

CHORROS RELATIVISTAS

CHORROS RELATIVISTAS
EN NÚCLEOS ACTIVOS DE
GALAXIAS

MATERIA OSCURA:
A TIENTAS POR EL
UNIVERSO

LAS ESTRELLAS MÁS
VIEJAS DE LA GALAXIAS

BÓLIDO SOBRE
ARGELIA

ENTREVISTA A
ROBERT HABERLE

Cortesía del Dr. Wolfgang Steffen (Observatorio Nacional de la Universidad de México)

Representación conceptual del núcleo activo de una galaxia



Extravagancia lunar

Muertes luminosas

Energía oscura



Agua en el Universo

Agua en climas fríos

SUMARIO

Investigación

Chorros relativistas en núcleos activos de galaxias3

Iván Agudo

Materia oscura: a tientas por el Universo6

Silbia López de Lacalle

Ventana Abierta

Físico teórico autónomo se ofrece para8

José Luis Jaramillo Martín

Charlas con... Robert Haberle10

Actualidad Científica

La búsqueda de las estrellas más viejas de la Galaxia12

Emilio J. Alfaro

Un superbólido más brillante que la Luna llena surcó el cielo argelino13

Silbia López de Lacalle

Actividades IAA14

Agenda16

Estas imágenes corresponden a los artículos que el IAA publica en el periódico Ideal, fruto de un acuerdo de colaboración mensual. Se puede acceder a la versión online desde la página web del Instituto: http://www.iaa.es/articulos_ideal.html

Dirección: José Vilchez . Coordinación de Secciones: Iván Agudo, Antonio Alberdi, Emilio J. Alfaro, José María Castro, Olga Muñoz, Jose Carlos del Toro Iniesta, José 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 DIF 2001-4284-E del Programa Nacional de Difusión 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.

Chorros relativistas en núcleos activos de galaxias

Los chorros relativistas pueden considerarse como el medio de transporte de materia más rápido del Universo. Estos objetos astrofísicos, a los que también se suele llamar *jets relativistas*, son chorros de partículas subatómicas (plasma) de muy altas energías que se mueven con velocidades cercanas a la de la luz. Se producen gracias a la presencia de un agujero negro en cuyos alrededores se forma un disco de material que gira (disco de acrecimiento) y que es atravesado por un campo magnético. La concurrencia de estos tres elementos, agujero negro, disco de acrecimiento y campo magnético, favorece la formación de dos chorros de material que provienen del disco y fluyen en sentidos opuestos (ver portada). Posteriormente el plasma de los chorros es acelerado, a través de complicados procesos magneto-hidrodinámicos, hasta velocidades cercanas a la de la luz.

De entre los jets que emiten de manera continua, los más potentes que se conocen son los que se forman en el corazón de algunas galaxias, las que albergan en su núcleo un agujero negro supermasivo. Este tipo de agujeros negros tiene masas enormes que son comparables a las del resto de la galaxia que los alberga, típicamente mayor de cien millones de veces la masa del Sol. Los jets que se producen en los núcleos de estas galaxias (a los que se suele llamar núcleos activos) son capaces de extenderse hasta distancias mucho mayores que el tamaño de la propia galaxia (Fig. 2), y emiten enormes cantidades de energía en casi todos los rangos del espectro electromagnético.

Una de las técnicas observacionales de mayor éxito en el estudio de los jets relativistas en otras galaxias es la interferometría en longitudes de onda de radio. A través de esta técnica somos capaces de utilizar las señales obtenidas por distintas antenas de radio muy distantes entre sí para conseguir imágenes tan nítidas como las que obtendríamos con un radiotelescopio del mismo tamaño que la máxima distancia entre todas las antenas (Fig. 1). Cuando se realizan observaciones de este tipo con radio antenas separadas por distancias del orden de cientos o miles de kilómetros, se suele hablar de interferometría de muy larga línea de

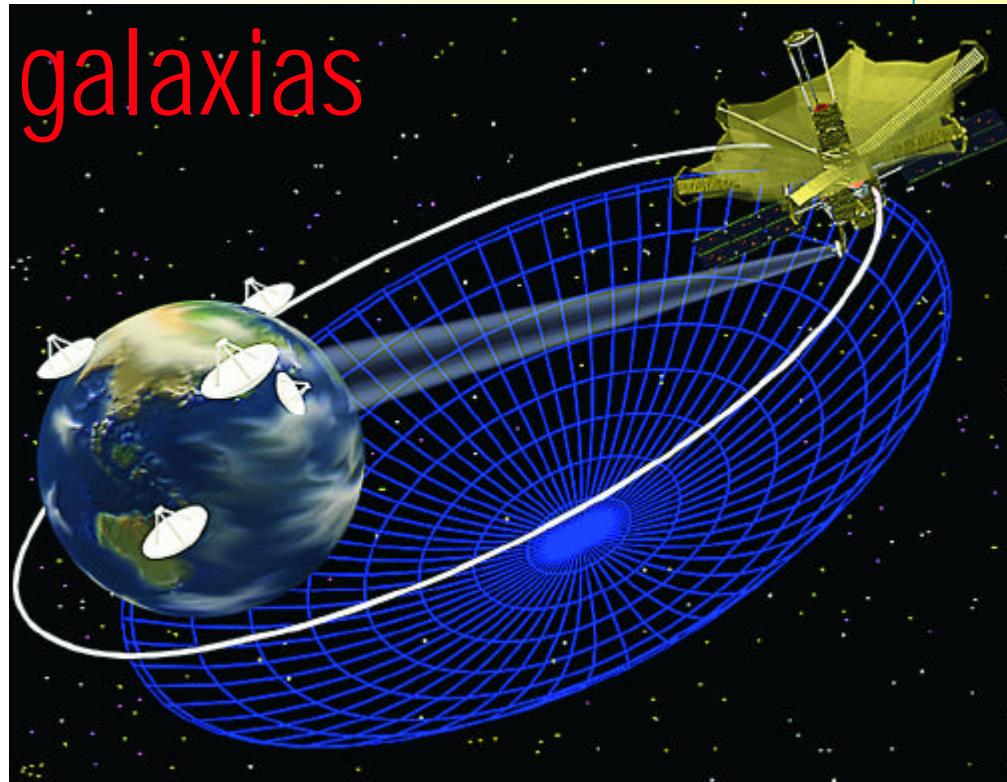


Fig.1 Representación conceptual de un interferómetro en radio que utiliza antenas en tierra y en órbita. A partir de las señales obtenidas simultáneamente por cada una de las antenas, es posible sintetizar radio telescopios con aperturas equivalentes muy superiores al diámetro de la Tierra. Esto da lugar a observaciones de las más altas resoluciones en astronomía. Figura cortesía del VLBI Space Observatory Program.

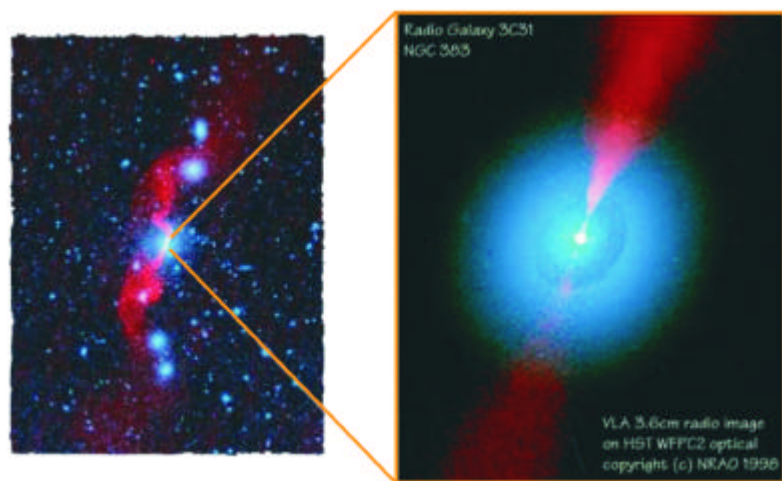


Fig.2 Imágenes de la galaxia 3C31 tomadas en el óptico con el telescopio espacial Hubble (en azul) y con el radio interferómetro conexas Very Large Array (en rojo). La composición de imágenes de la izquierda muestra cómo los radio jets en 3C31 se extienden mucho más allá de la galaxia elíptica en la que son creados, hasta distancias del orden de diez mil años luz de la misma. Imagen cortesía del National Radio Astronomy Observatory / Associates Universities, Inc.

