

EL MISTERIOSO
ARCO DE LYNX

MICROLENTE GRAVITATORIAS:
LUPAS DEL UNIVERSO

EXPLOSIONES EN LA
SUPERFICIE DEL SOL

LA GALAXIA DE CANIS MAJOR:
UNA BIENVENIDA INTRUSA

ENTREVISTA A
DON COX y RON REYNOLDS

Buscando las primeras galaxias

EL ARCO DE LYNX:

UNA GALAXIA AMPLIFICADA
POR UNALENTE GRAVITATORIA



IMAGEN PROFUNDA EN LUZ ROJA TOMADA CON LA CÁMARA WFPC2 ESA/NASA/HUBBLE SPACE TELESCOPE.

SUMARIO

Investigación

El misterioso arco de Lynx3
Montserrat Villar

Microlentes gravitatorias: lupas del Universo.....6
Antonio Claret

Ventana Abierta

...hasta que la gorda cante...8
Rafael Garrido

Charlas con

Don Cox y Ron Reynolds10

Actualidad Científica

Explosiones en la superficie solar12
Daniel Cabrera

La galaxia de Canis Major:
una bienvenida intrusa13
Emilio J. Alfaro

Actividades IAA

.....14

Agenda

.....16

El suplemento periodístico "Una mirada al Cosmos", realizado con motivo de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2002, ha sido

galardonado con el Premio al mejor artículo periodístico de divulgación científica otorgado por la "Casa de las Ciencias" de La Coruña. Este galardón, que Rafael Rodrigo, director del IAA (en la foto: en la primera fila, segundo izquierda), recogió el pasado 15 de noviembre, se suma al otorgado con anterioridad por la Real Sociedad Española de Física y Matemáticas en su concurso "Física+Matemáticas en Acción -4ª edición".



Dirección: José M. Vilchez. Coordinación de Secciones: Antonio Alberdi, Emilio J. Alfaro, José María Castro, Luis Miranda, Olga Muñoz, Miguel Ángel Pérez Torres, Jose Carlos del Toro Iniesta, José M. Vilchez. Edición: Francisco Rendón Martos, Silbia López de Lacalle. Diseño y Maquetación: Francisco Rendón Martos. Imprime: EUROPRINT S.L.

Esta revista se publica con la ayuda de la Acción Especial DIS 2003-10261-E del Programa Nacional de Difusión y divulgación de la Ciencia y la Tecnología, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en este ejemplar citando como fuente "IAA: Información y Actualidad Astronómica" y al autor.

El misterioso arco de Lynx

Uno de los objetivos fundamentales en Astrofísica ha sido siempre detectar los objetos más lejanos. Esto nos permite viajar hacia atrás en el tiempo y estudiar aquellas épocas tempranas en las que aparecieron las primeras estrellas y las galaxias comenzaron a ensamblarse. El afán de llegar más y más lejos supone un gran reto tecnológico, pues necesitamos detectar objetos extremadamente débiles que requieren telescopios cada vez mayores y/o el uso de facilidades en el espacio. Contamos con una solución a esta dificultad que la misma naturaleza aporta: las lentes gravitatorias. De acuerdo con la teoría general de la relatividad, el campo gravitatorio producido por una gran acumulación de masa (p.ej. un cúmulo de galaxias) magnifica la luz de galaxias más lejanas. Estos 'telescopios naturales' permiten observar objetos muy distantes y débiles que de otro modo sería difícil o imposible detectar.

Tal es el caso del arco de Lynx, un misterioso objeto que fue descubierto en una imagen del cúmulo de galaxias RX J0848+4456. Éste, actuando como lente gravitatoria, amplifica la luminosidad del arco unas 10 veces y distorsiona su morfología (ver Fig. 1).

La obtención del primer espectro óptico con el telescopio Keck I de 10 metros (ver Fig.2, rojo) hizo surgir un primer rompecabezas: la identificación de las líneas de emisión. En general, el gas ionizado de las galaxias y nebulosas presenta un espectro muy característico y fácil de reconocer a cualquier distancia. Sin embargo, a primera vista el espectro del arco de Lynx no resultó identificable con ningún patrón conocido. Fue necesario consultar tablas de transiciones atómicas de diferentes elementos químicos y las longitudes de onda correspondientes para identificar las líneas de emisión y determinar el desplazamiento al rojo (z). Éste implica una distancia de unos doce mil millones de años luz: el arco de Lynx existía cuando el Universo aún no contaba con dos mil millones de años de edad.

Nuestro equipo consiguió más adelante espectros de diferente resolución en el óptico y en el infrarrojo cercano con los telescopios Keck I y II (que cubren desde la línea Ly α hasta [OIII] λ 5007; ver Fig. 2 y 3). La gran intensidad de las líneas de emisión indica que son producidas por nebulosas, no por estrellas. El que sean tan estrechas sugiere que el arco de Lynx no es una galaxia

activa y la excitación del gas es producida por estrellas. Por otro lado, el espectro del arco es completamente diferente al de objetos típicos de formación estelar (ver Fig. 2): presenta líneas de muy alta ionización, un continuo muy débil y unas líneas de emisión ultravioleta inusualmente fuertes. Un vistazo al espectro y unos conocimientos básicos sobre física de nebulosas ionizadas pueden darnos pistas sobre la naturaleza de este extraño objeto: para ionizar el helio dos veces, (como se ve en el espectro) se requieren fotones muy energéticos, que las estrellas responsables de excitar una región de formación estelar típica, como la nebulosa de Orión, no pueden generar. Necesitamos estrellas mucho más calientes. Vemos también que el nivel de ionización del gas es muy alto. Por otro lado, la intensidad de las líneas emitidas por elementos pesados ("metales" en el argot astronómico) sugiere que el gas está a una temperatura muy alta; como los principales responsables de enfriar el gas son dichos elementos (p.ej. el oxígeno), todo apunta a una escasez de los mismos.

El siguiente paso consiste en construir un modelo del espectro observado

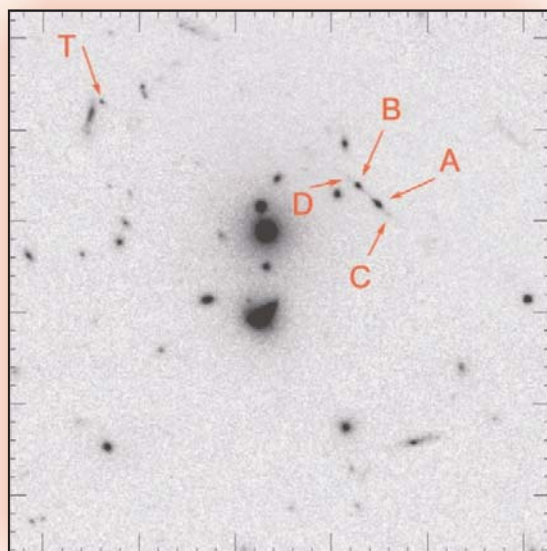


Fig.1: Imagen de 30"x30" de parte del cúmulo de galaxias RX J0848+4456 (desplazamiento al rojo $z = 0.570$) tomada con la cámara WFPC2 del telescopio espacial Hubble (filtro F702W). A, B, C y D muestran las componentes espaciales del arco de Lynx. Se trata de una galaxia situada a unos doce mil millones de años luz ($z=3.36$) y un millón de veces más brillante que la nebulosa de Orión.

