

Editorial

BOLETÍN DE LA SEA

Editores

Iñigo Arregui Uribe-Echevarría
Nicolás Cardiel López
Xavier Luri Carrascoso
Belén López Martí
Jaime Zamorano Calvo

Portada

Iñigo Arregui Uribe-Echevarría

Comité editorial

Agustín Sánchez Lavega
Antonio Alberdi Odriozola
Fernando Moreno Insertis
Rafael Reboló López
Jaime Zamorano Calvo

Sociedad Española de Astronomía SEA

<http://sea.am.ub.es>

Comisión de información

comi-info@sea.am.ub.es

Ad astra per aspera



¡Feliz Año Internacional de la Astronomía!

Este año 2009 los astrónomos estamos de celebración y desde el Boletín queremos sumarnos a la misma. Astrónomos podemos serlo de distintas maneras, como se desprende de la reflexiones de nuestro “astrónomo parlamentario”, Guillermo Bernabeu, que nos ofrece un recorrido vital desde sus primeras inquietudes como astrónomo aficionado, pasando por las diversas etapas de astrónomo profesional, hasta su recién estrenado cargo de legislador, una forma más de hacer Astronomía.

En este número encontraréis dos artículos relacionados con el AIA 2009. La coordinadora de esta celebración para España, Montserrat Villar, nos resume los ejes básicos sobre los que se articula esta celebración mundial, y nos enumera las actividades que se llevarán a cabo. La SEA es una de las instituciones que contribuyen intensamente a este respecto. Benjamín Montesinos nos relata las actividades programadas y en curso.

En este número incluimos también un ameno resumen de Xavier Barcons sobre la pasada Reunión Científica de la SEA, en Santander; un artículo de Nicolás Cardiel sobre la Agrupación Astronómica de Madrid; la habitual revisión del estado del GTC, así como la recopilación de reseñas de tesis doctorales.

Por último, queremos hacernos eco y felicitar a nuestro colega Eduardo Battaner, reciente Premio de la Real Sociedad de Física a la Docencia Universitaria. Eduardo, junto con Antxon Alberdi y M.A. Pérez Torres, nos invitan a comprobar lo que se puede aprender por 5 céntimos, en la reseña del libro que cierra el Boletín.

Junto con el Boletín recibís un ejemplar del calendario “Astrónomas que hicieron historia”, editado por el grupo de trabajo “Ella es una astrónoma”, que pretende contribuir a la igualdad entre mujeres y hombres en el mundo científico y tecnológico.

Los editores

La imagen que ilustra la portada es una composición del campo ultra-profundo del Telescopio Espacial Hubble y una imagen obtenida a partir del retrato de Galileo realizado por Justus Sustermans, pintor flamenco del barroco (Amberes 1597 - Florencia 1681). Pretende expresar lo lejos que ha llegado la Astronomía, en estos 400 años, desde que Galileo apuntó por primera vez su telescopio al cielo. Crédito: NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) y el equipo HUDF.

A MODO DE DESPEDIDA

Solo unas líneas para decir adiós como Presidente, pero en realidad sigo aquí, sigo en la SEA ahora sin responsabilidades directas, pero con el mismo entusiasmo por una Sociedad que creo es un gran valor para nuestra comunidad. Me quiero despedir quizás con un par de observaciones. No creo equivocarme si digo que las Reuniones Científicas son un éxito de la SEA. El nivel científico no tiene nada que envidiar a cualquier reunión internacional que se os ocurra. También la variedad de materias, de temas, es digna de mención. Y la calidad de las presentaciones otro tanto. Gracias a nuestros colegas de Barcelona y Cantabria, que son las Reuniones en las que he participado como Presidente, y a todos quienes han organizado Reuniones Científicas anteriormente. Ciertamente tenemos un grandísimo activo en nuestras Reuniones Científicas. Yo confío en que este tema vaya todavía a mejor en el futuro.

Me gustaría de camino que me despido, dejar claro que personas como Cesca Figueras y Carmen Morales, que salen ahora conmigo, han sido colaboradoras geniales, al igual que quienes se quedan. Cesca y Carmen han estado llenas de vitalidad, de ideas, con una actitud siempre positiva. Gracias Carmen, Cesca.

Entramos en un período especial. Especial por dos razones contrapuestas. Por una parte estamos en ESO, y creo que nuestra presencia se va notando en Garching. Xavier y Jordi están dejando muy alto el pabellón español en Garching. Me consta que están defendiendo nuestros intereses con fuerza y con inteligencia, haciéndose imprescindibles e interlocutores con quienes se puede contar. También parece que el GTC inicia su andadura científica. Con GTC y con el ESO, somos la comunidad mejor preparada para encarar la astronomía de los próximos años.

La otra razón que hace este tiempo especial es la crisis económica. Necesariamente nos va a tocar, pero yo creo que debíamos encontrar la manera de proclamar, de demostrar, de convencer a nuestras autoridades, de que el futuro depende de más ciencia, de más educación y de más tecnología, y por tanto de que en épocas de crisis hay que seguir apostando por la ciencia, la educación y la tecnología.

Bien, ha sido un honor presidir nuestra Sociedad. Creo que la dejo en muy buenas manos. La nueva Junta está llena de ideas que harán de la SEA un sociedad todavía más atractiva. Buena suerte a todos y feliz Año de la Astronomía.

José Miguel Rodríguez Espinosa
Instituto de Astrofísica de Canarias

CARTA DEL PRESIDENTE DE LA SEA

Estimados colegas:

Desde el 1 de enero vengo ejerciendo el cargo de presidente de la SEA, cuyas tareas asumo con ilusión y orgullo. Espero que al final del trabajo ni vosotros ni yo nos sintamos decepcionados. Como sabéis la Junta Directiva de la SEA renueva la mitad de sus miembros cada dos años, ahora entran: Isabel Márquez, Francisco Garzón y Javier Gorgas, y salen: Carmen Morales, Cesca Figueras y José Miguel Rodríguez-Espinosa. Con ellos he compartido cuatro años de múltiples reuniones, algunas preocupaciones y la entrañable sensación de cooperar con un grupo responsable, eficiente y amable que ha abordado la dirección de la SEA con amplitud de miras y gran capacidad de trabajo. Les agradezco todo lo que me han enseñado y sólo decirles que trabajaré para estar a la altura del legado que nos han dejado.

Pero, ¿qué nos proponemos hacer en el próximo futuro? Hay dos objetivos que culminar, que ya fueron iniciados por la anterior Junta Directiva: una herramienta informática que permita una interacción más fluida de todos nosotros y un mejor acceso a la información en el período entre asambleas, así como desarrollar y terminar con éxito las actividades que se diseñaron para el Año Internacional de la Astronomía. Benjamín Montesinos fue la persona encargada por la SEA para coordinar estas actividades. Desde el 15 de Enero de 2009 podéis ver en El País Digital (www.elpais.es/sociedad/astronomia) unas páginas de contenido astronómico confeccionadas con la colaboración de la Sociedad Española de Astronomía y que formaran una parte sustancial del legado de nuestra sociedad al Año Internacional de la Astronomía.

Pero existen otros objetivos para estos cuatro años. La confección de un dossier sobre la enseñanza de la Astronomía en España, que abarque desde Primaria hasta los programas de Doctorado, la realización de un informe acerca de la Mujer y la Astronomía y que continúe los trabajos comenzados por el grupo encargado del objetivo “She’s astronomer” dentro del nodo nacional del AIA09 y el establecimiento de un censo de astrónomos aficionados con telescopios e instrumentación moderna que quieran participar en proyectos astronómicos de vanguardia liderados por astrónomos profesionales. Como veis no son muchos pero sí son ambiciosos, y para su realización se necesita la ayuda de todos, por ello os pido la máxima colaboración para la feliz consecución de estos objetivos.

El pasado 15 de enero se inauguró oficialmente, en la sede de la UNESCO en París, el Año Internacional de la Astronomía que conmemora el cuadringentésimo aniversario de la primera observación astronómica, a través de un telescopio. Es un año fascinante el que tenemos por delante, un año para enseñarle a la sociedad española cuál es nuestro trabajo y cuales son nuestros problemas y desvelos, pero también para compartir con ella la belleza de los cielos y el aspecto ilusionante y vivo de la investigación astronómica.

Que lo disfrutemos.

Emilio J. Alfaro

Presidente de la SEA.

REFLEXIONES DE UN ASTRÓNOMO PARLAMENTARIO

Guillermo Bernabeu

El 28 de Abril de 2008 tomé posesión como Diputado al Congreso. Desde mi escaño me levanté para prometer el cargo. Fue un momento muy emocionante y sentimientos encontrados se me agolparon. He sido feliz como profesor, me gusta la docencia, he disfrutado con mi labor de acercar el conocimiento de la Astronomía a personas que apenas tienen conocimiento de ella pero sí un gran interés por conocer. He disfrutado con mi modesta contribución a la investigación en Astronomía, inolvidables para mí son las noches de observación en Calar Alto y el Roque de los Muchachos, sin duda unas de las experiencias más gratificantes de mi vida. Así que en el momento de mi toma de posesión, junto con el honor que me producía el pertenecer al Congreso de los Diputados, experimenté un sentimiento muy profundo de que algo muy importante me dejaba en esta andadura.

No sin cierto pudor he de relatar algunos aspectos de mi vida que explican lo que acabo de escribir. Nací en un pueblo, hoy grande, pero que fue pequeño y entrañable. La calle en la que vi la luz y en la que transcurrió buena parte de mi infancia y de mi juventud era de tierra y apenas unas solitarias bombillas, encendidas al anochecer y apagadas al amanecer por el “sereno”, iluminaban escasamente las noches. Dada la bonanza del clima durante gran parte del año, era costumbre sentarse a las puertas de las casas a disfrutar de la conversación con los vecinos y transeúntes. La escasa iluminación no impedía que al alzar la mirada hacia el cielo pudiéramos deleitarnos con el misterioso, excitante y sugerente aspecto del cielo nocturno. Bastaba caminar apenas unos cinco minutos para alcanzar un pequeño cerro desde donde el cielo nocturno se mostraba con toda su maravillosa apariencia.

De pequeño, como tantos niños, quise ser muchas cosas, pero aquella visión del cielo, la fascinación de la Luna, me inclinaron a pensar que quizá algún día yo podría ser astrónomo, oficio que en mi familia no dejaba de suscitar pícaras y cariñosas sonrisas. Soy el menor de cinco hermanos de una modesta familia de tradición agrícola. El apoyo y sacrificio de mi familia hizo posible que pudiera estudiar Física en la Universidad de Valencia y, posteriormente, ser profesor de una asignatura optativa de Astrofísica que por primera vez se impartía en la titulación de Físicas. Los trabajos de mi Tesis Doctoral los inicié en Trieste y curiosamente mi primera observación de carácter científico la realicé en Villafranca del Castillo con el IUE. Pero

en mi memoria quedarán para siempre las noches de observación en Calar Alto y el Roque de Los Muchachos. Las noches de observación en la cúpula del 1.23 con un frío que sólo se podía soportar por la ilusión de obtener buenos resultados de las observaciones o la posibilidad de “mirar” mediante un ocular a través del 1.5, la satisfacción de ir a desayunar con los compañeros tras una larga noche de invierno, son vivencias que me permiten afirmar que he sido muy afortunado por poder hacer lo que me gusta.

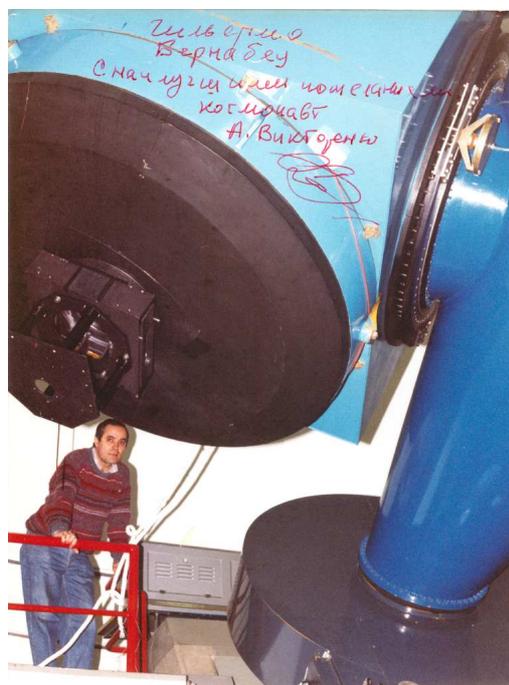


Figura 1 – Imagen de Guillermo Bernabeu tomada en el telescopio de 1.23 m de Calar Alto. La firma un cosmonauta ruso y la traducción del texto dice así: “Guillermo Bernabeu, con mis mejores deseos, cosmonauta A. Viktorenko”.

Al incorporarme a la Universidad de Alicante se iniciaba una etapa de mi vida que yo pensaba difícil. Que yo recuerde era el único profesor que se dedicaba a la Astronomía. Pero en Alicante, me encontré con un grupo de personas, tanto estudiantes como aficionados a las ciencias del Cosmos, que con un enorme entusiasmo y preparación, consiguieron un espacio para la Astronomía en el ámbito social y cultural de Alicante. Así nació el Círculo Astronómico del Mediterráneo que, a mi modo de ver, contribuyó decisivamente al desarrollo de la Astronomía en Alicante. Con su colaboración se realizó la I Reunión Científica de la SEA, en esta ciudad. Me cabe la satisfacción de decir que de los ocho becarios y becarias que tuvo el Observatorio de los Molinos, de Crevillente, dependiente del

mencionado Círculo Astronómico, al menos cinco acabaron siendo profesionales de la Astronomía. Numerosas actividades de carácter didáctico, de divulgación y de apoyo a la investigación se han desarrollado gracias al esfuerzo desinteresado de este grupo personas que merecen nuestro reconocimiento a su impagable labor. Recuerdo con cariño y nostalgia la maravillosa expedición que realizamos un grupo de miembros del Círculo al altiplano y la selva de Bolivia para estudiar el eclipse total de Sol de 1994; y tantas anécdotas e historias felices que me demuestran que la Ciencia la hacen seres humanos, muy humanos, y que los astrónomos estamos hechos de la misma pasta que las demás personas.

Con la incorporación de nuevos miembros al grupo de investigación, hoy puedo decir con satisfacción que la Astronomía es una realidad con presente y con futuro en la Universidad de Alicante. Los trabajos en distintas líneas de investigación, con colaboraciones internacionales de primer nivel, con resultados como los que últimamente se están publicando en prestigiosas publicaciones internacionales, todo ello gracias al esfuerzo de los componentes del grupo, así lo corroboran.

