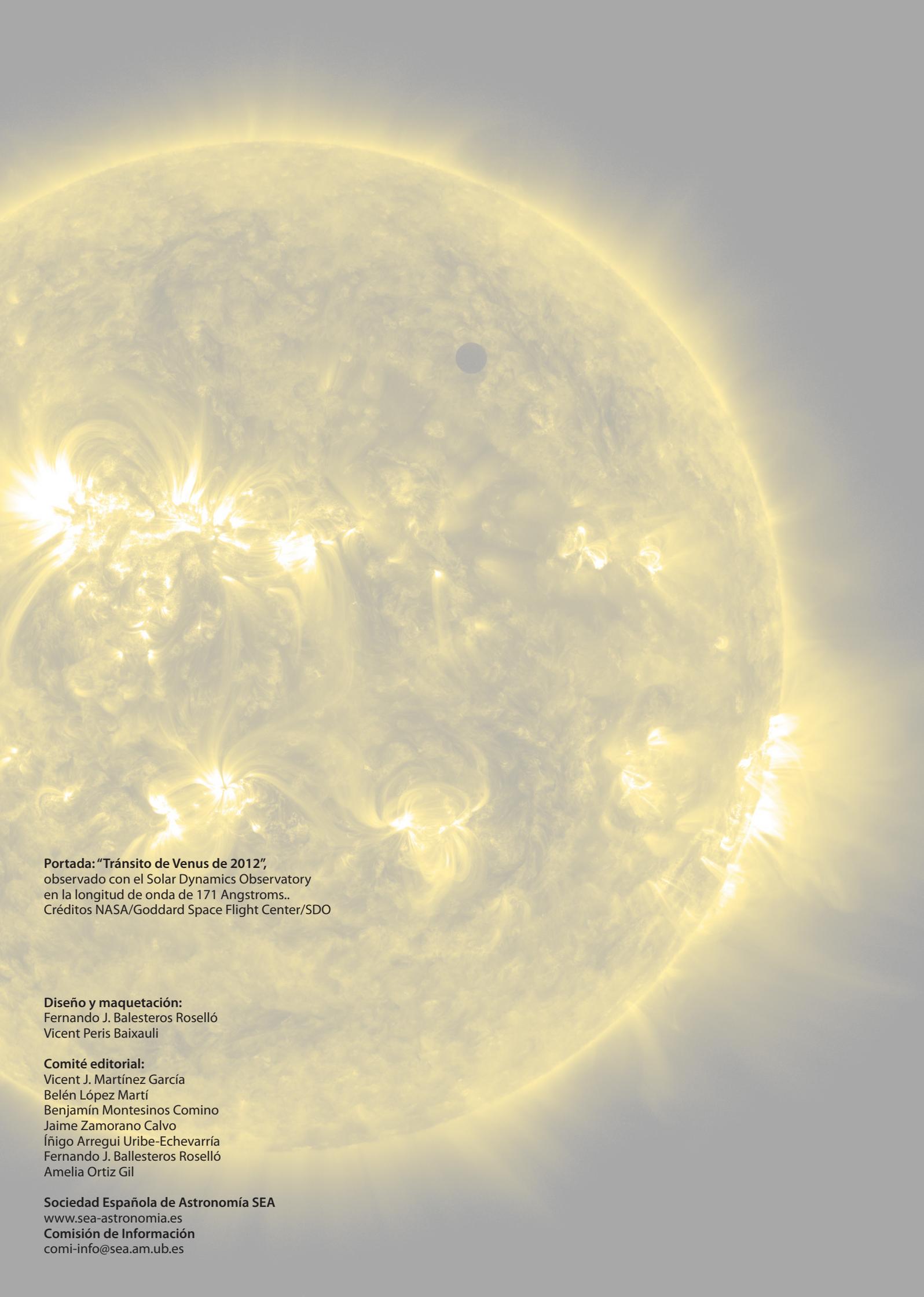


SEA

Sociedad Española de Astronomía



Portada: "Tránsito de Venus de 2012",
observado con el Solar Dynamics Observatory
en la longitud de onda de 171 Angstroms..
Créditos NASA/Goddard Space Flight Center/SDO

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

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

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

CONTENIDOS



6



10



14

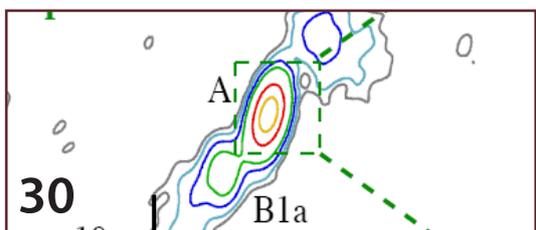


20



28

29



30

5 Editorial

6 La SEA celebra su X reunión científica

Noticias de última hora sobre la inminente reunión de nuestra sociedad, el próximo 9 de julio.

10 El programa E-ELT comienza a caminar

Editorial sobre la construcción del mayor telescopio óptico e infrarrojo del mundo.

14 El Observatorio Astrofísico de Javalambre

Avanzan las obras de este nuevo observatorio, bajo cielos de Teruel.

20 PixInsight: Un programa de tratamiento de imágenes astronómicas

Un software español se hace hueco en el mundo del procesado científico de imágenes.

28 Ecos de (la) Sociedad

29 Libros

30 Tesis doctorales



Radiotelescopio del IRAM (Instituto de Radio Astronomía Milimétrica) en Pico Veleta, Sierra Nevada.
Autor: Luís (blog *fotosdelsendero*)

El futuro de E-ELT y GTC

La inauguración y puesta en operación del GTC y la entrada de España como socio de pleno derecho en ESO supone el culmen del desarrollo científico-tecnológico y la plena incorporación a la Astronomía de vanguardia de la comunidad astronómica española. Esto ha sucedido tras muchos años de esfuerzo, trabajo y dedicación por parte de: los encargados de elaborar y ejecutar la política científica del país; los responsables de los diferentes OPIs; parte del tejido industrial que vio una oportunidad clara de desarrollo e innovación; y cómo no, las generaciones de astrónomos españoles que se han ido formando al amparo de las instalaciones telescópicas que el buen cielo de España había traído a nuestro país, debidamente gestionadas por un puñado de instituciones, y que han puesto a la Astronomía española en el "top ten" del ranking mundial. GTC y ESO representan las bases sobre las que se sustenta el liderazgo que la Astronomía española quiere mantener e incrementar en los próximos años.

La Sociedad Española de Astronomía es consciente de las dificultades económicas por la que pasa el país y ni mucho menos pretende encerrarse en una torre de marfil alejada de los problemas del resto de la sociedad. Al contrario, creemos que es momento de tomar decisiones firmes y bien fundamentadas que permitan que a la salida de la crisis sigamos teniendo una astronomía de vanguardia y, lo que sería más deseable, una economía donde el ladrillo pese menos que la alta tecnología y la innovación. Por ello, le queremos hacer llegar nuestra reflexión acerca del futuro de ambas instalaciones ante la previsible urgencia de importantes tomas de decisión con gran repercusión sobre el futuro de nuestra ciencia.

La participación española en la construcción y desarrollo del E-ELT, así como la aprobación de partidas presupuestarias estables que garanticen la operatividad del GTC están entre nuestras máximas prioridades. Varias razones nos llevan a esta conclusión:

- La construcción de GTC supuso un hito en el desarrollo de la tecnología de espejos segmentados, trasladando a Europa un "know-how" limitado, hasta entonces, a EEUU.
- Las empresas españolas involucradas en construir GTC se beneficiaron de ese trasvase de conocimiento, aumentando su competitividad y capacidad de obtener contratos en otros mercados.
- El GTC se puede convertir en el mejor banco de pruebas para algunas de las tecnologías a implementar en E-ELT.
- E-ELT es uno de los mayores retos tecnológicos a los que Europa se enfrentará en los próximos años, lo que conllevará un desarrollo incalculable en aspectos industriales de directa aplicación en otros campos. Las empresas participantes serán las máximas beneficiadas, no solo por el retorno de contratos industriales, muy por encima del presupuesto nacional invertido, sino por su imbricación en un consorcio internacional de tecnología innovadora. El "know-how" adquirido por diversas empresas españolas durante su participación en el GTC las sitúa en ventaja para hacerse con contratos relevantes del E-ELT.
- La interacción ciencia-tecnología es directa: las empresas participantes en E-ELT tienen en los equipos científicos españoles a sus mejores bancos de prueba. Y los científicos podremos participar en la gestión cercana del proyecto E-ELT de la mano de nuestras empresas.
- España, con la posición alcanzada en el panorama internacional, no puede quedarse al margen. Ya que tarde o temprano habrá que entrar en el consorcio, mejor que sea al comienzo y participemos de las ventajas que ello reportará. Las sinergias entre GTC y E-ELT deben explotarse al máximo para mantener nuestra posición de privilegio.
- Por último, señalar que ya existen grupos científicos españoles trabajando en el diseño de la instrumentación de futuro para el E-ELT.

Hemos considerado oportuno haceros conocer el sentir de la Junta directiva de la SEA frente a las cuestiones que preocupan a la comunidad astronómica española.

Emilio J. Alfaro Navarro
Presidente de la SEA

LA SEA CELEBRA SU X REUNIÓN CIENTÍFICA

La Sociedad Española de Astronomía (SEA) celebrará su décima Reunión Científica en la Universitat de València entre el 9 y el 13 de julio de 2012.

En esta ocasión, que celebra los 20 años de la fundación de esta Sociedad, se espera reunir a más de 300 científicos, nacionales e internacionales, para presentar sus trabajos más recientes, promover la transmisión de resultados y discutir nuevos proyectos.



José Carlos Guirado

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

Amelia Ortiz Gil

Observatorio Astronómico
de la Universidad de Valencia.
Miembro del Comité Organizador Local
de la X Reunión Científica de la SEA
Amelia.Ortiz@uv.es

Por primera vez este encuentro tendrá como sede Valencia, donde existe un importante grupo de investigación en este ámbito. Sólo dentro de la Universitat de València hay más de 50 científicos trabajando en el campo de la astronomía. La reunión tendrá lugar en la Fundación Universidad-Empresa de Valencia (ADEIT), un edificio en pleno centro histórico. Los auditorios y aulas de esta Fundación serán la sede principal de la Reunión; sin embargo, algunos eventos tendrán lugar en otros espacios como la Ciudad de las Artes y las Ciencias, el edificio Veles e Vent en el puerto de Valencia y el teatro Olympia, en la tradicional calle de San Vicente.

Durante los cinco días de congreso, la comunidad astronómica española y los científicos invitados debatirán sobre temas relacionados con alguna de las seis grandes áreas del congreso: física solar; ciencias planetarias; la Vía Láctea y sus componentes; galaxias y cosmología; instrumentación y computación; y enseñanza y divulgación de la Astronomía. Para ello, el programa científico contiene 16 conferencias plenarias y alrededor de 200 contribuciones orales en las distintas sesiones paralelas organizadas. Asimismo, se han previsto 130 contribuciones adicionales en formato póster.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LA X REUNIÓN CIENTÍFICA

Durante esta X Reunión Científica de la SEA se presentarán los resultados del proyecto ALHAMBRA y la marcha del Observatorio de Javalambre, el más importante en fase de construcción ahora mismo en la península. Conoceremos algunos resultados iniciales del Atacama Large Millimeter Array (ALMA), el satélite GAIA de la Agencia Espacial Europea, el European Extremely Large Telescope (E-ELT) y el Square Kilometer Array (SKA).

En el área de la enseñanza y divulgación de la astronomía se presentará los proyectos ENCIENDE, dedicado a optimizar la enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar y el proyecto UNAWWE, que lleva la astronomía niños de 4 a 9 años en situaciones desfavorecidas o de exclusión social en todo el mundo.

Proyectos relacionados con éstas y otras infraestructuras astronómicas contribuyen de forma significativa a motivar avances tecnológicos e innovación industrial. De esta forma, las Reuniones Científicas de la SEA son particularmente atractivas para las empresas interesadas en el campo de la Astronomía en cuanto supone una gran oportunidad para

contactar de forma directa con expertos del mundo académico, la investigación y la gestión en Astronomía. En esta X Reunión contamos con la presencia de empresas que han colaborado en la organización de este evento y que darán a conocer sus productos y los proyectos astronómicos en los que participan.

ASTRONOMÍA, CULTURA Y SOCIEDAD

Es muy importante aprovechar la posibilidad que nos ofrece esta reunión para tener un impacto directo en la sociedad civil, ya que gracias ellos muchos llevamos a cabo nuestros proyectos en instituciones públicas.

Así, empezaremos la reunión con un concierto de bienvenida el mismo lunes 9 de julio, en el hermoso teatro Olympia, a cargo del Bailey-Salgado Project (BSP: www.baileysalgadoproject.com), un dúo musical-astronómico compuesto por el músico y compositor Tom Bailey (Thompson Twins/ Babble, International Observer) y el astrónomo y visualizador del planetario Adler, José Francisco Salgado. En sus trabajos combinan música con fotografía, videos y

animaciones para crear trabajos multimedia cuyo tema es el mundo físico.

Su objetivo es el de comunicar ciencia a través del arte, e inspirar a las audiencias para que aprendan más sobre la Tierra y el Universo. Sus presentaciones consisten en proyecciones de video en alta definición, música en directo y grabada, así como breves explicaciones sobre el contenido científico y el proceso creativo que hay detrás de sus trabajos.

La minuciosa sincronización de la música con las imágenes mostradas, todas ellas de gran calidad, da como resultado una obra artística en la que existe una fusión perfecta entre las componentes musical y visual, de gran atractivo para el público.

Dentro de una línea más clásica, el miércoles 11 de julio nuestro compañero y presidente Emilio Alfaro impartirá una conferencia pública en el Museo de Ciencias Príncipe Felipe, en la espectacular Ciudad de las Artes y las Ciencias.



EVENTOS RELEVANTES

- *Concierto astronómico de bienvenida por el Bailey-Salgado Project.* En el Teatro Olympia, muy cerca de la sede del congreso, el lunes 9 de julio a las 20:00h.
- *50º aniversario del Observatorio Europeo Austral.* Coincidiendo con la X Reunión Científica, el jueves 12 de julio, se conmemorará el 50º aniversario del Observatorio Europeo Austral (ESO), un observatorio común para los astrónomos europeos situado en el hemisferio Sur. Para esta celebración se contará con el Presidente del Consejo de ESO, Xavier Barcons, y el Director de Programas de ESO, Adrian Russell.
- *“Top ten” de los astrónomos valencianos.* Con motivo de esta X Reunión Científica y en colaboración con la Cátedra de Divulgación Científica de la Universitat de València, se editará un libro en el que se recogerá la trayectoria humana y científica de los 10 astrónomos valencianos más relevantes a lo largo de la historia, donde figuran, por ejemplo, Jeroni Muñoz, que como Tycho Brahe estudió la supernova de 1572 (el propio Tycho cita las observaciones y los cálculos de Muñoz), Jorge Juan o Josep Joaquim Landerer.

Os invitamos a todos a participar en esta reunión, si aún no os habéis registrado, y a disfrutar de la ciudad de Valencia.

Más información: <http://www.sea-astronomia.es/SEA2012>



Teatro Olympia de Valencia, lugar de celebración del concierto "Moonrise"

La Ciutat de les Arts i de les Ciències de Valencia



MOONRISE

CIENCIA Y MÚSICA CON EL
BAILEY-SALGADO PROJECT

TEATRO OLYMPIA, VALENCIA
9 DE JULIO DE 2012, 20:00H

VENTA DE ENTRADAS EN:
TAQUILLA DEL TEATRO OLYMPIA
C/ SAN VICENTE 44. TODOS LOS DÍAS DE 17H A 21H
TEL. 902 11 55 77 O AL 902 488 488
ENTRADAS.COM
PRECIO: 10 EUROS



EL PROGRAMA E-ELT COMIENZA A CAMINAR

En la reunión del Consejo de la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Austral (ESO) que tuvo lugar los pasados 11 y 12 de Junio de 2012, se sometió a votación la propuesta de establecer el programa suplementario E-ELT¹. En este programa se construirá el mayor telescopio óptico e infrarrojo del mundo, de 39.3 metros de apertura, que se ha venido diseñando durante los últimos 4 años y medio². También forma parte del programa la primera generación de los instrumentos para el E-ELT.



Xavier Barcons
Presidente del Consejo de ESO.
Instituto de Física de
Cantabria (CSIC-UC)
barcons@ifca.unican.es

El E-ELT supone un gran reto para la Astronomía europea, pero también la principal oportunidad para garantizarnos un futuro igual de ventajoso que el presente frente a otras potencias mundiales en el campo. Hay que recordar que Paranal es el observatorio óptico en tierra más potente del mundo, y sus datos dan lugar a unas 550 publicaciones científicas cada año; otras 300 se obtienen con datos de La Silla, y unas 25 de APEX³.

Con el comienzo de las primeras observaciones del interferómetro ALMA el tercer trimestre de 2011, están empezando también a aflorar los primeros resultados científicos, verdaderamente impactantes, de este observatorio que compartimos con Norteamérica y el Este de Asia. A estas instalaciones de ESO hay que añadir las de ámbito nacional y multilateral, que en el caso de España son también significativas⁴. El E-ELT constituye la principal garantía de que dentro de 10-15 años, los astrónomos europeos seguiremos teniendo acceso a las instalaciones más competitivas del momento.

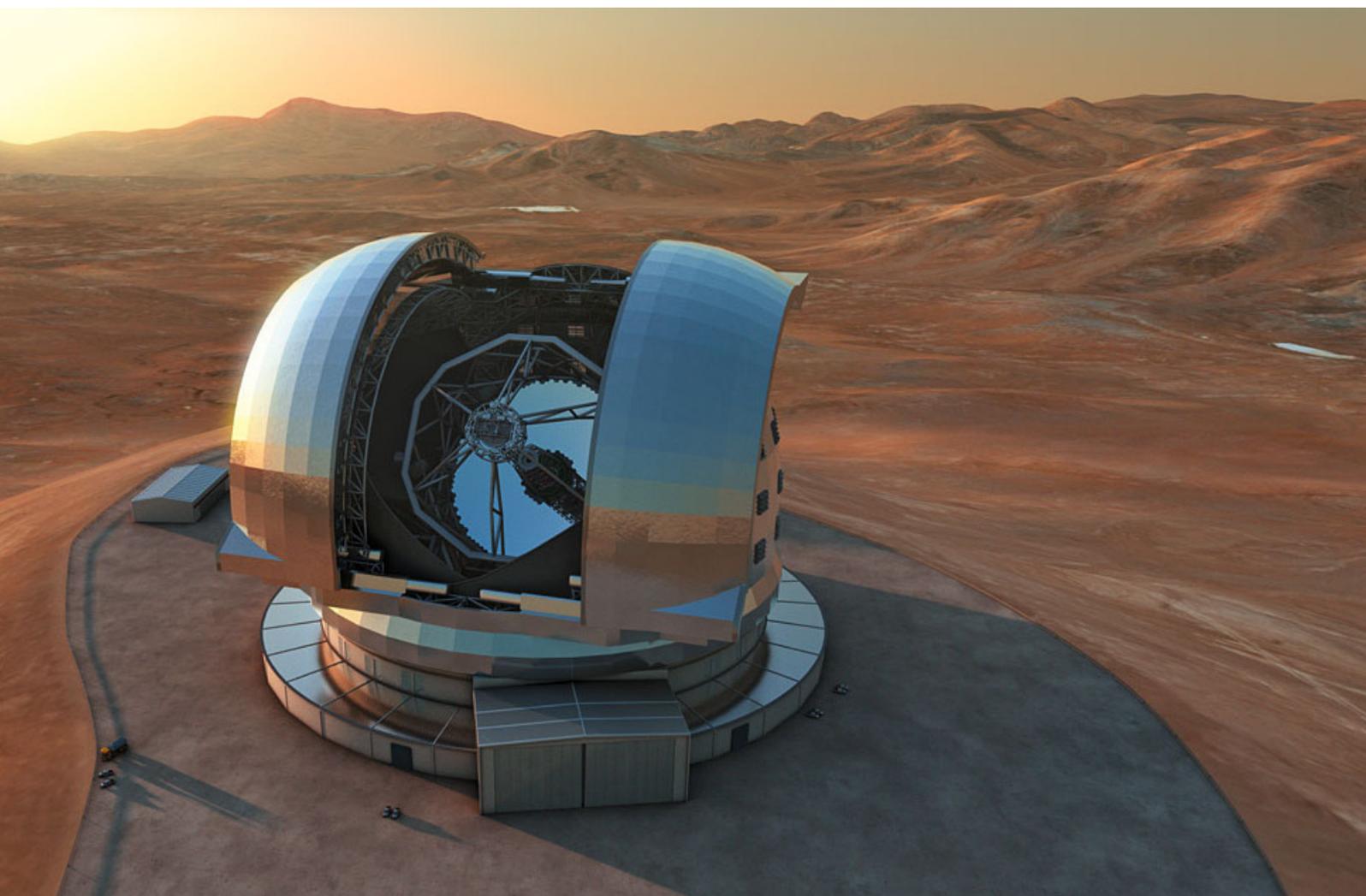
Pero además, el E-ELT es un proyecto revitalizador para la industria especializada y la tecnología. Una parte de la clave de ESO está en combinar la inversión en operaciones, que constituyen la base de la principal credencial de ESO –el éxito científico de los observatorios–, con la construcción y desarrollo de nuevos instrumentos. Es en este último aspecto donde ESO actúa como agente movilizador de la actividad industrial y económica en todos sus estados miembros. Y es ahí donde el E-ELT va a generar los primeros beneficios.