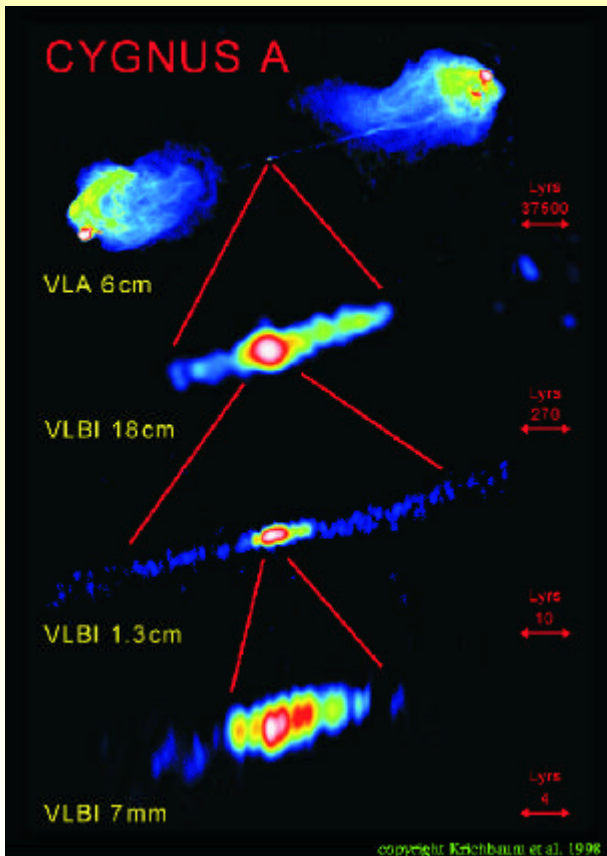


Fig. 3 Imágenes tomadas de menor a mayor resolución (de arriba hacia abajo) de la pareja de jets en la radio galaxia Cygnus A. Las regiones en blanco y rojo representan las zonas más intensas de emisión en longitudes de onda radio en cada una de las imágenes. Los lóbulos de la imagen superior corresponden a las zonas terminales de los jets, que están producidos por el choque del material de los mismos en su avance a través del medio intergaláctico. En las restantes imágenes, tomadas con VLBI, se observa claramente la riqueza de inhomogeneidades características de las regiones más internas de los jets en núcleos activos de galaxias. Figura obtenida de la galería de imágenes del European VLBI Network.

“las regiones más internas de los jets en núcleos activos de galaxias están plagadas de inhomogeneidades, que se desplazan desde las regiones de formación de los chorros alejándose de los agujeros negros centrales”

base. A esta técnica, que incluso se puede utilizar con antenas en órbita, se la conoce usualmente por las siglas de su nombre en inglés, VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*). Las observaciones con VLBI nos permiten hoy día realizar observaciones en radio con resoluciones angulares típicas del orden de unas cuantas décimas de milisegundos de arco. Esto corresponde a una potencia para resolver objetos cercanos entre sí unas 500 veces superior a la que se puede conseguir con el telescopio espacial Hubble, lo que nos permitiría distinguir la Alhambra en la superficie de Marte. Este tipo de observaciones nos muestran que las regiones más internas de los jets en núcleos activos de galaxias están plagadas de inhomogeneidades (Fig. 3), que se desplazan desde las regiones de formación de los chorros alejándose de los agujeros negros centrales. Durante mucho tiempo, la naturaleza de estas estructuras móviles y su relación con el motor central de los núcleos activos de galaxias no pudo ser estudiada observacionalmente y los modelos propuestos no estaban tan fundamentados como hubiera sido necesario. Recientemente se ha podido corroborar la hipótesis que durante mucho tiempo fue aceptada como más plausible. Ésta explica que las inhomogeneidades, también llamadas componentes, son producidas como consecuencia de algún tipo de inestabilidad en las partes más internas de los discos de acrecimiento. Estas inestabilidades del disco darían lugar a un aumento del ritmo de procesamiento

de material en las cercanías del agujero negro y la posterior expulsión de una mayor cantidad de materia que después se observaría en forma de intensas componentes viajando a lo largo de los jets. Una de las características más importantes de algunas de estas estructuras es la de moverse con velocidades aparentes, proyectadas en el plano del cielo, superiores a la de la luz, efecto denominado: *movimiento superlumínico* (Fig. 4). Aunque podría parecer que este fenómeno contradice una de las bases de la Teoría de la Relatividad Especial, según la cual la materia no puede desplazarse a la velocidad de la luz y mucho menos a mayores velocidades, esto no es así. Muy al contrario, los movimientos superlumínicos se explican satisfactoriamente haciendo uso de esta Teoría y son consecuencia de efectos de proyección de las trayectorias seguidas por las inhomogeneidades con velocidades cercanas a la de la luz en direcciones próximas a la de la línea de visión. Hasta hace pocos años, tanto los movimientos superlumínicos como muchos otros fenómenos, se explicaban mediante "sencillos" modelos analíticos de chorros homogéneos por los que se propagaban ondas de choque a velocidades cercanas a la de la luz. Aunque estos modelos explican satisfactoriamente la fenomenología general observada, a veces son insuficientes para interpretar las observaciones de las más altas resoluciones angulares o de objetos con estructuras com-

plicadas. Hoy día, las modernas supercomputadoras nos permiten realizar simulaciones de los jets relativistas con las que interpretar más detalladamente las propiedades tridimensionales de los mismos, las de las ondas de choque propagándose a lo largo de éstos e incluso las del medio intergaláctico que los rodea. La Figura 5 muestra una de las últimas simulaciones realizadas. El modelo consiste en un jet con geometría tridimensional en precesión a través del cual se propaga una onda de choque eyectada desde el núcleo, como en el caso del jet en la radio galaxia 3C120 (Fig. 4). La gran potencia de las simulaciones de jets relativistas reside en que la comparación de sus resultados con las observaciones de las más altas resoluciones angulares nos permite entender fenómenos tan complicados que son intratables por las teorías analíticas. En la Figura 6 se ilustra uno de los mejores ejemplos. En ella se comparan las posiciones, con respecto al núcleo de emisión, de las componentes internas en el jet de 3C120 (Fig. 6a) y en una simulación con características similares a las de la Figura 5 (Fig. 6b). Los comportamientos tanto cinemáticos como de emisión muestran un mismo patrón en ambos casos, lo cual apoya la idea de que el mismo fenómeno que lo produjo en las simulacio-

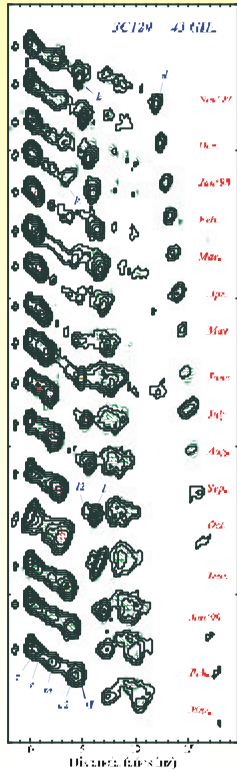


Fig. 4 Secuencia temporal de radio imágenes VLBI de la región más interna del chorro en el núcleo activo de la galaxia 3C120, una de las galaxias más cercanas a nosotros. Las imágenes muestran una rica estructura de componentes móviles, algunas de las cuales son eyectadas desde el núcleo del chorro (a la izquierda). La región de las componentes o1 y o2 del chorro muestra un claro ejemplo de movimiento superlumínico. En el transcurso de algo más de un año (desde enero de 1998 hasta marzo de 1999) estas componentes se desplazan alrededor de unos 5 años luz de distancia. Esto supone que su movimiento, proyectado en el plano del cielo, se produce a una velocidad casi cinco veces mayor que la de la luz. Imagen reproducida de Gómez et al. (2001).