Afronto esta nueva etapa de mi vida con ilusión y voluntad de servicio a los ciudadanos y, desde luego, pondré todo mi esfuerzo en apoyar el desarrollo de la Ciencia y de la Astronomía en particular, desde la convicción de que es fundamental

para el desarrollo de nuestro país. La coincidencia con la celebración del Año Internacional de la Astronomía en 2009, me ha permitido el honor de defender en el Pleno del Congreso una Proposición No de Ley en apoyo a esta celebración, que fue aprobada por unanimidad el 16 de diciembre de 2008. Y me congratulo de que temas como este tengan cabida en el Congreso de los Diputados, temas que en apariencia, solo en apariencia, se hallan tan lejos de la vida cotidiana, pero que de hecho inciden muy positivamente en el desarrollo de una ciencia que a su vez se traduce en adelantos tecnológicos que revierten en beneficio de todos los ciudadanos; además de que su divulgación constituye un incremento notable del acervo cultural de un pueblo que, indudablemente, será más próspero, más libre y más responsable, cuanto mayor sea su cultura.

En suma, creo que mi nueva ocupación como legislador también es una forma de hacer Ciencia y de hacer Astronomía, de la misma manera que hacer Ciencia y Astronomía es una manera de incidir en la realidad socioeconómica y política de mi país.

Guillermo Bernabeu es diputado en el Congreso de los Diputados por Alicante. Es, además, miembro de la Comisión de Ciencia e Innovación del Congreso de los Diputados, y miembro de la SEA.

VIII REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA EN SANTANDER

Xavier Barcons barcons@ifca.unican.es

Del 7 al 11 de Julio de 2008 Santander acogió la VIII Reunión Científica de la SEA. Para el Comité Organizador Local fue un honor el poder dar la bienvenida a los 270 participantes en la Reunión (19 de centros extranjeros). Durante más de un año y medio estuvimos preparando con todo el cariño posible este evento; y aunque hubo fallos (que los hubo) y cosas que podríamos haber hecho mejor, todo el Comité estamos orgullosos de haber sido capaces de organizar este evento dentro de los estándares que han venido siendo la norma en las 7 reuniones anteriores. Y sobre todo muy felices de haberos tenido entre nosotros hablando de Astronomía durante una semana.

Inauguración

La sesión inaugural, el día 7 de Julio por la mañana, tuvo lugar en el Paraninfo de la Universidad de Cantabria. Elegimos esta ubicación por lo céntrico del edificio, gracias a lo cual contamos con una nutrida representación institucional, dimos a Santander y Cantabria una imagen más difícil de transmitir en un Campus Universitario y además tuvimos una excelente cobertura de los medios de comunicación.

En la inauguración de la Reunión Científica, intervino en primer lugar el Presidente de la SEA, José Miguel Rodríguez Espinosa, que dio la bienvenida a los asistentes. A continuación intervino el Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, de la Comisión Nacional de Astronomía y miembro de la SEA, Rafael Rodrigo, que dio un breve repaso a la situación actual de la Astronomía en España, con sus fortalezas, sus asignaturas pendientes y sus retos para el futuro. El Rector de la Universidad de Cantabria, Federico Gutiérrez-Solana, destacó la gran actividad que se desarrolla en el seno de la Universidad en el campo de la Astronomía, particularmente en el Instituto de Física de Cantabria, juntamente con el CSIC. El concejal de Protección Ciudadana del Ayuntamiento de Santander, Eduardo Arasti, que acudió en sustitución del Alcalde Iñigo de la Serna, instó a los asistentes a aprovechar la Reunión para visitar la Ciudad. Finalmente, el Presidente del Gobierno de Cantabria, Miguel Ángel Revilla,

realizó una entrañable intervención de bienvenida en la que resaltó, entre otras cosas, la importancia de la investigación en general y de la Astronomía en particular.

Por primera vez se invitó a la Reunión Científica a dos Presidentes de Sociedades profesionales de Astronomía de otros países. Didier Barret, Presidente de la Sociedad Francesa de Astronomía y Astrofísica y Miguel A.P. de Avillez, Presidente de la Sociedad Portuguesa de Astronomía, explicaron el funcionamiento, proyectos y actividades de sus respectivas sociedades. Fue también una ocasión para conocer mejor a la comunidad investigadora en Astronomía de los dos países vecinos.



Figura 1 — El Presidente del LOC, durante la apertura de la VIII Reunión Científica de la SEA.



Figura 2 — Las autoridades que acudieron al acto de inauguración.

Ciencia

Durante la sesión inaugural, dos invitados de excepción repasaron los dos grandes proyectos de observatorios terrestres que han supuesto un empuje fundamental para la Astronomía española: El Gran Telescopio Canarias (GTC) y la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Sur (ESO). El director científico de GTC, José Miguel Rodríguez Espinosa, mostró los avances que el telescopio (de 10.4 m de diámetro) está experimentando desde que viera su primera luz en julio de 2007. La puesta a punto del telescopio y de la primera generación de instrumentos científicos sigue su camino de cara a comenzar las observaciones de forma rutinaria en marzo de 2009.

Por su parte el director general de ESO, Tim de Zeeuw, en su primera visita a España desde que accediera a este puesto, presentó el estado actual del observatorio de La Silla-Paranal en Chile, los proyectos de nueva instrumentación en el Very Large Telescope (VLT) y el Atacama Pathfinder Experiment (APEX), el estado del interferómetro milimétrico y submilimétrico ALMA, en fase de construcción en el llano de Chajnantor, y las labores de diseño detallado de un telescopio europeo extremadamente grande (EELT) de 40 metros de apertura, que se esperan concluir en 2010. También animó a los astrónomos españoles a involucrarse en todos los aspectos de ESO, especialmente en la solicitud de tiempo de observación. España es miembro de ESO desde julio de 2006.

En la misma sesión inaugural, el Presidente de la SEA y el Rector de la Universidad de Cantabria hicieron entrega del **Premio Tesis SEA** otorgado a la mejor tesis doctoral en Astronomía del bienio 2006-2007. El premiado, el Dr. José Antonio Caballero, de la Universidad Complutense de Madrid, expuso su tesis *Formación, evolución y multiplicidad de enanas marrones y exo-planetas gigantes*.



Figura 3 — Salón de actos en el transcurso de una de las plenarias.

El resto de las sesiones científicas tuvieron lugar en el edificio de las Facultades de Derecho y Económicas en el Campus de la Avenida de los Castros, desde el propio lunes 7 de julio por la tarde hasta el viernes 11 por la tarde. Combinando sesiones plenarios y paralelas, el Comité Organizador Científico seleccionó casi 200 charlas impartidas de forma oral, y complementadas con unos 90 carteles. Es muy de destacar el esfuerzo que realizaron los ponentes invitados plenarios en presentar y revisar los temas científicos que se les pidió de una forma muy amena y comprensible para toda la comunidad astronómica. La Reunión Científica tuvo dos temas estrella: los exo-planetas y los grandes cartografiados del cielo con fines cosmológicos. Hubo sesiones paralelas dedicadas a las nuevas misiones de la Agencia Europea del Espacio dentro del programa *Cosmic Vision 2015-2025*, una sesión sobre el Observatorio Virtual, charlas sobre el Año Internacional de la Astronomía, sobre el papel de la mujer en Astronomía y una gran variedad de ponencias sobre todos los temas actuales de la investigación astronómica.

Divulgación

Una de las tareas que se propuso llevar a cabo el Comité Organizador Local de la VIII Reunión Científica de la SEA fue aprovechar este evento para acercar la Astronomía a la Sociedad. En enero de 2008 se convocó un “Concurso de Dibujo y Composición Mural” sobre temas de Astronomía entre los escolares de enseñanza primaria y secundaria de Cantabria. Cuando se cerró el plazo de entrega en mayo, se habían recibido cerca de 700 obras. El Presidente de Cantabria, junto a las demás autoridades, hizo entrega de los tres premios a estudiantes de primaria y de los tres premios a los grupos de estudiantes de secundaria. Los premios estuvieron financiados por la Consejería de Educación del Gobierno de Cantabria, y por el Grupo Sirius.

Pero la actividad divulgativa de más repercusión se celebró el martes 8 de julio. El Profesor Michel Mayor, del Observatorio de Ginebra, impartió una conferencia pública sobre “Otros mundos en el Universo” en el Paraninfo de la Universidad de Cantabria. El acto, financiado por el Aula de la Ciencia de la Universidad y por el Banco de Santander, contó con una nutrida asistencia, más de 150 personas, que disfrutaron con las amenas explicaciones de nuestro colega, descubridor del primer exo-planeta y de una parte importante de los casi 300 que se conocen en la actualidad.



Figura 4 — Acto de entrega de los premios escolares del “Concurso de Dibujo y Composición Mural”.

Colaboración con las empresas

Uno de los aspectos más novedosos de esta Reunión fue precisamente el intento de involucrar a las empresas relacionadas con la Astronomía en las actividades de la semana del 7 al 11 de julio. Esta iniciativa, precedida por otra de mayor calado en la JENAM de 2004 celebrada en Granada, tuvo en esta ocasión una excelente recepción por parte de las empresas.

Se ofrecieron dos variedades de participación a las mismas: instalación de un *stand* en el edificio de las facultades de Económicas y Derecho o el patrocinio de una pausa-café (durante la cual la empresa disponía de un expositor), idea heredada de la VII Reunión Científica de Barcelona. Un total de 13 empresas e instituciones estuvieron presentes en la Reunión a través de estos esquemas. Asimismo todas las empresas que se adhirieron a estas modali-

dades, tuvieron la oportunidad de presentar sus actividades en las sesiones relacionadas con “Observatorios e Instrumentación”. También, el miércoles 9 de julio, después de la Asamblea anual ordinaria de la SEA (que tuvo lugar entre 15:30 y 17:30), hubo una mesa redonda con las empresas organizada por el proyecto CONSOLIDER-GTC.



Figura 5 — Stands de algunas de las empresas.

Conclusión

Hubo mucho más: la Asamblea anual ordinaria de la SEA, reuniones de consorcios, revisión de proyectos del Plan Nacional, momentos para el ocio (como la recepción del Ayuntamiento en el Palacio de Congresos y Exposiciones o la cena en el Casino) y sobre todo muchísima conversación de astronomía por los pasillos.

Xavier Barcons, Instituto de Física de Cantabria (CSIC-Universidad de Cantabria). Presidente del Comité Organizador Local de la VIII Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía.

LA AGRUPACIÓN ASTRONÓMICA DE MADRID

Nicolás Cardiel ncl@astrax.fis.ucm.es

Introducción

Continuando con la intención de facilitar la comunicación entre la SEA y las diversas comunidades de astrónomos aficionados, incluimos en este número del Boletín una breve presentación de la Agrupación Astronómica de Madrid (AAM), la cual ha solicitado su adhesión como *miembro asociado* de la SEA. Dicha adhesión se aprobará en la Asamblea General de la Sociedad que tendrá lugar el próximo mes de septiembre.

Resulta muy ilustrativo conocer la gran variedad de actividades realizadas por este tipo de agrupaciones, todas ellas impulsadas por personas cuyas únicas recompensas son el disfrute y la difusión de la observación del firmamento. No debemos olvidar que muchas de estas asociaciones astronómicas han sido, y esperamos que lo sigan siendo, punto de partida de una afición que para muchos de nosotros se ha visto convertida en una profesión.

Incluimos en este artículo la información aportada por la AAM en su solicitud de adhesión a la SEA, y desde estas líneas animamos a otras asociaciones interesadas a seguir los mismos pasos. Sin duda todos podemos beneficiarnos de una comunicación más estrecha entre astrónomos aficionados y profesionales. El Año Internacional de la Astronomía que recién estrenamos nos brinda una oportunidad excelente para ello. Los astrónomos profesionales tenemos la obligación de difundir no sólo nuestro trabajo, sino también la Astronomía en general, ya que ese es el mejor retorno que podemos ofrecer a la sociedad que nos sustenta. El potencial de divulgación que ofrece la comunidad de astrónomos aficionados es incalculable y junto con ellos podemos luchar cada día para conseguir que la Astronomía llegue a ser considerada como parte integrante e indispensable de la Cultura.

Historia

La Agrupación Astronómica de Madrid es una sociedad sin ánimo de lucro fundada en 1974 por un grupo de alumnos de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, quienes tenían la Astronomía como principal afición. Por tanto la AAM fue una de las primeras agrupaciones en constituirse en España. Su fundación fue auspiciada por la Cátedra de Astronomía del Profesor Torroja, uno de los impulso-

res iniciales de la construcción de un observatorio astronómico en Tenerife. El primer presidente de la AAM fue Álvaro Giménez Cañete, actualmente coordinador de Políticas Científicas de la ESA y director del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Su Alteza Real el Príncipe de Asturias es presidente de honor de la AAM.

Desde sus orígenes la AAM no ha dejado de desarrollarse y evolucionar, contando en la actualidad con más de 500 socios activos repartidos por toda la geografía española.



Figura 1 – Su Alteza Real el Príncipe de Asturias, presidente de honor de la AAM, recibió el 27 de mayo de 1996 en audiencia privada a una representación de la AAM, encabezada por miembros de la Junta Directiva de aquel momento: su Presidente, Francisco Pujol Clapés, su Vicepresidente, Javier Sainz Benito y el Vocal de Gestión de Recursos, Francisco de Paula Martínez. El Príncipe Felipe es un reconocido aficionado a la Astronomía, afición que le inculcó su abuela materna. Fotografías del Sol y de la Luna realizadas por Antonio del Solar, miembro de la AAM.

Actividades

Desde su fundación han sido muchas y diversas las tareas de divulgación realizadas por los miembros de la AAM, incluyendo colaboraciones con distintos estamentos de índole profesional. Destacan sus cursos de formación para socios, edición de guías de iniciación, charlas en colegios y centros culturales y, no menos importante, su aportación al medio astronómico profesional con el envío periódico de sus observaciones a diversos centros internacionales de investigación. Especialmente activos son los grupos de heliofísica, estrellas variables, cometas y cuerpos menores, e instrumentación astronómica. En todos estos grupos hay un número importante de aficionados semi-profesionales que aplican procedimientos rigurosos de observación y que publican sus resultados en congresos y reuniones científicas.



Figura 2 – La AAM edita desde 1975 un boletín con carácter periódico en el que se publican artículos de divulgación astronómica y efemérides elaborados por sus socios. En la actualidad es una revista trimestral llamada Neomenia, ilustrada con excelentes astro-fotografías realizadas por sus miembros.