Quizás sea conveniente aclarar que, de acuerdo con la Convención suscrita inicialmente hace 50 años por Alemania, Bélgica, Francia, Holanda y Suecia y a la que se han adherido posteriormente otros 10 estados (España lo hizo en 2006), el objetivo de ESO consistía en construir y operar un telescopio “gigante” en el hemisferio sur; se trata del telescopio de 3.6 metros de La Silla, que sigue operativo. Los programas que ESO ha venido desarrollando después, y que han convertido a nuestro organismo en el líder de infraestructuras astronómicas en tierra son programas opcionales. Afortunadamente todos los estados miembros de ESO se han unido a esos programas, aunque en algunos casos no desde el principio.

«El E-ELT constituye la principal garantía de que dentro de 10-15 años, los astrónomos europeos seguiremos teniendo acceso a las instalaciones más competitivas del momento»

En el caso del E-ELT, todos los estados miembros de ESO han manifestado en distintas ocasiones su interés en participar en el programa. Con 14 gobiernos (más Brasil, que suscribió el acuerdo de adhesión a ESO a finales de 2010, y que está pendiente de ratificación por parte de su Parlamento), es materialmente imposible que se pueda sincronizar para un mismo día la disposición de aprobar el proyecto por todos ellos: al menos 2 ó 3 gobiernos estarán en funciones, o empezando un mandato. La aprobación de un nuevo programa requiere en ESO que al menos 2/3 de sus miembros voten a favor, participando en él. El caso del E-ELT es especial, ya que implica una aportación económica adicional en tiempos difíciles. Aún así, un grupo de países han decidido ya comprometerse con el proyecto votando a favor: Alemania, Austria, República Checa, Holanda, Suecia y Suiza. Otros 4 países han votado provisionalmente también a favor, quedando pendiente su ratificación: Bélgica, Finlandia, Italia y Reino Unido.

Recreación artística del European Extremely Large Telescope (E-ELT) en su emplazamiento en Cerro Armazones, a 3060 m sobre el nivel del mar, en pleno desierto chileno de Atacama. El E-ELT con sus 39.3 m de apertura será el mayor telescopio óptico/infrarrojo del mundo.





Fotografía tomada en la sede central de ESO en Garching, durante la histórica reunión del consejo de ESO los días 11 y 12 de junio de 2012, cuando el programa del E-ELT fue aprobado (sujeto a la confirmación de los así llamados votos *ad referendum*).

Los países restantes (Dinamarca, España, Finlandia y Portugal) no han podido unirse al proyecto en este momento, aunque han manifestado su interés en conseguirlo pronto. De hecho, el Consejo de ESO ha querido dejar explícitamente la puerta abierta a esos países para que puedan participar en el programa E-ELT, simplemente notificándolo antes de Diciembre de 2012. Entretanto, se espera que los 4 estados miembros que han votado provisionalmente a favor, puedan confirmar sus votos.

Los planes que se sometieron a votación del Consejo de ESO contemplan que los principales contratos de construcción del E-ELT (aparte de la carretera de acceso a Cerro Armazones y el aplanado de su cima) se otorgarán cuando esté asegurado el 90% de la financiación del proyecto. Entre esos contratos se incluyen la construcción de la cúpula y la estructura del telescopio, que técnicamente podrían aprobarse en Mayo de 2013. La barrera del 90% se superará tan pronto como el Parlamento de Brasil ratifique su adhesión a ESO y varios de los actuales miembros de

ESO que tienen pendiente la confirmación de su voto provisional o se han abstenido, se unan al programa.

En Octubre de 2012 se celebrará el 50 aniversario de la constitución de ESO. Un hito muy importante con el que se mostrarán los logros y beneficios de la cooperación internacional en el ámbito de la Astronomía. Se prevén una serie de actos para celebrar este aniversario, entre ellas un Simposio científico (ESO@50^o) y actividades públicas de divulgación en día 5 de Octubre, en caso de España organizados por la representación española en el *ESO Outreach Network* en la sede central del CSIC. El día 11 de Octubre habrá una celebración muy especial en Munich a la que se ha invitado a más de 300 personas, entre otras Ministros y altos dignatarios de los estados que conforman ESO. Sería muy deseable y particularmente beneficioso que para entonces se pudiera culminar el proceso de establecimiento del programa E-ELT que se ha abierto en Junio y con toda la munición disponible acometer el comienzo de la construcción del mayor telescopio del mundo.

NOTAS

¹ Ver la nota de prensa <http://www.eso.org/public/spain/news/eso1225>

² Ver la propuesta de construcción del E-ELT en http://www.eso.org/public/products/books/e-elt_constrproposal

³ Los datos se pueden encontrar en los informes anuales de ESO

<http://www.eso.org/public/products/annualreports/>

⁴ Ver los informes sobre la producción científica en España asociada a las instalaciones de Astronomía nacionales e internacionales en <http://www.riastronomia.es>

⁵ <http://www.eso.org/sci/meetings/2012/ESOat50.html>

El mayor "ojo en el cielo" de la Tierra



El OAJ se configura como una instalación científica concebida para llevar a cabo grandes cartografiados del cielo de forma robótica, que proporcionarán datos de máxima calidad y relevancia en todas las áreas de la Astrofísica, y abierta a toda la comunidad.



Mariano Moles Villamate
Director del CEFCA,
Centro de Estudios de Física
del Cosmos de Aragón
moles@cefca.es

El Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA: www.cefca.es) fue creado a finales de 2008 con el objetivo de diseñar y construir el Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) y explotar los datos que proporcione. La idea del OAJ fue propuesta en 2007 para dar respuesta a los nuevos retos que el desarrollo de la Cosmología y de la Astrofísica han planteado en las últimas décadas. La idea básica es construir telescopios dedicados a proyectos que requieren el cartografiado de grandes áreas del cielo. El diseño de esos telescopios debe por tanto atender primariamente a la *Etendue*, que debe ser maximizada dentro de las capacidades tecnológicas y presupuestarias. En cuanto a su funcionamiento, la planificación a largo plazo permite la programación detallada de las observaciones, el control remoto de las mismas y, en última instancia, la robotización de todo el funcionamiento. Además, la utilización de una configuración telescopio-instrumento única, permite simplificar las operaciones y, consecuentemente, reducir los costes de las mismas, aumentando así su viabilidad. Esas son las características que definen el OAJ, diseñado como una nueva infraestructura astronómica española concebida para llevar a cabo grandes cartografiados del cielo de forma robótica.

El motor científico inicial del proyecto es la medida de las Oscilaciones Acústicas de Bariones para estudiar la naturaleza de la Energía Oscura. La estrategia de observación, previamente puesta a prueba por el proyecto ALHAMBRA, se basa en el uso de filtros de banda estrecha (FWHM $\sim 13\text{nm}$, muestreo cada 10nm). El resultado final será un espectro de muy baja resolución de cada uno de los píxeles del cartografiado. De modo que, más allá del objetivo científico central, el cartografiado aportará datos de primera importancia para todos y cada uno de los campos de la Astrofísica, desde la Formación y Evolución de Galaxias hasta el descubrimiento de cuerpos menores del Sistema Solar.

LOS TELESCOPIOS DEL OAJ

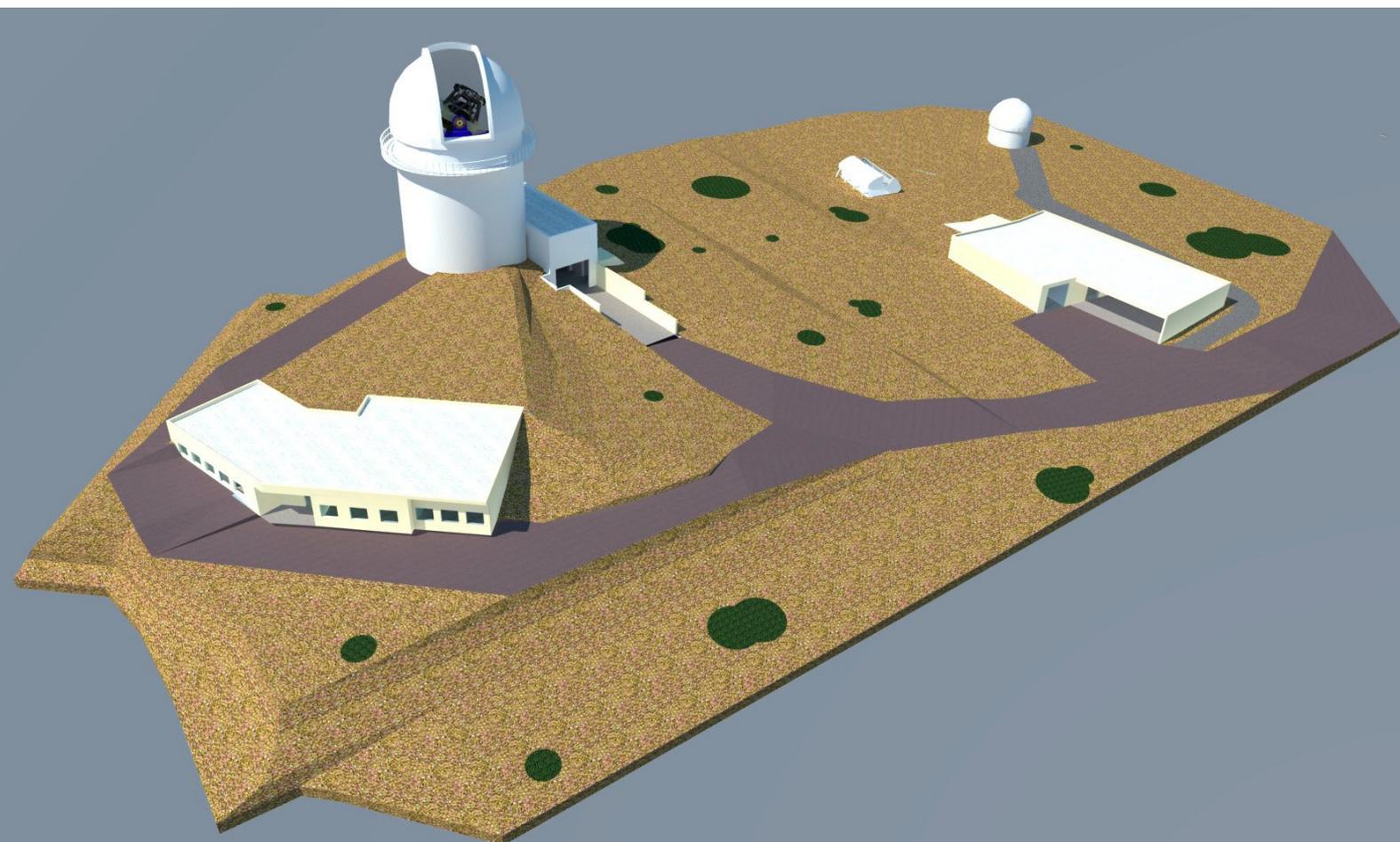
La gran calidad del cielo de Javalambre (*seeing* mediano = $0.70''$, Moles et al., 2010) ha condicionado el diseño de los telescopios para obtener, simultáneamente, un gran campo, un muestreo adecuado y una alta calidad de imagen. El OAJ cuenta con dos telescopios que responden a esas condiciones de partida, proporcionando a la vez una gran *Etendue* y calidad de imagen en todo el campo.

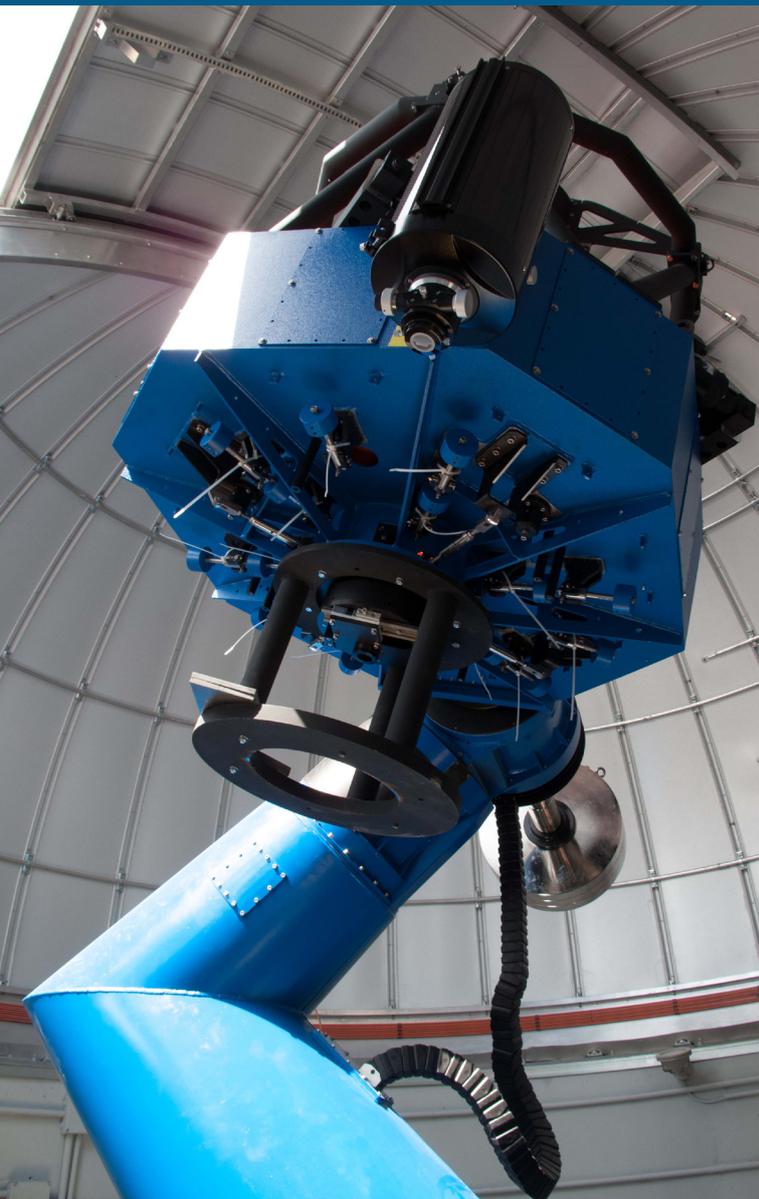
El principal es el *Javalambre Survey Telescope* (JST/T250), de 2.55m de apertura y un campo de visión de 3° de diámetro. El instrumento previsto, la *Javalambre Panoramic Camera*, JPCam, está ya en proceso de construcción. Incorpora un mosaico de 14 CCDs de gran formato, de 9.2kx9.2k píxeles de 10µm, desarrollados específicamente por e2v. La escala que resulta es de 0.22"/píxel. En el plano focal hay también 8 detectores para analizar el frente de onda y corregir el telescopio en tiempo real para obtener en todo momento la mejor calidad de imagen, y cuatro sensores para el guiado. Se utilizarán 56 filtros estrechos, que estarán instalados en cuatro bandejas de 14 filtros cada una, más una quinta bandeja con 14 filtros anchos iguales para complementar el cartografiado con imágenes profundas de alta calidad. JPCam está financiada por CEFCA y las instituciones brasileñas Observatorio Astronómico Nacional de Río de Janeiro y Universidad de Sao Paulo.

El proyecto científico a desarrollar durante la primera etapa, de unos 6 años de duración, definido para estudiar la Energía Oscura, es el Javalambre-PAU Astrophysical Survey (J-PAS: j-pas.org), un cartografiado de unos 8.000 grados cuadrados, alrededor del cual se ha establecido una colaboración con más de 100 investigadores de 25 instituciones. La colaboración se reúne dos veces al año, estando prevista la quinta reunión en Sao Paulo el próximo mes de Septiembre.

El segundo telescopio del OAJ, el *Javalambre Auxiliary Survey Telescope* (JAST/T80), tiene una apertura de 83cm y un campo de visión de 2° de diámetro. El objetivo central del JAST es proporcionar la calibración fotométrica para J-PAS. Dada sin embargo su gran capacidad, el CEFCA ha definido un cartografiado de todo el cielo que, además de la calibración, permitirá obtener información detallada sobre el Uni-

Diseño del OAJ. De izquierda a derecha el edificio de Control y Servicios, edificio y cúpula de JST, la Cúpula de Monitores, el edificio de Servicios Generales, edificio y cúpula de JAST. Todas las infraestructuras se encuentran comunicadas por una red de galerías subterráneas.





«El cartografiado aportará datos de primera importancia para todos y cada uno de los campos de la Astrofísica, desde la Formación y Evolución de Galaxias hasta el descubrimiento de cuerpos menores del Sistema Solar»

Vista del telescopio JAST/T80 dentro de su cúpula, instalado en el OAJ desde mayo de 2012.

verso local. Este cartografiado, denominado *Javalambre Photometric Local Universe Survey* (J-PLUS), propone observar la misma extensión que J-PAS con un sistema de 12 filtros de los que 5 son anchos (U, g, r, i, z), 5 intermedios (en las posiciones de las principales características espectrales estelares) y dos estrechos (centrados en H α y [OII]). La cámara que se está construyendo, T80Cam, incorpora un detector de 10.2kx10.2k píxeles de 9 μ m, que proporciona una escala 0.50"/píxel.

El flujo de datos producido en el OAJ por ambos telescopios y sus cámaras se ha estimado en 1.5 TB por noche de observación, en promedio. Los

datos son enviados a la Unidad de Procesado y Archivo de Datos (UPAD) en el CEFCA mediante un radioenlace dedicado de 740Mb/s de banda (en cada dirección). La UPAD es la encargada de procesar los datos, elaborar los catálogos y archivarlos para que sean accesibles. Al final de los proyectos planteados, J-PAS y J-PLUS, el volumen de datos almacenados ascenderá a 2.5 PB.

ESTADO ACTUAL DEL OAJ

La fuente principal de financiación del proyecto OAJ es el Fondo de Inversiones de Teruel, al que contribuyen el Gobierno de España y el Gobierno de Aragón al 50%. El CEFCA cuenta además con Fondos FEDER,

Vista del JST/T250 en la sala de integración, en fábrica. En primer plano, celda del espejo primario. Todas las estructuras de la imagen ya están completamente ensambladas.





Vista del interior de la Cúpula de Monitores, con los monitores de *seeing* y extinción.

recientemente concedidos, y la contribución de las citadas instituciones brasileñas que colaboran, además de contribuciones menores de otras fuentes.

La construcción del OAJ comenzó en mayo de 2010. La obra civil incluye el Edificio de Control y Servicios, con las salas de control, laboratorios, centro de datos y residencia; el Edificio de Servicios Generales; la Cúpula de Monitores y los edificios/cúpulas de los telescopios. Todas las infraestructuras están comunicadas entre sí por una red de galerías subterráneas practicables, de 2.5mx2.5m de sección, por la que circulan todas las canalizaciones y servicios. El OAJ se encuentra actualmente en avanzada fase de construcción. El CEFCa ha aceptado y recibido una parte de las infraestructuras y edificios, que incluyen todas las instalaciones excepto el área de control y centro de datos y el edificio del T250, que estarán finalizados en 2012.