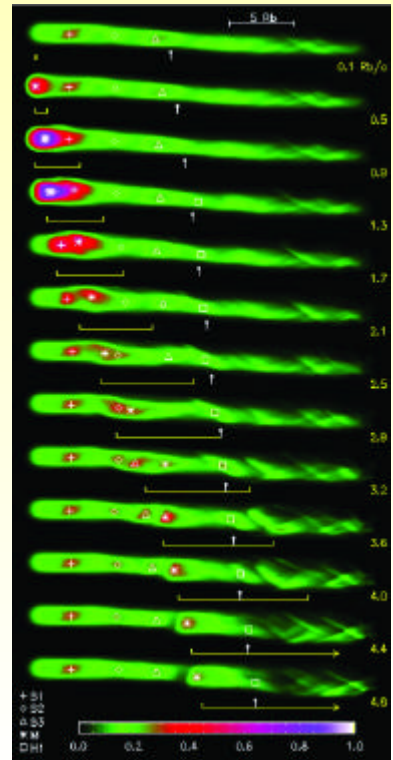


Fig 5 Secuencia temporal (de arriba hacia abajo) de radio imágenes simuladas de un jet relativista con geometría tridimensional en el que se introduce una onda de choque que viaja a lo largo del jet. Imagen reproducida de Aloy et al. (2003).

nes está teniendo lugar en 3C120. Este fenómeno, que se ha denominado *ondas de choque de arrastre*, consiste en la generación de una rica estructura de ondas de choque, con características muy concretas y fácilmente identificables en las observaciones (véase la Fig. 6), gracias a la propagación a lo largo de los jets de una única onda de choque tan intensa que es capaz de interactuar con el medio intergaláctico. Precisamente el resultado de esta interacción es el que produce las ondas de choque de arrastre. Esto podría tener consecuencias en el entendimiento de las componentes observadas en las regiones más internas de los jets relativistas. Anteriormente se pensaba que todas estas inhomogeneidades eran producidas en los alrededores de los agujeros

negros centrales, como consecuencia del procesamiento de material proveniente de los discos de acrecimiento (ver arriba). Nuestros trabajos han mostrado que la mayor parte de estas componentes en las regiones internas de los chorros pueden ser producidas por procesos de producción de ondas de choque de arrastre, con lo cual se rompe la asociación entre componente en el jet y eyección desde el motor central. Si esto ocurre realmente en todos los jets de núcleos activos de galaxias, sus agujeros negros y discos de acrecimiento disfrutarían de una estabilidad mucho mayor de la que hasta ahora se piensa que poseen.

Iván Agudo (IAA)

Referencias:

Agudo I., Gómez J. L., Martí J. M., Ibáñez J. M., Marscher A. P., Alberdi A., Aloy M. A. & Hardee P. E., "Jet stability and the generation of superluminal and stationary components.", 2001, *Astrophysical Journal*, 549, L183

Aloy M. A., Martí J. M., Gómez J. L., Agudo I., Müller E. & Ibáñez J. M., "3D simulations of relativistic precessing jets probing the structure of superluminal sources.", 2003, *Astrophysical Journal*, 585, L109

Gómez J. L., Marscher A. P., Alberdi A., Jorstad S. G. & Agudo I., "Monthly 43 GHz polarimetric monitoring of 3C120 over 16 epochs: evidence for trailing shocks in a relativistic jet.", 2001, *Astrophysical Journal*, 561, L161

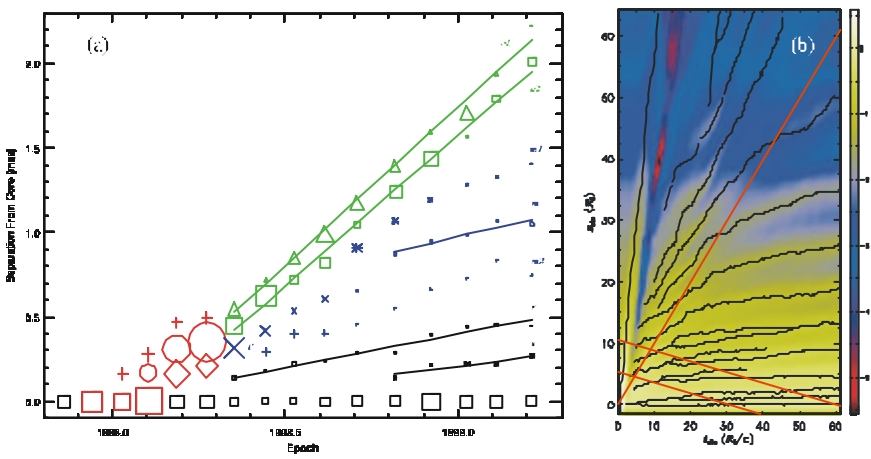


Fig. 6 (a) Representación de las distancias (con respecto al núcleo de emisión) de las componentes internas del jet en 3C120, en función del tiempo. Cada una de las diferentes componentes móviles detectadas está representada por un símbolo diferente (véase también la Fig. 4 (b) igual que la gráfica de la izquierda, pero en este caso se muestran las posiciones de las componentes de un jet relativista simulado con características muy similares a las del que se muestra en la Figura 6. La línea de mayor pendiente representa la onda de choque principal que genera la rica estructura de componentes más lentas que se observan a su derecha. Imágenes reproducidas de (a) Gómez et al. (2001) y (b) Agudo et al. (2001).

MATERIA OSCURA A tientas por el Universo

"¿Sabéis de qué está hecha la Vía Láctea? Yo sí", dice Galileo en la obra de Bertold Brecht que lleva su mismo nombre. Aunque diera los primeros pasos para desentrañar la estructura de nuestra galaxia, parece que Galileo se apresuró al afirmar que "no es más que un ingente conglomerado de estrellas...". Hoy día se conoce que el Universo no es sólo lo que brilla, y que incluso esta parte roza lo excepcional al abarcar a duras penas el 4% del Cosmos. El estudio de la materia luminosa ha aportado, sin embargo, las pistas para la detección de esa materia oscura que, además de no brillar, tampoco se compone de bariones (protones, neutrones y electrones, ingredientes de la materia ordinaria), sino de partículas exóticas que interactúan muy débilmente con la materia ordinaria.

A principios de la década de los treinta del siglo pasado, los astrónomos Jan Oort y Fritz Zwicky infirieron, mediante observaciones independientes, la existencia de materia oscura. Zwicky partió de que, si las galaxias permanecen agrupadas en cúmulos por la fuerza de la gravedad, sus velocidades individuales deberían ser menores que la velocidad de escape del cúmulo. Empleó la técnica del desplazamiento Doppler para medir las velocidades de las galaxias en el cúmulo de Coma y descubrió que se movían tan rápidamente que la gravedad atribuible a la materia luminosa resultaba insuficiente para mantenerlas unidas. Debía, por lo tanto, existir algún tipo de materia no visible cuya gravedad impidiera la separación. Jan Oort llegó a una conclusión similar, pero aplicada a la dinámica de las estrellas dentro de las galaxias.

A pesar de las evidencias, no fue hasta cuarenta años más tarde, tras el establecimiento de la teoría del Big Bang como modelo estándar del origen y evolución del Universo, cuando la comunidad científica comenzó a aceptar la materia oscura como un componente más del mismo. La certeza llegó

con los estudios de las curvas de rotación de las galaxias: se había asumido que la masa de las galaxias se hallaba concentrada en el núcleo brillante y, por analogía con el Sistema Solar, la velocidad de rotación de las estrellas debía disminuir con la distancia; las investigaciones indicaron, sin embargo, una velocidad independiente del alejamiento del centro, traducido en curvas de rotación planas (Fig. 1). La explicación más sencilla residía en la existencia de un halo de materia oscura más allá de los confines visibles de la galaxia que, al rotar, arrastrara a las estrellas en el movimiento que observamos desde tierra.



Las nubes de gas caliente de los cúmulos de galaxias: un método para medir la materia oscura. Debe haber al menos cuatro veces más materia de la que vemos para que el gas no escape del cúmulo.

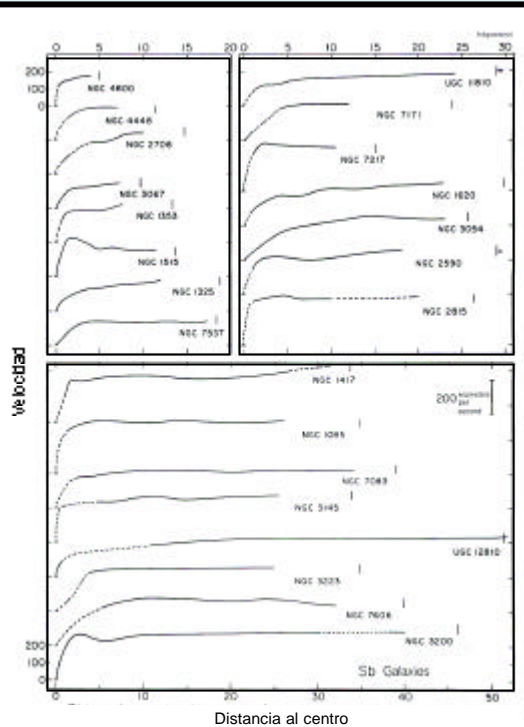


Fig. 1 Curvas de rotación de 23 galaxias de tipo Sb, con estructuras espirales bien determinadas y bulbos medianos. Nótese que casi todas las velocidades de rotación permanecen altas incluso en los confines visibles de la galaxia. Créditos: The Astrophysical Journal; 1982 The American Astronomical Society.

