIX sí reproducen las observaciones, pues estas estrellas no muestran extensas capas moleculares, sus atmósferas son compactas y las capas moleculares de CO están localizadas cerca de la fotosfera.

Los parámetros fundamentales los hemos estimado a partir de los diámetros angulares que determinamos en esta tesis, de los flujos bolométricos que estimamos a partir de las magnitudes de las estrellas (obtenidas de la bibliografía), y de las distancias

que obtenemos directamente de la bibliografía. Los diámetros angulares los estimamos comparando las visibilidades que medimos en la banda del continuo con la predicción del modelo PHOENIX, ya que esta región no está contaminada por las capas moleculares. Una vez conocidos los parámetros fundamentales podemos situar nuestras estrellas en el diagrama HR.

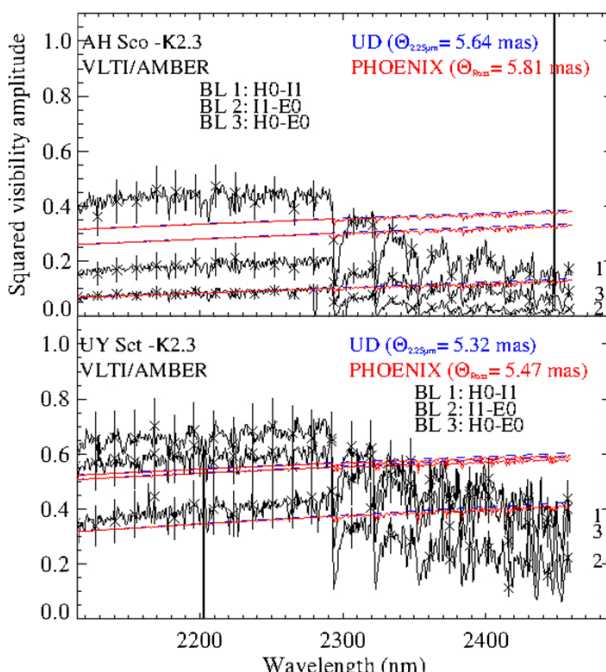
En las estrellas supergigantes rojas, hemos observado correlaciones entre la extensión de sus atmósferas y sus luminosidades y gravedades superficiales. La atmósfera es más extensa cuanto mayor es la luminosidad y menor es la gravedad superficial. También hemos observado que la extensión de la atmósfera de las estrellas supergigantes rojas es similar a la que se observa en las estrellas de tipo Mira, pero en el caso de las estrellas Mira no se observan estas correlaciones. Esto sugiere que el mecanismo físico que da lugar a las extensas capas moleculares debería de ser diferente en cada tipo de estrella. También hemos comparado nuestras observaciones con otros dos tipos de modelos atmosféricos: un modelo convectivo de 3 dimensiones y un modelo de pulsaciones auto-excitadas de 1 dimensión con parámetros típicos de estrellas supergigantes rojas. Ambos modelos muestran atmósferas compactas, similares a las obtenidas con los modelos PHOENIX. Por lo tanto, ni la convección ni las pulsaciones pueden explicar nuestros datos.

En resumen, con esta tesis hemos aumentado significativamente la muestra de observaciones de las atmósferas de estrellas supergigantes rojas, pues antes de este trabajo, la extensión de la atmósfera de este tipo de estrellas solo se había estudiado en unas pocas fuentes. Gracias al aumento de la muestra, hemos podido comenzar un estudio estadístico de sus propiedades, como por ejemplo, la relación entre la extensión de la atmósfera y la luminosidad. Por otro lado, al comparar nuestras observaciones con las predicciones de diferentes modelos teóricos, hemos encontrado que ninguno de los modelos atmosféricos actuales es capaz de explicar nuestras observaciones interferométricas.

Tesis disponible en:

http://www.uv.es/beato4/thesis/Tesis_BelenArroyoTorres.pdf

Amplitud de la visibilidad al cuadrado de las tres líneas de base observadas en la estrella supergigante roja AH Sco y UY Sct, en la banda K-2.3. En rojo el modelo hidrostático PHOENIX, y en azul el modelo de disco uniforme.



Estudio de las propiedades dinámicas y morfológicas de las estrellas masivas con técnicas de alta resolución angular

Autor: Joel Sánchez Bermúdez (joel@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por: Antxon Alberdi y Rainer Schoedel

Centro: Universidad de Granada - Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