En cuanto a los telescopios, la montura y tubo óptico de JAST están ya instalados y se está procediendo a la verificación de los elementos ópticos, que deberían llegar al OAJ a finales de junio o principio de julio. CEFCa ha desarrollado una cámara de primera luz técnica que se utilizará con JAST para el *commissioning*. La llegada al OAJ de T80Cam está prevista para finales de 2012, pudiendo comenzar J-PLUS a principios de 2013.

El JST se encuentra en fase AIV. Todas las partes principales del telescopio, cableado, electrónica y herramientas de mantenimiento han sido fabricadas y están siendo integradas en fábrica. El corrector de campo, el elemento más crítico del sistema, será finalizado en octubre 2012 según el plan de trabajo. La finalización del edificio/cúpula y la instalación del telescopio, manteniendo un margen de seguridad

adecuado, deberá tener lugar antes del final de la primavera de 2013. Mientras JPCam se desarrolla, CEFCa ha definido una cámara de Primera Luz que podrá funcionar una vez instalado el telescopio y proporcionar los primeros resultados científicos significativos con JST.

Para posibilitar el control remoto y la robotización, cada instrumento y cada instalación contará con su sistema de monitorización y control. El departamento de Ingeniería del CEFCa está desarrollando el Sistema de Control del Observatorio, OCS, que integrará todos esos sistemas, incluyendo los monitores y la estación meteorológica, y que incluirá un *Sequencer* para ordenar las observaciones a realizar en función de la situación del conjunto instrumentos/condiciones externas en cada momento. La curva de extinción será determinada cada noche gracias al uso de un monitor dedicado, equipado con una cámara y 10 filtros seleccionados para un muestreo adecuado de dicha curva de extinción. El monitor de *seeing* proveerá los valores de dicho parámetro de manera continua.

La entrada en funcionamiento de JAST y de los Monitores significa la puesta en marcha de un nuevo Observatorio, el OAJ, con todo lo que ello significa

desde el punto de vista logístico, mantenimiento, planificación de operaciones y comunicaciones. CEFCa está culminado esta fase de puesta en marcha y ya desde el mes de julio el OAJ será plenamente operativo en tanto que Observatorio.

El OAJ se define como una instalación astronómica dedicada esencialmente a grandes cartografiados. Dichos cartografiados serán definidos por la comunidad científica mediante un proceso de propuesta, discusión y evaluación. Los datos serán públicos para que puedan ser explotados por todos los investigadores y grupos. Además, una fracción del tiempo estará a disposición de la comunidad en la forma habitual, con presentación de solicitudes y evaluación por una comisión de expertos.

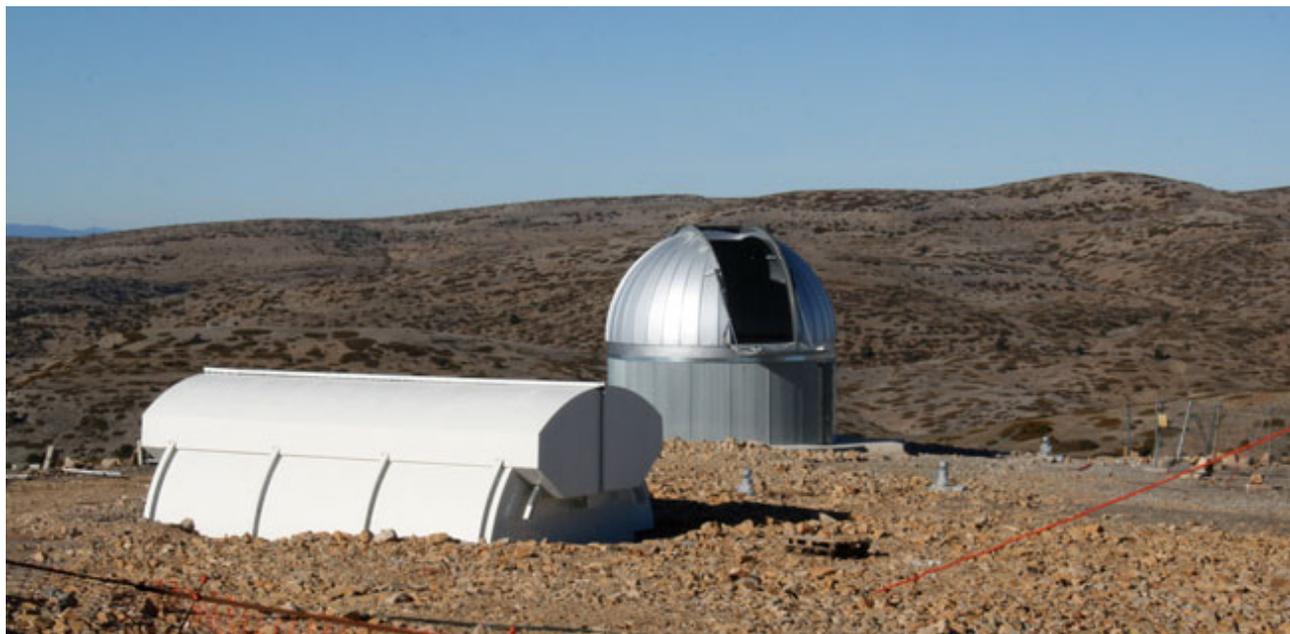
En definitiva el OAJ se configura como una instalación científica específica, equipada para proporcionar datos de máxima calidad y relevancia, y abierta a toda la comunidad.

REFERENCIAS

Moles et al.:

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2010PASP..122..363M>

Vista de las cúpulas de JAST y monitores.



PIXINSIGHT: UN PROGRAMA DE TRATAMIENTO

Presento las posibilidades que el programa *PixInsight*, de uso habitual en la comunidad de astrónomos aficionados y astrofotógrafos, ofrece también para el análisis profesional de imágenes astronómicas.



Alberto Fernández Soto
Investigador del Instituto
de Física de Cantabria.
fsoto@ifca.unican.es

PIXINSIGHT: ¿PARA QUÉ?

Una gran parte de los astrónomos trabajamos con observaciones. La mayor parte de esas observaciones toman la forma de datos acerca de fotones, recogidos en un algún tipo de soporte electrónico. Esos datos pueden incluir, por ejemplo, su procedencia en el cielo, el momento de su llegada, o sus energías individuales. Al final de todo, en la mayor parte de los casos, lo habitual es tener un fichero electrónico con un formato de imagen –es decir, coordenadas (x,y) en un plano e intensidad.

Por supuesto, en ocasiones no es estrictamente así –en astrofísica de altas energías se obtiene un listado de fotones individuales con sus propiedades; en espectroscopía se obtiene una imagen bidimensional, con una dimensión espacial y una espectral; en espectroscopía de campo integral los datos son tridimensionales, incluyendo dos dimensiones espaciales y una espectral; o en interferometría de larga base se realizan observaciones en el espacio de Fourier... pero incluso en esos casos, tendemos en general a presentar los datos como imágenes bidimensionales (otra vez, dos coordenadas y una intensidad) porque es el formato al que nuestros ojos están más acostumbrados y el que nuestro cerebro entiende de modo natural.

Por todo ello los astrónomos aprendemos a manejar, desde los primeros años de nuestra formación, programas de tratamiento de imágenes. La casuística es muy grande: existen usuarios “obligados”, usuarios felices, o incluso hinchas irredentos de todo tipo de plataformas y programas. Una lista no exhaustiva¹ incluiría, por ejemplo:

- IRAF (“*Image Reduction and Analysis Facility*”), creado y mantenido desde el *National Optical Astronomical Observatory*, en formato de software libre, y que funciona en todas las plataformas más usuales. Algunos paquetes importantes son mantenidos desde otros centros (como por ejemplo STSDAS o TABLES desde el *Space Telescope Science Institute*), y muchos observatorios mantienen paquetes o módulos para sus propios instrumentos. Es, posiblemente la herramienta de tratamiento de imágenes de uso más común en nuestra profesión.
- MIDAS (“*Munich Image Data Analysis System*”), de origen claramente alemán. Creado y mantenido como software libre desde el *European Southern Observatory*, hoy en uso sobre todo como interfaz y herramienta de explotación de instrumentos en telescopios de ESO.

DE IMÁGENES ASTRONÓMICAS

- Starlink, que podríamos ver como la contrapartida británica de IRAF. En su momento fue de uso muy amplio, y era mantenido a través de una red de centros en todo el Reino Unido. Hoy se encargan de su mantenimiento desde el *Joint Astronomy Centre* en Hawái.
- AIPS ("*Astronomical Information Processing System*"), creado y mantenido en el *National Radio Astronomical Observatory*. Es, en cierto modo, un "IRAF para radioastrónomos", igualmente concebido como software libre y modular.
- XANADU, mantenido por NASA, es un conjunto de herramientas para tratamiento de datos de alta energía. También es software libre.
- IDL ("*Interactive Data Language*"), un lenguaje de programación orientado al tratamiento de datos. Su principal ventaja es su gran difusión, con abundantes repositorios de rutinas para tratamiento de datos astronómicos. Es un programa de pago.

Por contraste con todos estos paquetes, los astrónomos que estamos habitualmente en contacto con astrónomos no profesionales o astrofotógrafos nos sorprendemos a veces al verles utilizar otros programas completamente desconocidos para nosotros. Normalmente (yo me confieso el primero en haber tenido esta impresión) pensamos que esos programas son, en cierto modo, menos fiables que los programas que nosotros usamos, y que vienen a ser poco más o menos que glorificaciones/versiones de *Photoshop*, que les permiten trucar las fotografías para hacerlas más bonitas. No permitiríamos a uno de nuestros "preciosos ficheros FITS profesionales"

que pasara a menos de cien metros de distancia de uno de esos programas. El objetivo de este breve artículo es, precisamente, presentar a la comunidad de astrónomos profesionales un programa que permite realizar las operaciones a las que estamos acostumbrados (y muchas más), de un modo preciso, y que huye del concepto de la "caja negra", documentando de modo amplio cada una de sus funciones.

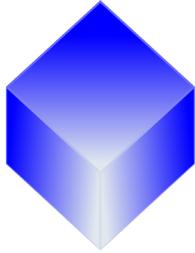
*PixInsight*² es un programa de tratamiento de imágenes astronómicas (o en general, científicas, ya que también tiene aplicaciones en el campo de la imagen médica) que podríamos calificar como "de amplio espectro". Es producto de una compañía española de software (*Pleiades Astrophoto*), y cuenta además con la colaboración de un entusiasta equipo de beta-testers y programadores, que contribuyen a generar una gran cantidad de scripts, manuales, o ejercicios de reducción, todos ellos disponibles en la red.

PIXINSIGHT: ¿POR QUÉ?

Llegados a este punto, una pregunta es obvia: ¿Por qué un astrónomo profesional ha descubierto este programa y considera interesante hablarnos de él? La respuesta es muy simple: durante años compartí pasillo con Vicent Peris, astrofotógrafo del Observatori Astronòmic de la Universitat de València, uno de los colaboradores en el desarrollo del programa, y uno de sus fanáticos³. He visto durante años a Vicent abrir imágenes tomadas en telescopios "de verdad" como el 3.5 o el 2.2 de Calar Alto, Spitzer, o el Hubble Space Telescope, y operar en ellas usando *PixInsight*.

Datos de M57 tomados en CAHA y procesados con *PixInsight*. Créd.: V. Peris, J. Harvey, S. Mazlin, J.L. Lamadrid, A.Guijarro, RECTA, DSA





PixInsight

«Es un programa de tratamiento de imágenes astronómicas (o en general, científicas, ya que también tiene aplicaciones en el campo de la imagen médica) que podríamos calificar como “de amplio espectro”. Es producto de una compañía española de software (Pleiades Astrophoto).»

Más de una vez he notado mis dientes muy largos, al ver la facilidad con la que realizaba muchas de esas tareas. Además el responsable del desarrollo, Juan Conejero, también nos visitaba con frecuencia y nos explicaba los algoritmos o los métodos de trabajo del programa.

Por todo ello, tras recibir algunas explicaciones de ambos, y a petición de los editores del Boletín de la SEA, he decidido presentaros *PixInsight* en este artículo. Espero que, como mínimo, pique vuestro interés y, en el mejor de los casos, os resulte útil.

PIXINSIGHT: ¿DÓNDE?

De la página web de *PixInsight*, ya citada, es posible bajarse una versión gratuita de demostración, que es completamente funcional durante 45 días. Evidentemente, es también posible descargar la versión de pago, que funciona a través de un sistema de licencias que permite instalar el programa en varios ordenadores de un mismo usuario. Desde la misma página, y también desde numerosos sitios web, pueden descargarse tutoriales, ejercicios e instrucciones para muchos procesos diferentes.

PIXINSIGHT: ¿CÓMO?

Éste es sin duda el apartado más interesante. Podemos manejar imágenes de muchos formatos diferentes, incluidos los más habituales como FITS, JPG, TIFF, SVG o diferentes mapas de bits. El programa reconoce también si estos ficheros están formados por datos de 8, 16, 32 ó 64 bits, y si los datos están codificados como enteros, reales o complejos. La interfaz del programa es triple, pues se puede usar un GUI similar al que existe en otros programas de tratamiento de imágenes, una consola de comandos tipo Linux, o un editor de scripts propio basado en JavaScript.

PixInsight incluye una amplia selección de módulos de tratamiento con diferentes objetivos, entre los que podemos incluir tareas básicas de operaciones matemáticas y estadísticas, transformaciones de intensidad, rotaciones y desplazamientos, registro y alineación de imágenes, convolución y deconvolución, y transformaciones más complejas como por ejemplo diferentes transformaciones morfológicas, multiescala, de wavelets, o creación de máscaras e imágenes en color. Todas las tareas son extremadamente flexibles en la definición de los parámetros, aunque también resulta fácil utilizar sólo unos pocos de ellos dejando los demás como valores por defecto.

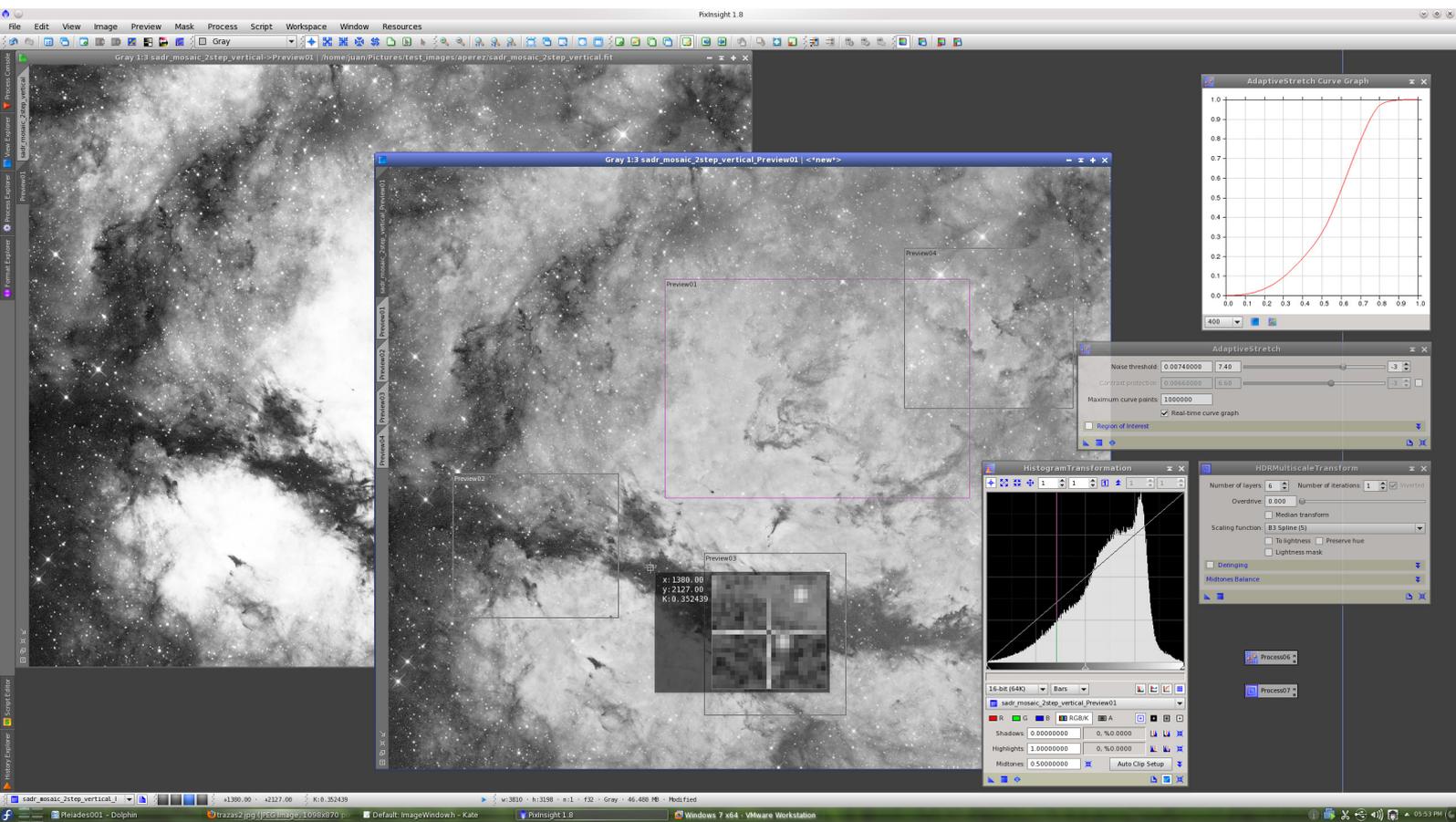
A modo de muestra de las capacidades de *PixInsight*, y pensando en una tarea sencilla y típica que todos ejecutamos con nuestros datos, voy a mostrar el proceso de reducción básica de datos CCD tal y como se puede llevar a cabo utilizando este programa. Las tareas implicadas son las habituales: corrección de *dark* y *bias* (de ser necesarias), resta del *overscan*, *trimming* de las imágenes, registro y alineación, y combinación.

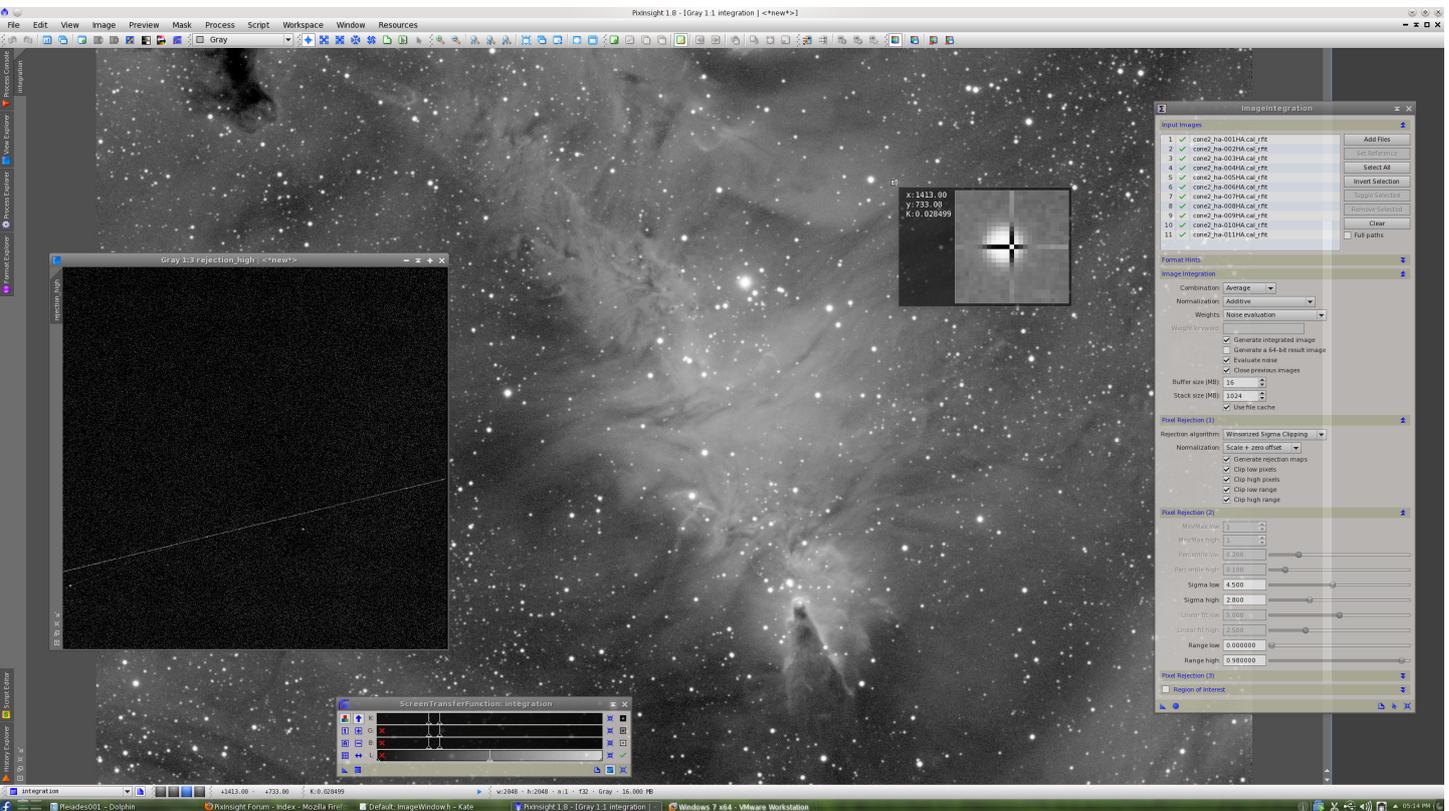
Etapa de prerreducción: El módulo "Image Calibration" permite realizar esta fase. Para cada imagen de entrada se genera una de salida que puede o no tener el mismo nombre. El programa puede, como opción, añadir un pedestal constante a la imagen, a la vez que le resta la media de la zona de *overscan* a la zona de imagen, y puede recortar ésta última para utilizarla como salida. Una variación útil es la de definir hasta cuatro zonas de *overscan* y *trim* diferentes en cada imagen –a fin de tener en cuenta casos con múltiples amplificadores en un único CCD, como ocurre con la cámara LAICA de Calar Alto. Si se han creado ya las imágenes master correspondientes a *dark*, *bias* o *flat* (ver apartado siguiente) se puede pedir que se apliquen también en esta fase.