Materia de naturaleza exótica

Aunque la existencia de la materia oscura ya ha sido generalmente aceptada, aún queda por dilucidar su naturaleza. Uno de los posibles candidatos a materia oscura lo constituyeron, al principio, los llamados MACHOs (del inglés Massive Astrophysical Compact Halo Objects), grupo de objetos que comprende enanas marrones, enanas blancas, estrellas de neutrones o agujeros negros. Estos objetos se componen de materia bariónica, por lo que deben emitir o absorber fotones al menos en una banda de frecuencia observable, y quizá sea más correcto referirse a ellos como materia de muy reducida luminosidad. Además, existen

argumentos indirectos que apuntan a la existencia de una cantidad substancial de materia no bariónica, como el relacionado con los estudios sobre las abundancias de elementos ligeros producidos por la nucleosíntesis; según éstos, la materia bariónica sólo puede contribuir en un 5% del total para proporcionar un Universo plano. Teniendo en cuenta que la materia luminosa abarca buena

parte de este porcentaje, apenas queda espacio para los MACHOs. Además, si éstos tuvieran que dar cuenta de toda la masa necesaria para explicar la curva de rotación de nuestra galaxia, nos encontraríamos con cinco billones de estrellas "oscuras" sólo en el halo, en contraposición con un total de 200.000 millones de estrellas luminosas.

De aquí se extrae una conclusión clara: la materia oscura debe estar en forma no bariónica, lo que permite la entrada a escena de partículas exóticas, entre las que destacan los neutrinos y las distintas variedades de partículas masivas de interacción débil o WIMPs (del inglés Weakly Interacting Massive Particles), cuya existencia ha sido predicha por las teorías de partículas ele-

mentales aunque nunca se han detectado en laboratorios terrestres. Se trata de partículas que apenas interactúan con la materia ordinaria y que se conocen colectivamente como "materia oscura fría", en contraposición con los neutrinos, o "materia oscura caliente".

Historias del Universo posibles

Un fuerte argumento en favor de la existencia de materia oscura procede de las medidas del fondo cósmico de microondas, cuyas mínimas fluctuaciones de temperatura indican que la materia bariónica no se hallaba lo suficientemente aglutinada para constituir la semilla de las estructuras a gran escala que observamos en el Universo. La comparación de las fluctuaciones primigenias con la densidad y vacíos actuales lleva a la conclusión de que los 13000 millones de años que se le atribuyen al Universo son insuficientes para el desarrollo de tamañas estructuras.

La existencia de materia oscura no bariónica, en combinación con la bariónica, explicaría, no obstante, el origen y desarrollo de dichas estructuras. Mariano Moles, Profesor de Investigación del Instituto de Astrofísica de Andalucía - CSIC, lo relata así: "Supongamos que al principio hay materia oscura y bariónica en equilibrio, donde la primera tiene unas propiedades de interacción diferentes a la segunda de modo que se separa antes de la radiación y empieza a agruparse mucho antes que la otra. Cuando la materia bariónica se libera de la radiación ya tiene el camino preparado y cae sobre las fluctuaciones ya formadas; una vez se empieza a concentrar, evoluciona mucho más deprisa que la no bariónica, pues ésta se halla sujeta a fuerzas y fenómenos disipativos; por eso uno espera que en las galaxias haya mucha más materia bariónica en comparación con la materia oscura, que se halla a gran escala, donde el Universo es homogéneo e isótropo".

A partir de este planteamiento se han desarrollado dos modelos en función de los distintos tipos de materia oscura posibles, que dan lugar a dos historias de la formación de galaxias totalmente distintas. Por un lado, los neutrinos, al tratarse de partículas de muy baja masa, emergen del Big Bang a velocidades cercanas a la de la luz (de ahí que se aluda a ellos como "materia caliente") y barren las posibles fluctuaciones en el plasma primordial hasta que su velocidad desciende y permiten el nacimiento de irregularidades. Así se desarrolla el Universo "de grande a pequeño", donde las primeras estructuras, los supercúmulos de galaxias, irían

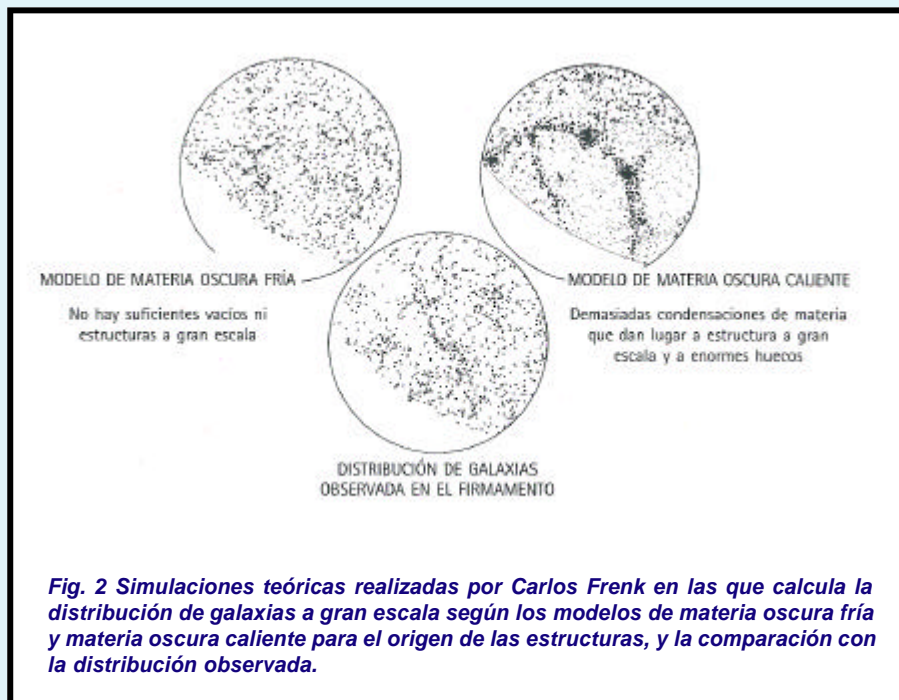


Fig. 2 Simulaciones teóricas realizadas por Carlos Frenk en las que calcula la distribución de galaxias a gran escala según los modelos de materia oscura fría y materia oscura caliente para el origen de las estructuras, y la comparación con la distribución observada.

desgajándose para formar galaxias, estrellas, etc. En cambio, los WIMPs, partículas masivas y más lentas - "materia oscura fría"-, permiten que las fluctuaciones primigenias sobrevivan de modo que se impone un proceso de agrupamiento jerárquico, donde las estructuras a gran escala se generan a partir de la agrupación de objetos menores.

El mapa de fluctuaciones obtenido mediante el estudio de la radiación cósmica de fondo ofrece, sin embargo, una imagen que no se ajusta a ninguno de los modelos (Fig. 2), por lo que se ha planteado un modelo mixto que sugiere que, mientras la "materia oscura fría" produce los grumos a partir de los que se formarán las grandes estructuras, la "materia oscura caliente" rellena el espacio entre ellos y reduce el contraste entre las agrupaciones y los vacíos.

Energía, también oscura

La existencia de materia oscura tiene importantes consecuencias en la evolución del Universo, en relación con la cantidad total de masa y energía que éste alberga (denotada ω). La teoría de la inflación predice que vivimos en un universo plano, es decir, la densidad de materia debería equivaler a la densidad crítica ($\omega=1$). En ausencia de una constante cosmológica, un Universo plano no sufriría un Big Crunch (recolapso) o un Big Chill (expansión eterna acelerada), pero el problema estriba en que la cantidad de materia visible apenas alcanza el 1% de lo que se necesitaría para evitar esta aceleración eterna. En este caso, la proporción de materia oscura necesaria para cuadrar el modelo resultaría demasiado eleva-

da y no ofrece una descripción adecuada del comienzo de formación de las galaxias y del ritmo de formación de estructuras.

Existe, sin embargo, una alternativa que puede reducir la presión sobre el problema de la "materia faltante": se trata de la constante cosmológica (denotada λ), fuerza repulsiva introducida por Einstein en su modelo de universo estático para evitar que la gravedad provocara el colapso del Universo bajo su propio peso. Cuando Hubble demostró que el Universo se hallaba en expansión, Einstein renegó de esta "antigravedad", aunque los resultados de los estudios de supernovas lejanas, que indican que el Universo se está acelerando, obligan a reintroducir el término λ -conocido hoy día como energía oscura. Esta energía, que se atribuye al propio espacio vacío, debe contribuir en un 0,7 a la densidad crítica ($\omega=1$) para que tanto el modelo inflacionario como la geometría espacial plana preserven su vigencia. Así llegamos a unas proporciones estimativas de la composición del Universo que atribuyen un somero 4% a la materia bariónica, un 30% a la materia oscura y un 65-70% a la energía oscura.