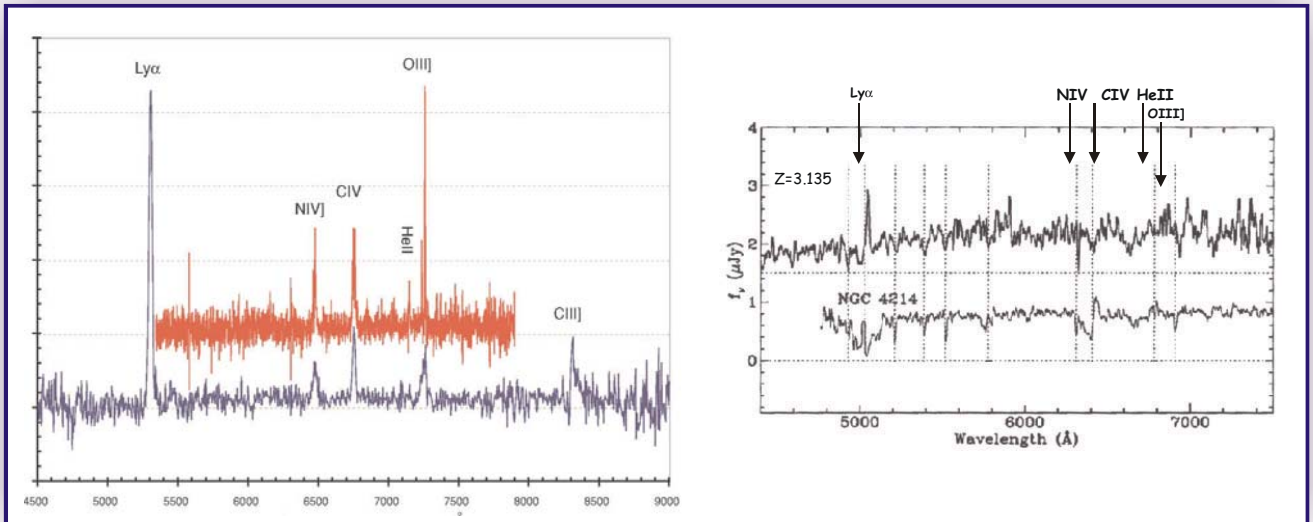


Fig.2: Comparación del espectro ultravioleta (en reposo) del arco de Lynx (izquierda) con el de una región de formación estelar cercana (derecha, abajo) y una galaxia distante ($z=3.2$) con alto ritmo de formación estelar (derecha, arriba). Los dos espectros de Lynx (obtenidos con el telescopio Keck I y el instrumento LRIS) han sido tomados con diferente resolución espectral. El de más alta resolución espectral (en rojo) ha sido desplazado hacia arriba en la escala de flujo para mayor claridad. El espectro del arco de Lynx es completamente diferente al de otros objetos conocidos: presenta líneas intensas y especies de muy alta ionización en el gas que requieren una radiación ionizante muy dura.

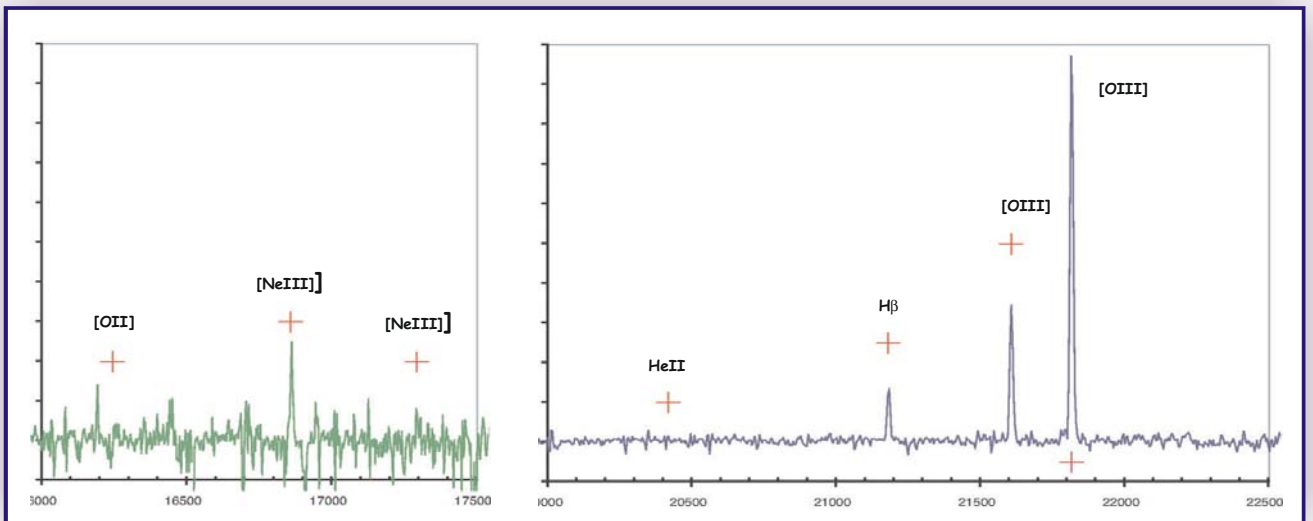


Fig.3: Espectros en el infrarrojo (banda H, izquierda, y K, derecha) del arco de Lynx obtenidos con el telescopio Keck II y el instrumento NIRSPEC. La ausencia de la línea de emisión [OII] 3727 Å (no detectada) y la fuerza de la línea [NeIII] 3869 Å son inusuales. El espectro total del arco de Lynx implica abundancias químicas del gas muy bajas (del orden de 5% el valor solar) y temperaturas estelares muy elevadas (~75.000 grados K), que sugieren estrellas Wolf Rayet o, alternativamente, estrellas primordiales.

para explicar las propiedades físicas del gas ionizado y la población estelar ionizante. Tres son los parámetros fundamentales que determinan la apariencia del espectro: el contenido de elementos pesados del gas, su nivel de ionización y la temperatura de las estrellas ionizantes. Los resultados de estos modelos implican una temperatura de las estrellas de unos 75.000 grados K (comparar con los 40.000 grados K de las cuatro estrellas que ionizan la nebulosa de Orión), gas muy ionizado y de muy bajo contenido metálico (del orden del 5% del contenido solar). Las únicas estrellas conocidas que pueden alcanzar temperaturas tan extremas y explicar los rasgos espectrales del arco son las llamadas estrellas "Wolf Rayet": se trata de estrellas jóvenes muy masivas que experimentan una gran pérdida de masa. Todo ello sugiere que el arco de Lynx es una galaxia muy joven (de menos de 3 millones de años). Una implicación muy interesante estriba en que pueden formarse estrellas "Wolf Rayet" en condiciones de muy baja metalicidad, lo que contradice las predicciones de modelos tradicionales de formación de estrellas.

Alternativamente, las estrellas del arco de Lynx podrían ser "primordiales", es decir, formadas exclusivamente por hidrógeno y helio. Sobre estos objetos se ha especulado mucho durante varias décadas; aunque se sabe que existieron, hasta la fecha no hay ninguna evidencia observacional que confirme su existencia. Estas primeras estrellas, por no contener metales, alcanzaron temperaturas muy elevadas (de hasta 100.000 grados K). Nuestro trabajo indica que la ionización por estrellas primordiales podría explicar un espectro con las características del arco de Lynx. De confirmarse esta interpretación, sería la primera detección confirmada de una galaxia primordial.

Nuestra conclusión es que el arco de Lynx es una galaxia joven poco evolucionada químicamente hablando, y quizás aún en proceso de consolidación. Se trata de un objeto extremadamente interesante, hasta ahora único en sus propiedades espectroscópicas, pero que podría ser representativo de una población de galaxias aún no descubierta que existió en grandes cantidades durante la infancia del Universo. El que hasta ahora no hayamos

encontrado objetos similares podría deberse a que las técnicas de búsqueda de galaxias distantes no son las óptimas para detectarlas. Posiblemente, el uso de lentes gravitatorias nos permitirá descubrir muchos otros "arcos de Lynx" que aportarán información muy valiosa sobre los primeros objetos que poblaron el Universo.

Montserrat Villar (IAA)

Referencias:

Holden et al. 2001, AJ, 122, 629
Fosbury, Villar-Martín, Humphrey et al. 2003, ApJ, 596, 797
Villar-Martín, González-Delgado y Cerviño, 2004, en preparación

MICROLENTE GRAVITATORIAS: LUPAS EN EL UNIVERSO

Cuando se habla de lentes, viene a la mente la clásica imagen que tenemos de estos objetos: un cristal muy pulido que normalmente aumenta el tamaño del objeto que se observa. Pero la expresión lente gravitatoria, ¿qué significa? Para responder a esta pregunta hemos que retroceder unos noventa años, a 1915. En este año, Albert Einstein formuló la Teoría de Relatividad General, que describe las interacciones gravitatorias entre los cuerpos celestes y amplía en gran medida la Teoría de la Gravitación de Newton.

Según la descripción einsteiniana, la materia distorsiona el espacio a su alrededor y esta distorsión provoca la atracción gravitatoria entre los cuerpos. Pero no sólo los cuerpos materiales sienten la influencia del campo gravitatorio: el camino de un haz de luz también se desviará al pasar cerca de un objeto masivo (ver Fig. 1). Pero, ¿cómo comprobar las predicciones

teóricas de Einstein? La idea que circuló con bastante difusión en la época consistía en observar el Sol durante un eclipse: la luz de las estrellas que se ven cercanas al Sol sería desviada por el campo gravitatorio de éste. Fotografiando este campo de estrellas próximas al Sol durante y después del eclipse, ambas placas fotográficas revelarían (valga la redundancia) las diferencias en las posiciones de las estrellas cercanas (en ángulo) al Sol. Un astrónomo inglés, Arthur Eddington, llevó a cabo la tarea. Aprovechando que el día 29 mayo de 1919 tendría lugar un eclipse total del Sol, Eddington organizó dos expediciones para observarlo: una fue a la Isla Príncipe - con Eddington al mando - y la otra a Sobral (Brasil), bajo la dirección de Dyson.