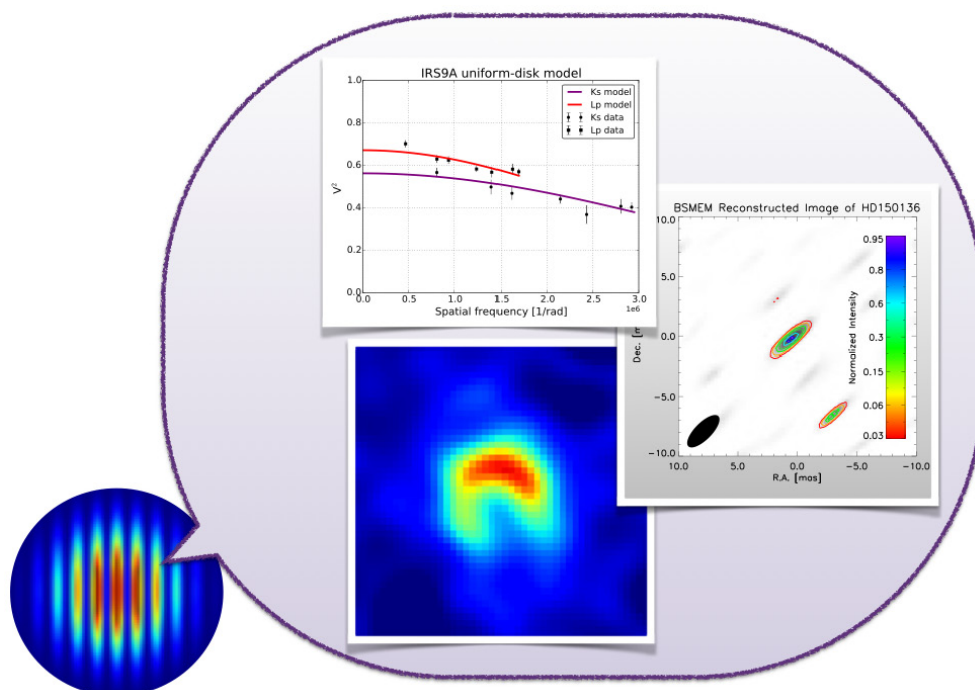
Fecha de lectura: 15 de Junio de 2015

Las estrellas masivas (de los tipos O y *Wolf-Rayet*) son importantes para la evolución química y dinámica de las Galaxias, principalmente debido a los diferentes tipos de interacciones que tienen con el medio interestelar a través de sus fuertes vientos estelares (~ 1000 km/s), altas tasas de pérdida de masa ($\sim 10^{-4} M_{\odot}/\text{year}$), y muerte en forma de explosiones de supernova. Sin embargo, el estudio con detalle de los diversos procesos físicos de su formación y evolución no es trivial. Esto se debe a que, durante sus etapas iniciales, se encuentran embebidas en las densas nubes de gas y polvo de las que se forman. A que la formación de estas estrellas sucede en el centro de cúmulos estelares densos que se encuentran a distancias superiores a un kilo-parsec. Además de que la población de

estas estrellas es considerablemente menor que la de sus hermanas de baja masa (~ 1 estrella de tipo O por cada 100 de tipo solar). Estas condiciones establecen una restricción importante en nuestro entendimiento sobre la formación de dichas estrellas, y hace necesario el uso de técnicas infrarrojas de alta resolución angular para su análisis.

El objetivo de esta tesis doctoral es el estudio de este tipo de estrellas a través de técnicas de alta resolución. En particular, se hace uso de interferometría infrarroja en la forma de *Sparse Aperture Masking* y de Larga Base. Esas técnicas nos permiten observar objetos astronómicos combinando varios telescopios para lograr la máxima resolución angular posible. En este trabajo, se han abordado tres grandes problemas en el estudio de las estrellas masivas: a) el estudio de sus fases iniciales, b) el rol de la multiplicidad, y c) las interacciones de este tipo de estrellas con el medio interestelar. En la primera parte de este trabajo se describen las diferentes técnicas observacionales utilizadas, prestando especial atención a la interferometría óptica. Se describe detalladamente el modelado de la función de transferencia de un interferómetro de tipo *Fizeau* y se presentan simulaciones del mismo. Además se realiza una revisión del estado del arte de la reconstrucción de imágenes tomadas con interferometría óptica. La segunda parte comprende la siguiente investigación realizada:

La formación de estrellas masivas: Las teorías modernas de la formación de estas estrellas sugieren la presencia de discos en el núcleo de los objetos masivos jóvenes. Sin embargo, esas estructuras han sido elusivas para los objetos de más alta masa. Es por ello que, incluso el estudio de fuentes de manera



El diagrama representa unas franjas interferométricas de las cuales se derivan los principales resultados de esta tesis. En el panel superior se presentan las visibilidades calibradas de IRS9A en K y L, de donde se infiere la existencia de una componente compacta (posiblemente un disco) en el centro de este objeto joven masivo. El panel intermedio muestra la imagen reconstruida en la que se resuelve la componente externa del sistema triple jerárquico HD 150136. El panel inferior muestra la imagen reconstruida de la estructura tipo *bow shock* de una de las estrellas jóvenes (IRS1W) que orbital SgrA*.