Igualmente destacable es la realización de observaciones públicas que, con la excusa de eventos astronómicos de relevancia, se han ido llevando a cabo. En este sentido hay que destacar las jornadas de observación que se realizaron en la Plaza Mayor de Madrid en 1984, las llevadas a cabo con motivo de la reaparición del cometa Halley en 1985–1986, y la observación del eclipse anular de Sol en 2005. La AAM efectúa todos los veranos observaciones públicas multitudinarias en colaboración con el Planetario de Madrid, llegando a concentrar hasta 10000 personas en una sola noche.

Uno de los acontecimientos más relevantes en el que ha tenido oportunidad de participar la AAM, fue el descubrimiento de la Supernova 1993J, primera supernova descubierta en España, tanto en el campo profesional como en el amateur. Su descubridor fue su socio Francisco García Díaz, astrónomo aficionado lucense. Este descubrimiento hizo posible que la AAM fuese conocida y coordinara sus observaciones con investigadores de todo el mundo, quienes estudiaron esta supernova haciendo uso de los observatorios profesionales más importantes (por ejemplo el Observatorio del Roque de los Muchachos, o los satélites IUE y HST).



Figura 3 – Imágenes de la galaxia M81 mostrando la aparición de la supernova SN1993J, descubierta por el astrónomo aficionado Francisco García Díaz (imágenes tomadas por David McDavid del D. Nelson Limber Memorial Observatory).

La AAM cuenta con una amplia sede social, que incluye una biblioteca dotada con alrededor de 2000 volúmenes (algunos de principios del siglo XX). Dispone también de una videoteca, varios ordenadores personales con un fondo de programas en CD-ROM, un pequeño laboratorio fotográfico, un taller de construcción de telescopios para los socios y un conjunto de equipos y material de observación para uso de los socios que lo deseen. Desde hace varios años la AAM dispone de un área de observación permanente en el pueblo de Bonilla (Cuenca), con dependencias mantenidas por la Agrupación y en la que todos los socios pueden realizar sus observaciones.



Figura 4 – Además de la revista periódica, la AAM ha editado otras publicaciones en las que se recoge la experiencia de sus socios a la hora de observar el cielo. Destacan las guías “Conocer y observar el Sistema Solar”, “Mira al cielo... está lleno de estrellas” y “Guía del cielo 2008”.

En la actualidad, la AAM sigue fomentando el desarrollo de la Astronomía, con campañas de observación, cursos, reuniones semanales y conferencias de carácter técnico, las cuales tienen lugar en su sede o en el Planetario de Madrid. Todas estas actividades han supuesto que en el año 2007 la AAM recibiera de manera independiente la denominación de Utilidad Pública tanto por la Comunidad Autónoma de Madrid como por el Ayuntamiento de Madrid, lo que supone un reconocimiento oficial a tantos años de buen hacer.

Más información acerca de la AAM y de sus actividades puede encontrarse en su página WEB <http://www.aam.org.es/>.

Nicolás Cardiel es miembro de la Comisión de Información de la SEA y se inició en el mundo de la Astronomía como aficionado en la AAM, de la que es socio desde 1983. En la actualidad es Profesor Titular del Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Complutense de Madrid.

LA ASTRONOMÍA: CIENCIA MILENARIA, CIENCIA MODERNA

Montserrat Villar montse@iaa.es

Desde hace miles de años el ser humano se ha sentido fascinado por el cielo estrellado. Así lo demuestran numerosos yacimientos arqueológicos, que revelan cómo la observación del cielo jugó un papel fundamental en la orientación de ciertas estructuras arquitectónicas. En la bóveda celeste ha proyectado sus anhelos y miedos; allí ha situado el hogar de sus dioses y el lugar al que aspira llegar tras la muerte.

Por este motivo la Astronomía, el estudio del Universo, nació muy pronto. Se trata de una de las ciencias básicas más antiguas, que ha ejercido una influencia prolongada y profunda en nuestra cultura. Es al mismo tiempo una ciencia de máxima actualidad (raro es el día que no aparece una noticia relacionada en los medios), gracias a los importantes avances logrados durante las últimas décadas. Hasta recientemente no sabíamos si existían otros planetas fuera de nuestro Sistema Solar. Hoy conocemos más de 200 alrededor de otras estrellas. Hace unos cien años ignorábamos la naturaleza de nuestra Vía Láctea y hoy sabemos que hay miles de millones de galaxias en el Universo.

La investigación astronómica ha dado lugar a grandes logros tecnológicos en los que nos hemos sustentado para avanzar en el conocimiento científico. Con herramientas como el telescopio espacial Hubble se ha “aguzado nuestra vista” y hemos podido obtener imágenes del Universo de una nitidez que hace tan sólo unas décadas sólo podíamos imaginar. Con satélites optimizados para detectar desde los rayos gamma a los rayos infrarrojos hemos podido obtener un panorama del Universo anteriormente invisible. Los ordenadores cada vez más potentes nos permiten simular fenómenos exóticos que no se pueden reproducir en los laboratorios, así como procesos tan rápidos o tan lentos que son imposibles de observar.

En particular, el avance que la Astronomía ha experimentado en España en los últimos 30 años es admirable. Hemos pasado de ser un país donde la Astronomía era una “anécdota” a contar con una comunidad de investigadores profesionales mucho más numerosa y a liderar grandes proyectos científicos y tecnológicos. El Gran Telescopio Canarias es un claro ejemplo. Con sus 10.4 metros de diámetro, será el mayor telescopio óptico del mundo.

¿Por qué un Año Internacional de la Astronomía?

UNESCO y las Naciones Unidas han querido reconocer la valiosa contribución de la Astronomía a la sociedad y la cultura mediante la declaración del 2009 como Año Internacional de la Astronomía. Se trata de una iniciativa impulsada originalmente por la Unión Astronómica Internacional.

El 1609 Galileo Galilei apuntó su telescopio por primera vez al cielo estrellado. Descubrió que Júpiter tiene satélites, que la Vía Láctea está formada por incontables estrellas y que la Luna tiene montañas (Figura 1). Aquellos estudios marcaron un antes y un después en nuestra comprensión del Universo. Fue el comienzo de una extraordinaria historia de descubrimientos que continúa en nuestros días. En 2009 celebramos el cuarto centenario de aquel año revolucionario para la Astronomía.

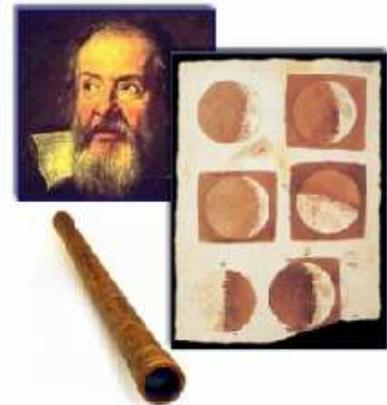


Figura 1 – En 1609 Galileo utilizó el telescopio por primera vez con fines astronómicos. Fue el comienzo de una extraordinaria historia de descubrimientos que continúa en nuestros días.

Aunque Galileo será el personaje central, recordaremos y celebraremos también que el gran astrónomo Johannes Kepler publicó aquel mismo año *Astronomia Nova*. En este libro estableció los principios matemáticos de la Astronomía moderna y publicó las dos primeras leyes que describen cómo los planetas se mueven alrededor del Sol.



Figura 2 – Logo y lema del Año Internacional de la Astronomía.

Bajo el lema “El Universo para que lo descubras” (Figura 2), el 2009 será una celebración mundial de la Astronomía. Los objetivos fundamentales del Año Internacional de la Astronomía son los siguientes:

- Fomentar en la sociedad el interés por la Astronomía y la ciencia en general.
- Facilitar el acceso a nuevas formas de aprendizaje.
- Apoyar el desarrollo de comunidades astronómicas en países en desarrollo.
- Apoyar y mejorar la enseñanza de la ciencia.
- Proyectar una imagen moderna de la ciencia y los científicos.
- Facilitar la formación de nuevas redes de divulgación de la Astronomía y la ciencia en general y fortalecer las ya existentes.
- Promover la igualdad de género en diferentes ámbitos científicos.

- Difundir entre el gran público los avances científicos y tecnológicos logrados en nuestro país en los últimos años.
- Facilitar la preservación y la protección del cielo oscuro como patrimonio de la humanidad.

2009: una fiesta mundial de la Astronomía

Más de 130 países participan ya en el Año Internacional de la Astronomía. En España, la puesta en marcha es el fruto de la colaboración de todas las instituciones relacionadas con la Astronomía incluyendo la Sociedad Española de Astronomía (SEA), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), la Real Sociedad Española de Física (RSEF) y con la coordinación general de la Comisión Nacional de Astronomía (CNA).

La importancia de la gran iniciativa que representa el Año Internacional de la Astronomía ha sido reconocida muy recientemente en el Congreso de los Diputados. El 16 de diciembre de 2008 se aprobó por unanimidad una Proposición No de Ley en la que se reconoce el papel fundamental que la Astronomía ha jugado en el desarrollo de las civilizaciones y el importante auge que ha experimentado en nuestro país en los últimos 30 años. En ella, además, se insta al Gobierno a reforzar su apoyo a la investigación astronómica en nuestro país, tanto en la financiación de infraestructuras como de proyectos de investigación y de incorporación de investigadores y a apoyar a todas las entidades que celebren el Año Internacional de la Astronomía en nuestro país. Fue un hito para el AIA-IYA2009 y para la Astronomía española.

Multitud de entidades públicas y privadas de naturaleza muy diversa (sólo en España hay implicadas unas 140) están ya trabajando en la organización de actividades de naturaleza muy diversa. A través de la mayor red de divulgación jamás creada, hombres y mujeres dedicados a la investigación, a la enseñanza, profesionales de museos y planetarios, medios de comunicación, astrónomos aficionados y todos los amantes de la astronomía compartirán con público de cualquier edad, raza y condición social su pasión por descubrir el Universo y adentrarse en sus misterios. El año 2009 será, en definitiva, una fiesta mundial de la Astronomía a la que todo el mundo está invitado.

Habr  actividades de todo tipo:

- Astronomía en las aulas: recursos educativos para llevar la belleza del cosmos a estudiantes de distintas edades.
- Un portal al Universo: noticias, eventos, imágenes, vídeos, etc., y todo a un clic de ratón: el portal web del Año Internacional de la Astronomía (www.astronomia2009.es).
- Exposiciones: un paseo por nuestra ciudad puede ser un paseo por el Universo. Exposiciones astronómicas en parques y avenidas.
- Jornadas de puertas abiertas, blogs, entrevistas: el quehacer cotidiano de los astrónomos profesionales al alcance de todos.
- Programas especiales de planetario: viajes a través del Universo para público de todas las edades.
-  Hablamos de Astronomía?: Talleres, mesas redondas, ciclos de charlas. Los astros a debate.
- El cielo de noche: la belleza de un cielo oscuro y estrellado mostrado por astrónomos aficionados y profesionales. Un telescopio en cada plaza.

- Astronomía para todos: personas con discapacidad, niños en ambientes desfavorecidos, etc., un Universo para todos.

Reflexiones finales

A través de la Astronomía queremos que en España durante el 2009 todo el mundo tenga oportunidad de pensar en las maravillas que encierra el Universo; que experimente la fascinación y el anhelo que el ser humano ha sentido desde siempre por comprender sus misterios.

En 2009 volveremos a mirar las estrellas, como lo hicieron nuestros antepasados hace miles de años. Viajaremos a través del Universo del que somos una peque n sima, insignificante partícula y apreciaremos nuestro lugar en él. Redescubriremos y valoraremos nuestra "faceta buena", esa a menudo olvidada por los medios de comunicación, que demuestra que el ser humano es capaz de las maravillas más sublimes. Y nos daremos cuenta de que tenemos la cultura, incluida por supuesto la científica, para reconciliarnos con nosotros mismos.

www.astronomia2009.es

Montserrat Villar, Instituto Astrofísica de Andalucía (IAA) es coordinadora para España del Año Internacional de la Astronomía (AIA-IYA2009).

INAUGURACIÓN DEL AÑO INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA EN ESPAÑA

El día 27 de enero se produjo la Inauguración en España del Año Internacional de la Astronomía, en un acto en la sede en Madrid del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Al acto asistieron, entre otros, S.A.R. el Príncipe Don Felipe; el presidente del CSIC y presidente de la Comisión Nacional de Astronomía, Rafael Rodrigo; la presidenta de la Unión Astronómica Internacional, Catherine Cesarsky; y la coordinadora de esta celebración en España, Montserrat Villar. Los asistentes pudieron visitar la exposición *El Universo para que lo descubras*, que recorrer  distintas ciudades españolas a lo largo de este año. (Fuente: Departamento de Prensa del CSIC).



CONTRIBUCIONES DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ASTRONOMÍA AL AÑO INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA 2009

Benjamín Montesinos bmm@laeff.inta.es
(en nombre de la SEA)

Resumen

La SEA es una de las muchas instituciones que contribuirán al gran número de actividades coordinadas por el nodo nacional español durante el Año Internacional de la Astronomía 2009 (AIA 2009). En este artículo describo las actividades programadas y en curso, que cuentan con una participación sustancial de miembros de la SEA.

Introducción

En la Reunión Científica celebrada en Santander el pasado mes de julio fue un placer comprobar que las sesiones correspondientes a la enseñanza y divulgación de la Astronomía contaron con una alta y entusiasta participación. Esto confirma el hecho de que la divulgación de nuestra ciencia, tanto para estudiantes de enseñanzas primaria y secundaria, como para el público en general, es una tarea que debe ser contemplada por los astrónomos. Se podría debatir largo y tendido acerca de si los profesionales deben o no ser los encargados *directos* de realizar labores divulgativas, pero quizás este no es el momento de hacerlo, máxime cuando nos encontramos en las primeras semanas del AIA 2009, una celebración mundial que no debemos desaprovechar para acercar la Astronomía a la Sociedad.

La SEA es uno de los agentes que participan en las actividades coordinadas por el Nodo nacional, y decidió participar, organizando algunos proyectos y participando muy activamente en otros. El Portal oficial del AIA 2009 en España (<http://www.astronomia2009.es/>) y el artículo de Montserrat Villar en este boletín describen en detalle la totalidad de los proyectos organizados por los diferentes colectivos (museos y planetarios, astrónomos aficionados, institutos y universidades de forma individual, profesores de enseñanza secundaria...). En las siguientes secciones describiré brevemente los proyectos en los que la SEA está involucrada.