Un duro golpe para la especie humana, que históricamente ha pasado de considerarse el centro del Universo a comprobar que constituye un fenómeno insignificante, compuesto de materia poco común, en tanto que el Universo es algo totalmente distinto.

Aunque también constituye un logro haberse dado cuenta de ello.

Silbia López de Lacalle (IAA)

Físico teórico autónomo se ofrece para...

Ante el volumen de discusiones, controversias y sesudos análisis elaborados en torno a la cuestión de la ciencia en España, no resulta fácil librarse de cierto sentimiento de intimidación a la hora de escribir unas líneas al respecto. Por ello debo aclarar desde un principio que lo que aquí se presenta debe entenderse simplemente como un boceto de reflexión, esencialmente emocional y probablemente ingenuo, pero con el valor de reflejar el sentir de uno de los protagonistas de esta historia.

El proceso de incorporación de un joven investigador al mundo de la actividad científica presenta cierto parecido con una prueba atlética de fondo, que puede prolongarse durante más de diez años. Sin temor a caer en una presentación demagógica de la situación, entiendo que la **precariedad** constituye la característica que mejor define a todo este periodo. De forma esquemática, el comienzo de esta carrera lo marca la realización de una tesis doctoral tras la finalización de los estudios de licenciatura. Esta etapa, el doctorado, dura una media de cuatro años y en ella ya se hacen patentes buena parte de los males que más tarde se agudizarán. Los afortunados disfrutan de una beca para la realización de la tesis. Resulta curiosa la evolución de la percepción que un becario tiene de su beca. Tras la resaca de las celebraciones ante el primer *sueldo*, este entusiasmo inicial se torna con el tiempo en amarga resignación al comprobar que los compañeros encauzados en otras vías laborales cotizan a la seguridad social, disfrutan de derecho a bajas de maternidad, protección sindical no entendida como pataleo de adolescentes, etcétera. Y éstos son los afortunados. Los que no tuvieron tanta suerte y carecen de beca, hipotecan sus horas de sueño en trabajos paralelos con la connivencia de las instituciones. Ignoro qué porcentaje de la producción científica española corresponde a los investigadores predoctorales, pero dado que en la práctica uno de los requisitos para la defensa de la tesis lo constituye la publicación de una cantidad respetable de artículos de investigación contabilizados como tales de manera oficial en las memorias de sus respectivos centros de trabajo, me parece una contradicción y un insulto a su dignidad que se les niegue la condición de trabajadores. La situación de personal en formación no parece ser un obstáculo para el reconocimiento de estos legítimos derechos a los médicos MIR o a los nuevos empleados en formación de las empresas privadas con vocación de competitividad. Pero, qué duda cabe, el sistema de becas es barato. ¿O no lo es tanto a la larga?

La siguiente etapa del joven investigador puede adoptar formas diversas, pero de manera genérica viene caracterizada por una alternancia de estancias posdoctorales en centros extranjeros, intercaladas con posibles periodos de reincorporación. Concebida cada estancia como un periodo de dos o tres años de especialización y formación avanzada en centros de excelencia, con frecuencia este periodo se convierte en una sucesión de dos o tres estancias antes de estar en disposición de poder optar de forma realista a una situación profesional más regular. Esta etapa está caracterizada por la **incertidumbre** profesional: periodos sin remuneración entre becas, concesión de contratos cuya entrada en vigor se demora de forma exasperante e injustificada y, en general, una permanente incapacidad para predecir la situación. Afortunadamente, el Estado cuenta con un "instrumento tampón" para aliviar estas situaciones: las madres de los becarios. A pesar de que el estereotipo del científico como individuo ajeno a lo cotidiano se da en algunos casos, por increíble que parezca la mayoría de los investigadores con treinta y pocos años comparten las necesidades de los jóvenes de su generación y desean crear su propia familia, asentarse en algún lugar e incluso "meterse en una hipoteca". El mínimo de estabilidad laboral necesario para llevar esto a cabo resulta una ilusión que se compensa a base de un sacrificio personal del que ningún ministerio de asuntos sociales parece ser consciente.

El tono jocoso del título de esta carta no debe empañar la seriedad del problema. A diferencia de lo

que en principio ocurre en el mercado laboral de los “trabajos de verdad”, la elección de la carrera investigadora conlleva una drástica reducción de las opciones profesionales, como consecuencia de su desarrollo en unos cauces institucionales relativamente rígidos. Así, o bien se aceptan estas condiciones y se tira hacia adelante, o se acaba renunciando. Antes he comparado la incorporación a la investigación con una prueba atlética de fondo. Sin embargo, la analogía con un concurso de resistencia de baile quizá sea más correcta, puesto que desgraciadamente esta renuncia de compañeros que representan una inversión de años finalmente desaprovechada por el Estado, constituye en ocasiones la clave de la continuidad de otros.

Al ilustrar esta personal visión de la situación del joven investigador, es importante recordar que nos estamos refiriendo a un colectivo, licenciados en una primera etapa y doctores en una segunda, con un nivel de capacitación muy alto y que son considerados de forma general de manera muy parecida a estudiantes. Esto es aún comprensible entre esos familiares y primos lejanos que, entre sonrisas, se refieren a ti como el "eterno estudiante", pero se vuelve preocupante cuando penetra en los cauces oficiales. El perfil del joven investigador suele corresponder al de una persona con una fuerte motivación personal, pero resulta inevitable que esta ilusión de partida se vea progresivamente minada por la negación de la dignidad laboral, parte fundamental de la dignidad personal. Nótese que en ningún momento me he referido a la cuantía de los salarios. Personalmente, aunque me deja estupefacto la falta de adecuación entre el grado de cualificación de un investigador con lo que gana, no me parece que sea el punto fundamental de la cuestión.

En cuanto a las causas subyacentes a esta situación, sin duda el joven investigador percibe la carencia de una decidida voluntad política que apueste de forma no ambigua por el apoyo a la ciencia. Sin embargo, tampoco siento que ahí se encuentre la razón fundamental. En este caso creo que nuestros políticos, sin importar su afiliación, son un buen reflejo de nuestra sociedad. La aspiración a una rápida consecución de bienes suficientes que permitan vivir cómodamente de las rentas tiene viejas raíces entre nosotros y, de hecho, se constituye hoy en el arquetipo del individuo con éxito. Resulta difícil que en tal ambiente se valore, cuando no se menosprecia directamente, el esfuerzo continuo sin garantía de éxito a corto o medio plazo, necesario para el desarrollo de la actividad científica.

En este sentido, entiendo que lo mejor que podemos hacer todos para buscar responsables es mirar al espejo. Podríamos elevar en este punto el tono del discurso citando a algún ilustre catedrático nuestro de comienzos del pasado siglo. Sin embargo, tal concesión erudita podría enturbiar el objeto de estas líneas, que no es otro que hacerle sentir a aquél que entona la sentida y compartida letanía de lo mal que está la investigación en España, que la asociación mental adecuada no es con unas oscuras causas ancestrales sino, por ejemplo, con el mucho más cercano espíritu especulativo que subyace en la venta de ese piso que se compró sobre un plano y se revalorizó en un año.

La investigación científica resulta una actividad apasionante en el contexto de la cual uno se topa con frecuencia con personajes asimismo apasionantes. Para algunos esto debe querer significar que, por alguna extraña ley de compensación cósmica, el camino a recorrer para poder dedicarse a hacer ciencia debe hacerse tortuoso y complicado. Para otros, es precisamente la experiencia de esta pasión la que nos anima a continuar por un camino sin duda incierto.

Dr. José Luis Jaramillo Martín (IAA)

Esta sección está abierta a las opiniones del lector que desde aquí queda invitado a expresar. Los artículos deben dirigirse a revista@iaa.es.

Dr. Robert Haberle



Experto en ciencias planetarias del Ames Research Center de la NASA, responsable de la futura misión Pascal a Marte y del grupo Mars Atmosphere Modelling

¿Podrías hacer un resumen de los diferentes campos científicos en los que has trabajado a lo largo de tu carrera?