individual es importante para el desarrollo del campo. En este capítulo se presenta el estudio del objeto masivo: NGC 3603 IRS 9A* con la cámara infrarroja de alta resolución angular NACO del *Very Large Telescope* (VLT). Dichas observaciones se realizaron en el modo interferométrico de instrumento, a través de la técnica conocida como *Sparse Aperture Masking*. Adicionalmente, se presentan datos espectroscópicos de archivo obtenidos con CRIRES/VLT. Nuestros resultados, a través de modelos de transferencia radiativa, confirman la presencia de una componente compacta en el núcleo de IRS 9A, previamente propuesta por observaciones interferométricas en el infrarrojo medio. Adicionalmente, nuestros datos confirman la existencia de una envoltura alrededor de la componente compacta observada previamente. Modelos simultáneos a los datos interferométricos obtenidos y a la distribución espectral de esta fuente ponen de manifiesto la complejidad morfológica de IRS 9A. Lo cual enfatiza la necesidad de obtener datos de alta resolución angular a longitudes de onda adicionales, desde el infrarrojo hasta longitudes de onda de radio.

Multiplicidad en estrellas masivas: Una de las características observaciones más importantes de las estrellas de tipo O es el alto porcentaje de sistemas múltiples (~90%). Esta tesis presenta el estudio, utilizando interferometría óptica de larga base, de dos sistemas múltiples masivos: HD 150136 y Herschel 36. Observaciones espectroscópicas de ambos sistemas sugieren que estos están formados por tres componentes atadas gravitacionalmente de manera jerárquica. Dos de ellas pertenecientes a una binaria espectroscópica y otra más localizada a una distancia mayor. HD 150136 es un sistema extremadamente masivo, con una masa total estimada en más de 100 masas solares. Además de ello, una de las componentes que lo integran es una estrella de tipo O3 V, lo que significa que este sistema es muy joven con una edad de alrededor de un par millones de años. Por otro lado, Herschel 36 es un sistema joven con tres estrellas cuya luminosidad combinada parece corresponder a la de tres estrellas clasificadas como *Zero-Age Main-Sequence*. Lo anterior sugiere que la edad de este sistema es de alrededor de un millón de años. Nuestras observaciones interferométricas en los filtros J, H y K con el instrumento AMBER del *Very Large Telescope Interferometer* (VLT), resolvieron, por primera vez, la componente aislada adicional al sistema espectroscópico, tanto para HD 150136 como para Herschel 36. Esto permitió determinar la posición proyectada de las componentes (de cada sistema múltiple) en el plano del cielo, su brillo relativo, así como dar una primera aproximación de su órbita.

Interacciones de las estrellas masivas con el medio interestelar: Aquí se presenta el estudio de la morfología de las estrellas masivas que interactúan con los brazos de polvo y gas en el parsec central de la Galaxia: IRS1W, IRS5, IRS10W, e IRS21. La interacción entre el movimiento relativo de estas estrellas, y el choque de sus vientos estelares con el medio interestelar generan la formación de estructuras tipo *bow shock* alrededor de estos objetos. Para esta investigación, se utilizaron observaciones infrarrojas a en L' (3.8 μ m) con *Sparse Aperture Masking*, en combinación con observaciones asistidas por Óptica Adaptativa en los filtros H (1.6 μ m) y Ks (2.2 μ m). Dichas observaciones junto con modelos de transferencia radiativa permitieron obtener la posición tridimensional y la geometría de los *bow shocks*. Además se investigaron los mecanismos responsables de la emisión infrarroja de estas estructuras, y se determinaron los planos orbitales de las estrellas analizadas alrededor del agujero negro masivo SgrA*.

Sobre la naturaleza variable de los núcleos de galaxias activas de baja luminosidad

Autora: Lorena Hernández García
(lorena@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por: Josefa Masegosa,
Isabel Márquez, y Omaira González Martín

Centro: Instituto de Astrofísica de Andalucía
(IAA-CSIC) / Universidad de Granada

Fecha de lectura: 21 de Julio de 2015

Los núcleos activos de galaxias (AGN, de sus siglas en inglés) emiten energías enormes en regiones muy compactas, siendo uno de los fenómenos más energéticos de todo el Universo. Hoy en día, la teoría más aceptada es que este fenómeno es consecuencia de la acreción de materia sobre un agujero negro supermasivo.

Esta tesis está centrada en el estudio de la variabilidad del extremo de los AGN de más baja luminosidad (LLAGN), los LINERs (*low ionization nuclear emission line regions*) y las conocidas galaxias Seyfert. A su vez se compara el comportamiento de ambas familias de AGN. Mientras que los núcleos Seyfert fueron descubiertos en 1943 y se caracterizan porque el núcleo produce líneas espectrales de emisión de gas altamente ionizado, hubo que esperar hasta 1980 para que Heckman descubriese los LINERs y los clasificase como una subcategoría de AGN, cuyos espectros ópticos presentan un estado de ionización más bajo que las Seyfert.