12 meses, 12 temas

El Portal oficial del AIA 2009 estará dedicado cada mes a un tema particular. El coordinador de la página web (Emilio García, IAA), solicitó a la SEA la confección de 12 equipos de 3–5 personas que se hicieran cargo de cada uno de esos temas. La idea era realizar una entrevista en vídeo a un astrónomo especialista en cada área en particular y añadir un artículo escrito con imágenes, enlaces e información útil. Las entrevistas tienen una duración de unos 15–20 minutos y aparecerán editadas y despiezadas en pequeños *clips* de video, correspondientes a cada pregunta, de modo que el lector podrá acceder de una forma sencilla a los diversos apartados.

Los 12 temas cubren de una forma general todas las áreas de la Astronomía: arqueoastronomía, física estelar, planetas de nuestro Sistema Solar, exoplanetas, física extragaláctica, cosmología, instrumentación, telescopios y observatorios, cómo trabajan los astrónomos... Una decimotercera entrevista a Montserrat Villar, coordinadora del Nodo español, cerrará el proyecto a modo de resumen.

La SEA ha confeccionado 12 equipos con un total de 45 astrónomos. A la hora de escribir este artículo todas las entrevistas ya han sido realizadas, muchas de ellas editadas y listas para ser lanzadas a través del portal y los primeros artículos también han sido enviados por los autores.

Astronomía “made in Spain”

En 2007, las revistas científicas *Nature* y *Science* fueron galardonadas con el Premio Príncipe de Asturias de cooperación internacional. Estas dos publicaciones son muy frecuentemente citadas en los medios de comunicación, de modo que aquellas personas interesadas en los suplementos de ciencia de los periódicos o en los programas de radio con un contenido divulgativo, las conoce y sabe que los resultados que en ellas se publican son relevantes en algún sentido.

El proyecto consiste en hacer una colección de todos los artículos publicados en los últimos 30 años en las dos revistas en el campo de la Astronomía, cuyo primer autor sea español. No es necesario aclarar que los astrónomos no utilizamos normalmente esas dos revistas para publicar nuestros trabajos, y que los resultados que semana a semana aparecen en *Astronomy and Astrophysics*,

The Astrophysical Journal, o en las otras publicaciones habituales, son de tanto mérito como los que puedan aparecer en *Nature* o *Science*. Se han escogido estas dos revistas simplemente por su tirón mediático.



El primer paso ha consistido en la edición y publicación de un libro, donde cada autor explica el contexto en el que se realizó su investigación, cuál fue el problema específico que se resolvió en el artículo, el impacto que supuso en el área y otros aspectos relacionados con la realización del trabajo, algunos de ellos personales y anecdóticos.

Un segundo paso es la organización de pequeños ciclos de charlas donde los investigadores expliquen de primera mano a la audiencia sus descubrimientos. El punto clave de este proyecto es que la ciencia será contada al público por las personas *que la hicieron* y no a través de ningún intermediario. Alguno de los autores participarán también en el proyecto “Una universidad, un Universo”, que describo en la próxima sección.

Una universidad, un Universo

A finales de 2007, durante una reunión con la Junta Directiva de la SEA, surgió la idea de intentar romper la dicotomía entre *ciencias* y *humanidades* o entre *ciencia* y *cultura* que constantemente permea la sociedad y los medios de comunicación. Cuántas veces hemos oído como disculpa aquello de “. . . como yo soy de letras. . .” para justificar la ignorancia completa de algún tema científico: es muy común encontrar personas que argumentan

que porque han estudiado una carrera de *humanidades*, no se sienten obligados a saber, aunque sea un nivel extremadamente básico, en qué consiste la ley de la Gravitación Universal o las contribuciones de Einstein a la física moderna.

La idea original fue que en aquellas universidades que contaran con un departamento de Astronomía, sus miembros pudieran impartir charlas en facultades de disciplinas que *no tuvieran nada que ver con las ciencias*. Ana Ulla, de la Universidad de Vigo, tomó esta idea y propuso una meta aun más ambiciosa: ¿por qué no organizar al menos una charla sobre Astronomía en *todas y cada una de las universidades españolas*, incluso en aquellas sin Facultades de Física o departamentos de Astronomía?

El proyecto, coordinado por Ana Ulla, tomó forma bajo el nombre “Una universidad, un Universo” (lo conocemos por su acrónimo U4). Se ha contactado con los rectores de las 77 universidades españolas (públicas y privadas) y hay personas de “enlace” en casi todas ellas que coordinarán internamente la organización de las charlas. A través de la lista de correo de la SEA se lanzó una llamada solicitando voluntarios para este proyecto y hay más de 70 astrónomos dispuestos a colaborar. En la actualidad se están fijando fechas y lugares para las charlas y pensando en cómo resolver los problemas logísticos y financieros que suponen el desplazamiento de los conferenciantes a universidades fuera de su ciudad de residencia. En la página web http://u4.cesga.es/web_U4.htm se puede encontrar más información sobre el proyecto.

Colaboración SEA–elpais.com

Uno de los objetivos de la SEA para el AIA 2009 es llegar al público en general. Esto se puede realizar de forma individual, por ejemplo, a través de colaboraciones en programas de radio o televisión, o de artículos en periódicos o revistas de divulgación. Sin embargo, desde la SEA quisimos dar un paso más ambicioso para llegar de una forma sistemática y frecuente a la mayor cantidad de personas en la mayor cantidad de lugares posible.

Después de varias conversaciones con periodistas y directores de secciones de EL PAIS, a mediados de 2008 se nos ofreció la posibilidad de tener un espacio dedicado específicamente a la Astronomía en la edición digital del periódico, <http://elpais.com>.



De nuevo una llamada solicitando voluntarios a través de la lista de anuncios de la SEA tuvo como resultado la respuesta de unas 100 personas dispuestas a participar en este proyecto. Cuando estas líneas vean la luz, el especial sobre Astronomía ya estará en marcha. De hecho, apareció coincidiendo con la inauguración en París del AIA 2009. Tiene varias secciones: artículos de divulgación e históricos, imágenes astronómicas, biografías, un glosario de términos astronómicos, juegos, etc.

Debemos ser conscientes de que esta oportunidad es única: la versión digital de EL PAIS tiene más de un millón de visitas al día, no solo en España sino también desde todos los países que utilizan el castellano como lengua principal de comunicación, y por tanto puede resultar un vehículo de comunicación excepcional.

Financiación

Muchas de las tareas de estos proyectos son y serán realizadas por los astrónomos de forma completamente altruista. Sin embargo, algunas de ellas requieren financiación, por ejemplo, la edición e impresión del libro para el proyecto “Astronomía made in Spain” o la gestión del proyecto U4. La Fun-

dación Española de Ciencia y Tecnología (FECyT) lanzó una convocatoria en 2008 con un apartado específicamente dedicado a financiar actividades preparatorias para el AIA 2009. FECyT concedió un total de 22.000 euros para cubrir de forma parcial los gastos de estas actividades. En la actualidad se están buscando fuentes adicionales de financiación y ayuda en otros estamentos como por ejemplo la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE).

Agradecimientos

El autor, como coordinador de las actividades de la SEA para el AIA 2009 desea dar las gracias a todos aquellos que se han ofrecido voluntarios para participar en los proyectos descritos en este artículo. SEA y los coordinadores de los proyectos “Astronomía made in Spain” y “Una universidad, un Universo” agradecen a FECyT el apoyo económico.

Benjamín Montesinos es coordinador de las actividades de la SEA para el AIA 2009, y pertenece al LAEX, Centro de Astrobiología (CAB, CSIC-INTA), Villanueva de la Cañada, Madrid.

EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS

A PUNTO DE INICIAR LA OPERACIÓN CIENTÍFICA

J. Miguel Rodríguez Espinosa jmr.espinosa@iac.es

Resumen

El GTC está preparándose a buen ritmo para iniciar su andadura científica a principios de marzo de 2009. Ya ha habido una primera llamada de propuestas. El espejo está completo. OSIRIS está montado en su rotador en una de las plataformas Nasmyth. El proceso hacia la operación científica es sin embargo tedioso por la cantidad de pruebas que hay que realizar. Está lleno de altibajos, pues hay noches que el avance es claro, mientras que otras noches surgen problemas que en general se van resolviendo sobre la marcha. En todo caso la suerte está echada, y esperamos que a partir de marzo haya datos que fluyan hacia la comunidad.

Como en otras ocasiones lo que sigue es el ya tradicional repaso a los diferentes subsistemas del GTC con la idea de dar una imagen clara y actualizada del estado del proyecto.

Cúpula

La cúpula funciona razonablemente bien. Está integrada en el sistema de control del telescopio y sigue sin problemas la posición del telescopio. Todavía mantenemos un límite de seguridad que impide abrir la cúpula completamente. Esto es debido a dificultades para retraer la cúpula, dado su enorme peso, desde su posición totalmente abierta. Se tiene una solución a este problema, pero no se implementará hasta el verano aprovechando el mejor tiempo. En cualquier caso la abertura de la compuerta de observación es suficiente para llevar a cabo la mayor parte de las posibles observaciones.

Telescopio

El telescopio funciona mecánicamente muy bien. Se apunta en prácticamente todo el cielo con menos de 1 segundo de arco de precisión. El seguimiento en lazo abierto se comporta muy bien, con un error menor que 0.1" en 10 minutos. Ya podemos utilizar los brazos de la caja de Adquisición y Guiado (AyG), lo que permite utilizar estrellas fuera de eje para pruebas de seguimiento. Esto es necesario para poder instalar OSIRIS que utilizará el centro del campo.

Óptica

Ya se ha completado el espejo primario (Fig. 1). Ahora lo chocante es ver cómo la mayor parte del espejo está impecable, pero los 12 primeros segmentos que se montaron están rematadamente sucios. Recordemos que estos espejos llevan casi dos años montados, cuando todavía se estaban haciendo trabajos medio sucios en la cámara del telescopio. Por ahora van a seguir así porque hay muchas otras tareas prioritarias, pero pronto después de marzo se realuminizarán estos segmentos. En breve sin embargo se va a probar a limpiar el primario con hielo seco, principalmente para aprender a realizar este proceso. Si se tiene éxito ayudará a mantener el espejo primario limpio más tiempo antes de tener que volver a aluminizar segmentos.

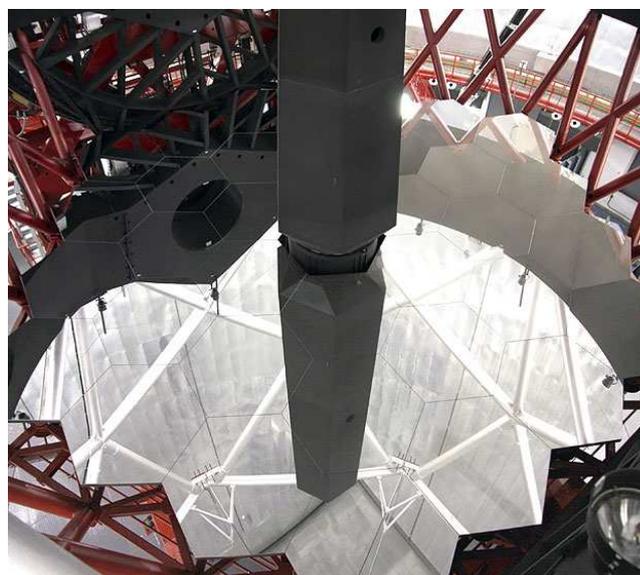


Figura 1 — El telescopio con sus 36 segmentos, espejo completo, ya instalados.

Pruebas y puesta a punto del Telescopio

Durante el verano de 2008 y hasta octubre se detuvieron las observaciones nocturnas en el telescopio para montar los segmentos que faltaban y para desmontar el secundario que tenía que ser aluminizado de nuevo (no quedó bien la primera vez).

Al mismo tiempo se ajustaron los servos del espejo secundario antes de volverse a montar. En octubre se reanudaron las observaciones de lunes a jueves por la noche. Cada noche se llevaba a cabo un programa de observación cuya misión era probar la funcionalidad del telescopio y de la óptica. Estas pruebas eran definidas bien por los ópticos, el grupo de software o el grupo de ciencia. El propósito: demostrar que se verifican los requisitos que se especificaron al inicio del proyecto, así como depurar errores de software, etc. De esta manera se han hecho modelos de apuntado en eje y fuera de eje. Se ha alineado la óptica del telescopio. Se han probado los sensores de frente de onda, etc. Todo esto con noches mejores y noches de más dificultad. Dificultades que principalmente suponen el fallo de algún actuador o sensor de borde de los segmentos del primario, errores de referenciado de los ejes. Errores de software que se van depurando. Todos estas dificultades se van resolviendo noche a noche, añadiendo robustez al sistema monotónicamente. Esto es un punto clave, pues el telescopio ha de ir adquiriendo fiabilidad y robustez, lo que facilitará su operación rutinaria nocturna. Estamos aún un poco lejos de alcanzar el nivel de fiabilidad que deseamos. El problema es que son muchos los frentes abiertos y muchas las tareas por realizar. Falta encontrar un hueco para que los ingenieros de software dediquen unos días a resolver problemillas que surgen aquí y allí, para dar fiabilidad al sistema. Esto se hará en las próximas semanas.

Una funcionalidad importante que se ha puesto en marcha en los últimos meses es la Óptica Activa, y en particular los modelos de apuntado con la óptica activa funcionando (OLACO, por sus siglas en inglés *Open Loop Active Optics*). Lo que hace este modo es mantener todos los segmentos apilados correctamente independientemente de donde apunte el telescopio. Es decir, una vez conseguido el apilado de segmentos, OLACO mantiene el apilado durante la noche, en cualquier posición del telescopio. Hay que destacar que el funcionamiento de OLACO implica los sensores de borde, los actuadores de los segmentos, el espejo secundario, y un conjunto de sensores de temperatura estratégicamente distribuido por el telescopio, además de un complejo software de control que demanda lecturas de los diversos sensores y da instrucciones a los actuadores de los segmentos y al espejo secundario para posicionarse correctamente.

Por último, se ha instalado el módulo de calibración de instrumentos (ICM, por *Instrument Calibration Module*). Este módulo va situado justo detrás de la caja de AyG, y tiene un espejo desplegable que se utiliza para iluminar el plano focal del telescopio con el haz de luz de las diversas lámpa-

ras de calibración. El ICM debía montarse antes de montar OSIRIS, pues una vez montado OSIRIS el acceso a la parte de atrás de la caja de AyG es mucho más complejo (ha de hacerse entrando en el muñón por la parte del espejo primario). El ICM se montó pues y ha sido probado. A modo de resumen me gustaría indicar que en estos momentos el telescopio apunta prácticamente en cualquier dirección con una precisión mejor que 1 segundo de arco. Este valor es incluso mejor que las especificaciones originales que nos habíamos marcado ($2''$). En cuanto al seguimiento del telescopio, obtenemos valores mejores que $0,25''$ en 10 minutos. Ahora recientemente se ha empezado a trabajar en el guiado obteniéndose precisiones del orden de $0,05''$ cuando se cierra el lazo de guiado.