Combinación de calibraciones: El programa genera imágenes de calibración del modo usual, con algunas particularidades. Por ejemplo, en caso de que la imagen de *dark* sea necesaria (habitualmente no lo es en el caso de telescopios profesionales, pero podemos encontrarlos instrumentos con corrientes oscuras significativas en ocasiones), puede optimizarse la normalización de modo que el ruido de fondo se minimice. El escalado de las imágenes individuales puede, como es habitual, ser multiplicativo o aditivo y fijarse en base a diferentes parámetros como el tiempo de exposición o las estadísticas de la señal en cada una de ellas. Los valores por defecto tienen en cuenta las preferencias habituales, que son diferentes para *flats* o *darks*, por ejemplo.

Alineación y registro de imágenes: Este módulo es particularmente potente, y se basa en la identificación de triángulos semejantes formados por las estrellas en cada una de las imágenes a alinear. Muchos de los parámetros son editables, pero hemos encontrado que los incluidos por defecto funcionan en la gran mayoría de los casos. El sistema busca triángulos semejantes en varias escalas diferentes de tamaño,

Ejemplo de GUI de *PixInsight*



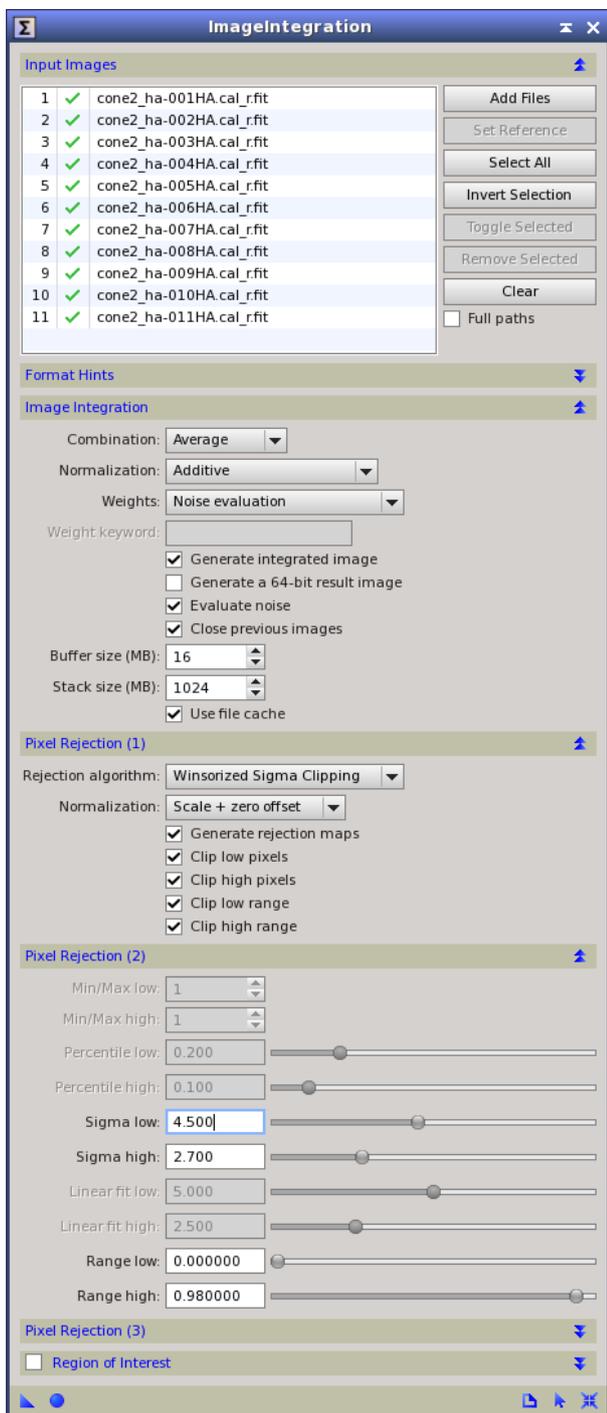


Evaluando el resultado de una integración de imágenes H- α de la zona de NGC 2264 (Nebulosa del Cono). En la figura se puede ver la imagen integrada y el mapa de rechazo de píxeles, donde se aprecia cómo la herramienta ha rechazado la traza de un avión en una de las imágenes individuales. Imágenes cortesía de Ivette Rodríguez y Oriol Lehmkuhl.

lo que permite corregir posibles distorsiones por efectos de borde –a través del uso de splines de bajo orden. El proceso incluye información fotométrica, de modo que los brillos relativos de las estrellas que forman cada triángulo han de ser compatibles entre las diferentes imágenes, y un filtrado de los triángulos para asegurar la ausencia de coincidencias espurias. Las transformaciones válidas incluyen cambios de escala, traslaciones, rotaciones y la ya nombrada corrección de pequeñas distorsiones en los bordes de cada imagen. Una vez que las imágenes han sido identificadas se puede elegir una como referencia y trasladar todas las demás por intersección a sus coordenadas (modo combinación), crear una imagen mayor que contenga la unión de todas las demás (modo mosaico), o simplemente almacenar las transformaciones sin llevarlas a cabo, para evitar la necesidad de interpolaciones a nivel de subpíxel.

Combinación: Como es habitual en este tipo de tareas, la combinación puede realizarse con diferentes métodos (suma, media, mediana...). Además, al tratarse de imágenes astronómicas, es importante disponer de algoritmos de rechazo que permitan eliminar píxeles malos, rayos cósmicos u otros efectos que induzcan errores. Hay toda una batería de métodos disponibles, entre ellos los más familiares basados en eliminación de valores máximos y mínimos, *sigma-clipping*, identificación de rayos cósmicos, y otros propios como las versiones winsorizada y li-realizada del algoritmo de *sigma-clipping*.

Todas las tareas anteriores aparecen de hecho compiladas en un único script llamado “*Batch Preprocessing*”, que permite utilizarlas en un modo extremadamente eficiente. Para empezar, toma una serie de ficheros (en nuestro caso FITS en un directorio de

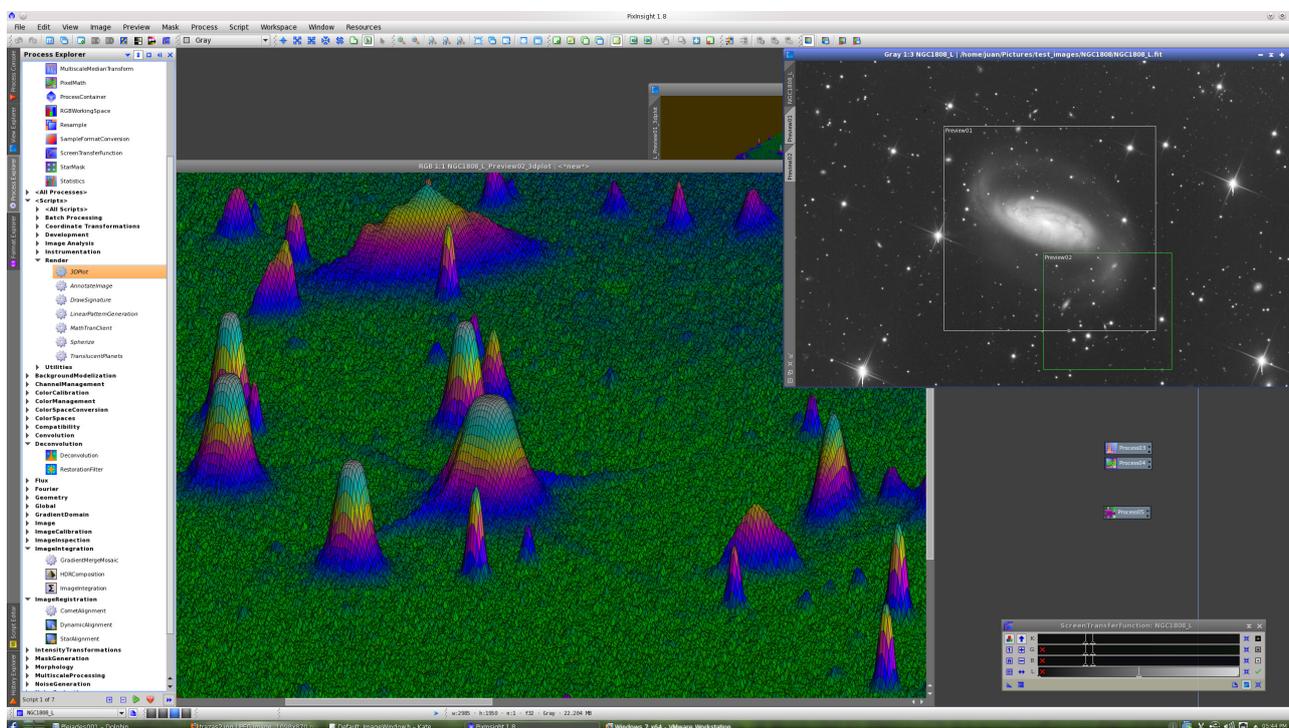


Ventana de la herramienta *ImageIntegration*.

observaciones) y los clasifica automáticamente en la categoría correspondiente (*flats*, *bias*, ciencia,...) utilizando para ello (por este orden) la información de las cabeceras FITS, la del nombre del fichero o la facilitada directamente por el usuario. Identifica también en las cabeceras la información referente al filtro y el tiempo de exposición, y agrupa las imágenes en consecuencia. En caso de que esta información no esté disponible en las cabeceras, o que éstas no sigan el standard de FITS en sus nombres, el programa dispone de un editor de cabeceras. Una vez que todos los parámetros son elegidos (o dejados en su valor por defecto), el script corre y genera automáticamente los resultados.

Cabe destacar aquí tres aspectos, como ejemplos de las posibilidades que el programa ofrece, y que no son fáciles de encontrar en herramientas similares.

- 1) Existe la posibilidad de seleccionar, de modo fácil, un recorte de la imagen –por ejemplo, simplemente marcándolo con el cursor sobre la pantalla. Esta subimagen puede ser utilizada para que todos los procesos que se aplicarán a la imagen (y al resto de imágenes asociadas) se apliquen sólo a ella, lo que hace que el proceso finalice muchísimo más rápido y se puedan ver en pocos segundos los resultados, para elegir o variar los parámetros de reducción. Existe también la posibilidad de ejecutar un diagnóstico previo que confirme que no hay errores en la tarea que se va a ejecutar, lo que puede evitar significativas pérdidas de tiempo.
- 2) En el caso de la combinación el propio programa recomienda variar los parámetros, en particular los referidos al rechazo de píxeles malos, ya que la calidad de la imagen final depende muy fuertemente de ellos. Al final del proceso el programa ofrece una serie de valores que permiten juzgar dicha calidad. Entre ellos figuran, por ejemplo, el porcentaje de píxeles rechazados y la razón señal/ruido global, calculada de acuerdo al método presentado por Starck y Murtagh ("*Automatic noise estimation from the multiresolution support*", 1998, PASP, 110, 193). Este es un ejemplo en el que resulta muy conveniente utilizar una subimagen hasta encontrar la combinación de parámetros más adecuada para optimizar la calidad de la imagen resultante.
- 3) Una vez que las imágenes han sido alineadas, es posible utilizar una herramienta de parpadeo de las imágenes ("*blink*") similar a la que estamos más habituados a ver los usuarios de *DS9*. La gran diferencia es que, en este caso, podemos



Representación tridimensional de una imagen, una de las utilidades de *PixInsight*.

fácilmente cambiar los parámetros de parpadeo, e incluso mover la imagen con el cursor o hacer zoom en alguna zona mientras la imagen parpadea –parece una idea simple, pero es extremadamente cómodo, y muy práctico.

¿Y...?

Es evidente que hay muchísimas más herramientas que las muy simples que he presentado en este artículo. Cualquier usuario medianamente avezado de *PixInsight* que lea esto protestará porque no he dicho apenas nada acerca del tratamiento de las wavelets, de la posibilidad de hacer scripts, del acceso a catálogos de fuentes y la calibración astrométrica, o de la posibilidad de usarlo para manejo de imágenes del modo que otros usamos *Photoshop* o *GIMP*. Tampoco he dicho nada del propio GUI, que tiene algunas características muy originales que lo hacen muy cómodo de usar. Quiero destacar el hecho de que la documentación, en particular en lo que se refiere a la codificación de los algoritmos matemáticos, es extremadamente

detallada. Un ejemplo de este detalle se puede ver en <http://pixinsight.com/doc/tools/ImageIntegration/ImageIntegration.html>, página de documentación del módulo de integración de imágenes descrito anteriormente.

A partir de aquí, el resto es cosa vuestra. Yo mismo no he aprendido aún a explotar las posibilidades de *PixInsight*, pero quiero continuar aprendiendo y, posiblemente, convertirlo en mi herramienta habitual de manejo y reducción de datos. Aún tengo pendientes muchos pasos, pero tengo la suerte de conocer a varios expertos que tienen ganas de ayudar, y también tienen ganas de escuchar posibles mejoras que hagan el programa más atractivo para los profesionales –por ejemplo, mientras yo les bombardeaba con preguntas sobre combinación de imágenes, ellos me preguntaban sobre los modos más comunes de realizar fotometría de apertura para crear un nuevo script. No dudéis en contactarme o, mejor aún, en entrar en los propios foros de la página web de *PixInsight*, si tenéis más curiosidad por este programa.

AGRADECIMIENTOS Y NOTAS FINALES

Quiero agradecer a Juan Conejero y a Vicent Peris su disponibilidad para aclarar las dudas y responder a las preguntas que me han ido surgiendo mientras me adentraba en el uso de *PixInsight* y escribía estas notas. Quiero aclarar también, por si fuera necesario, que no tengo ninguna relación laboral, económica, o familiar con ellos, más allá de haber compartido pasillo durante muchos años –iy de envidiar la soltura con la que alinean las imágenes!

NOTAS:

- ¹ Una lista más completa, con enlaces a los diferentes programas, puede encontrarse en la dirección http://www.dmoz.org/Science/Astronomy/Software/Image_Processing_and_Data_Analysis/
- ² <http://www.pixinsight.com>
- ³ Podéis ver algunos de sus trabajos en http://www.astrofoto.es/Galeria/Gal2011_en.html

M51 tomada con el 1.2 m de Calar Alto, procesada con *PixInsight*. Créd.:CAHA, Descubre Foundation, DSA, OAUV, Vicent Peris, Jack Harvey, Steve Mazlin, Juan Conejero, Carlos Sonnenstein.



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.

DOS NUEVAS CATEDRÁTICAS DE ASTRONOMÍA

Loly Frías, de la universidad de Alcalá de Henares, e Inmaculada Domínguez, de la Universidad de Granada, han accedido al todavía (por desgracia) exclusivo club de las catedráticas de astronomía. Desde aquí les damos la enhorabuena, deseando que muchas otras sigan sus pasos.

JOSEFA MASEGOSA, PRESIDENTA DEL GUC

Desde la última reunión de este organismo, que tuvo lugar los días 24 y 25 de enero de 2012, Josefa Masegosa (nuestra querida Pepa) ha asumido la Presidencia del Comité de Usuarios de GTC (GUC). ¡Mucha suerte en tu nuevo cargo!

MONTSE VILLAR, EN EL CAB

La investigadora Montse Villar, entre otras ex-coordinadora del nodo español del Año Internacional de la Astronomía 2009, ha cambiado los aires de las montañas granadinas por los de la sierra madrileña. Esperamos que le vaya todo muy bien en esta nueva etapa en el Centro de Astrobiología.

LLEGA EL T80 A JAVALAMBRE

Poco a poco el observatorio de Javalambre va tomando forma, y ya ha llegado allí el primer telescopio. Se trata del T80 que será usado como apoyo para el de 2.5 metros, que será instalado en un futuro próximo.

NUEVO REPRESENTANTE DE ESO

El Consejo aprobó también el nombramiento de nuestro compañero, el Dr. Fernando Comerón, como el próximo representante de ESO en Chile, con efecto de Abril de 2013. ¡Una enorme enhorabuena y un fortísimo abrazo a Fernando!

SU MAJESTAD EL REY, EN PARANAL

El pasado 6 de junio su majestad el rey Don Juan Carlos I, visitó el Observatorio de Paranal de la ESO, donde fue recibido por los presidentes de Chile, Colombia, México y Perú, y nuestro querido compañero y presidente del ESO Council, Xavier Barcons.



POR AMOR A LA FÍSICA

Walter Lewin

(con Warren Goldstein)

ISBN: 978-84-9992-061-0

Debate

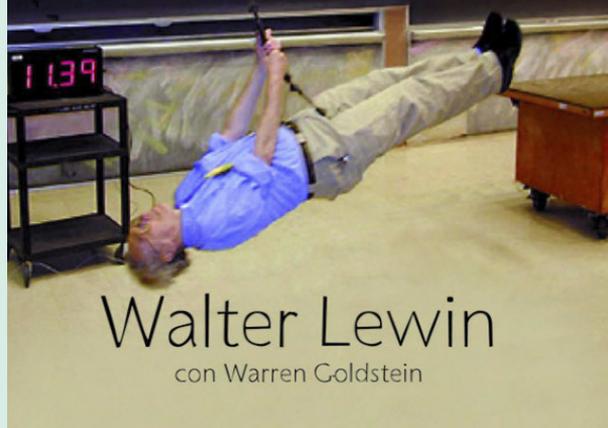
Walter Lewin lleva ensañando física en el MIT desde hace más de cuarenta años. Muchas generaciones de alumnos recuerdan su clase magistral en la que explica finalmente las ecuaciones de Maxwell, tras varias clases de ir “acechándolas”. Como nos cuenta al final de su libro “Por amor a la Física”, ese día les lleva a cada uno de sus 600 alumnos un narciso “en honor de ese momento trascendental de sus vidas, como forma de celebrar la cumbre intelectual que han alcanzado”. Sus clases, llenando enormes pizarras, gesticulando con pasión y haciendo experimentos aparecieron primero en el *OpenCourseWare*, una iniciativa del MIT que desde 2001 publica gratuitamente en internet cursos completos y clases magistrales de sus mejores profesores. Hoy las podemos ver en YouTube, donde Lewin es una auténtica celebridad.