El estudio de AGN en rayos X es ideal puesto que el núcleo es accesible en este rango de frecuencias y además el efecto de oscurecimiento es mucho menor comparado con el ultravioleta (UV), óptico o infrarrojo cercano. Es por ello que los datos presentados en esta tesis son principalmente en rayos X, aunque complementados con información simultánea en frecuencias UV.

La variabilidad es una propiedad que caracteriza a los AGN de alta potencia, que muestran variaciones en todo el espectro electromagnético, y permite inferir sobre sus propiedades físicas. Si bien esto está establecido para las galaxias Seyfert, no es algo obvio en LINERs, para los que solamente se ha estudiado una pequeña muestra de objetos tipo 1 en rayos X o una muestra algo más grande en el UV. Para analizar la variabilidad en rayos X, se ha elaborado un método que permite estudiar variaciones a corta y larga escala. Las variaciones a larga escala se analizan ajustando todos los espectros de un mismo objeto con el mismo modelo. La variabilidad a corta escala se obtiene del análisis de las curvas de luz.

Esto nos permite estimar tanto las variaciones en flujo como las variaciones espectrales, lo que sirve para conocer el patrón de variabilidad y permite a su vez inferir propiedades físicas de estos objetos. Para este estudio se han utilizado datos públicos de los satélites de rayos-X Chandra y XMM-Newton en diferentes épocas. Además, con XMM-Newton se puede obtener de forma simultánea información sobre variabilidad en rayos X y UV.

Primero se aplicó la metodología a una muestra de 18 núcleos LINERs, incluyendo tipos 1 (en realidad son todos tipo 1.9) y 2.

Se clasificaron los núcleos como AGN (no-AGN) cuando mostraban una fuente puntual (o no) en la banda de energía 4.5-8.0 keV, siguiendo el trabajo de González-Martín et al. (2009). De entre toda la muestra, tres LINERs fueron clasificados como no-AGN, todos ellos siendo candidatos a *Compton-thick* (esto es, que están oscurecidos por columnas de densidad muy altas), ninguno muestra variaciones en rayos X y dos de ellos varían en el UV. Ninguno de los núcleos muestra variaciones a corta escala (entre horas y días), mientras que más de la mitad de los clasificados como AGN varían en escalas temporales largas (entre meses y años). Estas variaciones son principalmente debidas a cambios intrínsecos de las fuentes, mientras que solamente una galaxia muestra variaciones en la columna de densidad - lo que estaría directamente relacionado con cambios en la densidad del toro de polvo o la región de líneas anchas (BLR, de sus siglas en inglés). El estudio en UV muestra que este tipo de galaxias son variables a frecuencias UV. Así, se encuentra que los LINERs son objetos variables en rayos X y UV. Además, de acuerdo a las masas de sus agujeros negros, tasas de acreción, y escalas temporales de variabilidad, encontramos que los LINERs siguen el mismo plano de variabilidad que otros AGN más luminosos en rayos X. También hemos estudiado el mecanismo de acreción a partir de la relación entre el índice de la ley de potencias y el cociente de Eddington, donde se aprecia una anticorrelación, indicando que la acreción podría ser ineficiente (comparada con la acreción eficiente que se encuentra para objetos más luminosos).

La misma metodología se aplicó a una muestra de 26 galaxias Seyfert tipo 2. Ninguno de los núcleos muestra variaciones a corta escala. En este caso se realizó un estudio adicional para seleccionar candidatos a *Compton-thick*, pues, dado que estas galaxias se observan a través del toro de polvo, se espera que una fracción significativa de ellas esté altamente oscurecida. Encontramos que 12 de las galaxias son candidatas a *Compton-thick*. De entre las que son candidatas a *Compton-thick*, solamente una de ellas muestra variaciones a larga escala; la explicación más razonable es que parte del continuo es aún transmitido y por ello vemos variaciones. Entre los demás núcleos encontramos que la mayoría son variables en escalas entre meses y años, siendo el patrón de variabilidad muy similar al encontrado para los LINERs: cambios intrínsecos de la fuente de energía. Variaciones debidas a la columna de densidad se encuentran sólo en cuatro fuentes. Finalmente, a diferencia de lo encontrado en LINERs, ninguna de las galaxias muestra variaciones en frecuencias UV.

Por tanto, el estudio de variabilidad en rayos X en LLAGN muestra que ambas familias de AGN son variables en escalas temporales que van entre meses y años, amplitudes entre 20 y 80% y un patrón de variabilidad común en todos ellos. En UV, al contrario, el estudio de variabilidad muestra que mientras que los LINERs son variables, las Seyfert 2 no muestran ningún cambio a estas frecuencias, detectándose la fuente UV en sólo tres galaxias. El hecho de que el núcleo varíe en este rango podría deberse a que el toro de polvo ha desaparecido en los LINERs, dejando el núcleo al descubierto, dando lugar a las variaciones observadas.