La primera expedición no tuvo mucha suerte. La climatología no ayudó y aunque Eddington creyó que había comprobado las predicciones, sus foto-

grafías no tenían la calidad suficiente. Por suerte, la región de Sobral es muy soleada y el equipo desplazado a este rincón de Brasil obtuvo unas siete fotografías de muy buena calidad que, después de un exhaustivo análisis, pusieron de manifiesto la concordancia entre la observación y la teoría de Einstein.

Si bien todas las lentes gravitatorias se producen por la fuerza de gravedad de los cuerpos que se encuentran en la trayectoria de la luz, el resultado varía desde un aparente cambio de posición hasta una deformación o multiplicación de la imagen fuente. La mayoría de las lentes encontradas tiene su origen en cúasares, aunque una galaxia, en alineación con un cúmulo de galaxias, también puede dar lugar a espejismos gravitatorios y ofrecer una imagen deformada. Otra tipología de fenómenos lente es la producida por un cuerpo menor, por ejemplo una estrella (microlente). Su fuerza gravitatoria pro-

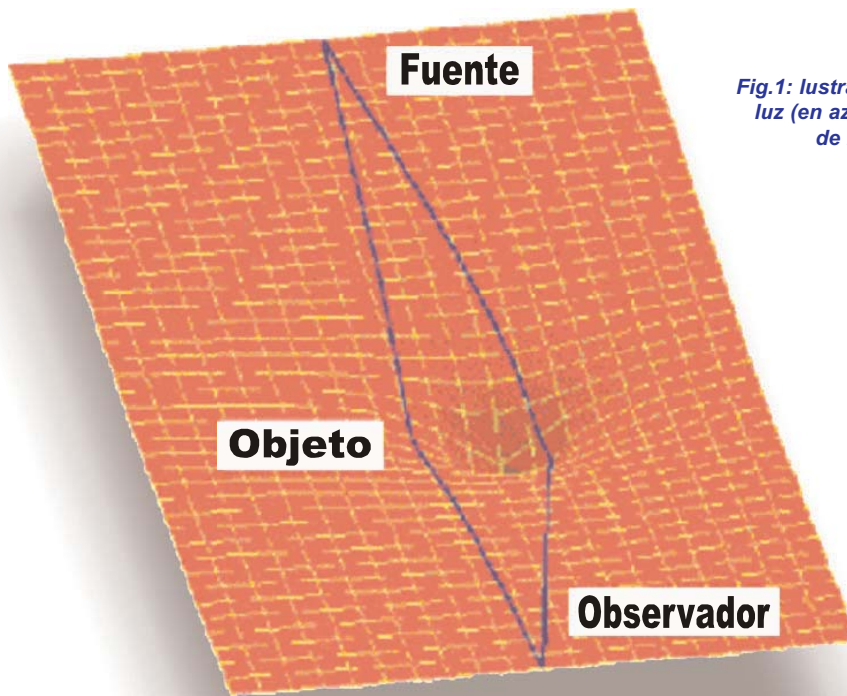


Fig.1: Ilustración de cómo la trayectoria de la luz (en azul) se desvía como consecuencia de la presencia de un objeto masivo.

voca la división de los rayos de luz en una proporción mucho menor que las galaxias, de modo que la separación nos resulta imperceptible y sólo detectamos un aumento en el brillo de la imagen lejana. Se trata de un fenómeno difícil de detectar ya que exige que la estrella-fuente, el objeto-lente y nosotros estemos alineados de forma adecuada.

No obstante, hay ya algunos casos documentados. Recientemente, un grupo de astrofísicos de nueve países, incluyendo España (IAA), ha observado una microlente que amplía el objeto fuente más de cuatrocientas veces. Cinco telescopios terrestres y el telescopio espacial Hubble fueron utilizados para seguir el evento. El Hubble se encargó de definir con precisión el tipo espectral de la estrella-fuente, una información de primera importancia ya que determina cuáles serán los modelos de atmósferas estelares que deben emplearse. La curva de luz resultante de la microlente MOA 2002-BLG-33 (el nombre viene de un ave extinta en Nueva Zelanda) está representada en la Fig. 2.

A este tipo de curva se le llama cáustica y la forma de "M" en su parte central indica que la microlente es, en realidad, un sistema binario. La forma de la curva de luz depende de las características de la microlente y de otros parámetros que también intervienen en la caracterización de la curva de luz

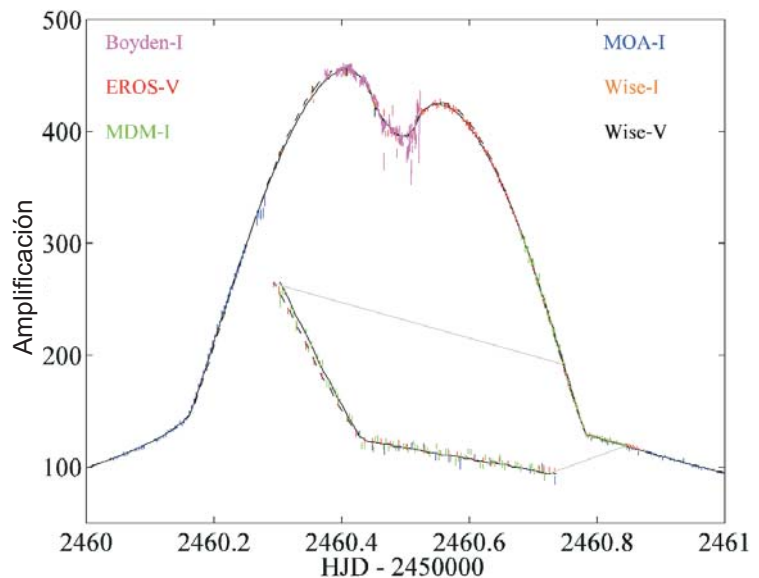


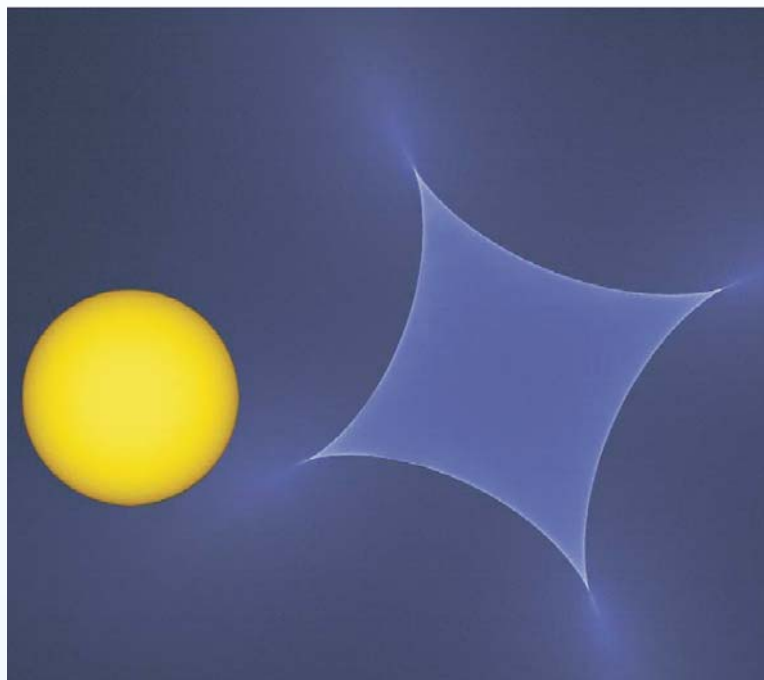
Fig.2: Curva de luz de la microlente MOA 2002-BLG-33.

pero que no están directamente conectados con la lente: la trayectoria, el radio y el oscurecimiento hacia el borde (*limb-darkening*) de la estrella-fuente.