Comencé en ciencias de la atmósfera. El estudio de las atmósferas planetarias constituye mi principal interés. El clima y los cambios climáticos en los planetas me fascinan. Venus, la Tierra y Marte nacieron en la misma vecindad del sistema solar, pero evolucionaron por caminos muy diferentes, ¿por qué?, esta es la pregunta que realmente motiva mi trabajo.

Trabajas actualmente en el desarrollo de modelos de la atmósfera marciana. ¿Cuáles son los descubrimientos más importantes en este campo de los últimos diez años?

Los modelos han desvelado muchos aspectos sobre la naturaleza de los procesos dinámicos a gran escala en la superficie marciana, y también de cómo esos procesos afectan a los ciclos del polvo, el agua y el CO₂. Ahora tenemos bastante claro cómo es la circulación general en Marte y cómo cambia con las estaciones. La mayoría de los modelos contienen esquemas sobre el transporte de materia y pueden simular el movimiento del polvo y agua alrededor del planeta. También muestran el importante papel que el polvo juega en la atmósfera: su absorción de la radiación solar proporciona un importante empuje térmico para la circulación. El polvo afecta a todos los componentes de la circulación general.

Eres pionero en la realización de modelos del clima

marciano similares a los modelos meteorológicos que se emplean en la Tierra. La comunidad de expertos en este campo no es muy extensa. ¿Crees que el estudio del clima de Marte con este tipo de modelos ha alcanzado ya la madurez?

Los modelos no están, ciertamente, en su infancia, aunque tampoco han llegado ya a la madurez. Si piensas en los modelos como en la segunda ley de Newton: $F = m a$, la parte "m a" ya ha madurado, pero la parte "F" aún necesita mucho trabajo. Con esto quiero decir que los modelos aún necesitan mejorar el tratamiento de los procesos físicos que dominan la circulación general. Queda mucho por hacer, sobre todo, en lo relacionado a la transferencia de la radiación, los procesos de transporte, la microfísica de las nubes, etc...

¿Desde tu punto de vista, qué preguntas quedan por responder en cuanto al clima actual de Marte?

Desde mi punto de vista, el acoplamiento de los ciclos de polvo, agua y CO₂ constituye el gran tema de investigación. Por ejemplo, el polvo se acopla al ciclo del agua proporcionando núcleos de condensación para las nubes. Entonces, las nubes barren el polvo. Ambos aerosoles afectan al campo radiativo, que a su vez afecta a las temperaturas y los vientos, que afectan a la formación de nubes y al transporte de polvo. Existen muchas reacciones como ésta que hay que explorar.

Las simulaciones de cómo se desarrollan y evolucionan las tormentas de polvo a escala global también constituirán un tema clave, así como los modelos de meso-escala.

¿Estamos aprendiendo mucho sobre la atmósfera de Marte con las últimas series de las misiones de la NASA, en esta especie de "edad de oro" de la exploración marciana?

¡Absolutamente! Esta es, en verdad, la "edad de oro" de la exploración de Marte, y a menudo suelo recordar a mi grupo que disfrute de esta situación. La nave Mars Global Surveyor abrió la "edad de oro" con su cartografía de la superficie y la atmósfera. Ahora la nave Odyssey aporta importante información sobre el hielo existente bajo la superficie. Pronto las naves MER recogerán datos in-situ sobre la naturaleza de los depósitos de sedimentos. Entonces la misión Mars Express tomará nuevas medidas y buscará agua bajo la superficie. Y en el 2005 la misión Mars Reconnaissance Orbiter tomará las imágenes y medidas de espectros con la mayor resolución de todos los tiempos. Puede decirse que en los próximos años estaremos "inundados" de información.

¿Qué dirección te gustaría que tomara este campo de investigación en el futuro, y cómo será ese futuro en tu opinión?

Los estudios paleo-climáticos constituyen el tema candente. Hoy día Marte no es lo que era en el pasado. Muchos geólogos plantean que las imágenes revelan signos de lagos, glaciares, océanos y rasgos de actividad fluvial que existieron en el pasado. Algunos incluso afirman que existía agua líquida hace tan sólo 100.000 años.

Todo esto implica que las condiciones climáticas fueron muy distintas en el pasado. ¿Cómo es posible? Hemos hecho algunos estudios preliminares que sugieren que los cambios en las propiedades orbitales del planeta, y la oblicuidad en particular, pueden movilizar el agua en el polo norte y emplearla para construir glaciares a bajas latitudes. Esta es una explicación particularmente atractiva para los rasgos geológicos ya que no precisa de ningún supuesto "had hoc". Simplemente inclina el planeta un poco y ¡voilà! Creo que la comunidad investigadora trabajará muy duro en este tema en los próximos años.

¿Nos enseñará el clima de Marte algo sobre el de la Tierra, y viceversa?

Seguro. Te pongo un par de ejemplos: al principio de los '80 estaba quedando claro que las tormentas de polvo globales en Marte debían su existencia a los efectos radiativos de las mismas partículas de polvo. El polvo absorbe la radiación solar, que calienta la atmósfera e intensifica los vientos. Esta respuesta radiativa es la razón por la que el polvo, durante estas tormentas, se eleva en lugar de permanecer en la baja atmósfera. Después, a finales de los '80, existía una gran preocupación sobre las consecuencias de la guerra nuclear en el sistema climático terrestre: ¿volvería el humo al suelo con las lluvias o se dirigiría hacia la estratosfera, donde permanecería por meses e induciría un "viento nuclear"? Lo aprendido sobre las tormentas de polvo en Marte fue aplicable a este caso. Los modelos terrestres mostraron que, de hecho, los efectos radiativos del "humo nuclear" alteraban la circulación y empujaban el polvo hacia la estratosfera como ocurre en Marte.

Dicho esto, yo siempre creí que el argumento de estudiar otro planeta para aprender sobre el nuestro es un poco exagerado. Nosotros no necesitamos ir a otros planetas para aprender sobre el nuestro y viceversa. Ciertamente, es posible que sea así, pero no es necesario.

¿Cuál es el perfil ideal para un estudiante que quiere trabajar en este campo?

¿Alguna recomendación para los astrónomos y físicos que se inician en él?

La motivación es la clave. Yo entré en esto porque era fascinante y divertido. Y representa una faceta noble del espíritu del hombre: la exploración y el descubrimiento. No necesitas ser un genio para entrar en esta profesión. Motivación y perseverancia son mucho más importantes. También es esencial una buena capacidad de comunicación; tienes que hacerte entender, y también ser capaz de entender a los demás.

Yo recomendaría a los estudiantes que se inician en la materia que estudiaran lo máximo posible en matemáticas y física. Que se involucren en proyectos de investigación, vayan a seminarios y conferencias y no tengan miedo de preguntar. Si quieres contribuir, puedes hacerlo.

Has sido uno de los ponentes invitados en el reciente Congreso sobre la atmósfera marciana; de tu estancia en Granada, dínos ¿qué te ha parecido más interesante?

El baile flamenco de la última noche.

Algunas de sus preferencias personales

-¿Tres aficiones?:

Tocar la guitarra, el surf y el béisbol.

-¿Una película?:

Chicago.

-¿Un libro que has disfrutado últimamente?:

El jorobado de Notre-Dame, de Víctor Hugo.

-¿Una pieza musical?:

Me gusta todo tipo de música; toco blues, rock, folk y clásica. Ahora mismo estoy intentando aprender "Recuerdos de la Alhambra", un gran desafío.

-¿Una ciudad?:

París.

-¿Un pintor?:

Salvador Dalí, un verdadero genio.

-¿Un paisaje?:

El Valle de la Muerte, en California.

-¿Un sueño?:

Ganar el premio Nobel.