El trabajo realizado en esta tesis pone de manifiesto que los LINERs y las Seyferts tipo 2 se comportan espectralmente de forma similar en el rango de frecuencias de los rayos X. No obstante, los datos de tasas de Eddington analizados son consistentes con un mecanismo de acreción diferente, siendo eficiente para los Seyfert e ineficiente para los LINERs.

La tesis se complementa con dos capítulos relacionados con la actividad nuclear y la emisión en rayos X de objetos extragalácticos. El primero es un estudio sobre AGN en grupos y cúmulos de galaxias usando datos de XMM-Newton y Chandra, que incluye la determinación del número de AGN en cada cúmulo. Encontramos entre uno y cinco AGN por cúmulo. El segundo es un estudio de la variabilidad en objetos ultraluminosos en rayos X (ULXs) usando datos de XMM-Newton y aplicando técnicas de Fourier. Estimamos la variabilidad no-lineal de las ULX, que ocurre en la misma forma que otros agujeros negros con diferentes masas, y el retardo temporal que las variaciones generan entre dos bandas de energía diferentes.

Tesis disponible en

<https://cloud.iaa.csic.es/public.php?service=files&t=716d6a0d982052c7b1153beec5a59d91>

Estudio de la distribución de materia oscura en el Universo mediante el efecto de lente gravitacional: la distribución de anillos de Einstein como sondas cosmológicas

Autor: Jesús Vega Ferrero (j.vega@uam.es)

Tesis doctoral dirigida por: Gustavo Yepes Alonso y David Valls-Gabaud

Centro: Universidad Autónoma de Madrid

Fecha de lectura: 24 de Julio de 2015

El trabajo expuesto en esta tesis doctoral está desarrollado con la intención de entender el origen de las discrepancias existentes entre la estadística de lentes fuertes y los datos observaciones (lo que se conoce en inglés como *arc statistics problem*). En este contexto, las simulaciones cosmológicas han sido esenciales para comprender cómo se forman las más grandes estructuras que se observan en el Universo. Un buen ejemplo lo constituye la simulación MultiDark (www.multidark.org), la cual contiene casi 9×10^9 partículas en una caja cúbica de lado 1Gpc/h. Las estructuras más masivas que se forman en MultiDark han sido resimuladas, con mucha más resolución y considerando la contribución bariónica, dando lugar al catálogo de cúmulos de galaxias simulados MUSIC (Sembolini et al., 2013, music.ft.uam.es).

Los resultados descritos en esta tesis están basados en el estudio del catálogo MUSIC. En total, hemos analizado ~ 1400 halos de materia oscura disjuntos (es decir, que no forman parte de un halo de mayor masa) con masas $M_{\text{vir}} > 2 \times 10^{14} M_{\text{sun}}/h$ para los desplazamientos al rojo $z = (0.250, 0.333, 0.429, 0.667)$. Aprovechando las características de MUSIC hemos investigado importantes propiedades físicas (como la masa y la concentración) de los cúmulos de galaxias, así como los efectos de lente gravitacional producidos por éstos.

El análisis realizado a partir de los perfiles de densidad esférica de los cúmulos de galaxias en MUSIC nos ha permitido obtener resultados claves sobre la evolución con el desplazamiento al rojo en la relación concentración-masa (c-M). Con la intención de incorporar en la relación c-M los efectos producidos por la orientación de los cúmulos con respecto a un hipotético observador, hemos calculado los perfiles de densidad superficial (o proyectados) para 500 proyecciones aleatorias de cada cúmulo en MUSIC. A partir de dichos perfiles derivamos masas y concentraciones proyectadas. La dependencia con la masa en la relación c-M proyectada muestra una pendiente positiva, lo que implica que los halos más masivos presentan concentraciones más elevadas que las esperadas con una relación c-M obtenida a partir de los perfiles de densidad esférica.

Gracias a la elevada resolución de los cúmulos de galaxias en el catálogo MUSIC hemos podido identificar los anillos de Einstein hasta unos pocos segundos de arco. Para ello, en primer lugar, se calculan los perfiles de convergencia y cizalladura para cada una de las 500 proyecciones de cada cúmulo para, con posterior-

idad, derivar el tamaño del anillo de Einstein. Alternativamente, usando un código de *ray-tracing* (*Skylens*, ver Meneghetti et al. 2010a), hemos producido mapas de convergencia y cizalladura en dos dimensiones para los cúmulos MUSIC. A partir de dichos mapas hemos extraído información detallada sobre el tamaño del anillo de Einstein y la elipticidad de la línea tangencial crítica.