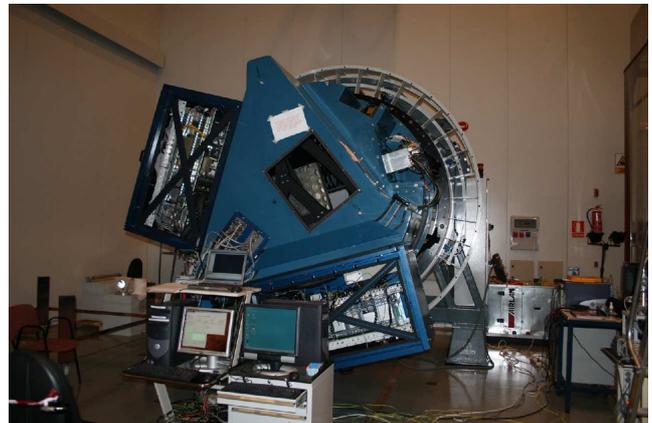


Figura 2 — OSIRIS en el rotador de instrumentos del IAC. Es aquí donde se han llevado a cabo las pruebas de laboratorio de OSIRIS. Foto de E. Joven.

Montaje de OSIRIS

OSIRIS ha sido trasladado al Observatorio después de pasar las pruebas de aceptación en el IAC (Fig. 2). OSIRIS se ha llevado a GTC una vez comprobado que todos sus mecanismos funcionan correctamente. Falta todavía el software que permite utilizar algunos de los modos de observación más complejos de OSIRIS, tales como la espectroscopía multi-objeto o los trasiegos de carga en los detectores. En todo caso, la diferencia entre lo que hay ahora y lo que habrá en un futuro próximo es cuestión de software. Es decir todas las capacidades están, si bien faltan algunos desarrollos de software que permitan utilizar esas capacidades. En estas condiciones, y para no retrasar más el inicio de la operación científica, se ha montado OSIRIS en la plataforma NASMYTH B del GTC (Fig. 3).



Figura 3 — OSIRIS a su llegada a GTC durante el proceso de desembalaje y preparación para sus pruebas y subsiguiente montaje en el telescopio. Foto de E. Joven.

La operación de transporte al observatorio y montaje en GTC ha sido todo un alarde de logística, que ha necesitado el concurso de muchos actores. Como es lógico lo primero ha sido probar OSIRIS a su llegada para descartar cualquier problema de roturas durante el transporte, etc. Hecho esto el instrumento estaba listo para montarse en el Rotador que se había preparado para recibirlo.

Las pruebas de OSIRIS empezaron a continuación, primero con su propio sistema de control. El propósito de esta etapa era ver que se reproducían en el telescopio los valores que se habían obtenido en el laboratorio, donde se tenía un ambiente mucho más controlado. Estas pruebas han sido laboriosas porque ha habido que resolver algunos problemillas con el almacén de máscaras, así como calibrar exhaustivamente el comportamiento de los filtros sintonizables en función de la temperatura de la noche. Una vez completadas estas pruebas, el siguiente hito era conectar OSIRIS al sistema de control central de GTC. En esas estamos cuando escribo estas líneas.

He de hacer notar que al mismo tiempo que se probaba OSIRIS, también se ha estado trabajando en el propio telescopio. Son muchos los aspectos que hay que mejorar del telescopio, por lo que hay que simultanear las pruebas del telescopio con las de OSIRIS. Y así va a seguir siendo al menos durante este año 2009, en el que se dividirá el tiempo entre ciencia (queremos que sea al menos el 50%), pruebas del telescopio, y más pruebas de OSIRIS, además del inicio de las pruebas de CanariCam, que se ofrecerá a la comunidad astronómica a partir de septiembre de 2009.

Quisiera añadir que el equipo de OSIRIS, empezando por su investigador principal el Dr. Jordi Cepa, que prácticamente vive en el observatorio

desde hace un par de meses, están haciendo un enorme esfuerzo por poner OSIRIS en marcha en el GTC.

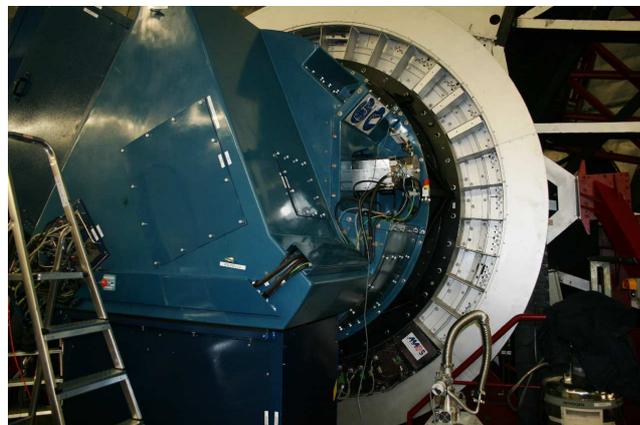


Figura 4 — OSIRIS montado en GTC. Foto de E. Joven.



Figura 5 — El equipo que ha participado en el montaje de OSIRIS en el Rotador Nasmyth, con OSIRIS al fondo. Foto de E. Joven.

Primeras propuestas de la comunidad

El año pasado se realizaron dos convocatorias de propuestas de observación. En ambas la comunidad participó con entusiasmo. La primera convocatoria era para propuestas de verificación científica. Se recibió un gran número de este tipo de propuestas (74), pensadas para probar determinadas funcionalidades del GTC o de OSIRIS. Pronto se harán al menos algunas de estas primeras propuestas y espero que los datos que se obtengan sirvan para demostrar las capacidades del GTC y para producir algún primer resultado científico. También se ha realizado una convocatoria ordinaria de propuestas de observación. La correspondiente al semestre 2009A que comienza en marzo de 2009.

Esta primera convocatoria ordinaria se ha hecho con condiciones especiales, debido a que tanto el telescopio como OSIRIS están todavía en proceso de puesta a punto. Es por ello que se ha decidido que todas las observaciones sean hechas por el personal de GTC. Además solo se han ofrecido unos modos concretos de OSIRIS, esencialmente imagen en Banda Ancha, imagen con el filtro sintonizable rojo y espectroscopía de rendija larga. Esperamos que para el semestre 2009B se puedan ofrecer el resto de los modos de OSIRIS, en especial el modo multi-objeto. La tabla que sigue muestra la distribución de propuestas recibidas para el semestre 2009A.

SEMESTRE 2009A		
Comunidad	Número de Propuestas	Horas Solicitadas
España	49	876
Florida	5	37.5
México	1	12.4
Col. Florida / España	1	18
T. garantizado OSIRIS	10	200.5
ESO / GTC	1	100
TOTALES	69	1253.4

Si tenemos en cuenta que el número de horas disponibles para ciencia este primer semestre es de 490 horas. Si además descontamos el tiempo reservado para tareas de ingeniería, sustraemos el tiempo no usable por cuestiones meteorológicas, y puesto que el tiempo garantizado de OSIRIS y el de los programas ESO/GTC son garantizados, tenemos un factor de sobre-suscripción para el tiempo abierto español de 5, lo que da una idea de la gran expectación y ganas que hay de trabajar con datos del GTC.

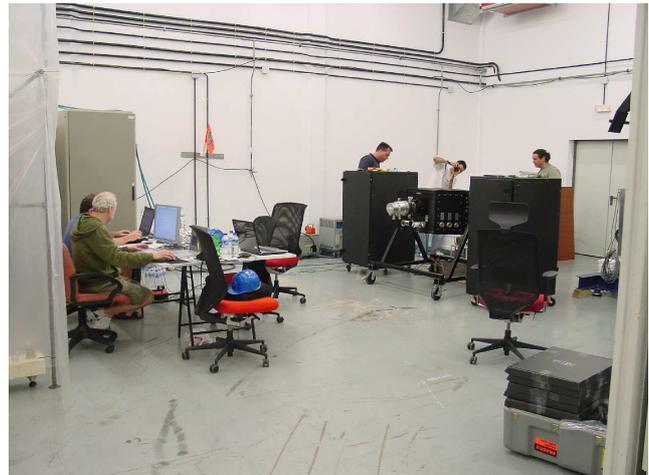


Figura 6 — Pruebas de comprobación de CanariCam a su llegada al GTC.

CanariCam

CanariCam está también en GTC, a donde llegó el verano pasado. Tras pasar unas pruebas para comprobar que nada había sido dañado durante el viaje, CanariCam se almacenó en una sala en espera de que el telescopio esté listo para este instrumento (Fig. 6). En efecto, CanariCam demanda que la óptica del GTC esté en un estado óptimo. El espejo primario ha de tener todos sus segmentos no solo muy bien alineados, sino también en fase. Además el secundario ha de proporcionar basculación para sustracción del fondo infrarrojo. Tanto el co-faseo de los segmentos, como la preparación del secundario se llevarán a cabo durante la primavera de 2009, de modo que CanariCam pueda montarse con tiempo suficiente para llevar a cabo su caracterización funcional y científica, y CanariCam pueda ser ofertado a la comunidad en septiembre de 2009.

José Miguel Rodríguez Espinosa es investigador del IAC y responsable científico de GTC.

HISTORIA EVOLUTIVA Y ESTRUCTURA DE LA PEQUEÑA NUBE DE MAGALLANES

Noelia E. D. Noël

noelia@iac.es

Tesis doctoral dirigida por Carme Gallart y Antonio Aparicio

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 26 de Septiembre de 2006

En el extremo débil de la función de luminosidad, las galaxias enanas son, con mucho, los objetos más numerosos en el Universo presente. Un ejemplo claro de esto es nuestro Grupo Local de galaxias, donde un 90 % de sus miembros son enanas. Dichas galaxias enanas juegan un papel fundamental en la formación y evolución de sistemas mayores, tal y como predicen los escenarios de formación de galaxias, como el de un Universo dominado por materia oscura fría, en el que las galaxias enanas serían las primeras estructuras en formarse. El estudio de sus historias de formación estelar (HFE) es de vital interés para conocer cómo se han formado y cómo han evolucionado a lo largo de su vida. El Grupo Local de galaxias constituye un laboratorio ideal para obtener HFE precisas, donde las galaxias pueden resolverse en estrellas individuales.

El objetivo de la presente Tesis es contribuir al entendimiento de la estructura y evolución de galaxias, a través del estudio de las poblaciones estelares resueltas. En particular, estudiando la “Pequeña Nube de Magallanes”, una de las dos únicas galaxias irregulares de la Vía Láctea. Situada a ~ 60 kpc del Sol, es, después de la Gran Nube de Magallanes, la galaxia más próxima con formación estelar reciente que podemos estudiar en detalle.

Para el propósito mencionado, se realizaron observaciones –en las bandas B y R – correspondientes a 12 campos de la Pequeña Nube de Magallanes, usando un telescopio terrestre mediano (2.5 metros). Los campos se encuentran a distancias galactocéntricas que van desde $\sim 1,1$ kpc hasta $\sim 4,5$ kpc, y están situados a diferentes acimuts, tales como la zona del “ala” al Este, la zona Oeste, y la región Sur. Asimismo, usando una cámara de gran campo, se han hecho observaciones de 3 campos meridionales localizados en las partes más remotas de la Pequeña Nube, a distancias galactocéntricas de $\sim 4,7$ kpc, $\sim 5,6$ kpc, y $\sim 6,5$ kpc.

En primer lugar, se presenta un primer análisis cualitativo del contenido estelar de los 12 campos localizados entre $\sim 1,1$ kpc y $\sim 4,5$ kpc, a través del estudio de sus diagramas color-magnitud

(DCM), los cuales poseen una profundidad tal, que alcanzan los puntos de giro más viejos de la secuencia principal (SP) con excelente precisión fotométrica (Fig. 1). Mediante un análisis preliminar basado en la comparación con isocronas teóricas y funciones de color (FC), se encuentra que la población subyacente, distribuida esferoidalmente, está compuesta tanto por estrellas de edad intermedia como vieja. Los campos localizados en el Este, en la región del ala, muestran formación estelar reciente muy activa, mientras que en los campos correspondientes a la parte Oeste tuvo lugar muy poca formación estelar en los últimos 2 Giga-años. El campo más cercano al centro, localizado en el Sur de la Pequeña Nube, muestra todavía estrellas jóvenes, pero el resto de los campos meridionales presentan muy pocas estrellas de edades menores a 1 – 2 Ga.

El núcleo de la tesis está constituido por el estudio cuantitativo de las HFE de los 12 campos de la Pequeña Nube, haciendo uso de los códigos IAC-star e IAC-pop (Fig. 2). Se encuentran cuatro episodios de incremento sustancial en la tasa de formación estelar, $\psi(t)$: uno a edades jóvenes, sólo presente en los campos del Este y en el campo meridional más cercano al centro, con picos a $\sim 0,2 - 0,5$ Ga; dos a edades intermedias, uno muy conspicuo con picos a $\sim 4 - 5$ Ga, común a todos los campos y otro menos significativo, con picos a $\sim 1,5 - 2,5$ Ga, también en todos los campos; y un incremento en $\psi(t)$ a edades viejas, con un pico a ~ 10 Ga en todos los campos excepto en los occidentales, en los que este incremento se halla “desdoblado” en dos picos, uno a ~ 8 Ga y otro a ~ 12 Ga. Se hallan evidencias de que estas diferencias a edades viejas serían una característica fiable, lo que implica que las estrellas en la Pequeña Nube tardan un tiempo de Hubble o más en mezclarse en fase. Por tanto, los incrementos en $\psi(t)$ a $\sim 1,5 - 2,5$ Ga y a $\sim 4 - 5$ Ga en todos los campos serían el resultado de dos brotes globales de formación estelar ocurridos en la Pequeña Nube a estas edades. La intensidad de la $\psi(t)$ relativa del brote a $\sim 4 - 5$ Ga disminuye a medida que aumenta la distancia

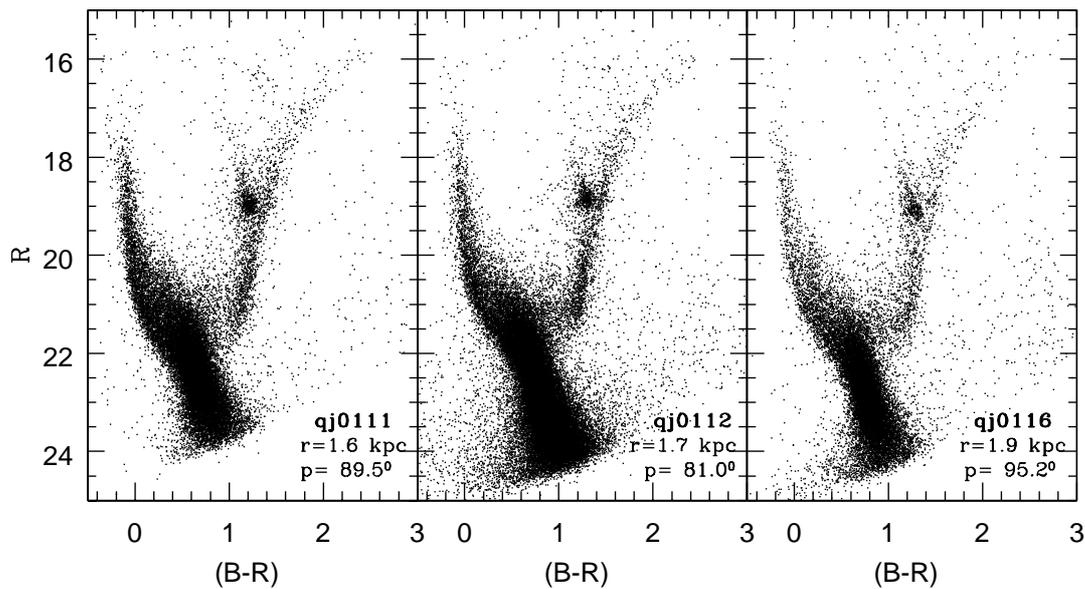


Figura 1 – DCM correspondientes a los campos del Este.

galactocéntrica. Esto se asemeja al gradiente encontrado en galaxias irregulares, sugiriendo que la región de formación estelar era mayor y más extendida en el pasado.