En su libro, después de unas pequeñas notas autobiográficas, en las que explica su infancia en Holanda durante la segunda guerra mundial –algunos miembros de su familia son asesinados por los nazis– y su juventud en la que ya enseñaba física y arte para poder costearse los estudios, Lewin narra algunas de sus experiencias como docente en la enseñanza de la física en el MIT: conceptos de mecánica clásica, leyes de Newton, ondas, electricidad, magnetismo, etc. Los dos primeros tercios del libro los dedica a estas clases de física general. En ellas explica, por ejemplo, el movimiento de un péndulo. Sus demostraciones, utilizando una lenteja de acero de 15 kg que cuelga de un cable de algo más de 5 m de longitud, se han visionado más de centenares de miles de veces en YouTube, ya que, para ilustrar que el periodo de oscilación del péndulo simple no depende de la masa de la lenteja, se balancea él mismo con la lenteja entre las piernas y en posición horizontal –duele de veras, dice, pero lo hace por amor a la física– durante la demostración en su clases (la foto de este instante es la portada del libro). El lector disfruta con las explicaciones de los principios de la mecánica newtoniana (para Lewin, Sir Isaac Newton es el mejor físico de todos los tiempos) o la hidrodinámica de Bernoulli (la física de las pajitas). Utiliza el arco iris y las gafas de sol para ilustrar conceptos de óptica como la polarización y violines y combas para ilustrar la resonancia y los armónicos. Explica su famoso concurso de motores con imanes y bobinas en sus clases de electricidad y magnetismo y de qué manera se implican sus estudiantes del MIT en él.

Enseñar es un arte como la pintura, la escultura o el arte dramático: necesita de técnica y práctica. Hemos de aprender a enseñar y enseñar a enseñar, y hemos de practicar con entusiasmo. El entusiasmo es contagioso y los alumnos lo perciben. Los profesores debemos aspirar

Del final del arco iris a la frontera del tiempo.
Un viaje por las maravillas de la física.

POR AMOR A LA FÍSICA



a la excelencia en la docencia y la divulgación, del mismo modo que aspiramos a la excelencia en la actividad investigadora.

La última parte del libro de Lewin está dedicada a los temas que han ocupado su investigación en su carrera científica como astrónomo de rayos X. Explica la historia de esta disciplina de la que ha sido un testigo de excepción: “la noche del 18 al 19 de junio de 1962 nació un nuevo campo de la ciencia: la astronomía de rayos X”. Estoy escribiendo esta reseña esa misma noche ¡50 años después! Esa noche se lanzó el cohete de la AS&E, empresa en la que trabajaba Riccardo Giacconi. El cohete detectó por primera vez rayos X del espacio profundo –la NASA había financiado el proyecto porque Giacconi había incluido la Luna como objetivo y Giacconi recibió el Nobel años más tarde.

El último capítulo lo dedica al arte y su relación con la física. No es extraño pues su aproximación a esta disciplina está más cargada de la búsqueda de la belleza y la emoción que de la formalidad académica. Lewin consigue que los estudiantes puedan sentir la física más allá de las ecuaciones, pero incluso que vean en ellas la belleza del “lenguaje matemático en el que está escrito el libro de la naturaleza” como decía Galileo Galilei en *El ensayador*.

Su objetivo es que sus alumnos y aquellos que ven hoy sus clases en internet miren el mundo y lo cotidiano de manera diferente e intrigante, haciendo que se planteen preguntas que nunca antes se habían cuestionado: “por eso, dice Lewin, intento mostrar a mis alumnos el bosque, en lugar de hacer que suban y bajen a cada uno de los árboles”. ¡Gracias maestro!

Vicent J. Martínez
Observatorio Astronómico
de la Universitat de València

Gas molecular y formación estelar en grupos compactos de Hickson: análisis y desafíos técnicos

Autor: Vicent Martínez i Badenes
(vicentm@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Ute Lisenfeld, Daniel Espada, y

Lourdes Verdes-Montenegro

Centro: Universidad de Granada / Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC

Fecha de lectura: 1 de abril de 2011

En esta tesis doctoral hemos intentado arrojar luz sobre la relación entre el contenido de gas molecular (MH2) y la tasa de formación estelar (SFR) en grupos compactos de Hickson (HCGs), estudiando si existe una relación de dichas magnitudes con el contenido en gas atómico (HI) de las galaxias, así como con el contenido de HI y la fase evolutiva del grupo en que se encuentran. Para llevarlo a cabo se han analizado datos de CO procedentes de observaciones de antena única e interferométricas junto a tanto datos de SFR calculados a partir de observaciones en el infrarrojo como mapas de HI. En paralelo, se ha testado una técnica de calibración de posible aplicación en ALMA.

Se ha llevado a cabo el primer análisis de MH2 y SFR para una muestra de 86 galaxias en 20 HCGs con datos de HI disponibles para todos los grupos y para el 75% de las galaxias, y se han comparado nuestros resultados con los de la muestra AMIGA de galaxias aisladas. Las galaxias de los HCGs no presentan deficiencia en infrarrojo lejano (LFIR), mientras que hay un ligero realce en MH2. La deficiencia en HI de las galaxias muestra valores mucho más altos que las deficiencias en MH2 y LFIR. Las deficiencias en MH2 y LFIR presentan una fuerte correlación y no están relacionadas con la deficiencia en HI del grupo, aunque se aprecia una tendencia de estas deficiencias a incrementarse a medida que las galaxias presentan mayor deficiencia en HI. La deficiencia en MH2 parece aumentar a medida que el grupo evoluciona, mientras que dicho comportamiento no se aprecia para LFIR. El entorno de los grupos no inhibe ni realiza la eficiencia en la formación estelar (SF), que no muestra relación con la deficiencia en MHI ni en MH2. La SFR específica (sSFR) tiende a aumentar a medida que las deficiencias en MHI y en MH2 disminuyen.

La comparación de la MH2 obtenida a partir de observaciones de antena única y a partir de las observaciones de OVRO de alta resolución para HCG40 y HCG79 muestran que 40d presenta una distribución de gas molecular muy compacta, mientras que 40c, donde la emisión de CO se encuentra principalmente en el dustlane del disco de la galaxia, muestra una distribución más extendida. Las dos galaxias previamente detectadas en HCG79 no se han detectado con OVRO, lo cual sugiere una distribución extendida del gas molecular, probablemente debida a las interacciones entre galaxias. La sSFR de estos dos grupos calculada a partir de los datos de Spitzer, así como la de la muestra completa calculada con datos de IRAS, muestra una distribución continua, contradiciendo estudios anteriores que presentaban una distribución bimodal para la sSFR en HCGs.

Finalmente, se ha llevado a cabo un estudio de la técnica fast-switching de calibración en ganancia utilizando datos procedentes de pruebas llevadas a cabo en SMA, hallándose que esta técnica mejora la calidad de los datos procedentes de observaciones interferométricas bajo determinadas condiciones atmosféricas.

Basados en el análisis que hemos llevado a cabo, el estudio del MH2 en HCGs en el futuro debería seguir las siguientes líneas de trabajo:

- El estudio de alta resolución de la distribución de gas molecular con instrumentos de alta sensibilidad como Plateau de Bure o, con mayor importancia, ALMA. Su alta resolución y sensibilidad permitirá observar cómo se distribuye el gas molecular en las galaxias en HCGs, buscar una posible emisión de CO extragaláctica, asociada con el hidrógeno atómico extragaláctico, y revelar si existen diferencias con la distribución en galaxias aisladas. Además, su mayor sensibilidad y resolución espacial permitirá estudios de las propiedades cinéticas del gas molecular.
- Los datos de Spitzer pueden trazar la SFR con alta resolución y sensibilidad. En el archivo de Spitzer hay datos de la emisión a $24\mu\text{m}$ disponibles para un total de 10 HCGs de nuestra muestra, que se pueden utilizar para comprobar la consistencia de los resultados obtenidos con IRAS. También los datos de Herschel, disponibles en un futuro, son útiles indicadores de la SF. Todos estos datos, combinados con futuras observaciones interferométricas de CO, permitirán una comparación más detallada de la distribución de gas molecular y SF.
- El análisis de la deficiencia de MH2, MHI y LFIR en esta tesis se ha basado en sus valores esperados en función de su luminosidad azul. De forma complementaria, un estudio análogo basado en la masa estelar, magnitud que se espera que esté poco afectada por el entorno, se ha llevado a cabo en Martínez-Badenes et al., A&A 2012.
- Junto al estudio estadístico que se presenta en este trabajo, estudios más detallados de los grupos y galaxias individualmente serían también de gran utilidad.

Tesis disponible en <http://amiga.iaa.es/p/175-phd-thesis.htm>

La naturaleza de la emisión radio de vientos estelares en estrellas binarias Wolf-Rayet

Autora: Gabriela Montes (gmontes@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Miguel Angel Pérez-Torres (IAA-CSIC),

Antonio Alberdi Odriozola (IAA-CSIC) y

Ricardo F. González Domínguez (CRyA)

Centro: Instituto de Astrofísica de

Andalucía, CSIC / Universidad de Granada

Fecha de lectura: 21 de octubre de 2011

Las estrellas de tipo Wolf-Rayet (WR), son estrellas masivas resultado de las altas tasas de pérdida de masa de estrellas de tipo O. Estas estrellas poseen fuertes vientos estelares que alcanzan velocidades terminales del orden de 1000km/s y tasas de pérdida de masa $\sim 10^{-5}$ masas solares por año. Los vientos estelares forman entonces una nube densa que se expande en dirección radial desde la estrella. El fuerte campo de radiación de la estrella central ioniza el material, resultando en emisión térmica de tipo libre-libre, la cual puede ser detectada en longitudes de onda de radio, desde el rango centimétrico hasta el milimétrico. Asumiendo que la envoltura formada por el viento es estática, isotérmica y con simetría esférica, se encuentra que su densidad de flujo en longitudes de onda de radio crecerá como una ley de potencias, con un índice espectral ~ 0.6 ($S_\nu \propto \nu^{0.6}$).

En esta tesis se presenta un estudio de la emisión de vientos estelares de estrellas WR en longitudes de onda de radio, centrándose en la influencia de una estrella compañera en el espectro total resultante. En sistemas binarios compuestos por dos estrellas masivas (típicamente WR+OB), los fuertes vientos estelares de las componentes interactúan, formando una región de colisión de vientos (WCR). Esta región de colisión contribuye con una componente de emisión extra al espectro del viento, cambiando así el espectro resultante, con respecto a lo que se espera para un viento estelar de una estrella en solitario. Este efecto ha sido estudiado en sistemas binarios con periodos orbitales relativamente largos (del orden de años). En estos sistemas, la componente de emisión extra ha sido identificada como emisión no-térmica (sincrotrón), resultado de la interacción entre el material del choque y los fuertes campos magnéticos estelares. La emisión de naturaleza no-térmica en radio se caracteriza por un espectro de emisión con un índice espectral negativo, por lo que es principalmente detectada en el rango de las radio frecuencias bajas (centimétricas). Sin em-

bargo, en sistemas binarios cercanos, con periodos orbitales menores que 1 año, la emisión no-térmica proveniente de la región de interacción se pensaba que sería totalmente absorbida, ocultando de esta manera la influencia de la compañera. De esta manera, este estudio tiene como principal objetivo determinar la influencia de la estrella compañera en sistemas binarios de periodo corto, donde anteriormente se había descartado. Para esto hemos realizado tanto observaciones como un modelado teórico de las mismas.

Desde un punto de vista observacional se presentan observaciones de una muestra total de 15 estrellas WR, cubriendo un rango de frecuencias desde 1 hasta 250 GHz. Dos de estas estrellas fueron observadas con el GMRT (de sus siglas en inglés Giant Metrewave Radio Telescope) a 1 GHz, 13 estrellas con el VLA (de sus siglas en inglés Very Large Array) a 4.8, 8.4 y 23 GHz, y seis con la antena de 30m del IRAM (Instituto de Radioastronomía Milimétrica) a 250 GHz. Se discuten las propiedades del espectro en longitudes de onda de radio de las fuentes de la muestra, construido a partir de nuestras observaciones y de observaciones previamente reportadas. De nuestro estudio se ha encontrado evidencia observacional de la influencia de la binariedad de la estrella como resultado de una contribución extra de emisión (por ejemplo para WR~98 y WR~113). Desde un punto de vista teórico, hemos desarrollado un modelo que nos permite calcular la contribución de emisión térmica libre-libre proveniente de la región de interacción para el caso de estrellas binarias con choques altamente radiativos. Encontramos que en este caso la región de interacción podría llegar a contribuir significativamente a la emisión total con una componente de emisión ópticamente gruesa con un índice espectral ~ 1.0 , llegando incluso a dominar el espectro, pero esta vez a altas frecuencias. Esto contrasta con los resultados obtenidos para el caso de un choque adiabático en sistemas binarios, en los cuales la emisión térmica de la región de interacción se mantiene ópticamente delgada con un índice espectral ~ -0.1 (Pittard et al. 2006). Hemos contrastado los resultados observacionales y teóricos, encontrando evidencia de dicha componente extra de emisión en altas frecuencias (WR~98 y WR~139).

Concluimos por tanto que la región de interacción tiene un efecto significativo sobre el espectro en radio de las estrellas WR, incluso para el caso de las binarias de periodo corto. Dicho efecto puede ser detectado a longitudes de onda centimétricas, como una contribución extra de emisión no-térmica y/o emisión térmica ópticamente delgada, y a longitudes de onda milimétricas en la forma de un exceso de emisión ópticamente gruesa. Esto representa un escenario más complejo para el caso de las binarias WR de periodo corto, en comparación con los sistemas de mayor periodo, para los cuales el efecto de la binaria es principalmente detectado en centimétricas por la contribución de emisión no-térmica.

Estudios de supernovas en SDSS-II/SNe Survey: Espectroscopia de la SN peculiar 2007qd, y propiedades fotométricas de Supernovas-Ia en función de la distancia al centro de la galaxia

Autor: Lluís Galbany i González (lgalbany@ifae.es)

Tesis doctoral dirigida por: Ramon Miquel i Pascual

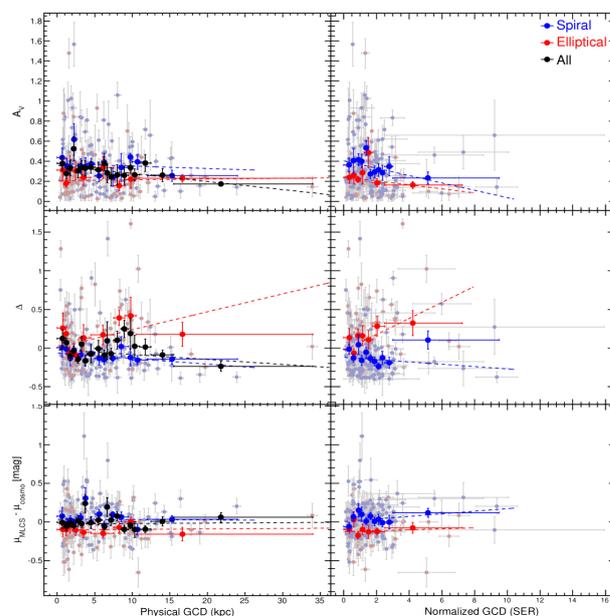
Centro: Institut de Física d'Altes Energies /

Universitat Autònoma de Barcelona

Fecha de lectura: 28 de octubre de 2011

Esta tesis recoge dos estudios sobre Supernovas-Ia (SNe-Ia) enmarcados en la colaboración SDSS-II/SNe: el análisis espectroscópico de la SN peculiar 2007qd, y la correlación entre parámetros fotométricos en función de la distancia al centro galáctico. Como parte del seguimiento espectroscópico de las SNe de SDSS-II/SNe, contribuimos midiendo espectros durante 4 noches (5-6 Oct. y 4-5 Nov.) de 2007 en el telescopio TNG, situado en La Palma. En total obtuvimos 23 espectros, que tras ser calibrados en flujo y longitud de onda, fueron añadidos a la base de datos de SDSS-II/SNe. La reducción de estos espectros esta descrita en el capítulo 5. Uno de ellos, resultó el primero obtenido de una SN peculiar sublumínosa, la 2007qd. Nuestra rápida noticia permitió a otros telescopios recoger otros tres espectros de alta resolución, en diferentes épocas y rangos de longitud de onda. Comparando sus curvas de luz con las de las SNe peculiares 2005hk y 2008ha, dos SNe que se incluyen en una subclase de eventos sublumínicos (O2cx-like), vemos que la 2007qd incrementó y redujo su brillo en las bandas "ugr" más rápidamente que la 2005hk, y que sus curvas de luz son similares a las de la 2008ha. Comparando la evolución del color de la 2007qd con la 2005hk, encontramos que la 2007qd es más azul cerca del máximo de luminosidad, descartando la extinción debido a polvo como mayor causa de la baja luminosidad respecto a la 2005hk. También correlacionamos la magnitud absoluta (M) en el pico de la curva de luz con el factor de estiramiento (stretch) de la 2007qd, ambos en la banda B, con otras SNe-Ia consideradas normales y con $z < 0.12$ también de SDSS-II/SNe. Aunque para las SNe-Ia normales, $stretch \sim 1$ y $M \sim -19$, aparece una secuencia que conecta los eventos del subgrupo O2cx-like, desde los más brillantes (2005hk) hasta los más extremos (2008ha), pasando por la intermedia 2007qd. Analizando el espectro de la 2007qd, encontramos que es espectroscópicamente similar a las 2005hk y 2008ha, mostrando fuertes absorciones de Fe II y Co II. Otras absorciones de elementos de masa intermedia (IME) y de Fe II son visibles en las primeras épocas, aunque las profundidades ópticas decrecen con el tiempo. La presencia de IMEs en el espectro tras la explosión, implica la deflagración termonuclear de carbono y oxígeno, lo que demuestra que la 2007qd es inconsistente como producto de un colapso estelar. Este resultado contrasta con la conclusión del análisis de la 2008ha publicado en Valenti et al. 2008. Con todo esto, concluimos que la 2007qd completa una secuencia de SNe-Ia energética y espectroscópicamente, enlazando la extrema 2008ha con las bien estudiadas 2005hk y 2002cx. Este análisis está detallado en el capítulo 6, y publicado en McClelland et al. 2010. Por otro lado, en el capítulo 7, hemos usado las SNe descubiertas por SDSS-II/SNe durante sus tres años de actividad, para

buscar dependencias entre las propiedades de las SNe-Ia i la proyección de la distancia (absoluta y mediante diversas normalizaciones) al centro galáctico (GCD), usando esta como medida de las propiedades galácticas locales (formación estelar, metalicidad, etc...). Hemos encontrado fuertes indicaciones ($\sim 4\sigma$) de que el exceso de color de la SN decrece con la GCD, en particular para galaxias espirales. Si parte de esta variación en el color se explica por la presencia de polvo, y este está presente en las galaxias espirales y decrece con la GCD, este resultado sería de esperar. Debido a la dificultad de observar SNe débiles cerca del centro galáctico, esperaríamos menos SNe con alta extinción por polvo (alto A_V) a distancias cortas. Sin embargo, esto es precisamente lo contrario de lo que encontramos, por lo tanto si corregimos por este sesgo en el brillo, la tendencia aún sería mayor. Encontramos también que las SNe en galaxias elípticas tienden a tener curvas de luz más estrechas (mayores Δ) si explotan lejos del centro galáctico. Como la anchura de la curva de luz está relacionada con el brillo de la SN, esto significa que las SNe que explotan más lejos son también menos brillantes. Este resultado puede ser en parte debido a la dificultad de detectar SNe débiles cerca del centro galáctico, donde el brillo es mayor. Además, la significancia encontrada para una Δ en evolución, no es muy grande ($< 2.4\sigma$). No encontramos correlaciones entre la GCD y los residuos en el diagrama de Hubble (HR). Usando la GCD como medida de la metalicidad local, esto puede interpretarse como una indicación de una limitada correlación entre HR y la metalicidad local. Como existe también una correlación entre la metalicidad global y la luminosidad de la galaxia, puede haber un sesgo en nuestra muestra donde hay pocas SNe detectadas en galaxias muy brillantes (con alta metalicidad) a GCD pequeñas. Sin embargo, incluso si excluyéramos las SNe más cercanas, aun así no encontraríamos correlaciones significantes entre GCD y HR. También encontramos que la dispersión del HR para las SNe en galaxias espirales disminuye con la GCD. Este trabajo se publicará en Galbany et al. 2012.