El objetivo central de esta tesis doctoral ha consistido en desarrollar un modelo semi-analítico (MAPLENS, MADrid-Paris LENSing Semianalytics) especialmente diseñado para estimar la distribución de anillos de Einstein, y su evolución con el desplazamiento al rojo, para una muestra de cúmulos de galaxias. Al estar construido a partir del análisis de los cúmulos de galaxias en MUSIC, el modelo MAPLENS permite estimar las distribuciones de anillos de Einstein incorporando efectos de proyección, como la triaxialidad y la presencia de subestructuras, en cúmulos de galaxias por medio de la técnica denominada *kernel density estimate*. Con la intención de obtener predicciones sobre la distribución de anillos de Einstein en todo el Universo hemos utilizado MAPLENS sobre una muestra de halos de materia oscura obtenida a partir de la función de masa presentada por Tinker et al. (2008). Para obtener una precisión aceptable de los resultados generamos 1000 catálogos de halos considerando todo el cielo con $z = [0.1-1.0]$. La comparación entre los resultados obtenidos con MAPLENS y los datos observaciones presentados en esta tesis se lleva a cabo por medio de dos estadísticas: la distribución total y la distribución de valores extremos de anillos de Einstein.

Finalmente, motivados por la reciente publicación de estudios sobre muestras de cúmulos de galaxias observados, hemos presentado una comparación detallada con la muestra CLASH obtenida con HST (Merten et al., 2014) y con el análisis presentado por (Oguri et al., 2012) para el catálogo SGAS de cúmulos de galaxias. La comparación entre la estadística de grandes anillos de Einstein teórica y la obtenida en estudios previos (Zitrin et al., 2012a; Waizmann et al., 2014; Redlich et al., 2014), evidencia aún una pequeña discrepancia entre las predicciones teóricas y los datos observacionales. En conclusión, las lentes gravitacionales observadas a bajo desplazamiento al rojo ($z < 0.5$) parecen más potentes que lo que se espera teóricamente. No obstante, aunque estas diferencias pueden deberse a las incertidumbres del método usado por Zitrin et al. (2012a), la comparación entre los distintos modelos teóricos indica que el procedimiento comúnmente usado para derivar la triaxialidad de los cúmulos es un factor que afecta considerablemente la distribución de grandes anillos de Einstein.

Esta tesis doctoral ha sido desarrollada en co-tutela entre la Universidad Autónoma de Madrid y el Observatorio de París.

Referencias

- Meneghetti, M., Fedeli, C., Pace, F., Gottlöber, S., & Yepes, G. 2010, A&A, 519, A90, 1003.4544
- Merten, J. et al. 2015, ApJ, 806, 4, 1404.1376
- Oguri, M., Bayliss, M. B., Dahle, H., Sharon, K., Gladders, M. D., Natarajan, P., Hennawi, J. F., & Koester, B. P. 2012, MNRAS, 420, 3213, 1109.2594
- Redlich, M., Waizmann, J.-C., & Bartelmann, M. 2014, A&A, 569, A34, 1408.2720
- Sembolini, F., Yepes, G., De Petris, M., Gottlöber, S., Lamagna, L., & Comis, B. 2013, Astronomische Nachrichten, 334, 441
- Tinker, J., Kravtsov, A. V., Klypin, A., Abazajian, K., Warren, M., Yepes, G., Gottlöber, S., & Holz, D. E. 2008, ApJ, 688, 709, 0803.2706
- Waizmann, J.-C., Redlich, M., Meneghetti, M., & Bartelmann, M. 2014, A&A, 565, A28, 1403.4573
- Zitrin, A., Broadhurst, T., Bartelmann, M., Rephaeli, Y., Oguri, M., Benitez, N., Hao, J., & Umetsu, K. 2012a, MNRAS, 423, 2308, 1105.2295

Emisión no térmica de binarias de alta energía mediante observaciones radio interferométricas

Autor: Benito Marcote Martín

(bmarcote@am.ub.es)

Tesis doctoral dirigida por: Marc Ribó Gomis y Josep Maria Paredes Poy

Centro: Universidad de Barcelona

Fecha de lectura: 27 de Octubre de 2015

En esta tesis doctoral se han estudiado sistemas binarios de alta energía a través de su emisión radio con el fin de obtener una mejor comprensión de las regiones que producen la emisión desde radio hasta rayos gamma. Estos sistemas binarios involucran entornos donde se aceleran partículas hasta velocidades relativistas, que posteriormente producen la citada emisión, aunque su naturaleza difiere de unos sistemas a otros. Actualmente se consideran tres tipos distintos de sistemas binarios que pueden llegar a emitir en rayos gamma, y por tanto a alta energía: las binarias con colisión de vientos, las binarias de rayos X de alta masa y las binarias de rayos gamma. En esta tesis se han explorado estos sistemas con observaciones radio de baja y alta frecuencia y con observaciones VLBI de muy alta resolución.