El oscurecimiento hacia el borde es un fenómeno físico que puede ser observado incluso en una bombilla común: si la miramos directamente - no en exceso para no perjudicar la visión - notaremos que los bordes de la bombilla parecen ser más oscuros que su cen-

tro. Eso ocurre porque la luz que proviene del interior de la estrella recorre en los bordes un camino diferente al de la dirección central y, como consecuencia, se atenúa. Lo mismo ocurre con el Sol y con todas las estrellas. Dicho en otras palabras, el *limb-darkening* es una medida de cómo la luz de una estrella se distribuye a lo largo y ancho de su disco. Esta distribución no es uniforme: depende de la cantidad de metales que contiene la estrella, de

Fig.3: Representación de la microlente MOA 2002-BLG-33. Nótese que los bordes de la estrella-fuente están oscurecidos según los modelos esféricos de atmósferas estelares. El mapa de amplificación de la lente esta representado en azul, siendo las regiones más claras las de mayor amplificación. La figura central en forma de diamante representa la cáustica.



la microturbulencia, de su radio, de su masa y de su temperatura.

Como la luz de la estrella-fuente fue amplificada casi quinientas veces, se nos brindaba la posibilidad, sin precedentes, de estudiar detalladamente cómo la luz se distribuye en el disco de esta estrella, de tipo solar aunque bastante más evolucionada. La calidad de los datos exigía, en contrapartida, un cálculo muy detallado de los modelos de atmósferas estelares que incluyera millones de líneas espectrales. Debido a la complejidad del problema, las téc-

nicas usuales (y menos aún las técnicas antiguas de integración que algunos todavía insisten en utilizar) para solucionar la ecuación de la transferencia de la radiación no se aplicaron, ya que se tuvieron en cuenta también los efectos de la geometría esférica, que no están incluidos en los modelos actualmente disponibles (geometría plana).

El resultado de estos cálculos puede verse en la Fig. 2, donde la línea negra continua representa la curva de luz calculada y las barritas en colores deno-

tan los datos observacionales. El cálculo para reproducir la curva de luz es un proceso muy laborioso y exige muchísimo tiempo en grandes ordenadores, como también el cálculo de modelos de atmósferas. Por primera vez se pudo observar y comparar el limb-darkening (ver Fig.3) para este tipo de estrellas con un nivel real de confianza de cerca del noventa y cinco por ciento.

Antonio Claret (IAA)

Las microlentes tienen otras aplicaciones en la Astrofísica tales como:

1- La detección de planetas extrasolares. Se puede hacer un paralelismo entre la experiencia de Rutherford, quien usó las partículas alfa para estudiar la estructura del núcleo atómico, con la detección de planetas extrasolares en eventos de microlentes ya que los fotones servirían para estudiar la estructura planetaria a través de anomalías en la curva de luz.

2- Investigación de la materia oscura a través de la búsqueda del evento en enanas marrones. La duración del evento en este caso sirve con una restricción a la materia oscura debido a las enanas marrones.

3- Barra galáctica. La distribución observada de eventos de microlentes sugiere una estructura en forma de barra para el bulbo galáctico.

... HASTA QUE LA GORDA CANTE...

En la última reunión del Comité Científico de la misión espacial COROT(1) celebrada en Berlín el pasado diciembre, alguien preguntó a Ian Roxburgh, Investigador Principal de Eddington(2) hasta la fecha, acerca del estado de esta misión y éste respondió diciendo que antes tenía que darnos una pequeña lección de inglés. Fue entonces cuando nos dijo la frase que encabeza esta "Ventana Abierta", que lógicamente en inglés suena más elegante. Nos explicó que se utiliza en los casos en los que no se ha perdido la última esperanza sobre un asunto determinado y se está a la espera de algo para dar por terminada una determinada acción. También nos instruyó sobre su origen: data de las bacanales de la Edad Media, que nunca se daban por concluidas hasta que la gorda cantara (fat lady sing). Pero antes de continuar, y para aquellos que no lo saben, explicaré brevemente qué pretendía o pretende esta misión espacial (en el caso que la susodicha cantante entradita en carnes nos deleite con sus trinos... y además esperemos que asienta). Su nombre fue elegido por ser Eddington un renombrado astrofísico inglés, padre de la física estelar de principios del siglo XX. Además fue uno de los mejores conocedores de la teoría de la Relatividad General, algunos piensan que mejor que el mismísimo Einstein (no en vano escribió el primer libro sobre la materia en los años 20). Pues bien, Eddington es una misión espacial que pretendía (¿pretende?) dos objetivos bien diferenciados: medir las microoscilaciones de las estrellas y deducir su estructura interna y descubrir planetas terrestres en otras estrellas mediante la técnica de los tránsitos. Para esto segundo es necesario medir con suficiente precisión la variación del brillo de las estrellas: los planetas de tamaño terrestre, cuando pasan por delante de su estrella, le quitan una parte de luz tan pequeña que es imposible medirlo desde tierra, de modo que es preciso hacerlo desde el espacio. El tritelescopio que constituye el satélite (consta de tres telescopios individuales con un sistema de filtros ultra-anchos especiales, que ha sido la aportación especial del que escribe estas líneas) apuntaría durante varios años seguidos a una misma región del cielo para poder descubrir planetas en órbitas de un año (como la de nuestra Tierra) o menos. Actualmente, los planetas conocidos en otras estrellas son gigantes (del tamaño de Saturno o mayores) y muy próximos a sus estrellas respectivas. Debido a la técnica usada para su descubrimiento (efecto Doppler), no sabemos si son frecuentes o si es un simple sesgo observacional. En cualquier caso, la misión debería suministrar un censo de planetas, es decir, de sistemas solares, alrededor de distintos tipos de estrellas.

Eddington era una misión aprobada por la ESA en mayo de 2002 (¡al económico precio de 200 millones de euros!, sólo recordaros que los Rover de la NASA que acaban de "amartizar" cuestan 4 veces más), hasta que en la reunión del SPC del día 6 de noviembre se canceló por motivos económicos. Esto ya fue recomendado por el comité asesor (SSPC) de la propia ESA el día 13 de octubre de 2003. El comité explicaba que los motivos económicos básicamente provenían del desastre del Ariane V en enero, y subsiguientes retrasos en las misiones Rosetta y SMART-1, así como las malas gestiones económicas en el desarrollo de las misiones Herschel + Planck. El caso es que nuevamente vemos que problemas técnicos o financieros de la ESA se resuelven acudiendo a la reducción o (¡por vez primera!) la supresión de una misión científica. Esto ha hecho reaccionar a la comunidad científica y 436 profesionales, la mayor parte europeos (muchos de ellos de este centro), enviamos una carta al Consejo de la ESA (podéis leerla en la dirección web de la revista: <http://www.iaa.es/revista/portada.html>).

Aunque la misión está formalmente cancelada, el Consejo de la ESA se reunió el pasado 4 de diciembre y dejó entreabierto la posibilidad de buscar nueva financiación para reinstalar Eddington dentro de los planes de la ESA. Este sería el canto final al que aludo en el título. De hecho, la ESA sigue buscando posibles mecanismos para volver a incluirlo en el Programa Científico y se discutirá de nuevo en el Consejo del próximo día 4 de febrero. En cualquier caso, los estudios industriales continúan adelante.

Como en otras misiones espaciales (y ahora mismo lo estamos viviendo con la europea Mars Express y las Rover norteamericanas), a Eddington le salió una sana competencia: Kepler (3). Esta misión continúa viva y su lanzamiento está previsto para finales del 2006. Veremos entonces cómo los norteamericanos inundan los telediarios con los descubrimientos de nuevas Tierras en otras estrellas... y además algunos podremos conocer el detalle de la estructura interna de las estrellas a través de una verdadera sismología estelar!

Rafa Garrido (IAA)

P.D. Quiero agradecer desde estas líneas todo el apoyo que la mayor parte del personal del IAA manifestó acerca de la misión Eddington en su momento y que forma parte de esos 436 firmantes de la carta arriba indicada.

(1) <http://www.iaa.csic.es/~corot/>

(2) <http://www.esa.int/science/eddington>

(3) <http://www.kepler.arc.nasa.gov/summary.html>

Don Cox

Profesor en Astronomía

Ron Reynolds

Profesor en Físicas



De izq. a drch, Ron Reynolds y Don Cox.

Universidad de Madison, Wisconsin

Bien, empecemos con una pregunta un poco simple. ¿Qué les movió a estudiar astronomía?