Se encuentra que la población joven presente en el área del ala en el último 1 Ga representa $\sim 7-12\%$ del total de las estrellas encontradas allí. Si bien esto no refleja un aumento excepcional de la formación estelar en el presente con respecto a la $\psi(t)$ promedio, es significativo en términos globales, ya que sólo la población estelar de la zona del ala presenta formación estelar conspicua y activa en el último Giga-año.

Las poblaciones de edades más jóvenes de la Pequeña Nube presentan un gradiente respecto al acimut. Dado que hay un brote de formación estelar en todos los campos con pico a $\sim 1,5 - 2,5$ Ga, esto indicaría un límite superior a partir del cual comenzó esta dicotomía entre Este/Sudeste y Oeste hace $\sim 1,5$ Ga.

Por el contrario, la edad de la población más vieja es muy similar en todos los campos a todo radio y a todo acimut, como lo indica la distribución plana de la edad del 5^o percentil de $\psi(t)$. Esto indica que no hay gradientes evidentes en la edad de esta población más vieja y permite acotar la edad de la población más vieja a más de $\sim 11,5$ Ga.

A 4,5 kpc del centro de la Pequeña Nube, o bien no se ha alcanzado una región dominada por un halo viejo, similar al de la Vía Láctea, o bien la población del disco estaría dominando sobre un posible halo con tales características. Si se estuviese en dicha región del halo, el 5^o y el 95^o percentil de $\psi(t)$ ocurrirían casi al mismo tiempo en los campos más externos.

Se encuentra un acuerdo entre los episodios de in-

cremento de $\psi(t)$ y los encuentros perigalácticos entre la Pequeña Nube y la Vía Láctea. En cuanto a los pasajes pericéntricos con la Gran Nube de Magallanes, sólo se halla una correlación clara en los campos del ala para el encuentro más reciente, hace $\sim 0,2$ Ga.

Finalmente, se recuperó la historia de enriquecimiento químico de los campos de la Pequeña Nube. En promedio, todos los campos muestran un enriquecimiento químico creciente, desde épocas tempranas hasta el presente. Las relaciones edad-metalicidad obtenidas aquí están en buen acuerdo con lo encontrado usando métodos completamente independientes, como el triplete del CaII. Esto constituye una prueba de la consistencia externa de IAC-pop para determinar la ley de enriquecimiento químico.

En la tercera y última parte de esta tesis, se estudian las poblaciones estelares presentes en los confines de la Pequeña Nube de Magallanes, haciendo uso de isocronas teóricas y mediante un análisis del perfil de brillo superficial. Se encuentra que la composición estelar a distancias galactocéntricas de $\sim 4,7$ kpc, $\sim 5,6$ kpc, y $\sim 6,5$ kpc es muy similar. Por primera vez se detectan estrellas de edad intermedia y vieja, genuinamente pertenecientes a la Pequeña Nube, a $\sim 6,5$ kpc del centro de dicha galaxia, en la dirección Sur. El perfil de brillo superficial de los campos analizados sigue una ley exponencial, sin evidencias de truncamiento, hasta la localización del campo más remoto. Estos resultados, en conjunto, indican que, a 6,5 kpc del centro de la Pequeña Nube, la población del “disco” de esta galaxia estaría dominando sobre un posible halo estelar viejo, similar al de la Vía Láctea. Esto

indica, o bien que la Pequeña Nube de Magallanes no posee un halo con estas características, o bien que, de existir, la contribución de dicho halo a la población estelar sería despreciable a $\sim 6,5$ kpc. Finalmente, estos resultados indican que la Pequeña Nube tendría un tamaño significativamente mayor de lo que se creía hasta el presente.

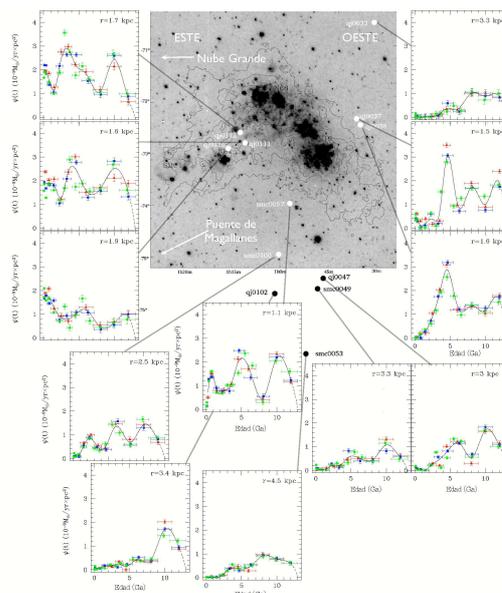


Figura 2 – HFE de los 12 campos estudiados.

ANÁLISIS ESPECTRAL EN RAYOS X DEL SISTEMA BINARIO DE ALTA MASA 4U 1538–52/QV NOR

José Joaquín Rodes Roca

jjrodes@ua.es

Tesis doctoral dirigida por José Miguel Torrejón Vázquez y Guillermo Bernabéu Pastor

Centro: Universidad de Alicante - Universitat d'Alacant

Fecha de lectura: 26 de junio de 2007

Los sistemas binarios de rayos X, formados por una estrella de neutrones (objeto compacto) y una estrella masiva de tipo temprano (estrella óptica) (HMXBs), constituyen un laboratorio único que nos permite investigar cuestiones fundamentales de Astrofísica como los campos magnéticos en estrellas de neutrones o los vientos estelares de estrellas masivas, entre otros. El análisis del espectro en el rango energético 3–100 keV nos ha permitido estudiar la variabilidad de las líneas ciclotrón, de la línea fluorescente del hierro, del flujo y de la absorción fotoeléctrica. De esta forma, se puede efectuar un test entre lo que predicen los distintos modelos teóricos y lo obtenido a partir de las observaciones, tanto para la estrella visible como para la estrella de neutrones.

El objetivo de esta tesis es el estudio de las características espectrales presentes en el púlsar de rayos X 4U 1538–52/QV Nor, su variación a lo largo de un período orbital y el análisis de las correlaciones entre los parámetros que definen las líneas espectrales y el continuo. Hemos utilizado todas las observaciones públicas disponibles de este sistema de la base de datos del observato-

rio espacial Rossi X-ray Timing Explorer (RX-TE), un total de 45: dos campañas realizadas cubriendo un período orbital (1997 y 2001) y otra tomando una observación mensual entre noviembre de 1996 y diciembre de 1997. También hemos utilizado más de 400 ventanas científicas obtenidas con el satélite INTERNational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory (INTEGRAL) para conseguir un espectro con INTEGRAL Soft Gamma-Ray Imager (ISGRI) en el rango energías 17–100 keV.

Todos los espectros analizados del sistema 4U 1538–52 en esta tesis se han descrito bien con las siguientes componentes: 1) absorción fotoeléctrica a bajas energías; 2) ley de potencias modificada por una exponencial; 3) la línea fluorescente del hierro (centrada a ~ 6.4 keV para este tipo de sistemas); y 4) la línea ciclotrón (centrada a ~ 20 keV, también conocida como característica ciclotrón por dispersión resonante).

El estudio de la variabilidad de la línea ciclotrón fundamental nos ha permitido establecer correlaciones entre la anchura relativa σ_c/E_c y la profundidad óptica de la línea ciclotrón τ_c (Figura 1) y

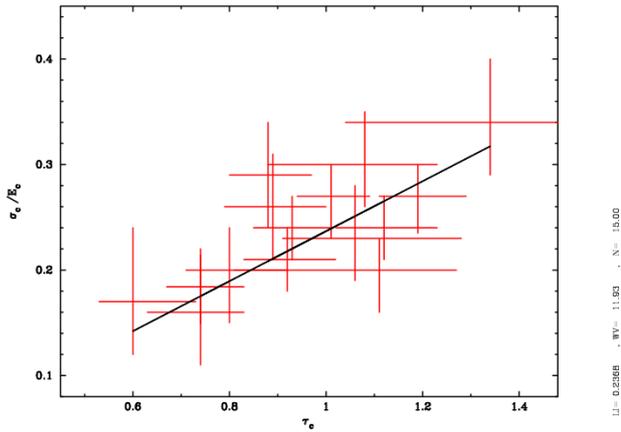


Figura 1 – Variación de la anchura relativa de la CRSF (σ_c/E_c) con la profundidad óptica a partir de datos de *RXTE* para la campaña de observación anual del sistema estudiado en esta tesis. La línea continua representa el ajuste de la correlación lineal entre ambos parámetros que es consistente con los resultados obtenidos por Coburn et al. (2002) y por Kreykenbohm et al. (2004).

entre la anchura de la línea ciclotrón σ_c y su energía E_c . Si la dispersión de los fotones por efecto Compton inverso se crea en todo el volumen de la columna de acrecimiento, los modelos teóricos indican que la profundidad óptica de la línea ciclotrón τ_c debe ser mayor cuando la línea de visión sea casi perpendicular a la dirección del campo magnético (Isenberg et al. 1988). Estos modelos predicen una anticorrelación entre τ_c y σ_c/E_c en contradicción con los resultados observacionales obtenidos.

Por otra parte, hemos establecido una correlación observacional entre σ_c y E_c , en completo acuerdo con los modelos teóricos (Mészáros & Nagel 1985), expresada por la ecuación

$$\sigma_c \propto E_c (k T_e)^{1/2} |\cos \theta| . \quad (1)$$

La presencia de esta correlación, sin embargo, sólo puede reconciliarse con la observación del pulso X (que exige la variación de $\cos \theta$) si dicho ángulo es pequeño. Hemos obtenido una cota superior para el valor de $\theta \leq 18^\circ$ a partir del valor máximo de la energía del plasma ($k T_e$). Esto implica la compatibilidad de la variación de θ para la observación de los pulsos de rayos X y la correlación lineal observada.

También presentamos evidencias de la presencia del segundo armónico (Figura 2), basado en espectros de la fuente obtenidos con *RXTE* e *INTEGRAL* (esta tesis) y *BeppoSAX* (Robba et al., 2001). En todos los espectros con suficiente número de cuentas hemos obtenido una mejora de los

ajustes estadísticamente significativa con la inclusión de la segunda línea ciclotrón centrada en ~ 50 keV. De ser así, este sería el quinto sistema que presenta más de un armónico.

El análisis de la línea de emisión fluorescente del hierro a 6.4 keV es una herramienta útil para estudiar la distribución del material circunestelar en los sistemas binarios de rayos X. La correlación entre la anchura equivalente de la línea del hierro y la columna de hidrógeno que observamos se corresponde con la emisión proveniente de un gas neutro absorbente, con abundancias cósmicas, que se distribuye esféricamente alrededor de la fuente de rayos X. También se ha obtenido que una relación inversamente proporcional entre la anchura equivalente de la línea del hierro y el flujo en rayos X de este sistema.

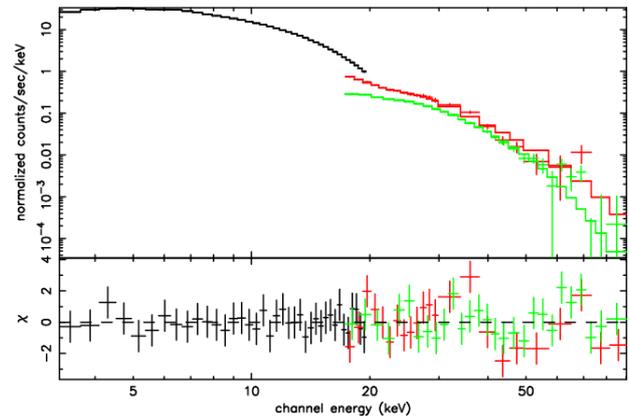


Figura 2 – Espectro de *4U 1538-52* y modelo con una característica ciclotrón. Se representa el espectro con todos los instrumentos utilizados: 3–20 keV con *Proportional Counter Array (PCA)*, 17–100 keV con *High Energy X-ray Timing Experiment (HEXTE)* y 17–100 keV con *ISGRI*. Nótese que el comportamiento es idéntico en el rango de altas energías 40–60 keV y obsérvese la desviación de los datos experimentales en ese rango de energías que indica la presencia de la segunda característica ciclotrón.

Finalmente, la variación de la columna de hidrógeno a lo largo de la órbita es debida al movimiento del objeto compacto sobre el viento estelar de la estrella supergigante. Hemos adoptado un modelo sencillo de viento estelar y asumido una órbita circular para el sistema binario. Esta aproximación nos ha permitido describir razonablemente los datos experimentales ajustando una función de tipo sinusoidal, y estimar la pérdida de masa de la estrella supergigante, consistente con el obtenido a partir de observaciones de *Ginga* (Clark et al., 1994).

MAGNETOHIDRODINÁMICA RELATIVISTA NUMÉRICA: APLICACIONES EN RELATIVIDAD ESPECIAL Y GENERAL

Luis Antón Ruiz

luis.anton@uv.es

Tesis doctoral dirigida por José M^a. Martí y Juan A. Miralles

Centro: Universitat de València.