Para empezar, se ha estudiado la binaria de rayos gamma LS 5039 a bajas y altas frecuencias, determinando el espectro y las curvas de luz de esta fuente en el rango de 0.15–15 GHz a través del análisis de datos VLA, GMRT y WSRT. Se ha observado que la emisión de esta fuente es persistente en escalas de tiempo que abarcan desde días hasta años, y el espectro muestra un cambio de pendiente en torno a 0.5 GHz. Dichos espectros revelan ligeras diferencias en la emisión a distintas épocas. Mientras que los mismos pueden ser explicados con un modelo simple considerando emisión sincrotrón con autoabsorción, se observa un efecto Razin en determinadas épocas. Ésta es la primera vez que se observa este efecto en una binaria de rayos gamma, dando un apoyo al escenario de interacción de vientos con un púlsar no acretante. Además, se ha conseguido estimar las propiedades físicas de la región emisora, obteniendo una estimación de su tamaño, su campo magnético, la densidad electrónica y la tasa de pérdida de masa de la estrella.

También se ha estudiado la emisión de baja frecuencia de la binaria de rayos gamma LS I +61 303 a través de observaciones con GMRT y LOFAR. Con estos datos se ha detectado por vez primera la emisión de una binaria de rayos gamma a una frecuencia tan baja como 150 MHz. También se han podido obtener las curvas de luz a 150, 235 y 610 MHz, observando que las mismas están moduladas con el periodo orbital pero también con el periodo superorbital, compatibles con una modulación cuasisinusoidal a lo largo de la fase orbital. Los desplazamientos temporales observados entre la posición de la máxima emisión a distintas frecuencias han sido modelados con un modelo simple, evidenciando una región emisora en expansión, con una velocidad de expansión cercana a la velocidad del viento estelar.

Por otro lado, la binaria de rayos gamma HESS J0632+057 ha sido estudiada con observaciones EVN de muy alta resolución durante el máximo secundario que presenta la fuente en rayos X, y que no ha sido estudiado en radio hasta ahora. Sin embargo, la fuente no es detectada en estas observaciones, estableciendo un límite superior a la emisión que es un orden de magnitud inferior a detecciones previas de la fuente a otras fases orbitales.

En esta tesis también mostramos el descubrimiento de una nueva binaria con colisión de vientos, HD 93129A, a través de observaciones multilongitud de onda con observaciones ópticas con el HST y radio con el LBA. Con los datos radio se observa una estructura curvada típica de una región de colisión de vientos y coincidente con la posición esperada respecto a las dos estrellas del sistema. Con las medidas actuales, HD 93129A podría ser uno de los sistemas binarios más jóvenes, calientes y más masivos descubiertos hasta ahora, y en este trabajo proporcionamos una estimación del cociente entre las tasas de pérdida de masa de las dos estrellas en base a la estructura radio observada. También se ha determinado un incremento en la emisión radio durante los últimos años, tal y como se espera del hecho de que ambas estrellas están acercándose al periastro, estimado alrededor de 2024.

Finalmente se han llevado a cabo observaciones radio de dos fuentes que podían ser potenciales binarias de rayos gamma. Por un lado, la estrella TYC 4051-1277-1 fue inicialmente propuesta como la contrapartida óptica de una fuente radio no térmica, aunque esto ha quedado finalmente descartado con nuevas observaciones, estando la emisión radio finalmente asociada a una radio galaxia. Por otro lado, se ha buscado la contrapartida radio de MWC 656, el primer sistema binario descubierto compuesto por una estrella Be y un agujero negro. Sin embargo, esta contrapartida continúa sin ser detectada a pesar de las nuevas observaciones realizadas.

En base a estos resultados, se ha mejorado nuestro conocimiento de estos sistemas binarios de alta energía y su emisión radio, llevando a cabo por primera vez estudios detallados de la emisión de baja frecuencia de estos tipos de sistemas. Se ha visto cómo claramente este tipo de observaciones radio puede proporcionar información valiosa sobre la región que produce dicha emisión, aumentando nuestra comprensión sobre los fenómenos físicos que tienen lugar en la misma.

Preparación científica de CARMENES: caracterización de enanas M con espectroscopia de baja resolución y búsqueda de compañeros separados poco masivos de estrellas jóvenes

Autor: Francisco Javier Alonso Floriano (fjalonso@fis.ucm.es)

Tesis doctoral dirigida por: David Montes Gutiérrez y José Antonio Caballero Hernández
Centro: Universidad Complutense de Madrid
Fecha de lectura: 5 de Noviembre de 2015

Las estrellas M son los principales objetivos para la detección de planetas tipo Tierra en la zona de habitabilidad usando el método Doppler. Sin embargo, las bandas moleculares que llenan sus espectros, el incremento de actividad y rotación, y el desplazamiento de su emisión hacia longitudes de onda infrarroja complican la determinación de sus velocidades radiales. Además, es posible que estos planetas no conserven la suficiente cantidad de agua para ser habitables. Para resolver estas cuestiones son necesarias búsquedas de planetas entorno a estrellas M jóvenes.