Parámetros de MLCS2k2 (A_V , Δ) y residuos de Hubble en función de la proyección de la distancia al centro galáctico en kpc y usando la normalización de Sérsic. Las SNe en galaxias elípticas están dibujadas en rojo y las que ocurren en espirales en azul. Los puntos en segundo plano representan cada SN, mientras que los oscuros son los valores medios en cada rango. Las barras de error en distancia de los valores medios representan el rango, y no su desviación estándar. Las líneas muestran el mejor ajuste χ^2 a los puntos medios. Los valores para espirales y elípticas, de la normalización de Sérsic no se pueden comparar directamente ya que usan diferentes perfiles de luz (EP y DEV), por ese motivo no se ha dibujado el ajuste de la combinación de ambas.

The Joan Oró Telescope at the Montsec Astronomical Observatory. Solutions for unattended operation

Autor: Josep Colomé Ferrer (colome@ieec.cat)

Tesis doctoral dirigida por: Ignasi Ribas Canudas

Centro: Universidad de Barcelona

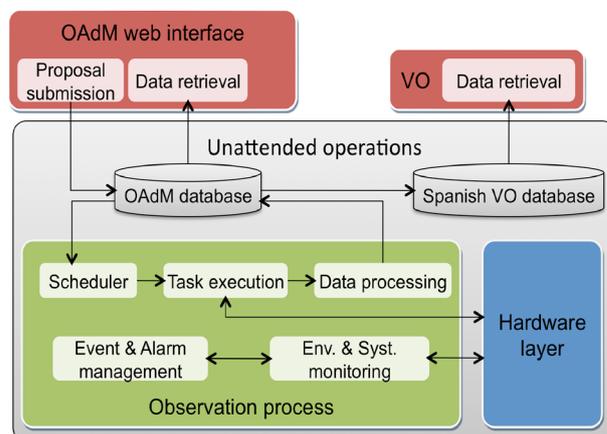
Fecha de lectura: 10 de noviembre de 2011

El objetivo principal de esta tesis ha sido la robotización del Telescopio Joan Oró del Observatorio Astronómico del Montsec (TJO-OAdM) para conseguir un sistema de alto nivel de autonomía y eficiencia. El telescopio TJO-OAdM fue propuesto a mediados de los años 90 y representaba en ese momento un reto tecnológico para el campo de la instrumentación astronómica. Se concibió como un telescopio multi-propósito con una operación completamente desatendida. La tesis se ha focalizado en aplicar los cambios necesarios en el diseño inicial para corregir las deficiencias existentes en la instrumentación comercial adquirida en la primera fase de construcción del telescopio así como en completar la arquitectura del sistema para conseguir un control robótico fiable. El objetivo ha sido desarrollar un sistema capaz de dar respuestas inteligentes a cualquier situación, así como proporcionar un control desatendido del flujo completo de datos: desde la preparación e introducción en el sistema de las propuestas de observación hasta el procesado de los datos y la posterior entrega a los usuarios. El aislamiento del lugar y las condiciones meteorológicas añaden un requerimiento de robustez al desarrollo, siendo fundamental, pues, lograr una alta fiabilidad y calidad de los datos recogidos para maximizar la eficiencia y el retorno científico. Todas estas características, junto con sus dimensiones, sitúan hoy en día al TJO-OAdM entre los telescopios robóticos más avanzados.

El trabajo llevado a cabo se concreta en la implementación de una arquitectura física que garantiza la operación robótica fiable y robusta y de una arquitectura lógica que garantiza el control del flujo completo de datos y la monitorización y control continuos del estado de todos los elementos del sistema y del entorno (meteorología y transparencia atmosférica). Ambas arquitecturas constituyen la base para que la operación del observatorio se realice con un alto nivel de reacción automática frente a cambios previstos (ciclo día-noche, cambio de campo a observar, selección de instrumento, etc.) e imprevistos (fenómenos transitorios, calidad de los datos recogidos, meteorología adversa, fallos de hardware o software, etc.). La arquitectura lógica se sustenta en una serie de aplicaciones de software, entre las cuales cabe destacar: ISROCS (Intelligent Scheduling for the Robotic Observatory Control System), herramienta de planificación (scheduler) que implementa un algoritmo de selección y ordenación de tareas astronómicas y de calibración; ICAT (IEEC Calibration and Analysis Tool), herramienta de procesado y control de calidad de los datos; y OpenROCS (Open Robotic Observatory Control System), responsable de gestionar el flujo de acciones para la correcta operación del observatorio.

La memoria de la tesis se estructura en tres bloques principales: el análisis y diseño del sistema, en el que se definen las necesidades y la estructura de control; la fase de desarrollo, en la que se presentan el diseño y la implementación de los módulos hardware y software que forman parte de la arquitectura de control; y el control de calidad, donde se ha realizado un análisis de riesgo y se han aplicado metodologías de verificación y validación para garantizar que el sistema final cumple con los requerimientos iniciales. Las soluciones tecnológicas desarrolladas en el marco de la tesis son aplicables al control de instrumentación astronómica de distinta índole, gracias a su diseño modular y al uso de herramientas estandarizadas. Esto lo demuestra el uso que actualmente se hace del diseño lógico y físico de la arquitectura y de las aplicaciones de software del TJO-OAdM en el desarrollo de varios proyectos en los que el autor está participando: el sistema de control del telescopio robótico SuperWASP Qatar Telescope (SQT, ORM, Islas Canarias), el sistema de control y el scheduler del instrumento CARMENES para el telescopio de 3.5m de CAHA (Almería), o el scheduler para los observatorios CTA norte y sur. Las aplicaciones software, además, se publicaran bajo licencia de software libre. El conocimiento y la experiencia adquirida en la construcción del telescopio TJO-OAdM se están utilizando en otros proyectos, como ya se ha mencionado anteriormente, lo que nos permite avanzar hacia nuevos evolutivos de las aplicaciones que incorporen mejoras en las prestaciones, con el objetivo final de seguir aumentando la eficiencia en la operación de los instrumentos astronómicos y, en consecuencia, maximizar el retorno científico de los mismos. El ejemplo más claro sería el scheduler, cuyo campo de investigación es novedoso dentro de la operación de infraestructuras astronómicas y para el cual, además, existe un gran interés industrial. Como muestra de dicho interés, en el año 2010, el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI, MINECO) aprobó financiar un proyecto (IDC-20101122) para desarrollar el scheduler del observatorio CTA, con el liderazgo del autor de la tesis y en colaboración con la empresa GTD Sistemas de Información. Los avances mencionados repercuten de manera directa en el telescopio TJO-OAdM que, a su vez, sigue aumentando sus prestaciones con la instalación de nuevos instrumentos. Actualmente, por ejemplo, se ha construido un nuevo espectrógrafo y se está trabajando para integrar su operación en el modo de control robótico y se pueda ofrecer a la comunidad científica en el año 2013.

Tesis: https://www.ice.cat/files/colome/20111124_JColome_tesi_v1.4.1.pdf
Web del proyecto: <http://www.oadm.cat>



Diseño conceptual de la arquitectura lógica de control del TJO-OAdM.

Desvelando el corazón de las (U)LIRGs con observaciones en radio de alta resolución angular

Autora: Cristina Romero Cañizales (crroca@utu.fi)

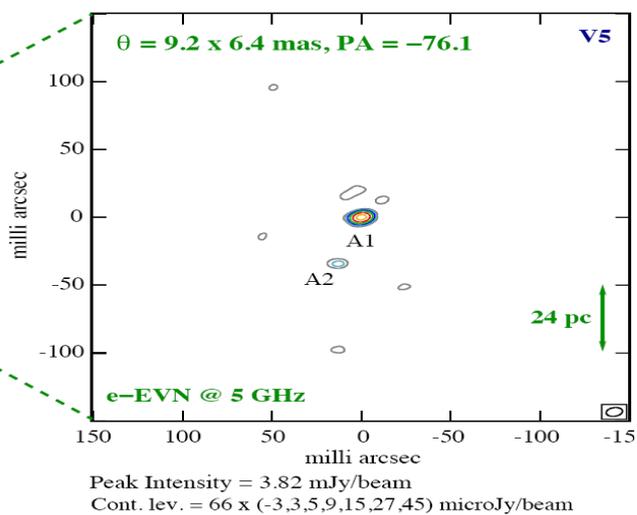
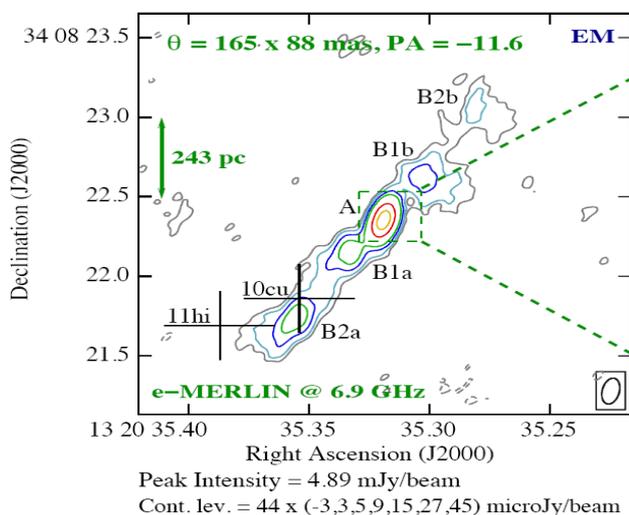
Tesis doctoral dirigida por: Antonio Alberdi Odriozola y Miguel Ángel Pérez Torres

Centro: Universidad de Granada / Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC

Fecha de lectura: 18 de noviembre de 2011

Esta tesis versa sobre el estudio de las galaxias (ultra)luminosas en el infrarrojo -(U)LIRGs- ($L_{IR} > 10^{11} L_{\odot}$) a través de observaciones en radio con alta resolución angular. El objetivo es entender mejor los mecanismos responsables del calentamiento del polvo en las regiones centrales (< 1 kpc) de dichas galaxias, que pueden ser un AGN -Active Galactic Nucleus-, brotes de formación estelar, o ambos. En las regiones más internas de las (U)LIRGs, tanto gas como polvo se encuentran en grandes cantidades, por lo que las observaciones a longitudes de onda de radio son idóneas al estar exentas de extinción. En esta tesis hemos usado la red europea de radiotelescopios EVN -European VLBI Network-, que permite obtener resoluciones de milisegundos de arco, correspondiente a escalas lineales de parsec. El tratamiento de datos interferométricos es sumamente complejo, pero ésta es la única técnica que permite un estudio detallado de las regiones nucleares de las (U)LIRGs. El estudio de las (U)LIRGs es muy importante, pues gran parte de la formación de estrellas masivas a altos corrimientos al rojo tuvo lugar en dichas galaxias. Debido a que la vida de estrellas masivas es mucho más corta que la edad del Universo, la tasa a la que explotan como supernovas de colapso gravitatorio -CCSNe-, puede utilizarse como un trazador directo de la tasa de formación estelar actual en la galaxia anfitriona. A su vez, midiendo la tasa de formación estelar en galaxias a diferentes corrimientos al rojo, será posible trazar la historia de la formación estelar en el Universo. Una de las contribuciones científicas de esta tesis al estudio de las (U)LIRGs ha sido la detección directa e indirecta de CCSNe en las regiones nucleares de dichas galaxias. Utilizando el EVN, descubrimos que el núcleo más brillante del sistema de galaxias denominado Arp299 (Arp299-A) a 45 Mpc de distancia, alberga una factoría de supernovas que se revela en nuestras observaciones como muy prolífica. Con datos de archivo del VLA (Very Large

Array) que provee resoluciones de décimas de segundos de arco, realizamos un estudio piloto en los núcleos A y B1 de Arp299 con el fin de dar un paso adelante y detectar indirectamente la explosión de supernovas. Mediante el monitoreo de la densidad de flujo del núcleo de una galaxia, es posible separar la emisión difusa de la emisión proveniente de las componentes compactas (por ejemplo supernovas). Con este método, estimamos la tasa de explosión de CCSNe en Arp299-B1. Este trabajo abre una vía de investigación muy interesante para el futuro, ya que podrá explotarse la alta sensibilidad de nuevos instrumentos, al permitir la determinación de tasas de explosión de CCSN en galaxias que no pueden ser resueltas a la más alta resolución posible. Observaciones hacia otra LIRG cercana, IC883 ($D=100$ Mpc), muestran un enjambre de componentes no térmicas, menor en número a las encontradas en Arp299-A pero un orden de magnitud más luminosas y representan, muy probablemente, un nuevo miembro en el hasta ahora selecto grupo de tres factorías de supernovas reportado actualmente en la literatura. En convivencia con el intenso brote de formación estelar se detectó también un AGN de baja luminosidad. Estos resultados representan un paso importante en la determinación del mecanismo dominante del calentamiento del polvo en (U)LIRGs, ya que sólo en las galaxias más cercanas es posible resolver la emisión difusa y detectar y caracterizar sus componentes compactas. El trabajo de la tesis, se extendió al estudio de las ULIRGs más brillantes y más lejanas del Universo local. Presentamos los resultados de tres épocas de observaciones de IRAS23365+3604 ($D=252$ Mpc) con el EVN realizadas simultáneamente a dos frecuencias. Las imágenes presentadas son las más profundas y con mayor resolución jamás obtenidas de dicha galaxia. Aunque no es posible resolver la emisión difusa, nuestras observaciones han revelado la naturaleza mixta (supernovas, AGN y remanentes de supernova) de su núcleo a través de las mediciones de luminosidad, temperatura de brillo, y evolución del índice espectral. Además hemos encontrado que la vida de la fuente en radio está limitada por pérdidas de radiación, por lo que la reacceleración, o la inyección de nuevos electrones resulta necesaria. Dado que la magnitud del campo magnético que encontramos tanto a escalas nucleares como galácticas es similar a la estimada para otras ULIRGs en avanzado estado de fusión, concluimos que el escenario de aceleración/inyección de electrones, debe ser común para este tipo de galaxias, como sugiere la existencia de SNe y SNRs en las zonas nucleares. La mayor parte de los resultados de esta tesis están incluidos en cuatro artículos enviados a revistas científicas de reconocimiento internacional. Dos de ellos están publicados (Pérez-Torres, Romero-Cañizales, Alberdi & Polatidis, 2009, A&A, 505, L17; Romero-Cañizales et al. 2011, MNRAS, 415, 2688), uno ha sido aceptado para su publicación (Romero-Cañizales et al. 2012, MNRAS) y uno más está bajo revisión (Romero-Cañizales et al. 2012, A&A).



Fotometría óptica desde el espacio: la cámara OMC a bordo de INTEGRAL

Autor: Albert Domingo Garau

(albert@cab.inta-csic.es)

Tesis doctoral dirigida por:

José Miguel Mas Hesse

Centro: Universitat de Barcelona

Fecha de lectura: 24 de noviembre de 2011

El trabajo presentado en esta tesis tiene como finalidad la operación, calibración y análisis de datos ópticos del instrumento OMC (Optical Monitoring Camera) a bordo del satélite INTEGRAL (INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory). La cámara OMC ofrece, por primera vez, la oportunidad de realizar observaciones fotométricas de larga duración en el rango óptico, simultáneamente con las de rayos X y rayos gamma. Las observaciones multi-rango son especialmente importantes en la astrofísica de altas energías, donde la variabilidad es típicamente rápida, imprevisible y de una gran amplitud. Sin embargo, no hay que olvidar la gran dificultad que representa la obtención de observaciones multi-frecuencia, simultáneas desde tierra y desde el espacio, debido a las condiciones meteorológicas, a los requisitos de planificación, o a los problemas técnicos, entre otros. De aquí la importancia de tener a bordo de INTEGRAL una cámara óptica como OMC.

En la primera parte de la tesis describimos el proyecto INTEGRAL/OMC y sus operaciones científicas. Detallamos el proceso que hemos seguido para la construcción del catálogo de entrada de la OMC. Este catálogo juega un importante papel en las operaciones científicas. Únicamente alrededor de un 1% de los píxeles del detector se transmiten a tierra en cajas de 11x11 píxeles, previamente recentradas a bordo. Por ello es necesario conocer, a priori, la posición de las fuentes a transmitir. El catálogo de entrada incluye no sólo los objetos potencialmente de interés científico, sino también estrellas de referencia astrométrica y fotométrica. El éxito del funcionamiento del algoritmo de centrado de a bordo reside, en parte, en la selección de las estrellas de referencia astrométrica contenidas en el catálogo. Por otro lado, las estrellas fotométricas nos permiten realizar y monitorizar la calibración absoluta del instrumento. En esta primera parte de la tesis definimos también la estrategia y requisitos que debe satisfacer el software de apuntado encargado de generar los telecomandos que controlan el funcionamiento de la cámara. La combinación del catálogo y el software de apuntado, junto con el buen funcionamiento del algoritmo de centrado de a bordo, han permitido la determinación del apuntado de la OMC, a bordo y en tiempo real, con una precisión mejor que 1 píxel desde el inicio mismo de las operaciones.

La segunda parte se centra en el procedimiento que hemos elaborado para el análisis de los datos. Describimos el flujo de da-

tos desde que llegan a tierra, pasando por los distintos sistemas de procesamiento, hasta que, finalmente, se convierten en datos científicos listos para ser utilizados por la comunidad astrofísica. Detallamos todos los aspectos relacionados con la calibración del instrumento. En particular, para la calibración de aplanamiento del campo hemos programado un paquete completo de IRAF `o_cal_ff`, formado por tres tareas que permiten un análisis completamente automático a la vez que interactivo. La calibración fotométrica absoluta se realiza con la ayuda de otra herramienta dedicada, `o_cal_photometric`. Esta herramienta interactiva permite acceder a las estrellas de referencia fotométrica presentes entre los datos científicos y ha sido desarrollada pensando también en la monitorización del instrumento. Para el análisis científico de los datos OMC también hemos desarrollado nuevos algoritmos que detallamos en la tesis, haciendo especial énfasis en las soluciones adoptadas para mejorar los resultados fotométricos y astrométricos del instrumento. En particular, hemos desarrollado un método iterativo para el ajuste de la PSF y la determinación de los centroides que ha demostrado ser muy robusto. Permite alcanzar una gran precisión incluso con una PSF deficientemente muestreada, como es el caso de la OMC. Una de las grandes ventajas de este método es su escasa sensibilidad a la presencia de objetos cercanos que contaminan la abertura fotométrica. Gracias a la precisión alcanzada en la solución astrométrica ($\sigma \leq 0.1$ píxeles OMC), hemos podido analizar el efecto que tiene el entorno térmico, tanto local como global, sobre la alineación de la cámara OMC respecto a los telescopios de guiado.

En la última parte de la tesis presentamos los archivos y catálogos resultantes de las observaciones realizadas con la cámara OMC. Describimos los archivos de datos procesados en tiempo real y de datos consolidados, así como el portal Web de OMC (<http://sdc.cab.inta-csic.es/omc/>) que permite el acceso a los datos a un mayor número de usuarios. En particular, este portal ha despertado un gran interés entre los investigadores de la comunidad de estrellas variables. Avanzamos lo que será el catálogo final de la OMC que contendrá todas las fuentes observadas y detectadas por este instrumento una vez finalizada la misión INTEGRAL.

Presentamos también dos de los subcatálogos preliminares obtenidos tras analizar determinados grupos de fuentes: "Contrapartidas ópticas de fuentes de altas energías del 4º Catálogo IBIS/ISGRI" y "Primer catálogo de fuentes variables observadas con la OMC". En el momento de escribir esta reseña está previsto que INTEGRAL continúe sus operaciones por lo menos hasta el año 2014, si no sufre problemas técnicos. El sistema de operación, calibración y archivado de los datos que hemos desarrollado permitirá continuar con la explotación científica de la OMC, aumentando la cobertura temporal de las curvas de luz monitorizadas. Una vez finalizada la misión procederemos al reprocesamiento global de todas las observaciones, con todas las mejoras que se vayan introduciendo en los algoritmos de análisis científico, dejando como resultado una base de datos pública con datos consistentes y de gran calidad.