Ron: cuando era joven (unos 14 años), estuve interesado por la astronomía y leía libros sobre el tema, una pasión que olvidé hasta que en la Universidad supe que se había creado un grupo nuevo de Física del Espacio dentro del Departamento de Físicas; me acordé de mi antigua afición y decidí ingresar en él.

Don: para mí fue del todo un accidente. Estudié ingeniería eléctrica pero luego pensé que yo no quería ser ingeniero, de modo que pregunté a mis profesores y me recomendaron ir a la Universidad de San Diego; dije que vale, pero allí no tenían ingeniería pero sí físicas y, aunque nunca había disfrutado mucho con la física, ingresé... Encontré a alguien con quien trabajar que me propuso ayudarlo en un problema que me fascinó, pero que estaba ligado a la astronomía, de modo que necesitaba estudiar físicas. Digamos que encontré el problema que quería resolver antes de tener conocimientos sobre el tema.

¿Lo mejor y lo peor del trabajo de astrónomo?

Ron: no creo que haya partes malas. La investigación es la mejor parte, pero trabajar en un comité para mantener a tu departamento, o todo lo relacionado con las formas de obtener dinero, es lo más aburrido,

Visto desde fuera y a tenor de lo que se publica en los medios, parece que en astronomía existen "temas estrella", como podría darse en el caso de Marte, los agujeros negros, la materia oscura o los planetas extrasolares, ¿qué les movió a estudiar el medio interestelar?

Ron: por circunstancias en la universidad de Wisconsin;

yo trabajaba en estudios de plasma interplanetario en relación con el viento solar, hasta que descubrieron que una gran fracción del medio interestelar contenía hidrógeno ionizado, lo que constituía algo totalmente inesperado; recibí la tarea de crear un instrumento que detectara la luz de este hidrógeno, y ahí comenzó todo.

Don: para mucha gente en Wisconsin fue un accidente. Yo empecé estudiando el modelado de espectros de supernovas, y un colega estudiaba la emisión de rayos X del cielo; después yo pasé al modelado del gas caliente y un día llegamos a la conclusión de que el gas caliente y los rayos X se hallaban relacionados. Mi interés por el medio interestelar fue creciendo porque vi con claridad lo que no se había entendido correctamente; se convirtió en un rompecabezas del que aún no he podido escapar...

Mientras preparaba la entrevista, encontré la siguiente cita: "No mucha gente puede estar orgullosa de haber cambiado la Galaxia, pero Don y Ron, ciertamente, han cambiado nuestra visión de ella". Viniendo de un colega suyo, ¿qué opinión les merece?

Ron: bien, digamos que ha cambiado mucho, y nosotros estábamos allí cuando ocurrió, fuimos parte del proceso.

¿Vuestro descubrimiento más importante?

Ron: para mí fue la detección de la luz del hidrógeno ionizado, y después continuar con más investigaciones para descubrir las características físicas de este gas.

Don: no estoy seguro de poder decir que he sido protagonista de un descubrimiento; he trabajado en diversos campos, los he explorado e intentado determinar qué

ocurría en cada uno, y me he dado cuenta de que la vida es mucho más compleja de lo que yo había supuesto... Creo que mi descubrimiento ha consistido en desafiar lo que se tenía por seguro...

¿Cuáles son las conclusiones más importantes a las que habéis llegado en este congreso, o tertulia galáctica?

Ron: bueno, puede que la hayamos escuchado hace poco... la penúltima ponencia de esta mañana afirmaba que no se detectaba ningún tipo de emisión de la burbuja local; se supone que está a un millón de grados, de modo que debería verse la luz que emite. El ponente dice que no, lo que ha constituido una gran sorpresa para mí...

Supongo que tiende a no creerlo...

Ron: no, bueno, hay modos de que, incluso considerando que la observación sea correcta, el gas esté ahí.

Don: él ha estudiado un grupo particular de líneas de emisión que se ha intentado detectar más veces con un alto porcentaje de fracasos. Nuestro grupo las ha medido con una intensidad que supera la que él afirma que no podía medir, pero incluso así eran mucho más débiles de lo que se esperaba inicialmente, y la única explicación que se me ocurre al respecto viene del hierro: en el medio interestelar el hierro se halla confinado en los granos de polvo que, cuando se encuentran a tan elevadas temperaturas, se rompen y mezclan con el gas; pero el hierro es tan estable que puede aún estar ahí aunque no podamos ver sus líneas. Así que para mí, el hecho de que él no las haya detectado no constituye un problema, lo que sí existe es un gran conflicto entre nuestros resultados y los suyos.

Curiosamente, hay también otras direcciones de ataque a la burbuja local, parece que este año está de moda..., y se trata de un tema al que he dedicado gran parte de mi vida, espero que no haya sido en vano... (risas)

¿Los desafíos inmediatos para los astrónomos interesados en la Vía Láctea?

Ron: algunos de ellos tienen que ver con el papel del gas muy caliente en el medio interestelar... las estrellas se forman en el medio interestelar y algunas, después de formarse, reaccionan con él, lo calientan, ionizan y "empujan", proceso que aún no se entiende bien. Personalmente creo que el auténtico problema estriba en medir los movimientos de ese gas de modo que podamos compararlo con otras zonas del medio interestelar y descubramos la forma en que se conectan.

Don: el medio interestelar es un sistema en interacción muy complicado en el que intervienen muchos componentes, así que puede buscarse la analogía con la economía, donde intervienen muchas y diversas fuerzas. Hay mucha gente que ha tratado de realizar modelos de este "ecosistema", y mi perspectiva indica que hay que crear un modelo que satisfaga también la información no observacional. Un problema que tenemos consiste en que cuando se hace un modelo la gente tiende a creer que describe la realidad, y yo intento convencer a la gente de que considere su modelo como uno más, que necesita ser comparado con las observaciones y con los otros modelos y examinar si nos ayuda a entender que la Galaxia funciona

con unas reglas simples.

¿Cuáles son los avances tecnológicos necesarios para resolver estos problemas? O, mejor dicho, ¿qué se necesita: telescopios, dinero, gente, entusiasmo...?

Ron: para lo que yo comentaba antes, determinar los movimientos del gas y así sacar una foto del cielo, no existe hoy día un instrumento. Necesitamos algo que pueda romper la luz emitida por este gas en intervalos de onda muy pequeños y no está aún muy claro cómo se puede construir semejante instrumento.

¿Consideráis vuestro campo de investigación uno de los afortunados?

Don: nunca hay suficiente dinero, gente o instrumentos para resolver todos los problemas que quisieras pero, hablando en general, creo que la Vía Láctea y en concreto el medio interestelar no tienen la predominancia que tuvieron hace unos veinte años porque el interés se ha trasladado más lejos (otras galaxias, cosmología...). Sin embargo, al final van a tener que entender en detalle la Vía Láctea, cómo funciona, etc., porque antes de entender las galaxias más lejanas debemos entender qué ocurre en la que habitamos... y estamos convencidos que todo esto será muy útil para todo el mundo en el futuro (risas).

Algunas de sus preferencias personales

-Canción o tipo de música:

Don: Rock&roll,

Ron: lo mismo, pero el viejo rock&roll.

-Libro:

Ron: mi autor favorito es Noam Chomsky, y sus obras relacionadas con la política estadounidense y la internacional.

Don: "Zen y el arte de reparar motocicletas", de Robert Pirsig.

-Película:

Ron: El padrino

Don: Memento.

-Ciudad:

Ron: Granada

(No hace falta que digáis Granada...)

¿Cómo no voy a decirlo?, ¡es maravillosa!

-Un paisaje:

Ron: el Gran Cañón.

Don: el Caribe.

-Sueño:

Ron: ser feliz

Don: dedicar más tiempo a hacer algo distinto, aunque no estoy muy seguro de qué es...

-Pintor:

Ron: Picasso.

Don: Dalí.

Explosiones en la superficie del Sol



Crédito: <http://sohowww.estec.esa.nl>

Desde nuestra perspectiva como observadores de a pie, el Sol se nos presenta como un astro en calma del que sólo podemos apreciar su movimiento diurno. Sin embargo, su superficie es turbulenta y dinámica, una compleja estructura de materia en interacción con un campo magnético que es capaz de producir fenómenos extremos. Debido a los cambios en la configuración magnética solar se producen enormes explosiones que a menudo, pero no siempre, expulsan grandes cantidades de partículas cargadas (véase Fig.1) a velocidades de hasta ocho millones de kilómetros por hora.