Fecha de lectura: 14 de marzo de 2008

En numerosos escenarios astrofísicos, como los chorros extragalácticos o las magnetosferas de púlsares, los campos magnéticos son esenciales para interpretar la dinámica observada, por lo que para estudiarlos, deberemos plantear y resolver las ecuaciones teniendo en cuenta los efectos del campo magnético. En muchos casos, las características físicas de estos escenarios permiten realizar una descripción magnetohidrodinámica del fluido, lo cual simplifica considerablemente las ecuaciones.

El objetivo principal de esta Tesis ha sido el desarrollo de un código numérico capaz de resolver las ecuaciones de la magnetohidrodinámica en relatividad especial y general basado en técnicas de *alta resolución de captura de choques*. Este tipo de técnicas explota el carácter conservativo e hiperbólico del sistema de ecuaciones y se basa en la discretización de las ecuaciones escritas en forma conservativa y la evaluación de los flujos entre celdas numéricas contiguas para el avance temporal de las variables del sistema. De entre las diversas estrategias para el cálculo de dichos flujos, hemos optado por desarrollar un algoritmo basado en la descomposición espectral de las matrices jacobianas del sistema conservativo.

Para obtener la descomposición espectral, partimos de la obtenida por Anile (1989), correspondiente al sistema de ecuaciones escrito en forma covariante. En la Tesis se hace un análisis exhaustivo de las condiciones bajo las cuales la matriz jacobiana asociada a un estado del sistema tiene dos o más autovalores iguales (*degeneraciones*), obteniéndose una caracterización covariante de los estados que presentan degeneración. Esta caracterización ha sido muy útil, dado que los estados con degeneración suponen un serio problema para estos algoritmos numéricos, ya que, en dichos estados, el conjunto de autovectores de la matriz jacobiana deja de ser completo. Para resolver este problema, autores como Komissarov (1999) proponen el cambio a otros conjuntos de autovectores completos en los casos con degeneración. La contribución más original de la Tesis ha sido la obtención de un único conjunto de autovectores completo *re-*

normalizado. Una vez obtenidos los autovectores renormalizados del sistema de ecuaciones en forma covariante, han de ser transformados al sistema de variables conservadas (las variables del sistema cuando lo escribimos en forma conservativa).

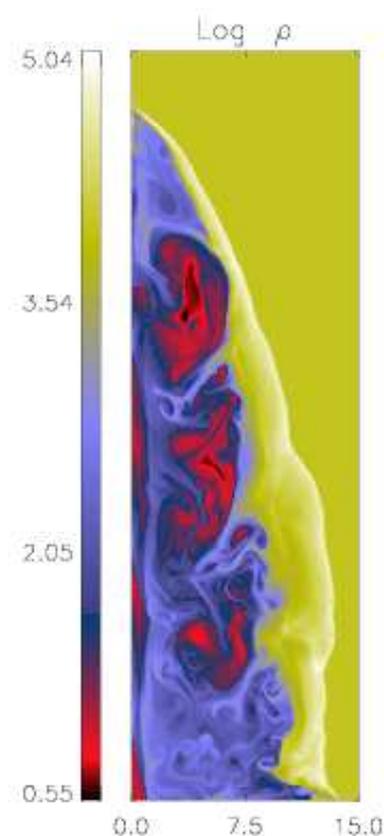


Figura 1 – Distribución de densidad para uno de los modelos de chorro magnetizado estudiados en la Tesis.

En la memoria se muestra el funcionamiento del código que hemos desarrollado basándonos en la descomposición espectral obtenida. Para valorar las prestaciones del código, hemos seleccionado una serie de problemas unidimensionales y bidimensionales. En la Figura 1 mostramos, como ejemplo, la simulación de un chorro axisimétrico magnetizado. Por último se presenta una extensión del código numérico y sus ingredientes esenciales al caso de

la magnetohidrodinámica en relatividad general. Para realizar esta extensión se ha adoptado el denominado formalismo $\{3 + 1\}$. Se muestran también resultados de tests de acrecimiento y resultados preliminares en el estudio de la evolución de discos gruesos magnetizados alrededor de agujeros

negros (Antón et al., 2006).

Anile, A.M., 1989, *Relativistic fluids and magnetofluids*, Cambridge University Press

Antón, L. et al., *ApJ*, 2006, **637**, 296–312

Komissarov, S.S., 1999, *MNRAS*, **303**, 343-366

SIMULACIÓN DE SUCESOS DE ELECTRONES SOLARES CUASI-RELATIVISTAS

Neus Àgueda Costafreda

neus.agueda@gmail.com

Tesis doctoral dirigida por Blai Sanahuja, David Lario y Rami Vainio

Centro: Departament d'Astronomia i Meteorologia, Universitat de Barcelona

Fecha de lectura: 28 de abril de 2008

Los sucesos de electrones solares cuasi-relativistas (> 30 keV) se observan en el espacio interplanetario asociados con actividad solar transitoria; básicamente se trata de fulguraciones o eyecciones coronales de masa (CMEs). El estudio de estos sucesos permite profundizar en el conocimiento de los mecanismos de producción de partículas energéticas en las partes más externas de la atmósfera solar.

En esta tesis doctoral hemos desarrollado un modelo Monte Carlo para simular el transporte de electrones solares cuasi-relativistas entre el Sol y 1 UA, a lo largo del campo magnético interplanetario, que tiene en cuenta los efectos de la focalización adiabática, la dispersión en ángulo de batida y los efectos del viento solar. Asimismo hemos contruido un algoritmo que, por primera vez, permite transformar las distribuciones angulares de partículas simuladas en intensidades sectorizadas, observadas por un detector embarcado en una sonda estabilizada por su propio giro.

Combinando estos dos modelos, hemos desarrollado un algoritmo que permite, por primera vez, deconvolucionar los efectos del transporte interplane-

tario en las intensidades direccionales de partículas observadas por una sonda interplanetaria, con el objetivo de determinar, a partir del mejor ajuste posible, las características de su transporte y el perfil de inyección solar. Hemos aplicado el modelo al estudio de siete sucesos de electrones cuasi-relativistas observados por la sonda *ACE*, en L1, entre 1998 y 2004. El estudio ha permitido evaluar la contribución relativa de las fulguraciones solares y de los choques coronales conducidos por CMEs en la inyección de dichos electrones solares, así como las características de su transporte en el campo magnético interplanetario, en su viaje hasta 1 UA.

Una de las conclusiones del trabajo es la existencia de un amplio abanico de posibles escenarios para la inyección de electrones solares cuasi-relativistas: desde la inyección impulsiva en procesos fulgurativos hasta una inyección gradual asociada con choques coronales (conducidos por CMEs). Asimismo, el estudio demuestra que el transporte de los electrones se puede producir tanto en condiciones muy dispersivas como en condiciones de propagación casi libre.



Figura 1 – Observaciones in-situ de sucesos de partículas energéticas solares por sondas interplanetarias permiten el estudio de los procesos de aceleración de partículas en el Sol y de las características de su propagación en el espacio interplanetario.

PLACAS FOTOGRÁFICAS “CARTE DU CIEL” Y SU CONTRIBUCIÓN A LA CINEMÁTICA Y DINÁMICA DE NUESTRA GALAXIA

Belén Vicente

bvicente@iac.es

Tesis doctoral dirigida por Francisco Garzón y Carlos Abad

Centro: Universidad de Zaragoza; I.A.C. (Tenerife)

Fecha de lectura: 29 de mayo de 2008

Las placas del proyecto *Carte du Ciel*, llevado a cabo hacia 1887, constituyen un valioso material como primera época en cualquier estudio que involucre el cálculo de movimientos propios.

Esta tesis ha supuesto rescatar una colección de 1260 placas fotográficas originales de la zona de San Fernando, que se encontraba almacenada en cajas durante 100 años. De este modo, el trabajo principal de la tesis ha sido resolver todos los problemas de reducción de un material fotográfico provisto de un gran número de complejidades, con el fin de obtener un catálogo de movimientos propios muy precisos.

Se ha resuelto el problema inicial de digitalización de unas placas que, por ser patrimonio histórico, no podían ser sacadas del museo donde se encuentran para ser medidas con instrumentos especializados. Inicialmente, se realizaron reproducciones en acetato de las placas para digitalizarlas en una máquina de precisión utilizada en astrometría, un microdensitómetro PDS. Tras realizar diferentes pruebas en los PDS situados en la Universidad de Yale (EE.UU.) y en el CIDA (Venezuela), se llegó a la conclusión de que las distorsiones debidas al proceso de copia (hasta $15 \mu\text{m}$), junto con la lentitud en el mecanismo del PDS (1 placa/día), dificultaban la realización del proyecto.

Por ello, desarrollamos un método innovador que ofrece una alternativa para la digitalización de este tipo de material: la utilización de un escáner comercial de sobremesa. Aunque su precisión interna es muy inferior a la de un PDS, con el escáner se pueden medir las placas originales y, por ser más rápido (1 placa/8 min.), permite la repetibilidad de digitalización para mejorar la precisión final. En la actualidad, están digitalizadas todas las placas de la colección.

El mayor problema encontrado durante la tesis ha sido corregir la gran distorsión ($\sim 100 \mu\text{m}$) introducida por el escáner (Fig. 1) que, además, era diferente de una placa a otra. Se ha desarrollado un método de corrección con resultados excelentes, obteniendo una precisión de medición final de $3 \mu\text{m}$ ($0''.2$), valor similar al obtenido por otros autores con máquinas de precisión especializadas en

placas fotográficas usando placas semejantes.

También se han resuelto todos los problemas que involucran la medición de imágenes en un material de estas características. Junto con las propiedades físicas típicas de las placas fotográficas (deformación de coma en los bordes, fondo de cielo no uniforme por entrada de luz), se incluyen propiedades específicas del proyecto *Carte du Ciel* (rejilla sobreimpresa e imágenes de exposición triple). A esto hay que añadir las imperfecciones que encontramos, fruto del almacenaje durante 100 años, que producen falsas detecciones de formas muy diversas. Para la resolución de todos estos problemas ha sido necesario realizar desde cero los programas necesarios, ya que los paquetes informáticos comerciales, por ejemplo IRAF o SExtractor, están optimizados para imágenes en CCD y no para material fotográfico.

Las mediciones corregidas se han convertido a coordenadas celestes usando el catálogo Tycho-2 como referencia, determinando y eliminando las deformaciones comunes a todas las placas debidas al sistema óptico del telescopio, así como las diferencias de posición en función de la magnitud. Las posiciones obtenidas, combinadas con las posiciones actuales del catálogo UCAC2, han proporcionado movimientos propios para 560.000 estrellas.

El resultado más notable de esta tesis, además de proporcionar un método alternativo de digitalización de placas, es la elaboración de un catálogo de posiciones y movimientos propios precisos para ~ 560000 estrellas. *El catálogo CdC-SF obtenido tiene la misma precisión en movimientos propios que el catálogo Hipparcos, pero para estrellas siete magnitudes más débiles.*

En la Figura 2 se muestra la distribución de errores en movimientos propios de nuestro catálogo, en función de la magnitud, en comparación con otros catálogos con movimientos propios precisos.

Se ha medido y reducido un tercio de la colección (420 placas, $\alpha = (06^h, 14^h)$, cada una digitalizada dos veces), que ocupa un total de 260 Gb. El resto de las placas se procesarán fácilmente sin más que aplicar los algoritmos aquí desarrollados.

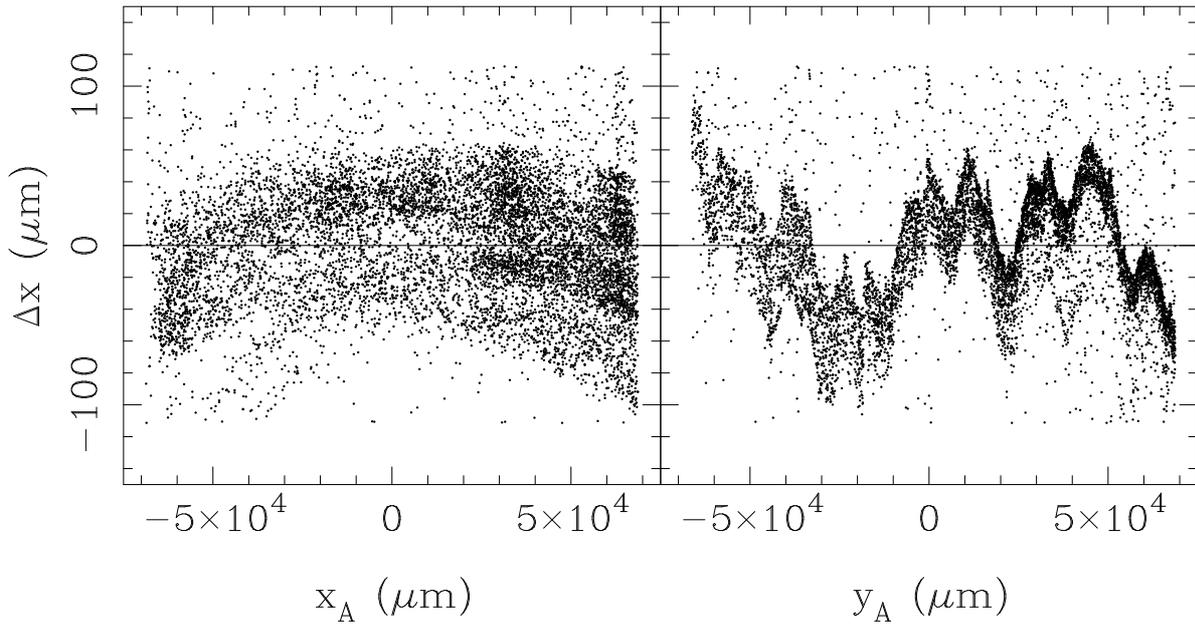


Figura 1 – Diferencias en las posiciones obtenidas a partir de dos digitalizaciones de una misma placa, rotadas 90° una respecto a la otra, alineadas con una transformación lineal. La amplitud de los errores en el eje Y es considerable. Además, esta distorsión varía de placa a placa.

CATÁLOGO CdC-SF	
época media	1901.4
área cubierta	~1080 grados ²
rango de posición en α	$06^h \leq \alpha \leq 14^h$
rango de posición en δ	$-10,5^\circ \leq \delta \leq -2,5^\circ$
rango de magnitud	$6 \leq V \leq 16,3$
completitud	$V \simeq 15,1$
numero total de estrellas	503769
error de medición	$3 \mu m \sim 0''.18$
error en posición	$(0''.21, 0''.19)$
($V < 14$)	$(0''.12, 0''.11)$
error en μ (mas/año)	$(2.0, 1.9)$
($V < 14$)	$(1.2, 1.1)$

Como aplicación del catálogo, hemos realizado un análisis cinemático de los cúmulos estelares abiertos ASCC 30, BOCHUM 3, NGC 2215, NGC 2301, NGC 2311, NGC 2323 y NGC 2548, determinando las probabilidades de pertenencia de cada estrella y caracterizando las propiedades fundamentales de cada uno.