El texto completo de esta tesis está disponible en <http://hdl.handle.net/10803/78828>

Agrupamiento de galaxias: evolución, segregación y oscilaciones acústicas bariónicas

Autor: Pablo Arnalte Mur

(pablo.arnalte-mur@durham.ac.uk)

Tesis doctoral dirigida por:

Alberto Fernández Soto (IFCA) y

Vicent J. Martínez García (UV)

Centro : Universitat de València

Fecha de lectura: 2 de diciembre de 2011

En esta tesis estudiamos diferentes problemas abiertos en el estudio de la estructura a gran escala mediante el agrupamiento de las galaxias. Para este fin, analizamos datos provenientes de diferentes cartografiados y desarrollamos nuevas técnicas estadísticas necesarias para este análisis en casos específicos.

En una primera parte nos centramos en el agrupamiento a escalas pequeñas e intermedias ($r \leq 20 \text{ h}^{-1} \text{ Mpc}$). El trabajo en esta parte estuvo dirigido a la explotación de los datos del cartografiado ALHAMBRA. En primer lugar desarrollamos un método para la recuperación de la función de correlación en el espacio real a partir de *redshifts* fotométricos, utilizando la función de correlación proyectada. Aplicamos este método a un catálogo de halos simulado, mostrando como, para errores en *redshift* de $\sim 1.5\%$ (como los esperados en ALHAMBRA), somos capaces de recuperar la función de correlación en espacio real con un error del $\sim 5\%$. A continuación usamos este método para el cálculo de la función de correlación para diferentes muestras en un catálogo preliminar del cartografiado ALHAMBRA. Consideramos tres rangos de *redshift*, cubriendo desde $z = 0.3$ hasta $z = 1.5$, y seleccionamos diferentes muestras en cada caso según la luminosidad en banda B. Obtuvimos que la función de correlación de las diferentes muestras se comporta aproximadamente como una ley de potencias. El efecto de la evolución del agrupamiento se observa claramente, principalmente en el hecho de que las muestras a *redshift* mayor ($z = 1.2$) muestran un agrupamiento claramente más débil que las muestras más cercanas. El efecto de la segregación por luminosidad también es claro, incluso para las muestras relativamente débiles consideradas ($L \leq L^*$), a diferencia de lo que ocurre con muestras más locales. También examinamos las herramientas básicas disponibles en el formalismo de la estadística de marcas para el estudio de la segregación de galaxias, y ilustramos su aplicación utilizando datos del cartografiado 2dFGRS.

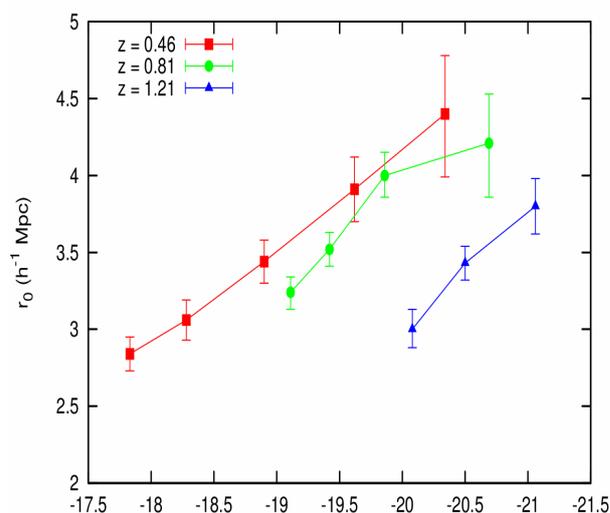
Los resultados obtenidos con ALHAMBRA nos permiten ampliar los estudios del agrupamiento de galaxias a alto *redshift* realizados con cartografiados espectroscópicos como WDS o DEEP2 a poblaciones de galaxias más débiles. Además, la metodología desarrollada para el estudio del agrupamiento a partir de *redshifts* fotométricos puede servir de base para el análisis de datos de futuros cartografiados fotométricos, como PanSTARRS o J-PAS.

En la segunda parte de la tesis nos centramos en el estudio de una característica de la distribución de galaxias a gran escala, las oscilaciones acústicas bariónicas (BAO). Medimos la función de correlación para diferentes muestras de los dos mayores cartografiados

hasta la fecha, 2dFGRS y SDSS. En todos los casos obtuvimos un pico correspondiente a las BAO a la escala esperada, lo que muestra la fiabilidad de la detección de esta característica. Finalmente desarrollamos un nuevo método para el análisis de las BAO. Este método está basado en el uso de ondículas (*wavelets*) para buscar las estructuras responsables de las BAO en el espacio de configuración y en el uso de dos muestras complementarias para trazar la distribución de materia. Ilustramos el funcionamiento del método combinando las muestras principal y de galaxias luminosas rojas (LRG) de SDSS. En este caso la muestra principal, más densa, es útil para trazar las ligeras sobredensidades creadas por las BAO, mientras que las LRG indican la posición de los halos de materia más masivos. Mostramos cómo no sólo podemos detectar las BAO en la muestra, sino también localizar las regiones que contribuyen con una mayor o menor señal de las BAO.

Este nuevo método nos proporciona información sobre la distribución espacial de las estructuras complementaria a aquella obtenida mediante los métodos estadísticos a dos puntos usados habitualmente (función de correlación o espectro de potencias). Esta información adicional puede permitir realizar estudios en más detalle del fenómeno de las BAO, como estudiar la relación entre estas estructuras y las propiedades de las galaxias que las forman. También permitirá una determinación más precisa de la geometría del universo, gracias a la posibilidad de seleccionar aquellas regiones con mayor señal para el análisis, o estudiar de manera continua la dependencia de la escala de las BAO con el *redshift*. Para estos estudios será necesario utilizar los datos de cartografiados que cubran un volumen mayor, como es el caso de BOSS o J-PAS.

Tesis disponible en <http://roderic.uv.es/handle/10550/21888>



Longitud de correlación, r_0 , para las diferentes muestras de ALHAMBRA utilizadas en el análisis, en función de la magnitud absoluta en banda B mediana. Los diferentes símbolos y colores indican los tres rangos en *redshift* considerados. La longitud de correlación se obtuvo en cada caso mediante un ajuste de la función de correlación proyectada a una ley de potencias con exponente $\gamma = 1.7$. Se observa el efecto de la segregación ya que, para todos los *redshifts*, la longitud de correlación aumenta con la luminosidad de la muestra. Además, el efecto de la evolución con el *redshift* es evidente en el hecho de que la muestra más lejana muestra un agrupamiento menor que las más cercanas.

Accretion and circumstellar properties of Herbig Ae/Be star

Autor: Ignacio Mendigutía

(Ignacio.Mendigutia@cab.inta-csic.es)

Tesis doctoral dirigida por: Benjamín Montesinos y Alcione Mora. Carlos Eiroa (tutor académico en la UAM)

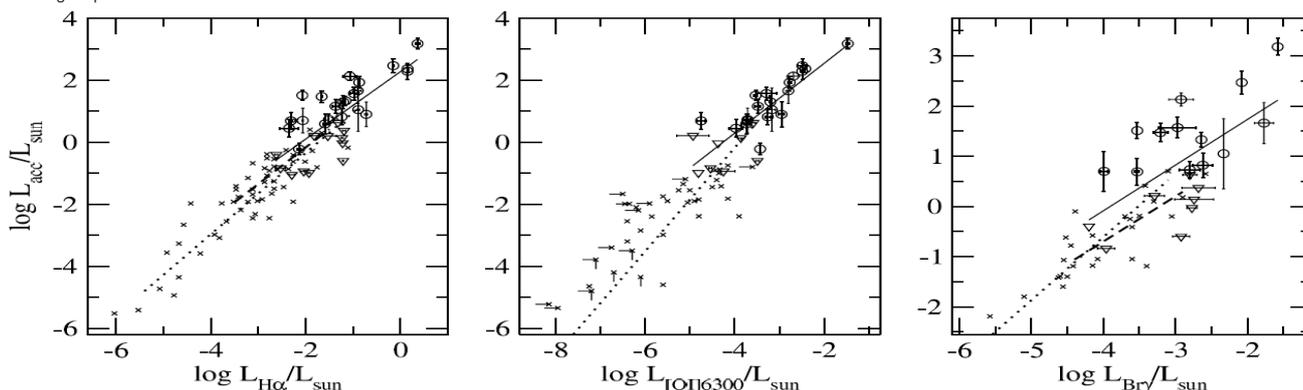
Centro : Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Dpto. de Física Teórica

Fecha de lectura: 13 de enero de 2012

Esta tesis se centra en las contrapartidas masivas de las estrellas T Tauri clásicas, las denominadas estrellas Herbig Ae/Be (HAeBe). Estos son los objetos más masivos (entre 1 y 10 masas solares) capaces de experimentar una fase pre-secuencia principal (PMS) visible en el óptico, sirviendo de nexo entre las estrellas jóvenes de baja y alta masa. Las HAeBes son las precursoras de estrellas MS tipo Vega, rodeadas por discos debris con material de segunda generación. Además, la formación planetaria podría ser más eficiente alrededor de objetos más masivos que el Sol, tal como indican diversos estudios teóricos y observacionales. Pese a su interés, nuestro conocimiento sobre las propiedades de las estrellas HAeBe es mucho más limitado que el de los objetos jóvenes menos masivos. La razón fundamental es el comparativamente pequeño tamaño de la muestra, debido a la mayor distancia a la que suelen encontrarse, a la rápida evolución de los objetos masivos hacia la secuencia principal, y al hecho de que el proceso de formación estelar favorece a las estrellas menos masivas, tal como sugiere la función inicial de masas. El objetivo principal de esta tesis es contribuir al conocimiento de las estrellas HAeBe, en concreto, al comportamiento del gas atómico circumestelar, las propiedades de acreción, y la evolución y mecanismos físicos que dirigen la interacción estrella-disco. Este estudio se basa fundamentalmente en espectros ópticos multi-época y fotometría simultánea en el óptico-infrarrojo cercano (nIR) de una muestra representativa de 38 estrellas HAeBe, así como en sus parámetros estelares y distribuciones espectrales de energía (SEDs). Los principales logros se resumen a continuación:

Luminosidad de acreción frente a luminosidad H α , [O]I]6300 y Br γ . Nuestros resultados para las HAeBes se representan con círculos (triángulos para las cotas superiores en L_{acc}), y los ajustes lineales con líneas continuas. Las estrellas de menor masa (cruces, barras para las cotas superiores) y sus ajustes (líneas a puntos y a rayas) han sido tomadas de la literatura. Las observaciones multi-época utilizadas para derivar las luminosidades de acreción, H α , y [O]I]6300 fueron tomadas de forma simultánea para las HAeBe. Sus barras de error reflejan variabilidad en muchos casos. Las calibraciones empíricas que hemos obtenido permiten estimar de manera sencilla tasas de acreción para las HAeBes a partir de luminosidades de línea, de manera análoga al procedimiento comunmente usado en estrellas T Tauri.

- Hemos llevado a cabo la caracterización más completa hasta la fecha del comportamiento circumestelar de estrellas HAeBe en el óptico, analizando espectros multi-época (intervalos de horas-días-meses) y promediados en H α , [O]I]6300, NaID y HeI5876. Estos espectros, y la fotometría simultánea, nos han permitido estimar flujos de línea y evaluar en qué casos las variaciones de la anchura equivalente son causadas por cambios en el continuo estelar o por variaciones del propio gas circumestelar. Esta base de datos es una de las más extensas para estudiar algunas de las propiedades de variabilidad de las estrellas PMS de masa intermedia, la cual nos llevó a encontrar diferencias significativas entre el comportamiento variable de las estrellas HAe y las HBe, así como entre las HAeBe y las T Tauri clásicas. (Artículo asociado: "Optical spectroscopic variability of Herbig Ae/Be stars". Mendigutía et al. 2011, A&A, 529, A34)
- Hemos aplicado un modelo de acreción magnetosférica para reproducir los excesos de Balmer que se derivan a partir de fotometría multi-época UB de Johnson, obteniendo las estimaciones más fiables hasta la fecha de la tasa de acreción de una muestra amplia de estrellas HAeBe. Proporcionamos expresiones empíricas que relacionan las luminosidades de acreción con las de H α , [O]I]6300 y Br γ (ver figura), siendo la primera vez que este tipo de calibraciones son obtenidas de manera precisa para el régimen HAeBe. Por contra, encontramos que la anchura H α al 10% de la máxima intensidad no es un trazador de acreción válido para las estrellas de masa intermedia, a diferencia de para las estrellas de menor masa. Además, los cambios en la acreción a partir de mediciones multi-época del exceso de Balmer no correlacionan con la variabilidad simultánea de las líneas H α y [O]I]6300. Esto nos llevó a sugerir que el origen de las calibraciones empíricas entre las luminosidades de acreción y de línea podría no estar dirigido por la influencia directa de la acreción sobre las líneas de emisión, sino por una dependencia común en la luminosidad estelar. (Artículo asociado: "Accretion rates and accretion tracers of Herbig Ae/Be stars". Mendigutía et al. 2011, A&A, 535, A99).
- Finalmente, hemos buscado tendencias que relacionen las tasas de acreción con las edades estelares y las propiedades de las SEDs. Hemos estimado escalas temporales de disipación del gas del disco interno para el régimen HAeBe, y encontrado correlaciones similares a las de las estrellas T Tauri. En concreto, hallamos tendencias relacionando la tasa de acreción de masa con el exceso nIR y con la masa del disco que podrían ser explicables a partir de modelos simples de discos viscosos. Sin embargo, encontramos escalas temporales de disipación del gas interno ligeramente más rápidas para nuestra muestra, e indicaciones que sugieren que un proceso físico diferente -como la fotoevaporación- juega un papel principal a la hora de disipar discos alrededor de las HAeBes. (Artículo asociado: "Accretion-related properties of Herbig Ae/Be stars. Comparison with T Tauris". Mendigutía et al. 2012, enviado a A&A).



Focal plane detectors of a Laue lens telescope for nuclear astrophysics

Autor: José Manuel Álvarez Pastor
(alvarez@ieec.uab.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Margarita Hernanz Carbó

Centro: Univ. Autónoma de Barcelona (UAB)
/ Instituto de Ciencias del Espacio (ICE, CSIC-IEEC)

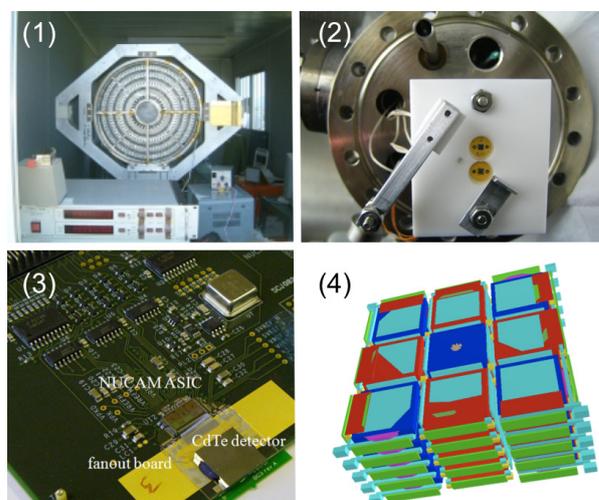
Fecha de lectura: 29 de abril de 2011

La astrofísica de rayos gamma, en el rango energético de las transiciones nucleares (desde centenares de keV hasta unos pocos MeV), presenta un extraordinario potencial para comprender los procesos más extremos que tienen lugar en el Universo, como las explosiones estelares o los aceleradores de partículas. No obstante, a pesar de los enormes esfuerzos realizados por los observatorios de rayos gamma (en el pasado y en la actualidad), se requiere una mejora en la sensibilidad instrumental para aprovechar el enorme potencial científico contenido en este rango energético. Durante las dos últimas décadas se han buscado formas de mejorar la sensibilidad de los instrumentos, incrementando la eficiencia de los detectores y reduciendo el ruido instrumental (mediante sofisticados mecanismos de blindaje y técnicas de análisis). Con este objetivo, un enorme esfuerzo en innovación instrumental (construcción de prototipos y estudios numéricos) está siendo realizado por una comunidad creciente de científicos que se enfrentan al reto de preparar la próxima generación de telescopios de rayos gamma. En particular, son especialmente notables los avances logrados en los últimos años en el campo de la focalización de rayos gamma mediante lentes de difracción. Conceptualmente, una lente de rayos gamma reduciría drásticamente el ruido instrumental ya que concentra los fotones en un detector de pequeñas dimensiones (el ruido es proporcional al volumen del instrumento). Una lente de difracción, para observaciones en astrofísica nuclear, no es sólo un concepto teórico, sino una realidad, gracias principalmente al proyecto CLAIRE. Asimismo, el desarrollo de la tecnología para la focalización de rayos gamma ha incentivado el desarrollo de las diferentes tecnologías de detección. Un detector apropiado para el plano focal de una lente gamma, debe disponer de capacidad de imagen, proporcionar espectroscopia de alta resolución y medir la polarización de los fotones incidentes. El trabajo presentado en esta tesis comprende tanto la óptica de focalización como el detector del plano focal. Con respecto a la óptica, se presenta el ensayo realizado con el prototipo CLAIRE, mediante el cual se ha confirmado los principios de una lente de difracción -Figura (1). En cuanto al plano focal, esta investigación se ha desarrollado principalmente en el marco de estudio de las misiones espaciales GRI (2007) y DUAL (2010), propuestas a la ESA dentro del programa "Cosmic Vision 2015-2025". En el marco de la misión GRI, se presenta una configuración para el detector del plano focal basado en detectores pixelados de Cd(Zn)Te, al tiempo que se investiga y desarrolla un primer prototipo de detector pixelado de CdTe -Figura (3). Cabe destacar que

el sistema de detección propuesto fue registrado con éxito mediante una patente europea, y está siendo desarrollado para su aplicación en medicina nuclear. En relación a la propuesta DUAL, se presenta un estudio del ruido instrumental obtenido mediante simulaciones numéricas con el fin de precisar la sensibilidad del instrumento (basado en detectores de Germanio) propuesto en esta misión -Figura (4). Más allá de las tecnologías consideradas en GRI y DUAL, una amplia variedad de detectores pueden ser explorados, bien para el plano focal de una lente de difracción o bien como sistemas de detección por sí mismos. En este sentido, se ha ampliado el espectro de tecnologías y se ha incluido un estudio sobre detectores basados en xenón líquido -Figura (2). En esta tesis se ha realizado un trabajo de investigación y desarrollo con tecnologías vanguardistas propuestas para la próxima generación de telescopios de rayos gamma. Esta instrumentación debe enfrentarse al reto de alcanzar la sensibilidad requerida para dar respuesta a las cuestiones aun no resueltas por la astrofísica de rayos gamma en el rango de energía de las transiciones nucleares.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, J. et al. (2004). Long distance test of the CLAIRE gamma-ray lens. In V. Schonfelder, G. Lichti, & C. Winkler (Eds.), ESA SP-552: 5th INTEGRAL Workshop on the INTEGRAL Universe. 757-759.
- Von Ballmoos, P. et al. (2004). CLAIRE's first light. *New Astronomy Reviews*, 48, 243-249.
- Knodlseder, J. (2007). GRI: The gamma-ray imager mission. *Advances in Space Research*, 40 (Issue 8), 1263-1267.
- Álvarez, J. et al. (2010). Imaging detector development for nuclear astrophysics using pixelated CdTe. *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A*, 623 (1), 434-436.
- Álvarez, J. et al. (2010). Research and development of a gamma-ray imaging spectrometer in the MeV range in Barcelona. In *Proceedings of the SPIE*. vol. 7732, 77324P-11.
- Álvarez, J. et al. (2011). CdTe/CdZnTe pixel detector for gamma-ray spectrometry with imaging and polarimetry capability in astrophysics. Published in the Conference Proceedings of IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Valencia, Spain. ISBN: 978-1-4673-0119-0, pp 4611-4615
- Chmeissani, M., Álvarez, J., & Sanchez, C. (2008). Device for detecting highly energetic photons. European Patent Office, WO2010034619.
- Von Ballmoos, P., Álvarez, J., et al. (2011). The DUAL mission concept. *Proceedings of the SPIE*, 8145, 81450E-15.



Figuras: (1) Fotografía de la lente de difracción CLAIRE durante el test realizado en Ordis (Gerona). (2) Fotografía de uno de los dispositivos experimentales utilizados en el laboratorio NevisLab (Universidad de Columbia, NY) para medir la respuesta de los APDs directamente sumergidos en Xenon líquido. (3) Fotografía de uno de los detectores pixelados de CdTe desarrollado y testeado en Barcelona en el marco de preparación de la propuesta GRI. (4) Parte central del modelo del detector de DUAL (45 detectores de germanio) utilizado para el estudio numérico con el código Monte Carlo Geant4.