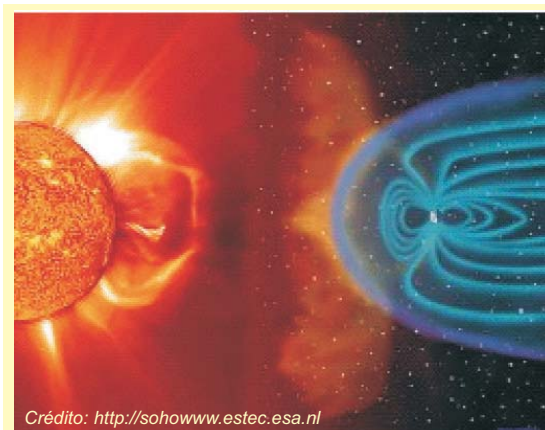
Este tipo de eventos se da con una tasa que varía de pocas veces por semana a varias veces por día, dependiendo del grado de actividad solar. Por lo tanto, de vez en cuando, este material es expulsado en dirección a la Tierra (véase Fig.2), y llega hasta nuestro planeta en uno o dos días por término medio. Cuando las partículas cargadas procedentes del Sol se aproximan, el campo magnético terrestre actúa como escudo desviándolas hacia los polos magnéticos. Al entrar en la atmósfera excitan eléctricamente el oxígeno y el nitrógeno, que emiten luz dando lugar a las auroras (véanse

Fig.3 y Fig.4) boreales (polo norte) y australes (polo sur). En condiciones normales este fenómeno sólo puede ser observado desde latitudes cercanas a las polares, pero cuando la expulsión de material es suficientemente grande las auroras son visibles desde latitudes más bajas (países nórdicos, Irlanda, etc.). Además de las brillantes auroras, el flujo de partículas cargadas tiene múltiples efectos. Llevan asociadas grandes cantidades de radiación perjudicial para los astronautas, causan estragos en los satélites llegando incluso a inutilizarlos por completo, distorsionan las



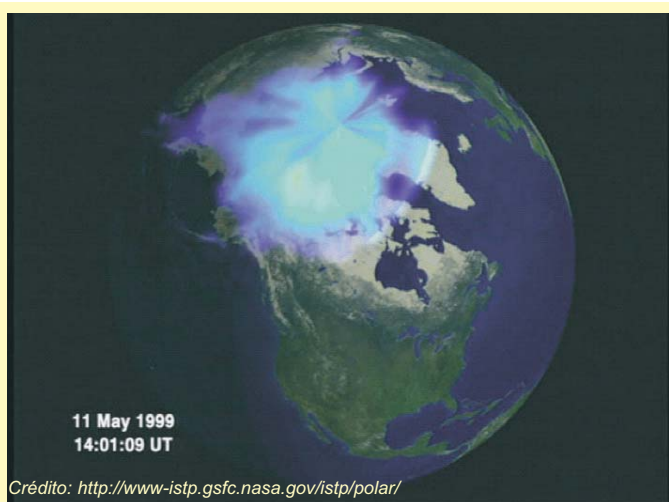
Crédito: <http://sohowww.estec.esa.nl>

Fig.1: Eyección de masa coronal solar observada por SOHO. La observación de la corona es posible gracias a un coronógrafo que oculta el disco solar.



Crédito: <http://sohowww.estec.esa.nl>

Fig.2: Material expulsado en dirección terrestre.



Crédito: <http://www-istp.gsfc.nasa.gov/istp/polar/>

Fig.3: Imagen de la aurora boreal captada por el satélite POLAR.

señales de radio que utilizan la ionosfera (capa mas externa de la atmósfera) para ser retransmitidas, y también pueden afectar al voltaje de la red eléctrica provocando incluso el colapso del flujo eléctrico en latitudes altas. En la actualidad sólo podemos anticiparnos en uno o dos días a la llegada del material solar (tras la observación en el Sol de la explosión). Resulta evidente

nuestro interés por predicciones más anticipadas y por ello los físicos solares dedican cada vez más tiempo a entender los procesos que originan dichas explosiones.

Daniel Cabrera. (IAA)



Crédito: <http://www.gi.alaska.edu>

Fig.4: Aurora Boreal vista desde Alaska.

La galaxia de Canis Major: una bienvenida intrusa

A principio de los 90, el brillante, pero no estelar, astrónomo americano Richard Larson escribió que para conocer el proceso de formación de las galaxias había, al menos, dos caminos a seguir: a) observar las galaxias primigenias en su etapa de formación, es decir, irnos a tiempos cósmicos muy lejanos y, b) analizar y organizar los fósiles galácticos en nuestro universo local. Las imágenes del "Hubble Deep Field" (Campo Profundo del Hubble) y el descubrimiento de la galaxia enana de Sagitario no tardaron en apoyar las tesis de Larson.

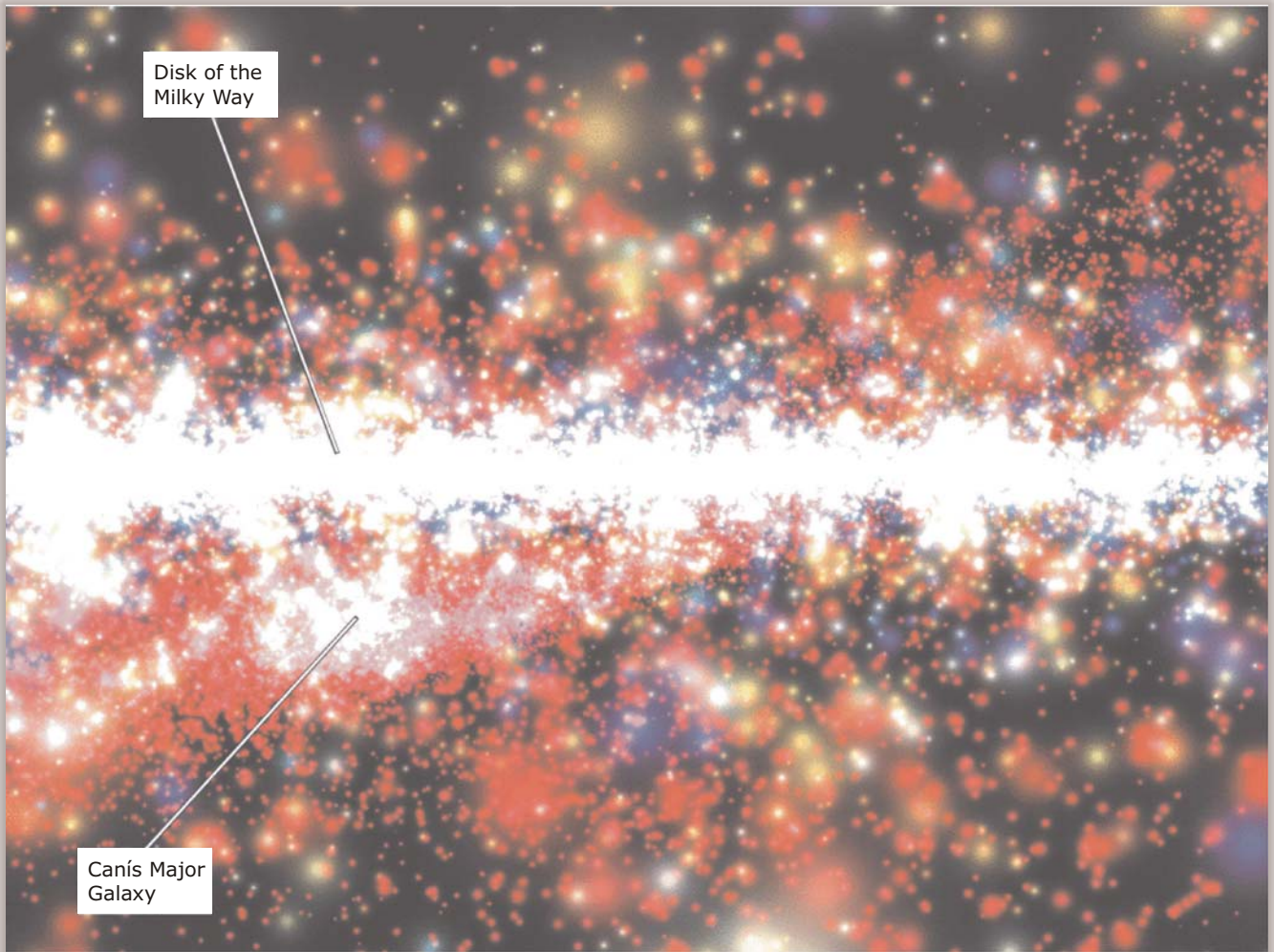
La mejor vista del universo primigenio nos mostró un escenario muy poblado y violento, donde una gran cantidad de galaxias "enanas" parecían bailar una danza al compás de su atracción mutua. Las galaxias más luminosas se localizaban en el centro de pequeños grupos y sus colores brillantes y azulados, así como la presencia de estructuras asimétricas, indicaban que aca-

baban de devorar a algunas de sus vecinas más cercanas, aumentando su masa y brillo a la vez que produciendo una ingente cantidad de nuevas estrellas. ¿Sobreviviría alguna de las vecinas a este apetito voraz? ¿Sería posible detectar cuántas galaxias se habían fundido a partir de la historia fósil de la galaxia emergente?