También hemos comprobado como los movimientos propios nos pueden servir como estimadores de distancias, utilizando el parámetro de movimiento propio reducido para la calibración de las magnitu-

des aparentes en absolutas. Con ello hemos determinado la función de luminosidad en la vecindad solar hasta 200 parsecs. Sin embargo, la función de luminosidad obtenida debe revisarse, en lo que atañe a la contribución de las enanas, para incluir las estrellas de movimiento propio más alto, que no se han incluido en el catálogo por el propio proceso de reducción.

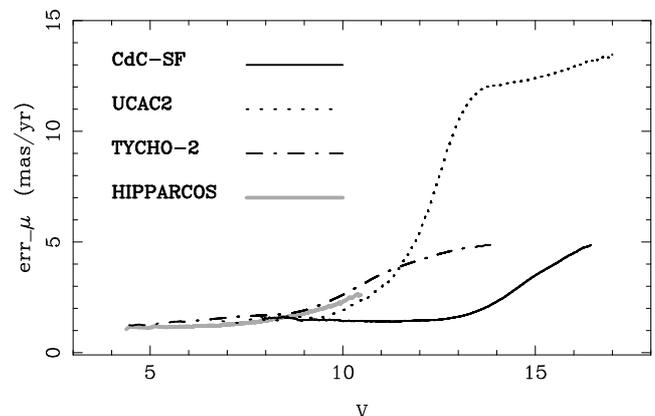


Figura 2 – Media de los movimientos propios del catálogo CdC-SF, en función de la magnitud, en comparación con los catálogos Hipparcos, Tycho-2 y UCAC2.

ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN GALÁCTICA BRILLANTE EN LA REGIÓN CENTRAL DE CÚMULOS DE GALAXIAS A REDSHIFT INTERMEDIO

Begoña Ascaso

ascaso@iaa.es

Tesis doctoral dirigida por Mariano Moles

Centro: I.A.A. (Instituto de Astrofísica de Andalucía)

Fecha de lectura: 26 de junio de 2008

Partiendo de una muestra de cinco cúmulos de galaxias en un rango de *redshift* $0.18 \leq z \leq 0.25$, tomados con el *Nordic Optical Telescope* (NOT) en muy buenas condiciones de *seeing* por una parte y, por otra, de datos de otros cinco cúmulos observados con la *Advanced Camera of Surveys* (ACS) en un rango de *redshift* de $0.17 \leq z \leq 0.39$, hemos realizado un análisis exhaustivo de su población galáctica brillante en el $\approx 1 \text{ Mpc}^2$ central. Este rango de *redshift*, en el que sólo existe una pequeña cantidad de datos de calidad y con buena resolución, es de particular importancia para la comprensión de la formación y evolución de los cúmulos de galaxias.

En primer lugar, hemos estudiado la relación color-magnitud (CMR) para cada cúmulo y calculado la fracción de galaxias azules en sus regiones centrales para buscar evidencia de evolución encontrada en otros trabajos. Asimismo, hemos ajustado la función de luminosidad obteniendo parámetros fiables para este rango de *redshift*. La pendiente de la CMR es aproximadamente constante hasta *redshift* ~ 0.4 , de acuerdo con los valores de la pendiente encontrados a alto *redshift*. No hemos encontrado ningún signo de evolución con el *redshift* ni en la pendiente de la CMR, como se muestra en la Figura 1, ni en la fracción de galaxias azules (Ascaso et al. 2008), ni siquiera en la Función de Luminosidad. Estos resultados están de acuerdo con el hecho de que el contenido estelar de las galaxias en estos cúmulos ya se ha asentado a *redshift* ~ 0.2 .

Adicionalmente, hemos ajustado el perfil de brillo superficial de las galaxias en una y dos componentes respectivamente y, hemos diseñado un algoritmo para decidir el número de componentes de cada galaxia. Posteriormente, hemos estudiando los parámetros estructurales derivados de dicho ajuste. Las galaxias ajustadas en una componente de Sersic muestran una dicotomía para la población galáctica roja y azul, obteniendo valores $2 \leq n \leq 4$ para las galaxias rojas y $n \sim 1$ para las galaxias azules. También hemos encontrado parámetros estructurales de bulbo similares a los encontrados en

el cúmulo de Coma. Sin embargo, las escalas de los discos en nuestra muestra y en el campo local son estadísticamente diferentes y mayores que las encontradas en el cúmulo de Coma (Figura 2), según indican test Kolmogorov-Smirnov realizados (Ascaso et al. 2009). Este resultado sugiere que la evolución de la componente de disco en las galaxias en cúmulos es más rápida que en el campo y, además, indica que las galaxias espirales en cúmulos han sufrido una fuerte evolución en los últimos 2.5 Gyr. Algunos mecanismos que podrían explicar esta evolución son *galaxy harassment* con escalas entorno a $\sim 1 \text{ Gyr}$.

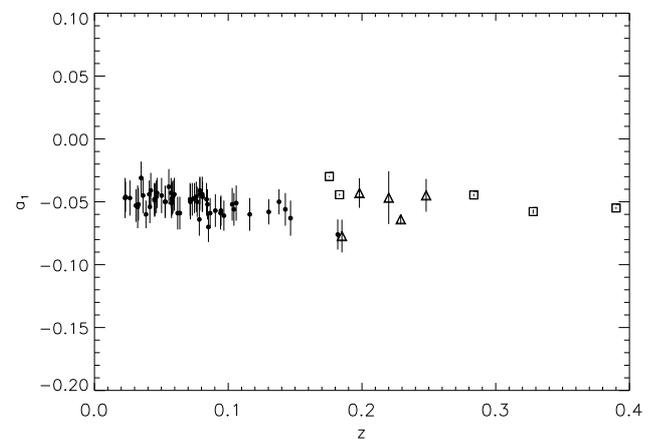


Figura 1 – Pendientes de la CMR para la muestra de López-Cruz et al. (2004) (círculos negros), muestra NOT (triángulos) y la muestra ACS (cuadrados).

En cuanto a la mezcla morfológica derivada de la clasificación visual de la morfología de la galaxia, hemos notado una diversidad de situaciones. Además, la fracción de galaxias en interacción en los cúmulos parece ser mayor que en cúmulos como Coma aunque el número de cúmulos en la muestra no es suficientemente grande para dar una conclusión definitiva.

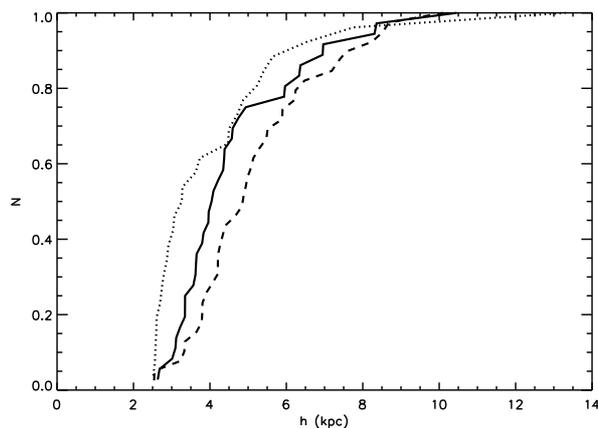


Figura 2 – Función acumulada de las escalas de los discos de la muestra NOT (línea continua), cúmulo de Coma de Aguerri et al. (2004) (línea punteada) y muestra de galaxias aisladas de Graham (2001) (línea discontinua).

Finalmente, hemos explorado las principales características de la galaxia más brillante del cúmulos (BCGs) y hemos desarrollado un algoritmo de la extracción de estas de las imágenes de los cúmu-

los. Las BCGs encontradas en cúmulos más ricos parecen tener un mayor grado de homogeneidad en cuanto a su luminosidad, mientras que para el resto, se hace necesaria una corrección de riqueza. Además, el brillo superficial de estos objetos se ha mostrado que no es tan homogéneo como su luminosidad.

Referencias

Aguerri, J. A. L., Iglesias-Paramo, J., Vilchez, J. M., & Muñoz-Tuñón, C. 2004, AJ, 127, 134

Ascaso, B., Moles, M., Aguerri, J. A. L., Sánchez-Janssen, R., & Varela, J. 2008, A&A, 487, 453

Ascaso, B., Aguerri, J. A. L., Moles, M., Sánchez-Janssen, R., & Bettoni, D. 2009, A&A, submitted

Graham, A. W. 2001, AJ, 121, 820

López-Cruz, O., Barkhouse, W. A., & Yee, H. K. C. 2004, ApJ, 614, 679

ESPECTROSCOPIA CON INTEGRAL DE AGUJEROS NEGROS Y ESTUDIO MULTI-LONGITUD DE ONDA DE UN NUEVO SISTEMA BINARIO

María D. Caballero-García

mcaballe@ast.cam.ac.uk

Tesis doctoral dirigida por José Miguel Mas-Hesse

Centro: Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental (LAEFF)

Fecha de lectura: 27 de junio de 2008

En esta tesis utilizamos los instrumentos de altas energías del satélite *INTEGRAL* para hacer espectroscopía y la cámara OMC para hacer fotometría de dos tipos diferentes de objetos celestes emisores de rayos X. *INTEGRAL* permite obtener la espectroscopía en rayos X y γ (cubriendo un rango espectral de 3–8 000 keV) y OMC es una cámara CCD que opera en el filtro V de Johnson, capaz de proporcionar una monitorización continua de las fuentes científicas incluídas en el *OMC Input Catalogue*. La capacidad de hacer espectroscopía nos permitió el estudio de la emisión de alta energía de dos sistemas transitorios con agujero negro (i.e. GRO J1655–40 y GX 339–4), dando nuevas pistas acerca de la física de los procesos de emisión en alta energía (rayos X y γ) de este tipo de objetos. OMC, el monitor óptico a bordo del satélite *INTEGRAL*, nos permitió hacer un análisis multi-

longitud de onda de TYC 2675- 663-1, desvelando que se trata de un sistema binario con propiedades dominadas por el acrecimiento. Mientras que el estudio de los sistemas transitorios con agujero negro estudiados en esta tesis corresponden a observaciones dedicadas tras la aceptación de un programa de observación, TYC 2675- 663-1 corresponde a parte de un programa de ciencia serendípita.

En esta tesis se presenta el descubrimiento de 3 nuevos sistemas binarios (TYC 2675 663 1, TYC 237 363 1 y HD 86222) en base a sus propiedades fotométricas, todos mostrando emisión en rayos X blandos, ya que pertenecen al catálogo ROSAT. Para dos de estos sistemas, la emisión en rayos X es la esperada en estrellas de rotación rápida debido a actividad cromosférica. Para TYC 2675- 663-1, la situación es diferente, ya que se detectó un exceso en la emisión en rayos X blandos de $\approx 50\%$.

Se inició una campaña fotométrica y espectroscópica para desvelar el origen de este exceso y la naturaleza de ambas componentes del sistema binario. Como resultado, se detectaron un pronunciado efecto O'Connell, comportamiento errático en forma de erupciones y la presencia de mínimos asimétricos y diferentes máximos ocasionalmente en la curva de luz. La espectroscopía permitió detectar emisión notable y ensanchada de las líneas H_α y He I con perfil P Cygni. Esto es debido a procesos de acrecimiento y a la presencia de vientos estelares notables en el sistema binario. Todas estas propiedades llevan a pensar que este sistema es un candidato a sistema de tipo Algol, presentando cambios drásticos y que podría convertirse en un sistema cataclísmico en el futuro. Finalmente, actividad en forma de erupciones en rayos X es probable que suceda en este sistema.

Presentamos espectros con un cubrimiento amplio en el rango (3-500) keV y curvas de luz en rayos X y óptico obtenidas con el satélite *INTEGRAL* del sistema transitorio, candidato a agujero negro y fuente de jets relativistas, GRO J1655-40. Nuestro análisis cubre cinco observaciones de la erupción que comenzó en febrero de 2005. Hemos hallado que la emisión de alta energía de GRO J1655-40 es descrita por una ley de potencias plana y sin cortes exponenciales (con índices de fotones de $1,72 \pm 0,03, 2,21 \pm 0,04$ para la primera y la segunda observación, respectivamente). Éstas corresponden a los estados *low/hard* y *high/soft*, respectivamente. Al contrario que en los espectros de muchos otros candidatos a agujero negro, complejidad espectral en forma de corte exponencial en el espectro no es necesaria en la descripción del estado *low/hard*, contrariamente a lo que se esperaba. En este estudio mostramos por primera vez que los procesos de comptonización no térmica son los do-

minantes en la emisión de alta energía también durante el estado *low/hard*. Finalmente, discutimos nuestros resultados en el contexto de los modelos utilizados para la emisión de alta energía y de los flujos de acrecimiento en los sistemas con agujero negro.

Por último, presentamos observaciones simultáneas realizadas con los satélites *INTEGRAL* y *XMM-Newton* del candidato a agujero negro y fuente de jets relativistas GX 339-4. El análisis cubre 5 y 3 observaciones con los satélites *INTEGRAL* y *XMM-Newton*, respectivamente, de la explosión que comenzó en noviembre de 2006 y fueron realizadas entre enero y marzo de 2007. En este estudio hemos encontrado que durante la primera época de las observaciones la fuente se hallaba en el denominado estado *hard intermediate* y que la mejor descripción de su espectro en el rango de energía $E \leq 300$ keV es una distribución de fotones descrita por una ley de potencias con un corte exponencial a energía 66 ± 2 keV. Utilizando el modelo de comptonización EQPAIR, hemos podido determinar que la corona presenta una geometría compacta con una distribución de electrones relativista, compatible con *la emisión por un jet*. Hemos detectado transiciones espectrales rápidas entre estados *hard* y *soft intermediate*, con una correlación positiva entre la reaparición de la línea relativista del $Fe K_\alpha$ (y reflexión) y el endurecimiento del espectro en la época 3 (al contrario que en el espectro de la época 2, más blando). Esto último sería consistente con la aparición/desaparición de la fuente primaria de alta energía (*¿jet?*) en la transición entre estos estados. Todos los resultados que hemos obtenido han sido discutidos en el contexto de procesos de emisión en rayos X y transiciones entre estados en sistemas constituídos por agujeros negros de masas estelares.