Miguel A. López (IAA)

La búsqueda de las estrellas más viejas de la Galaxia

“Una estrella que sólo contenga hidrógeno y helio, sin traza de elementos metálicos, será la estrella más vieja del lugar”

La teoría cosmológica al uso predice la formación de un gas primordial con sólo unos pocos elementos químicos de bajo número de protones, a saber: hidrógeno, helio y unas trazas de litio. Sin embargo, el mundo que nos rodea está principalmente formado por átomos más pesados como nitrógeno, oxígeno, hierro, carbono, etcétera. ¿Qué alquimia ha tenido lugar entre los primeros momentos del Big Bang y la formación del sistema solar? La teoría de la evolución estelar nos dice que la transmutación de los elementos ligeros primigenios en átomos de nucleones ha tenido lugar, principalmente, en las estrellas, y que aquellos más masivos que el carbono se han generado en las explosiones de supernovas. Esto implica que las nuevas generaciones de estrellas formadas a partir de las cenizas de las anteriores deberían contener una mayor proporción de elementos químicos pesados. Esta relación entre la edad y el contenido metálico -los astrónomos llamamos metales a cualquier elemento químico más pesado que el helio, es decir, a todos menos el helio y el hidrógeno- recibe el nombre de reloj químico, aunque no sea un reloj para fiarse. Diversos procesos físicos hacen que el patrón temporal de estos relojes varíe local y temporalmente: la tasa de for-

mación estelar, que difiere en las distintas regiones de una misma galaxia, la pérdida de masa de las estrellas que expelen gas enriquecido al medio interestelar y que varía con la masa inicial de las estrellas y con su propio contenido metálico, la tasa de formación de supernovas, los tiempos de mezcla de un gas caliente generado en las explosiones de supernovas con la componente más fría del medio interestelar, etcétera. Todo ello hace que el "segundo" químico no sea único y que, además, las diferencias se acentúen con el tiempo. Sin embargo, aunque uno no pueda conocer la edad de una estrella sabiendo solamente su contenido en metales, sí podemos invertir el argumento y asegurar que una estrella que sólo contenga hidrógeno y helio, sin traza de elementos metálicos, será la estrella más vieja del lugar.

Un grupo de astrónomos del consorcio europeo ESO, junto a unos colegas australianos, brasileños y norteamericanos, ha elegido este camino para la detección de las estrellas más viejas de la Vía Láctea. La búsqueda se inició con otra búsqueda, la de cuásares (proyecto Hamburgo/ESO), para lo que se obtuvieron espectros de baja resolución de amplias zonas del cielo en placas fotográficas. El análisis de esta

ingente cantidad de datos proporcionó no sólo los buscados cuásares, sino una rica cosecha de estrellas muy pobres en metales. Localizadas las candidatas, hacía falta realizar una cuidadosa selección. El espectrógrafo Echelle en el visible y ultravioleta (UVES), montado en uno de los telescopios de 8.2 m que forman el VLT, situado en el monte Paranal (ESO) de Chile, ha sido el encargado de obtener los espectros de alta resolución a partir de los que estimar la abundancia química de las candidatas.

Una de estas candidatas, designada como HE 0107-5240, está localizada en la constelación de Fénix y situada a 36000 años luz. Esta, aparentemente, aburrida estrella, con un brillo 10000 veces más débil que la estrella más débil que podamos observar a simple vista, parece ser la estrella con menor contenido en metales que hemos observado nunca y, de acuerdo a nuestro reloj químico, una de las primeras estrellas que se formó en nuestra galaxia. Es nuestro fósil más antiguo. En la figura 1 se muestra su espectro (segundo desde abajo), com-

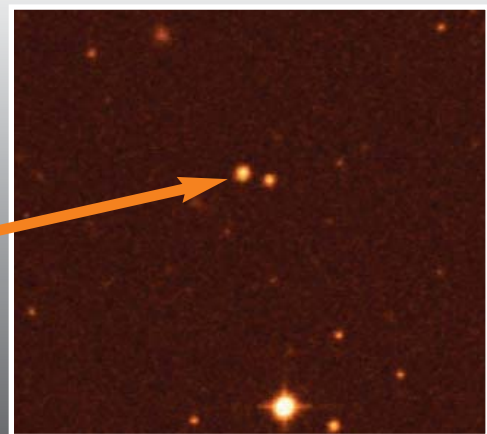
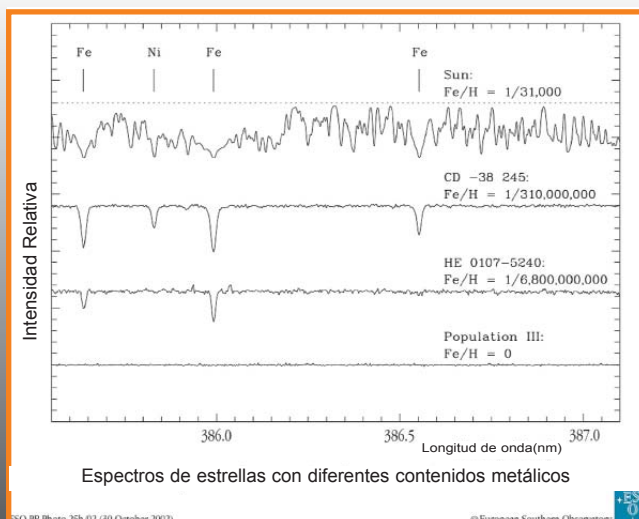


Fig. 1 Comparación de los espectros de 4 estrellas (3 observados y uno estimado) correspondientes, de arriba a abajo, al sol, CD-38 245, HE 0107-5240 y una estrella de Población III. Las líneas de absorción se hacen más débiles conforme disminuye su contenido metálico. Los dos espectros del centro muestran que HE 0107-5240 es mucho más pobre en metales que la estrella CD-38 245, que previamente ostentaba este récord. Cortesía de ESO

parado con el espectro del Sol (arriba), y el de la estrella con más bajo contenido metálico conocida hasta ahora (segundo por arriba); por último, la línea horizontal que se muestra en la parte inferior de la figura representa el espectro esperado, en ese rango de longitudes de onda, para una estrella de hidrógeno y helio, una estrella formada a partir del gas primordial.

La masa de este objeto es de un 80% la masa de nuestro Sol; se trata, verdaderamente, de una estrella de baja masa y éste es, quizás, el resultado más relevante de la investigación. Hasta ahora se pensaba que las estrellas muy pobres en metales nacían

con una alta masa y morían a los pocos millones de años como explosiones de supernovas. Esta idea se basa en que uno de los procesos físicos fundamentales en el inicio de la formación estelar es el enfriamiento del gas, que permite al material gaseoso colapsar por auto-gravedad. En las condensaciones gaseosas más masivas el balance entre energía cinética del gas (temperatura) y gravedad se inclina hacia esta última; por el contrario, las nubes de baja masa (del orden de nuestro Sol), necesitan de un mecanismo de enfriamiento que les permita perder energía cinética para poder formar una estrella. Los mecanismos de enfriamiento disponibles en nuestro arsenal teórico presuponen que la

velocidad de enfriamiento es proporcional al contenido metálico del gas. La existencia de esta estrella parece indicar que la naturaleza tiene otros mecanismos para inclinar este balance hacia la gravedad. Por otro lado, si se pueden formar estrellas de baja masa y bajo contenido metálico, su supervivencia está asegurada y el halo de la Vía Láctea podría todavía contener una alta fracción de las estrellas más viejas de la Galaxia. Hay tarea para los astrónomos teóricos y observacionales: unos tienen que revisar los modelos de formación estelar y otros buscar más agujas en el pajar.

Emilio J. Alfaro (IAA)

UN SUPERBÓLIDO MÁS BRILLANTE QUE LA LUNA LLENA SURCÓ EL CIELO ARGELINO

Cientos de personas observaron, el pasado 27 de enero en torno a las 19h49m T.U., la impresionante imagen del superbólido que atravesó el cielo argelino. Los bólidos, fenómenos luminosos producidos por la desintegración de un fragmento de cometa o asteroide al chocar con la atmósfera terrestre, constituyen un tipo de meteoro que, a diferencia de las estrellas fugaces, con apenas unos gramos de masa y brillo similar al de una estrella normal, tienen una masa de más de 50 gramos y un brillo superior al de los planetas más brillantes, como Júpiter y Venus. La espectacularidad de este bólido radica en que durante sus brillantes fulguraciones, asociadas al fenómeno de fragmentación, alcanzó una luminosidad muy superior a la de la Luna llena.

La masa del mismo, que podría haber sido incluso superior a los cien kilogramos al entrar en la atmósfera, y el carácter rocoso que se le atribuye debido a las diversas declaraciones que afirman la presencia de un fuerte sonido cuando atravesó la atmósfera (dato que indica una fragmentación del objeto), concuerdan con las características de un fragmento de origen asteroidal.