En 1994, las medidas rutinarias de la velocidad radial (componente de la velocidad de las estrellas a lo largo de la línea que une al observador con el objeto) de un campo de estrellas en el hemisferio sur galáctico permitió la detección de una galaxia enana que estaba interaccionando con el halo de la Vía Láctea. El modelo de formación de galaxias espirales a partir de la fusión de objetos más pequeños recibió el espaldarazo definitivo con la observación "in situ" de una galaxia engullida por el campo gravitatorio de la Vía Láctea. El halo de nuestra galaxia no sólo estaba formado por las

estrellas nacidas de la nube primigenia, sino que estrellas generadas en ambientes diferentes y con una historia evolutiva distinta se mezclaban en este mismo espacio. Diversas composiciones químicas, edades y cinemática podían confluír en una misma región del halo. De hecho, la cinemática de las estrellas de Sagitario, distinta a la de las Vía Láctea, propició su descubrimiento. En la última década, la búsqueda de los restos de Sagitario ha sido uno de los programas científicos más atractivos, al que numerosos astrónomos han dedicado sus estudios. Así, se ha podido deducir la órbita seguida por esta galaxia antes de difuminarse en el halo de la Vía Láctea; dicha órbita se halla contenida en un plano casi perpendicular al plano fundamental de nuestra Galaxia.

El año 2003 ha sido especialmente propicio para este tipo de investigaciones. El primer trimestre del año nos deparó el descubrimiento de otra gala-



Pie de figura: *Recreación artística que muestra la localización del disco galáctico y la posición relativa del núcleo y cola de marea de la nueva galaxia descubierta. Este tipo de choques entre el disco galáctico y una galaxia satélite puede causar el calentamiento del disco galáctico y la formación del denominado disco grueso.*

xia enana que se está fusionando con nuestra gemela más cercana, la galaxia de Andrómeda. La detección de la galaxia enana y su cola de marea se basó también en datos cinemáticos: un campo estelar en las regiones externas del halo de M31 participaba de un movimiento común muy alejado del esperado para las estrellas de esa región del halo. La diferencia cinemática se mostraba como el mejor método para la detección de satélites en interacción. Sin embargo, a finales del año pasado, el descubrimiento de una nueva galaxia engullida por la Vía Láctea vino a agitar las ya turbulentas aguas del estudio de la formación de galaxias.

Un equipo de astrónomos europeos y australianos detectó la presencia de una nueva galaxia, en la constelación de Canis Major, que parecía estar embebida en el disco de la Vía Láctea. ¿Por qué tan contentos?, no es la pri-

mera interacción observada, ni tan siquiera en nuestra Galaxia. Sin embargo, tres factores confieren una especial singularidad a este descubrimiento: a) no ha sido descubierta a partir de datos cinéticos, b) su plano orbital está muy cercano al plano de la Vía Láctea y, c) sus estrellas no están contaminando el viejo, pobre y lejano halo sino el joven, denso y cercano disco galáctico.

Este trabajo nos muestra que la diferente cinemática no es el único camino para descubrir a los intrusos. En este caso se han utilizado datos fotométricos, basándose en la localización en el diagrama color-magnitud de un tipo especial de estrellas. La fotometría en el rango infrarrojo muestra que esta región de la Vía Láctea presenta un exceso de estrellas gigantes de tipo M, especialmente abundantes en galaxias enanas como la de Sagitario, que sólo

puede explicarse con la captura de una galaxia similar a Sagitario. La localización del núcleo de Canis Major y su aparente órbita nos inducen a pensar que el disco galáctico puede presentar una no despreciable contaminación de estrellas nacidas en diferentes sistemas y que el subsistema más joven, rico en metales y con una distribución de velocidades más estructurada de las galaxias espirales, el disco, podría estar trufado de estrellas viejas, pobres en metales y con una muy diferente cinemática. La situación empieza a ponerse interesante.

Créditos:
Rodrigo Ibata y colaboradores.
Observatorio de Estrasburgo. 2003

Emilio J. Alfaro (IAA)

CONCURSO IAA DE OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA

Dentro de las actividades organizadas por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA, CSIC) para la "Semana de la Ciencia y la Tecnología 2003", y conscientes de la importancia de acercar y promover el interés por una materia fundamental en el conocimiento científico como es la Astronomía, el IAA convoca un concurso dirigido a alumnos de primer y segundo curso de Bachillerato.

Más información, así como las bases completas se puede encontrar en <http://www.iaa.es/SCYT2003/concurso.pdf>.

ROSETTA PREPARADA DE NUEVO PARA SU LANZAMIENTO

Después del fracaso del Ariane-5 en su versión G+ del pasado año, el próximo mes de febrero de 2004 se producirá el lanzamiento de la sonda Rosetta hacia su nuevo destino, el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. La sonda tendrá su encuentro con el objetivo en el verano de 2014, aunque durante su periplo sus instrumentos tomaran nuevos datos científicos e impactantes imágenes de diferentes objetivos ya programados por los científicos.

José M^a Castro Marín (IAA).

PHYSICS ON STAGE - 3

Durante la semana del 8 al 15 de noviembre de 2003 se celebró en la sede holandesa de la Agencia Espacial Europea el tercer encuentro de Physics on Stage (Física en Acción). Esta feria proporciona una oportunidad, a todos los participantes del evento, de presentar sus proyectos y compartir ideas con sus colegas europeos, y así exponer nuevas formas de explicar a los jóvenes los aspectos de los diferentes campos de la ciencia (física, química, biología, matemáticas, etc.). Al evento también acudieron todas las organizaciones europeas de investigación con el objetivo de darse a conocer y procurar una mayor divulgación de sus investigaciones. El IAA también asistió al mencionado encuentro para explicar las actividades que realiza y así poder acercar la astrofísica a los estudiantes más jóvenes

José M^a Castro Marín (IAA)



ACTIVIDADES DEL IAA CON MOTIVO DE LA SEMANA EUROPEA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA 2003

Del 8 al 14 del pasado mes de noviembre se celebró la Semana Europea de la Ciencia y la Tecnología 2003, en la que el IAA ha participado de forma activa con un variado programa de actividades.

La observación del eclipse lunar completo que acaeció el día 8 inauguró con éxito el programa ya que, a diferencia de lo que sucedió en gran parte del país, las nubes no impidieron tomar imágenes del evento y se registraron más de cinco mil accesos a la web del IAA y a las webs alternativas creadas para la ocasión. El martes 11 se llevó a cabo la presentación del CD-ROM de divulgación "Universo Compacto", así como la convocatoria del Concurso IAA de Observación, cuyas bases se pueden consultar en la dirección <http://www.iaa.es/SCYT2003/concurso.pdf>. El miércoles 12 y el viernes 14 se realizó una doble actividad consistente en una breve revisión de los eventos y resultados astronómicos más destacados del 2003, seguida de una jornada de observación con el telescopio PETI. Y el jueves día 14 tuvo lugar una actividad que, bajo el título de Astrocine, puso de manifiesto la relación entre la astrofísica y el cine y se reveló como un valioso medio de acercar la ciencia a la sociedad.

Todas estas actividades registraron una amplia asistencia, en ocasiones superando el aforo y, según las encuestas realizadas, fueron muy positivamente valoradas por el público.