Estudio de pequeñas estructuras magnéticas de la fotosfera solar

Autora: Iballa Beatriz Cabello García
(iballacg@yahoo.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Vicente Domingo Codoñer

Centro: Universitat de Valencia

Fecha de lectura: 10 de febrero de 2012

Se considera el campo magnético solar como el principal responsable del comportamiento global del Sol, pero continúa sin ser completamente comprendido. El estudio de las estructuras magnéticas ofrece información relevante sobre los campos magnéticos que emergen en la superficie. Las grandes estructuras como manchas o poros son bien conocidas, pero las más pequeñas no tanto, debido a las dificultades para su observación, causadas por las limitaciones de los instrumentos. Durante los últimos años, ha mejorado bastante el conocimiento de las pequeñas estructuras, así como su influencia en la Irradiancia Solar Total (TSI, *Total Solar Irradiance*). Actualmente, se reconoce la presencia de las pequeñas estructuras magnéticas no solo en las regiones activas y en los bordes de la red magnética, sino también en la *internetwork* del Sol en calma. El estudio de las propiedades de estas estructuras, así como de su contribución al campo magnético global, se hacen indispensables para comprender el comportamiento general del Sol.

En esta tesis se realiza un estudio de pequeñas estructuras magnéticas presentes en la fotosfera solar basado en medidas de intensidad. Además, se destaca la repercusión ejercida por la resolución de los instrumentos y la mejora de las técnicas observacionales y de tratamiento de imágenes. Los datos analizados corresponden a tres telescopios destacados dentro del campo de la física solar: SoHO, SST e Hinode. Una forma de contribuir al estudio de las pequeñas estructuras se realiza mediante el análisis de la Variación del Centro al Limbo (CLV, *Center-to-Limb-Variation*) de sus propiedades. En este trabajo se amplía el conocimiento de la CLV del contraste de intensidad de pequeñas estructuras magnéticas presentes en la fotosfera, comparando su comportamiento en regiones activas y de Sol en calma. La CLV es evaluada para tres concentraciones de flujo magnético distintas. Además, se analiza el efecto de la resolución espacial de las observaciones, que pone en evidencia la necesidad de altas resoluciones para la obtención de mejores resultados. La conclusión general es que la CLV presenta un aumento monótono hacia el borde, con un máximo en torno a $\mu \approx 0.3$, descendiendo para $\mu \leq 0.3$.

Gran parte de este trabajo se centra en el estudio de las principales características y propiedades de los puntos brillantes (BPs, *Bright Points*) a través de imágenes de alta resolución y excelente calidad. Los BPs son considerados actualmente las estructuras más pequeñas detectables en la fotosfera mediante los instrumentos con mayor resolución. A través de imágenes en *G-band* se obtiene que estas estructuras ocupan

≈ 1 % de la superficie de regiones de Sol en calma del centro del disco. De los resultados obtenidos además se deduce que poseen áreas típicas de $0.02 - 0.03$ arcseg² y contrastes de intensidad característicos de $0.9 - 1.0$. La mayor parte de las estructuras detectadas en *G-band* poseen señal magnética asociada, registrada en un magnetograma cuasi simultáneo. La gran densidad de BPs encontrada pone de manifiesto la importancia que pueden suponer estas estructuras para el estudio del comportamiento magnético global. Hoy en día se considera que los filtergramas en *G-band* constituyen el método más adecuado para la detección de BPs, y por tanto, es el más utilizado. Los filtergramas en *G-continuum* ofrecen información de aproximadamente la misma altura de la superficie solar, pero sin embargo, no son tan sensibles a las concentraciones de flujo magnético como los primeros. Para mostrarlo, se realiza una comparación del contraste de BPs obtenido para estas dos longitudes de onda. Se realiza también una descripción de la CLV de la densidad de BPs de Sol en calma, detectados en *G-band* a lo largo del disco. Esta CLV revela un descenso conforme se acerca al limbo, con valores de ≈ 1 % en el centro ($\mu \approx 1$) y de ≈ 0.2 % en $\mu \approx 0.3$.

El estudio de los BPs llevado a cabo en este trabajo ha conducido además al descubrimiento de pequeños vórtices detectados en la superficie solar a través del movimiento de los BPs, posible gracias a las imágenes de alta resolución utilizadas. Las características de estos vórtices se determinan a partir del movimiento de los BPs, así como del campo de velocidades horizontales. Los vórtices encontrados poseen radios en torno a 241 km y tiempos de vida mayores a 5 minutos. Las densidades encontradas son de ≈ 1.7 vórtices $Mm^{-2} min^{-1}$, con idéntico número en ambos sentidos de giro en las imágenes utilizadas, correspondientes al ecuador solar. Por último, se realiza un análisis de la densidad de BPs detectados en *G-band* para regiones de Sol en calma próximas al centro del disco en diferentes épocas. La calidad de las imágenes y de las técnicas de detección juegan un papel determinante.

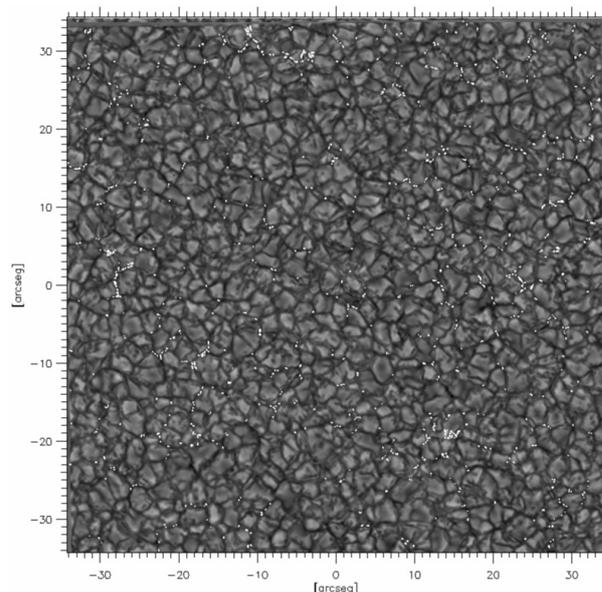


Imagen procesada en *G-band* con los BPs seleccionados resaltados. Los datos pertenecen al día 29 de septiembre de 2007 a las 9:04 UT en una zona de Sol en calma próxima al centro del disco. La imagen fue obtenida con el Swedish Solar Telescope y ha sido restaurada a través de Multi-Frame Blind Deconvolution.

Efectos de los cúmulos de baja masa en el espectro de regiones H II y galaxias

Autor: Marcos Villaverde Aparicio (mva@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por: Miguel Cerviño y Valentina Luridiana

Centro: Universidad Autónoma de Madrid

Fecha de lectura: 10 de Febrero de 2012

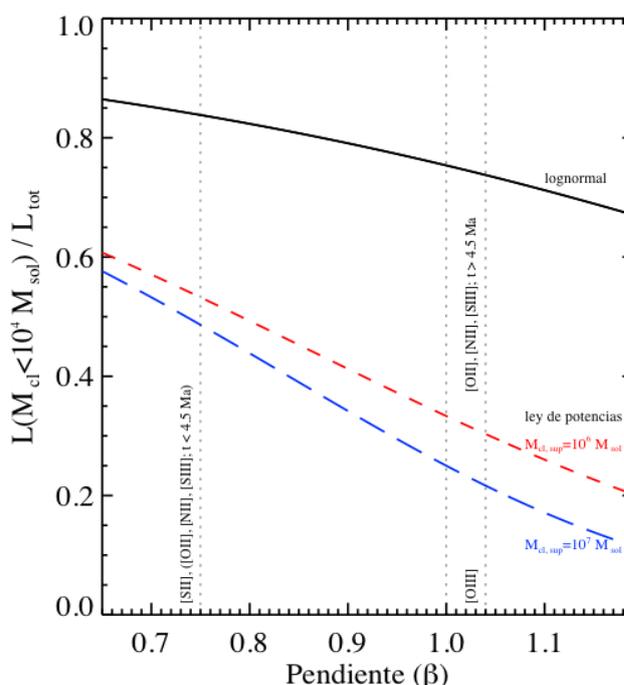
En esta tesis hemos abordado principalmente tres cuestiones distintas pero interrelacionadas entre si: ¿Cómo modelar el continuo ionizante de un cúmulo de baja masa?; ¿Son los cúmulos de baja masa relevantes a la hora de modelar el espectro de líneas de emisión de una galaxia espiral?; y ¿Qué estrategia es la más adecuada para modelar dicho espectro?.

El interés de los cúmulos de baja masa reside principalmente en que son los más abundantes. En estos cúmulos se dan efectos de muestreo de la función inicial de masas (IMF) lo que conlleva que los continuos ionizantes de estos cúmulos no puedan describirse adecuadamente con el continuo ionizante promedio proporcionado por los modelos de síntesis de población. Por lo tanto es necesario tener una descripción adecuada del continuo ionizante de los cúmulos de baja masas para poder modelar las regiones H II ionizadas por ellos y poder así interpretar adecuadamente su espectro. Para estudiar estos efectos de muestreo, ver en qué caso son relevantes y cómo influyen en el espectro integrado de líneas de emisión de galaxias espirales, hemos realizado un total de dos millones de simulaciones Monte Carlo de cúmulos con edad cero y metalicidad solar con masas entre 20 y $10^6 M_{\odot}$. Las masas de los cúmulos se han asignado muestreado aleatoriamente una función inicial de masas de cúmulos (ICMF). Para cada cúmulo la masa de las estrellas individuales se han obtenido muestreando a su vez una IMF de Salpeter. De las distribuciones obtenidas para diversas propiedades de los cúmulos (temperatura efectiva, masa total, número de fotones ionizantes, número de estrellas) se deduce que para cúmulos con masa menor de $10^4 M_{\odot}$ la luminosidad está dominada por la estrella más luminosa del cúmulo. Por lo tanto, para cúmulos de baja masa, es más correcto modelar el continuo ionizante por medio del continuo ionizante de una estrella individual con un $Q(H^0)$ y una T_{eff} compatible con las observaciones que por el promedio obtenido por modelos de síntesis. Como consecuencia para dichos cúmulos no es posible obtener información global del cúmulo (edad, masa total) a partir del continuo ionizante y del espectro de líneas de emisión que genere. Otra consecuencia es que las mallas de modelos de regiones H II obtenidos usando espectros medios obtenidos mediante modelos de síntesis no son prácticos para estimar las propiedades de regiones H II individuales ionizadas por cúmulos de baja masa (ver Villaverde, Cerviño & Luridiana, 2010 A&A 522, 49 para mas detalles).

La relevancia de lo explicado anteriormente a la hora de modelar el espectro de líneas de emisión de galaxias espirales depende no solo de la contribución de las regiones H II ionizadas por cúmulos de baja masa sino también de cuál es la forma más adecuada de modelar la galaxia, bien como una única región H II o bien como un conjunto de regiones H II. Para resolver esta cuestión hemos realizado con el código de fotoionización Cloudy un total de 5500 simulaciones de regiones H II ionizadas por cúmulos con masas entre 1 y $10^7 M_{\odot}$. Haciendo regresiones lineales en el plano logaritmo de la luminosidad – logaritmo de masa para algunas de las líneas de emisión más

relevantes y analizando las pendientes (β) obtenidas hemos obtenido distintas dependencias con la masa. Esto implica que las distintas poblaciones de regiones H II contribuyen de distinta forma a las diferentes líneas de emisión del espectro de una galaxia (ver figura). En consecuencia la mejor estrategia para modelar el espectro de líneas de emisión integrado de una galaxia es considerar la galaxia como un conjunto de regiones H II individuales incluyendo la función de masa de cúmulos y la historia de formación estelar. Además a la hora de analizar el espectro hay que tener siempre presente qué población de regiones H II genera cada línea, esto es, a qué tipo de objetos corresponde la información que estamos obteniendo. Debido a lo anterior, las calibraciones semiempíricas, que incluyen intrínsecamente los efectos antes mencionados, pueden proporcionar mejores estimaciones de propiedades de galaxias que las calibraciones basadas en modelos de una única región H II (ver Villaverde, Cerviño & Luridiana, 2010 A&A 517, 93 para más detalles).

Como ampliación de este trabajo está proyectado realizar más simulaciones Monte Carlo de cúmulos para más edades y metalicidades. Los continuos ionizantes obtenidos de ellas podrán ser utilizados en simulaciones de fotoionización. Esto nos permitirá hacer una calibración de diversos estimadores de propiedades de regiones H II y de sus cúmulos ionizantes. Usando los resultados de dichas simulaciones de fotoionización junto con una tasa de formación estelar y una ICMF, que podría tener sus propios efectos de muestreo, se podrá estimar las contribuciones a la emisión de la galaxia de las regiones H II en función de la masa del cúmulo. Con estos estudios obtendremos una amplia evaluación de la influencia de los efectos de muestreo de las distribuciones de masa de estrellas y de cúmulos en los espectros de líneas de emisión de regiones H II y por extensión de galaxias con formación estelar.



Contribución de los cúmulos con masas entre 10^3 y $10^4 M_{\odot}$ a la luminosidad total de una galaxia para distintas ICMF (lognormal, ley de potencias) en función de la pendiente de la relación luminosidad–masa de cúmulo. Con línea discontinua marcamos las pendientes asociadas para algunas líneas relevantes. Las contribuciones son distintas para distintas líneas y no son menores del 20 %.

Estudio en radio de fuentes con chorros relativistas en la Galaxia

Autor: Juan Ramón Sánchez Sutil (jrssutil@ujaen.es)

Tesis doctoral dirigida por:

Josep Martí Ribas y Jorge Ariel Combi

Centro: Universidad de Jaén

Fecha de lectura: 20 de Febrero de 2012

Los chorros relativistas o *jets* representan uno de los fenómenos asociados con objetos acretantes relativistas más obvios, importantes y todavía poco explicados. ¿Son los *jets* despreciables en términos energéticos o contribuyen de forma determinante a disipar energía potencial gravitatoria del sistema? ¿Cómo influyen en su entorno? Puesto que existen evidencias de que las eyecciones propulsadas por agujeros negros supermasivos en otras galaxias pueden jugar un papel importante en la evolución de estructuras cósmicas, cuestiones como ésta merecen ser respondidas en el ámbito galáctico. Los microcuásares se hacen especialmente relevantes en este contexto, pues pueden ser considerados como una forma de cuásares para el impaciente. Lo que los hace atractivos, a pesar de la diferencia de masa con los cuásares, es su rápida variabilidad. El descubrimiento del primer microcuásar en 1979 dio lugar a una nueva rama de la Astrofísica en la que las observaciones multilongitud de onda han resultado ser cruciales puesto que estos sistemas emiten en todo el espectro electromagnético. A pesar de los grandes avances conseguidos en este campo durante tres décadas, quedan aún muchas cuestiones abiertas. La nueva generación de telescopios Cherenkov ha revelado, además, una nueva población de fuentes de rayos gamma de muy alta energía de naturaleza desconocida bajo la cual podrían esconderse en algún caso objetos de este tipo.

En esta tesis doctoral se presentan, por un lado, una contribución al estudio de las propiedades físicas de algunos de los microcuásares conocidos, fundamentalmente a través de técnicas de radioastronomía y, por otro, una búsqueda encaminada a ampliar su reducido número mediante el estudio observacional de las fuentes no identificadas más variables descubiertas por la actual generación de telescopios de rayos gamma. En primer lugar presentamos el descubrimiento de indicios de interacción entre los jets relativistas de Cygnus X-3 y el medio interestelar. Gracias al reanálisis de datos de archivo hemos sido capaces de producir el mapa de Cygnus X-3 más profundo publicado hasta la fecha con sensibilidad a escalas de minutos de arco. Este nuevo mapa arroja algo de luz en la búsqueda de los lóbulos radio de Cygnus X-3, los cuales se supone deben estar presentes como resultado de la interacción de los jets del sistema con el medio circundante. En la imagen que presentamos (ver figura), el microcuásar aparece superpuesto a una región de emisión difusa de índice espectral aparentemente no térmico y con un tamaño angular de unos pocos minutos de arco que se extiende en la dirección sur-suroeste. Al no observarse la típica morfología bipolar detectada en lóbulos, probablemente nos encontremos ante un tipo de interacción más compleja o bien, la emisión se produce próxima a la visual. A pesar de la cautela con la que asociamos esta emisión con uno de los lóbulos de Cygnus X-3, la realidad de esta detección está fuera de toda duda ya que una observación independiente con el telescopio Ryle confirma su presencia. Trazas de esta emisión

también se hallan en los catálogos CGPS y GB6. Nuestro nuevo mapa VLA es además lo suficientemente profundo como para revelar la existencia de una posible contrapartida norte a este objeto extenso, ligeramente más distante. Por último, hemos descubierto una fuente triple con morfología reminiscente de una radiogalaxia FR II a escasos minutos de arco de Cygnus X-3, proporcionando así la primera imagen conjunta de un AGN y un microcuásar ambos con los jets resueltos. A continuación procedemos a la identificación de las contrapartidas óptica/infrarroja de los microcuásares del Centro Galáctico GRS 1758-258 y 1E 1740.7-2942. Basándonos de nuevo en la minería de datos de archivo hemos producido nuevos mapas de estos sistemas con la máxima resolución angular disponible en el VLA, a partir de los cuales sus posiciones radio han podido ser refinadas. Este resultado, junto a una revisión de la astrometría de las imágenes ópticas/infrarrojas de ambos microcuásares nos ha permitido la identificación de una única contrapartida óptica e infrarroja para GRS 1758-258 y una contrapartida infrarroja aparentemente extendida en el caso de 1E 1740.7-2942. Finalmente, abordamos el estudio de fuentes no identificadas de alta energía en busca de nuevos microcuásares mediante la observación en radio de las cajas de error de dichas fuentes y la posterior elaboración del correspondiente catálogo de fuentes. En particular nos centramos en cuatro de las fuentes de rayos gamma no identificadas más variables del Tercer Catálogo EGRET (3EG) y en la fuente TeV más extensa descubierta hasta la fecha: MGRO J2019+37. A pesar de que nuestros resultados no son aún concluyentes, se ha logrado para cada caso imágenes en radio muy detalladas así como el catálogo de las fuentes radio contenidas en dichos campos, los cuales serán de gran ayuda cuando los futuros telescopios gamma reduzcan las cajas de error de estas fuentes. Con independencia de que estos trabajos conduzcan a la identificación de nuevos microcuásares, la labor de identificación de estas fuentes excepcionales presenta un elevado interés para la Astrofísica de Altas Energías.

Tesis disponible en:

http://aljayani.ujaen.es/faeg/investigacion/tesis/Tesis_JR_Sanchez_Sutil.pdf

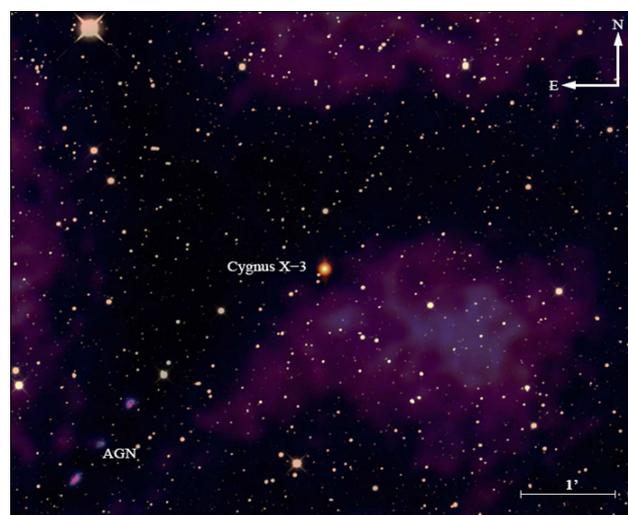


Imagen compuesta radio/infrarrojo de Cygnus X-3 que pone de manifiesto la existencia de emisión radio extendida en torno a este microcuásar. La presencia de una radiogalaxia FR II en el campo proporciona, curiosamente, la primera detección simultánea de un AGN y un microcuásar ambos con sus jets resueltos en el mismo campo.

Atardecer en el Observatorio Astronómico de Javalambre.
Composición fotográfica con recreación digital parcial.



**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