El sistema de cámara que tomó las imágenes, pionero en todo el mundo, ha sido desarrollado por el Dr. Alberto Castro-Tirado (Instituto de Astrofísica de Andalucía, IAA-CSIC) en el Centro

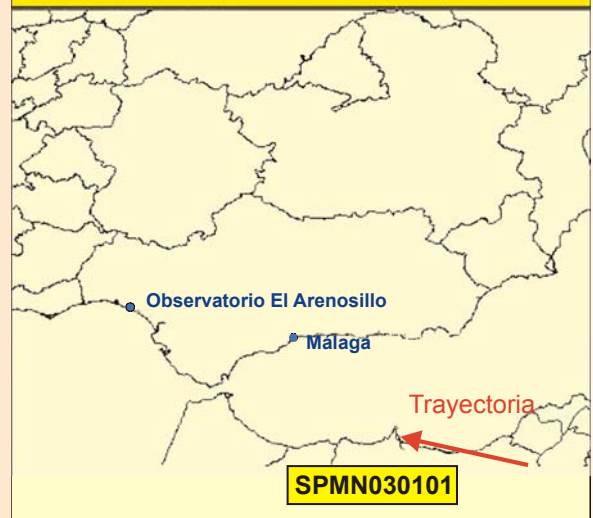
de Experimentación del Arenosillo del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, y facilita en gran medida la labor de detección de estos objetos ya que abarca todo el cielo (de ahí su nombre "all-sky survey" o "cámara de todo el cielo") y permite un óptimo seguimientos de tan imprevisibles y fugaces fenómenos, cuyo estudio puede proporcionar información sobre acontecimientos que tuvieron lugar incluso antes de la formación del Sistema Solar.

Silbia López de Lacalle (IAA)



Imagen del bólido, tomada por el Dr. Alberto Castro-Tirado en colaboración con la Red de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos.

SPMN030101
27/01/2003 19h 50m 36s T.U.



Red de Investigación sobre bólidos y meteoritos.

ESTALLIDOS DE FORMACIÓN ESTELAR EN GALAXIAS

Durante el 27 al 29 del pasado mes de enero tuvo lugar, en las instalaciones del CSIC en Madrid, sede central e Instituto Rocasolano, el primer Taller Internacional del Proyecto Coordinado (IAC-IAA-LAEFF) "Estallidos de Formación Estelar en Galaxias". Esta primera reunión se centró en el estudio de las galaxias enanas con formación estelar <http://www.iac.es/proyect/GEFE/workshop/>.

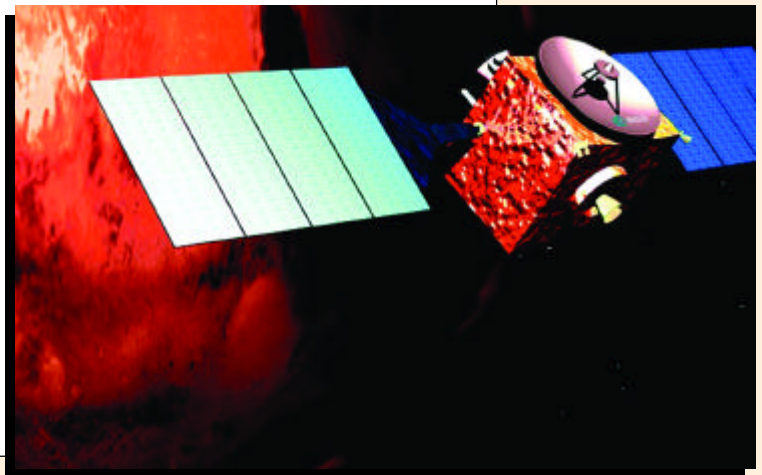
Asistieron al mismo más de 30 investigadores de distintas instituciones radicadas en España, Alemania, EEUU, Francia, México, Reino Unido, entre otros países. El objetivo de "Estallidos" pasa por el estudio teórico y observacional de los brotes de formación estelar y su impacto en las galaxias que los albergan y en sus entornos. Se espera que el próximo Taller se celebre en Granada el año próximo.

José M. Vílchez Medina

LANZAMIENTO DE LA MISIÓN MARS EXPRESS

En junio de 2003 la misión Mars Express (MEx) iniciará un viaje de seis meses desde Baikonur, en las estepas de Kazakhstan, hasta Marte, a bordo de un Cohete Ruso Soyuz-Fregat. La primera parte del cohete (Soyuz) tiene tres etapas y su misión es poner en órbita a la segunda fase (Fregat), en la que se encuentra alojada la nave Mars Express. Desde esta órbita circular a 200 km de altura, el cohete Fregat impulsará hasta colocar a la misión en una órbita de escape que llevará a Mars Express directa hasta Marte. Tras seis meses de viaje, se insertará en órbita, dejará caer sobre la superficie marciana la sonda Beagle 2 e iniciará su misión científica a lo largo de los próximos 2 años. Uno de los instrumentos a bordo de Mars Express, el Planetary Fourier Spectrometer (PFS), es fruto de una colaboración internacional en la que el IAA ha participado de forma activa desde 1990. Buena suerte a MEx.

José Juan López Moreno



SEMINARIOS CELEBRADOS EN EL IAA

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

22.04.03. Andrés Moya. Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Granada. *Astrosismología no adiabática en estrellas Delta Scuti y fotometría multicolor.*

4.04.03. Dr. Enrico Ramírez Ruiz. IoA, Cambridge, UK *Basic ingredients for the biggest blasts in the cosmos.*

28.03.03. Dr. I. Fuentes Carrera. Instituto de Astronomía, UNAM, México. *Cinemática y dinámica de pares aislados de galaxias: observaciones Fabry-Perot.*

14.03.03. Dr. J. Moulta. Universidad de Colonia, Alemania. *Stellar population synthesis as an inverse problem. Application to nearby galaxies.*

10.03.03. Dr. S. Jekayumar. Universidad de Colonia, Alemania. *Metallicity in photon dominated regions.*

10.02.03. Dr. Enrique Solano. LAEFF, Madrid. *El papel de los archivos en la investigación astronómica.*

6.02.03. Dr. Yuri Efremov. Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University. *Peculiar star complexes.*

CONFERENCIAS DE DIVULGACIÓN EN EL IAA

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

FECHA	CONFERENCIANTE	TEMA O TÍTULO TENTATIVO
24 de abril	Enrico Ramírez-Ruiz (Universidad de Cambridge)	Las criaturas más feroces del Universo
22 de mayo	Lourdes Verdes-Montenegro (IAA)	Danzas galácticas
26 de junio	José Franco (Instituto de Astronomía, UNAM)	Un medio muy magnético

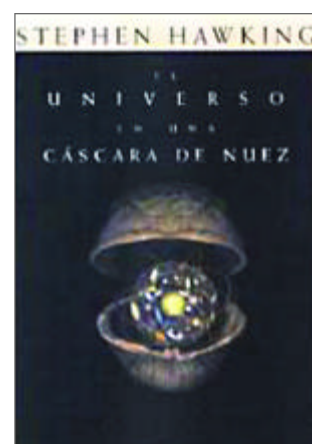
LIBROS DE DIVULGACIÓN

Astronomía contemporánea. Jorge Ruiz Morales (Equipo Sirius, 2002)

Los últimos trece mil millones de años. Julio A. Gonzalo (Universidad Autónoma de Madrid, 2002)

El Universo en una cáscara de nuez. Stephen Hawking (Crítica, 2002)

Comentario del Dr. I. Agudo (IAA, CSIC): En esta nueva entrega, el archiconocido Profesor Hawking trata nuevamente de acercar al público general el estado actual de la Cosmología de una forma más inteligible y fácil de asimilar que en su conocida "Historia del Tiempo". *El Universo en una cáscara de nuez*, traducido al español con un gusto exquisito, está plagado de material gráfico a todo color. Esta característica, que proporciona una mayor facilidad de comprensión, lo distingue de manera fundamental de su anterior *Best Seller*. Además, está estructurado de forma que sus dos primeros capítulos (Breve historia de la relatividad y La forma del tiempo) asientan las bases para la lectura del resto del texto, que está dividido en partes independientes entre sí. Esto, junto con la riqueza de ilustraciones, notas históricas y ejemplos de la vida cotidiana que contiene este libro hace que los lectores del gran público puedan disfrutar, si no de su comprensión completa, al menos de parte del mismo.



LIBROS CIENTÍFICOS



Introduction to Spectropolarimetry:

Jose Carlos del Toro Iniesta (IAA-CSIC) (Cambridge University Press, 2003)

CONGRESOS ASTRONÓMICOS EN GRANADA

How does the Galaxy work? (¿Como funciona La Galaxia?)

Lugar de celebración: **Palacio de Exposiciones y Congresos de Granada.**

Fecha: del 23 al 27 de junio de 2003.

Presidente del comité organizador local: Emilio J. Alfaro (IAA-CSIC)

Información en internet:

<http://www.iaa.csic.es/~milkyway/>

Reunión técnica de los proyectos SUNRISE y VIM de Solar Orbiter

Lugar de celebración: **Sede del IAA**

Fecha: del 21 al 24 de octubre de 2003

Presidente del comité organizador local: Jose Carlos del Toro Iniesta (IAA-CSIC).

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).