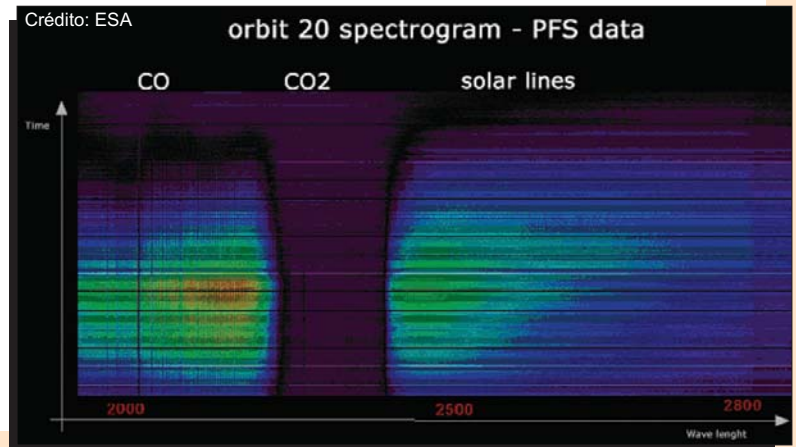
Silbia López de Lacalle (IAA)

MARS EXPRESS DETECTA AGUA EN MARTE

Mars Express, la primera misión de la ESA con destino a Marte, ha comenzado con buen pie el cumplimiento de uno de sus principales objetivos: la búsqueda de agua en la superficie marciana. A apenas un mes de su puesta en órbita alrededor de Marte y a diez días de alcanzar su órbita definitiva, la señales emitidas por dos de los instrumentos a bordo confirmaron, el pasado 18 de enero, la presencia de grandes cantidades de agua congelada en el polo sur marciano.

Uno de los instrumentos implicados es el Espectrómetro Planetario Fourier (PFS, de sus siglas en inglés), en cuya realización ha participado el IAA; su alta resolución sin precedentes en el análisis de la atmósfera marciana también ha mostrado una diferente distribución de monóxido de carbono en los hemisferios norte y sur, información que puede observarse en la imagen.

Silbia López de Lacalle (IAA)



REUNIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO SUNRISE

Del 22 al 24 de octubre de 2003 tuvo lugar en la sede del instituto la tercera reunión técnica del proyecto Sunrise. Éste consiste en el diseño y construcción de un globo estratosférico y de su carga útil, un telescopio solar y su instrumentación posfocal. Sunrise participará en el programa de vuelos estratosféricos de larga duración de la NASA en la Antártida durante el verano austral de 2007-2008 y se construye con participación alemana, estadounidense y española. Un consorcio de cuatro institutos españoles, el Instituto de Astrofísica de Canarias, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, el Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio (de la Universidad de Valencia) y el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC) diseñan y construyen uno de los tres instrumentos principales: IMaX (siglas en inglés de Imaging Magnetograph eXperiment), un magnetógrafo basado en la tecnología de cristales líquidos, igualmente española.

Durante la reunión se revisó el estado actual del proyecto y de cada uno de los subsistemas, se discutieron las soluciones previstas para el desarrollo de los mismos y se planificaron las tareas a realizar. Intervinieron 52 científicos e ingenieros de los tres países arriba mencionados.

Jose Carlos del Toro (IAA)

SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

<http://www.iaa.csic.es/~lara/iaa/proxseminario.html>

1.01.04. Dr. Jesús Maíz Apellániz. (STScI, EEUU). *El problema de la extinción en Astronomía.*

17 12.03. Dr. Carlos Barceló. IAA-CSIC. *Testeando aspectos de la teoría de campos en espacios curvos en condensados de Bose-Einstein.*

11.12.03. Dra. Matilde Fernández. IAA-CSIC. *Fulguraciones en un Sol con un millón de años.*

3.12.03. Dr. Martín Guerrero Doncel. IAA-CSIC. *X-Ray Bubbles.*

19 11.03. Dra. Rosa González Delgado. IAA-CSIC. *The nature of the stellar population in low luminosity active galactic nuclei.*

10.11.03. Dr. José María Torrelles Arrendó. ICE(CSIC)-IEEC. *Expulsiones isotrópicas de gas en objetos jóvenes: Un reto para las teorías sobre formación estelar.*

5 11.03. Dr. Sergei Guziy. IAA-CSIC y Astronomical Observatory, University of Nikolaev, Ucrania. *Astronomy in Ukraine: science and education.*

28.10.03. Dr. Eduardo Simonneau. Institut d'Astrophysique de Paris (CNRS), Francia. *Problemas típicos de transporte radiativo: método integral implícito.*

16.10.03. Dr. Juan Carlos Suárez Yanes IAA-CSIC, Granada. *Differential rotation in intermediate mass stars.*

8.10.03. Dra. Montse Villar Martín. IAA-CSIC, Granada. *Nebulosas gigantes asociadas con radio galaxias lejanas.*

1.10.03. Prof. Guillermo Tenorio-Tagle. INAOE, Méjico. *Lyman alpha emission from starburst galaxies.*

AGENDA

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

<http://www.iaa.es/~silbialo/charlas.html>

FECHA	CONFERENCIANTE	TEMA O TÍTULO PREVISTO
29 de enero	Miguel Ángel Pérez-Torres (IAA)	Supernovas: algo más que explosiones en el Universo
19 de febrero	Fernando Cornet (Universidad de Granada)	Los neutrinos: ¿Astrofísica o física de partículas?
25 de marzo	Matilde Fernández (IAA)	La luz que cambia de color

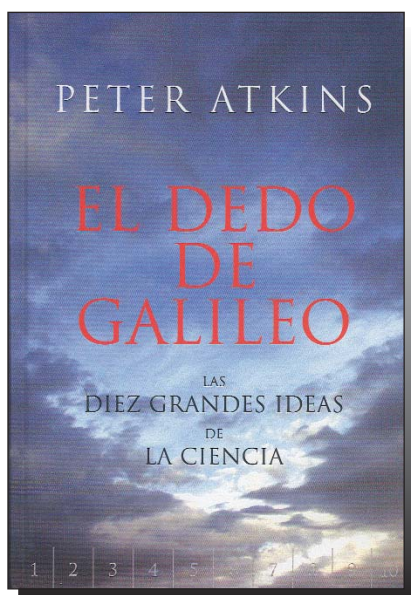
LIBROS DE DIVULGACIÓN

Expediente Einstein. F. Jerome (Planeta, 2002).

Fiasco, aprendiendo de los errores de la ciencia. R. Young (Ediciones Robinbook, 2003).

Enciclopedia del Espacio. H. Couper \& N. Henbest (Espasa, 2003).

El dedo de Galileo: las diez grandes ideas de la ciencia. P. Atkins (Espasa, 2003).



Comentario del Dr. Luis F. Miranda (IAA, CSIC): En este libro de título extraño, cuyo significado se desvela en el resumen incluido en el mismo, el Dr. Atkins nos introduce, más que en las ideas concretas y luminosas de la ciencia, en los grandes temas de la investigación científica de todos los tiempos. Aunque la Física, entendida de una manera general, ocupa buena parte del libro con capítulos dedicados a los átomos, la energía o la cosmología, también la investigación en Matemáticas y el origen y evolución de la vida encuentran, con total derecho, su sitio en este compendio.

La propia historia de la investigación dentro de cada gran tema es el marco e hilo conductor que el autor utiliza para enseñarnos los conceptos básicos, los problemas que se plantearon en cada momento y las soluciones que los diversos investigadores encontraron hasta llegar al estado actual de la investigación con sus retos futuros. Peter Atkins está considerado como uno de los grandes divulgadores actuales de la ciencia; su enorme capacidad para explicar los conceptos es no solo de gran ayuda para entender la ciencia y el proceso de investigación en sí mismos, sino que representa también el mayor atractivo de este libro.

CONGRESOS ASTRONÓMICOS EN GRANADA

Third Granada Workshop on Stellar Structure: Tidal Evolution and Oscillations in Binary Stars.

Lugar de celebración: **Parque de las Ciencias de Granada**

Fecha: del 26 al 28 de mayo de 2004

Presidente del comité organizador local: A. Claret (IAA-CSIC).

The many scales in the Universe. JENAM 2004

Lugar de celebración: **Palacio de Congresos de Granada**

Fecha: del 13 al 17 de septiembre de 2004.

Second Workshop of the Coordinated Project

"Estallidos de formación estelar en galaxias"

[iac - iaa (csic) - laeff] focused on massive star formation in different environments

Lugar de celebración: **IAA**

Fecha: del 26 al 28 de enero de 2004



CHARLAS DIVULGATIVAS PARA COLEGIOS EN EL IAA

El IAA organiza mensualmente charlas de divulgación astronómica para estudiantes, a petición de los colegios interesados. Pueden obtener más información en la página Web del instituto o contactando con Cristina Torrededia (Tel.: 958 12 13 11; e-mail: ctr@iaa.es).