Este trabajo se centra en el estudio de objetos poco masivos como objetivos para la búsqueda de exoplanetas con espectrógrafos infrarrojos, y para CARMENES en particular. CARMENES es un espectrógrafo de alta resolución con dos canales, visible e infrarrojo, para el telescopio de 3.5 m del Observatorio de Calar Alto. Observará 300 enanas M durante 600 noches de tiempo garantizado, comenzando en enero de 2016. Parte de los esfuerzos en la ciencia de preparación, necesaria para la selección de la muestra, se han recogido en dos publicaciones presentadas en este trabajo de tesis.

En el primer artículo, obtuvimos espectroscopia de baja resolución para 753 estrellas. El objetivo fue la obtención de tipos espectrales precisos, que son un parámetro fundamental para la selección de la muestra. Usamos 49 estrellas estándares (K3V a M8V), junto con una doble técnica de minimización de mínimos cuadrados, y 31 índices espectrales previamente definidos por otros autores. Además, cuantificamos la gravedad superficial, metalicidad y actividad cromosférica de la muestra para detectar estrellas de poca gravedad (gigantes y muy jóvenes), pobres y muy pobres en metales (subenanas), y muy activas.

En la segunda publicación, buscamos compañeros de movimiento propio común, especialmente poco masivos, de estrellas pertenecientes al grupo de movimiento joven cercano beta Pictoris. Recopilamos una lista de 185 miembros de beta Pictoris a partir de 35 trabajos representativos en este grupo de movimiento. Hicimos uso de herramientas de observatorio virtual, Aladin y STILTS, así como del catálogo de movimientos propios

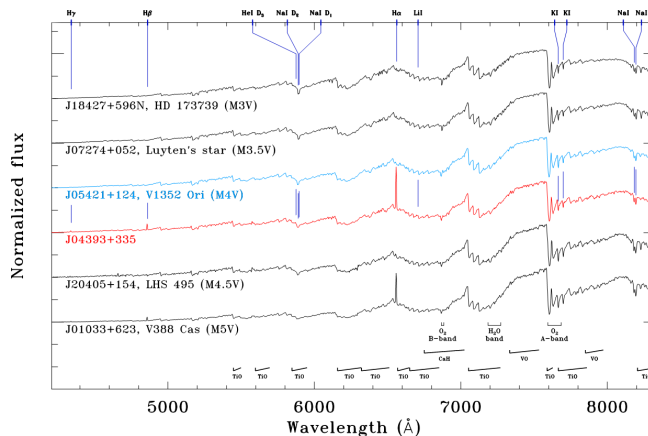
PPMXL y el catálogo de estrellas dobles WDS. Los objetos con movimientos propios similares a las estrellas de la muestra fueron sometidos a un estudio astro-fotométrico. Los 36 sistemas separados obtenidos finalmente fueron objeto de un estudio de energías de ligadura para determinar su unión física.

En el primer trabajo, obtuvimos tipos espectrales, con un error típico de 0.5 subtipos, 305 determinados por primera vez y 448 revisados. Medimos pseudoanchuras equivalentes de H α para todos los objetos y concluimos que nuestros tipos espectrales no se ven afectados por la actividad de las estrellas de la muestra. Identificamos dos estrellas candidatas a subenanas, tres T Tauri, 25 gigantes, 44 enanas K y 679 enanas M. La muestra contenía 261 estrellas con tipos espectrales M4-8.0 V, muchas de las cuales se encuentran entre las estrellas más brillantes conocidas de sus subtipos.

En la segunda publicación, medimos movimientos propios precisos para 184 objetos. Descartamos cinco compañeros previamente conocidos e identificamos 36 compañeros de movimiento propio común. De ellos, ocho eran nuevos sistemas, y tres tenían secundarias en o por debajo del límite de fusión del hidrógeno. Además, 16 estrellas fueron propuestas por primera vez como candidatas a la asociación. Finalmente, de los 36 sistemas, 14 eran triples o cuádruples, una cantidad mayor de la esperada. Esto podría sugerir un sesgo en la muestra hacia estrellas binarias cercanas o un incremento de la fracción de sistemas múltiples de alto orden para sistemas muy separados.

Estos resultados no solo son importantes para búsquedas de exoplanetas por velocidad radial como la de CARMENES, sino que pueden ayudar a ampliar los estudios en otros campos relacionados con los objetos poco masivos en la vecindad solar.

Tesis disponible en:
http://www.ucm.es/info/Astrof/invest/actividad/tesis/Thesis_Alonso-Floriano_VF.pdf



Seis espectros obtenidos con el espectrógrafo CAFOS en el telescopio 2.2 m del Observatorio de Calar Alto. En rojo se muestra el espectro de la estrella problema (J04393+335, V583 Aur B) a la que se le determinó el tipo espectral M4 V usando nuestro método de clasificación espectral. En azul se muestra el espectro de la estrella estándar del mismo tipo que la estrella problema. En negro se representan los espectros de las estrellas estándares de los tipos espec-

Cometa Lovejoy sobre el horizonte terrestre.
Imagen tomada desde la ISS (NASA).



**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